



"PATRONES DE DISTRIBUCIÓN
AMBIENTAL Y ESTACIONAL DE
AEDES AEGYPTI Y *AEDES*
ALBOPICTUS (DIPTERA: CULICIDAE)
EN LA CIUDAD DE ELDORADO,
MISIONES"

TESIS DOCTORAL
para optar por el título de Doctora de la
U.N.N.E. en Biología



Lic. Janinna Faraone



TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE DOCTORA EN BIOLOGÍA DE LA U.N.N.E.

“Patrones de distribución ambiental y
estacional de *Aedes aegypti* y *Aedes
albopictus* (Diptera: Culicidae) en la ciudad de
Eldorado, Misiones”

Doctorando: Licenciada Janinna Faraone

Directora: Doctora Marina Stein

Codirectora: Doctora Sylvia Fischer

Dedicado a mi hija Julia y a mi amor Luciano, cuyo amor me impulsó a llegar hasta el final de este camino.

A mi papá Carlos, por ser mi ángel en el cielo, y a mi mamá Marcela, por ser mi ángel en la tierra. Nunca habría llegado tan lejos sin ustedes.

RECONOCIMIENTO

AL CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS (CONICET) Y AL INSTITUTO DE MEDICINA REGIONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE (IMR-UNNE), POR HABER HECHO POSIBLE LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO DE TESIS DOCTORAL.

AGRADECIMIENTOS

A mis directoras, la Dra. Marina Stein y la Dra. Sylvia Fischer. Marina, gracias por abrirme las puertas del laboratorio hace poco más de 10 años, por la formación y la dedicación que me brindaste. Gracias de corazón, me diste el voto de confianza que me impulsó a continuar esta hermosa vida de ciencia. Sylvia, gracias por el acompañamiento y seguimiento desde el día uno, por tus valiosos aportes, por tu calidez que me dio paz cuando lo necesitaba.

Al Sr. Carlos Paredes, director de Saneamiento Ambiental, y a los Técnicos de Control de Vectores de Eldorado, por hacerme un lugar para trabajar y brindarme ayuda y acompañamiento en la etapa fundamental de la tesis, en especial a Silvio Marín y Nicolás Giménez por ayudarme en todo el proceso de recolección de material, por los registros fotográficos, de variables y por su cálida compañía. A la Sra. Ivonne, por abrirme las puertas de su hogar y cuidarme como a un miembro más de su familia en todo el tiempo que fui a Eldorado.

A mi familia. Julia, mi hija, que no entiende mucho todavía, pero me ha visto llorar de frustración y cansancio, me ha soportado con tanto amor en su corto tiempo de vida. Me diste fuerzas, sos mi real motivo de seguir, todo es por y para vos. A Luciano, mi pareja, por levantarme todos los días para que no baje los brazos, por abrazarme y darme una mano cuando sentía que no podía con todo. Gracias por apoyarme siempre y nunca dejarme sola, sin vos no hubiese llegado hasta acá. Gracias por aguantar mis ausencias, por cuidarme, quererme y alimentarme (sin vos no hubiese comido) durante todo este proceso. A mis padres, Marcela y Carlos, por impulsarme a soñar grande siempre. Gracias por creer en mí, por apoyarme siempre, por ser mi inspiración y mi refugio eterno. Papá, me dejaste un mes antes de entregar esta tesis; con mi corazón roto estoy terminándola por vos, por mamá, por todos estos años de esfuerzos que hicieron por mí, por los viajes a congresos que me acompañaron y bancaron. A mis hermanos, Fer, Carli y Marce, porque siempre de algún modo estuvieron, con sus palabras, con su tiempo. Gracias por venir a mí con sus hermosas familias (Lorenzo, Juan Tomás, Ginevra, Vanessa y Javier) cuando yo no pude ir a ustedes (por estar sumergida en la tesis), gracias por no hacerme sentir sola nunca. A mi Abu Rosa, ella me dio hogar, fue mi compañera de estudio, me escuchó practicar las charlas y fue mi primer jurado. Gracias, Abu, fuiste una gran compañía todos estos años.

A mis compañeras y compañeros del Instituto de Medicina Regional. A Orne, Enri, Carlita, Debo, Javi, Carito, Juancho, Aiara y Grisi, por ser mi constante validación, por acomodarme las ideas cuando los necesité, por sus valiosos aportes en metodología, en corrección de escritura, mapas, capas vectoriales, búsqueda de bibliografía, charlas interminables de estadística y ecología. Por ser un grupo tan hermoso, gracias por la amistad.

A mis amigas y amigos de la hermosa y apasionante carrera de Biología, a mis amigas y amigos de la vida, a todos, que son un montón, GRACIAS, por soportar mis ausencias, por leer mis catarsis, por secar mis lágrimas.

A Miriam, Carla (de nuevo, ja), Lara, Clari y Azul por ser mis compañeras de “mesada” en el proceso de escritura, “mesada” que fue mi mesa, que fue una videollamada, que fueron charlas interminables de apoyo y catarsis por WhatsApp. Ustedes no imaginan lo valioso que es tenerlas. Gracias.

A Azu, Emi y Stre por ser un gran soporte emocional en mi vida.

A la Dra. Elizabeth Estallo, por ser una gran impulsora de mis ganas de aprender, por habernos acompañado en el primer muestreo en la selección de sitios. Por su pasión contagiosa.

A Lucas y Tania, por ayudarme con los mapas de los informes, cuando no sabía poner ni siquiera un punto en el mapa.

A Lía, que cuando me vio hundida en la negación, me sacó de ahí y me impulsó a terminar la tesis.

*“A veces la persona que nadie imagina capaz de nada es la que hace cosas que nadie
imagina”*

Alan Turing

Estructura de la tesis

La presente tesis doctoral se encuentra organizada en 7 capítulos.

En el CAPÍTULO I se brinda una introducción general sobre las características generales, morfología y ecología de los Culícidos. Se presenta la diagnosis de *Aedes aegypti* y *Ae. albopictus* y su implicancia como vectores en el mundo y en Argentina.

En el CAPÍTULO II se ubica geográficamente, se detalla y caracteriza el clima y la geomorfología del área de estudio y se localizan y describen los sitios y ambientes muestreados. Asimismo, se describe la metodología empleada para la recolección de huevos y larvas de *Aedes aegypti* y *Ae. albopictus* en el área de estudio.

En el CAPÍTULO III se identifica la abundancia de *Aedes aegypti* y *Ae. albopictus* en los diferentes ambientes estudiados (urbano y suburbano) y la abundancia en los diferentes tipos de hábitats larvales relevados y en las ovitrampas empleadas para la recolección de huevos de estas especies.

En el CAPÍTULO IV se analiza la presencia y abundancia de *Aedes aegypti* y *Ae. albopictus* y su relación con las variables ambientales de los sitios de colecta y de los ambientes estudiados.

En el CAPÍTULO V se analiza la variación temporal de *Aedes aegypti* y *Ae. albopictus* y su relación con variables climáticas.

En el CAPÍTULO VI se presentan las conclusiones y consideraciones finales de la tesis.

En el CAPÍTULO VII se presentan las referencias bibliográficas citadas a lo largo de la tesis.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN GENERAL

Ubicación Taxonómica.....	20
Morfología de Culicidae.....	20
Huevo.....	21
Larva.....	21
Pupa	22
Adulto	23
Biología de los Culicidae	24
Oviposición	25
Eclosión	26
Larva	27
Pupa	27
Adulto.....	28
<i>Aedes aegypti</i> y <i>Ae. albopictus</i>	29
Diagnóstico	29
Huevos.....	30
Larva IV.....	32
Biología de <i>Aedes aegypti</i> y <i>Ae. albopictus</i>	33
Distribución geográfica.....	33
Importancia sanitaria de <i>Aedes aegypti</i> y <i>Ae. albopictus</i>	35
Situación en la Argentina.....	36
Objetivos de la tesis	37
Hipótesis y predicciones.....	37

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA GENERAL

Área de estudio.....	40
Descripción de los ambientes urbano y suburbano.....	42
Ambiente urbano.....	42
Ambiente suburbano.....	44
Descripción de los puntos de muestreo	49

Urbano.....	49
Suburbano.....	51
Trabajo de campo y laboratorio.....	53
Colecta de huevos de <i>Aedes</i> spp en los ambientes seleccionados.....	53
Eclosión de los huevos en laboratorio.....	56
Colecta de larvas y/o pupas de <i>Ae. aegypti</i> y <i>Ae. albopictus</i> en hábitats larvales naturales y artificiales	57
CAPÍTULO III: FRECUENCIA DE OCURRENCIA Y CO-OCURRENCIA DE <i>Aedes aegypti</i> Y <i>Aedes albopictus</i> EN AMBIENTE URBANO Y SUBURBANO	
Introducción.....	61
Materiales y métodos.....	64
Datos seleccionados.....	64
Análisis de datos.....	65
Resultados.....	66
Larvas de especies colectadas en hábitats naturales y/o artificiales	67
Larvas de <i>Ae. aegypti</i> y <i>Ae. albopictus</i> nacidas en las OTs <i>in situ</i>	68
Larvas provenientes de los huevos de <i>Ae. aegypti</i> y <i>Ae. albopictus</i> colectadas a partir de OTs.....	69
Frecuencia de ocurrencia y co-ocurrencia de <i>Ae. aegypti</i> y <i>Ae. albopictus</i>	69
Discusión.....	69
CAPÍTULO IV: VARIABLES AMBIENTALES QUE INFLUYEN SOBRE LA ACTIVIDAD DE OVIPOSICIÓN DE <i>Aedes aegypti</i> Y <i>Aedes albopictus</i>	
Introducción.....	75
Materiales y métodos.....	77
Selección de datos.....	77
Análisis de datos.....	77
Variables del ambiente que influyen en la presencia de <i>Ae. aegypti</i> y <i>Ae. albopictus</i> en la ciudad de Eldorado.....	77
Variables del ambiente que influyen en la abundancia de <i>Ae. aegypti</i> y <i>Ae. albopictus</i> en la ciudad de Eldorado.....	79
Resultados.....	79
Características del ambiente.....	81
Influencia de las variables ambientales en la presencia de <i>Ae. aegypti</i>	83
Influencia de las variables ambientales en la presencia de <i>Ae. albopictus</i>	85

Influencia de la presencia de animales en la abundancia de <i>Ae. aegypti</i>	87
Influencia de las variables ambientales en la abundancia de <i>Ae. albopictus</i>	88
Discusión.....	88

CAPÍTULO V: VARIACIONES ESTACIONALES DE LA ACTIVIDAD DE OVIPOSICIÓN DE *Ae. aegypti* Y *Ae. albopictus* Y SU RELACIÓN CON LAS VARIABLES CLIMÁTICAS

Introducción.....	93
Materiales y métodos.....	95
Selección de datos.....	95
Variables meteorológicas a lo largo de las estaciones climáticas.....	95
Análisis de datos.....	96
Resultados.....	97
Variación estacional de <i>Ae. aegypti</i> y <i>Ae. albopictus</i>	98
Discusión.....	104
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES GENERALES Y CONSIDERACIONES FINALES	108
CAPÍTULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	112

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

CAPÍTULO 1

Figura 1: Esquema del ciclo de vida de un mosquito	21
Figura. 2: Anatomía de larva de mosquito.....	22
Figura 3: Pupa de <i>Aedes aegypti</i>	23
Figura 4: Esquema de mosquito adulto hembra.....	24
Figura 5: Vista dorsal de adultos hembra de <i>Aedes albopictus</i> y <i>Ae aegypti</i>	30
Figura 6: Micrografías electrónicas de barrido de huevos de <i>Aedes aegypti</i> y <i>Ae albopictus</i>	31
Figura 7: Micrografías electrónicas de barrido de detalles de huevos de <i>Aedes aegypti</i> y <i>Ae. albopictu</i> ...	31
Figura 8: Esquema de larvas de <i>Aedes aegypti</i> y <i>Ae. albopictus</i>	32

CAPÍTULO 2

Figura 1: A; República Argentina. B; Provincia de Misiones. C; Ciudad de Eldorado.....	41
Figura 2: Mapa de color de la ciudad de Eldorado.....	42
Figura 3: Fotos de las calles correspondientes al ambiente urbano de la ciudad de Eldorado.....	43
Figura 4: Mapa de la ciudad de Eldorado delimitando los segmentos	43
Figura 5: Segmento suburbano 1: Salto Küppers.....	45

Figura 6: Casa del guardaparques ubicada dentro del parque Küppers.....	46
Figura 7: Segmento suburbano 2: Campo de Pera y caminos aledaños	47
Figura 8: Segmento suburbano 3: Camping La playita y caminos aledaños.....	48
Figura 9: Mapa de la ciudad de Eldorado marcando los puntos de colecta	50
Figura 10: Viviendas de la ciudad de Eldorado	50
Figura 11: Puntos distribuidos en el segmento suburbano 1.....	51
Figura 12: Puntos distribuidos en el segmento suburbano 2.....	52
Figura 13: Puntos distribuidos en el segmento suburbano 3.....	53
Figura 14: OT de plástico y vidrio utilizadas para la detección de <i>Aedes aegypti</i> y <i>Ae. albopictus</i>	54
Figura 15: Ubicación de Ovitrapas en viviendas.....	55
Tabla 1: Variables tomadas en los diferentes sitios de colecta y hábitats larvales de culicidae.....	56
Figura 16: Eclosión de huevos y cria de larvas.....	56
Figura 17: Recolección de inmaduros en hábitats larvales naturales y artificiales.....	58
Figura 18: Materiales utilizados para la recolección de muestras.....	59

CAPÍTULO 3

Tabla 1: Abundancia de Culicidae colectados en ambientes urbano y suburbano de la ciudad de Eldorado, Misiones, entre noviembre de 2018 a febrero de 2020.....	66
Tabla 2: Hábitats larvales donde se hallaron especies de Culicidae, en los dos tipos de ambientes de la ciudad de Eldorado, Misiones, entre mayo de 2018 a febrero de 2020.....	67
Tabla 3: Abundancia y porcentajes de <i>Aedes aegypti</i> y <i>Ae. albopictus</i> en los ambientes urbano y suburbano de la ciudad de Eldorado, Misiones, entre mayo de 2018 a febrero de 2020.....	68
Tabla 4: Test exacto de Fisher en los diferentes muestreos realizados.....	69

CAPÍTULO 4

Tabla 1. Variables predictoras de la abundancia de <i>Aedes aegypti</i> y <i>Ae. albopictus</i> tomadas en cada punto de colecta (casa) y las recopiladas de INDEC.....	78
Figura 1: Número de puntos positivos de cada especie por ambiente a lo largo del periodo de muestreo.....	80
Tabla 2: Abundancia de las especies estudiadas en los ambientes urbanos y suburbanos durante todo el periodo de muestreo.	81
Figura 2: Vegetación predominante en los diferentes ambientes.	82
Figura 3. Densidad poblacional humana por cada punto de colecta en la ciudad de Eldorado.	82
Figura 4: Mapa de la ciudad de Eldorado: Puntos de colecta y densidad poblacional.....	82
Tabla 3: Coeficientes estimados del GLM para <i>Aedes aegypti</i>	84
Tabla 4: Análisis de Significancia de Variables en el GLM para <i>Aedes aegypti</i>	85

Tabla 5: Coeficientes estimados del GLM para <i>Aedes albopictus</i>	86
Tabla 6: Análisis de Significancia de Variables en el GLM para <i>Aedes albopictus</i>	87
Tabla 7: Resultados del modelo seleccionado y del Test Chi cuadrado tipo II, para <i>Aedes aegypti</i>	88
Tabla 8. Resultados del modelo seleccionado y del Test de Chi-cuadrado de Wald tipo II, para <i>Aedes albopictus</i>	88

CAPÍTULO 5

Figura 1: Datos meteorológicos de la ciudad de Eldorado en periodo de muestreo.....	97
Tabla 1: Coeficientes del GLM para la abundancia de <i>Aedes aegypti</i> en relación con las estaciones	99
Figura 2: Variación estacional de <i>Aedes aegypti</i> y <i>Ae. albopictus</i> colectadas a partir ovitrampa	100
Tabla 2: Coeficientes del GLM para la abundancia de <i>Aedes albopictus</i> en relación con las estaciones..	100
Lámina 1: Presencia y abundancia de <i>Ae. aegypti</i> a lo largo de las estaciones.	102
Lámina 2: Presencia y abundancia de <i>Ae. albopictus</i> a lo largo de las estaciones	103
Figura 3. Variación estacional de larvas de <i>Aedes aegypti</i> y <i>Ae. albopictus</i> en campo y ovitrampa.....	104

TESIS DE DOCTORADO DE LA UNNE EN BIOLOGÍA
**“PATRONES DE DISTRIBUCIÓN AMBIENTAL Y
ESTACIONAL DE *Aedes aegypti* Y *Aedes
albopictus* (DIPTERA: CULICIDAE) EN LA
CIUDAD DE ELDORADO, MISIONES”**

LICENCIADA JANINNA FARAONE

ÁREA DE ENTOMOLOGÍA, INSTITUTO DE MEDICINA REGIONAL.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE

RESUMEN

Aedes aegypti (L.) es el principal vector de dengue, fiebre amarilla, Chikungunya y Zika en América, mientras que *Ae. albopictus* (Skuse) es el principal vector de Chikungunya en Europa y de numerosas arbovirosis en Asia, entre ellas dengue. Su rol como vector en América aún es desconocido; sin embargo, varios estudios han demostrado que poblaciones de esta especie son capaces de transmitir estos virus también. Con el objetivo general de contribuir a la bionomía de estas especies de mosquitos en Argentina, se llevó a cabo este estudio en la Ciudad de Eldorado, Misiones, dónde ambas especies habitan en simpatría. De forma semanal, durante dos semanas consecutivas, desde noviembre de 2018 hasta febrero de 2020, se llevaron a cabo muestreos estacionales en dos tipos de ambientes: urbano y suburbano. En total se utilizaron 90 puntos de muestreo, 45 en cada ambiente. En cada sitio se colocaron 2 sensores de detección (ovitrapas) de la actividad de las hembras de *Aedes* spp. para la colecta de huevos; los dispositivos fueron puestos distanciados por 50 cm para aumentar la efectividad de colecta. Debido a que no es posible diferenciar los huevos de ambas especies mediante el uso de estereomicroscopio, los mismos fueron inundados para su eclosión en laboratorio. Las larvas emergidas fueron criadas hasta el estadio IV para permitir su identificación. Larvas y/o pupas halladas en las ovitrampas por eclosión de huevos en campo, fueron colectadas y llevadas al laboratorio para su

cría e identificación. Asimismo, de cada punto/sitio de muestreo se inspeccionaron hábitats presentes en búsqueda de larvas y/o pupas de culícidos. El primer objetivo específico de esta tesis fue cuantificar las abundancias y la frecuencia de ocurrencia y co-ocurrencia de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* en ambiente urbano y suburbano de la ciudad de Eldorado. Los resultados mostraron que ambas especies fueron halladas en los dos tipos de ambientes estudiados, *Ae. aegypti* predominó en el ambiente urbano y *Ae. albopictus* si bien fue más abundante en el ambiente urbano, predominó en el suburbano respecto a *Ae. aegypti*. Se las encontró coexistiendo en todos los hábitats larvales artificiales estudiados, tanto del ambiente urbano como suburbano. *Aedes albopictus* se presentó como única especie habitando en fitotelmata del ambiente suburbano. Respecto a las larvas nacidas en campo en las mismas ovitrampas, la mayoría de las larvas provenientes del ambiente urbano fueron de *Ae. aegypti*, mientras que *Ae. albopictus* predominó en las ovitrampas del ambiente suburbano. De las larvas nacidas en laboratorio provenientes del ambiente suburbano, el 99% fueron de *Ae. albopictus*, mientras que de las provenientes del ambiente urbano predominó *Ae. aegypti*. El Test de Fisher demostró que las 2 especies se encontraban juntas en mayor medida que lo esperado por el azar, lo que representó una asociación positiva entre las mismas. El segundo objetivo fue identificar variables del ambiente que influyen en la actividad de oviposición, como indicador de la abundancia de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus*. De los 90 puntos estudiados, se encontraron huevos/larvas y/o pupas de estas especies en 79 puntos. En todo el periodo de muestreo se encontró a *Ae. aegypti* solo o coexistiendo en 56 puntos, y a *Ae. albopictus* en 58. Como resultado de los análisis estadísticos se vio que la presencia y abundancia de *Ae. aegypti* se asociaron positivamente a la densidad poblacional humana y a la vegetación de tipo herbácea y arbusto y negativamente con la distancia a la casa más próxima desde el punto de colecta. Asimismo, la presencia de esta especie estuvo asociada positivamente con la interacción entre la casa más próxima y la densidad poblacional y su abundancia tuvo una asociación negativa con la presencia de animales. En cuanto a *Ae. albopictus*, su

presencia y abundancia se asociaron negativamente con la distancia a la casa más próxima. Por último, el tercer objetivo fue estudiar las variaciones estacionales de la actividad de oviposición de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* y su relación con las variables climáticas. Los resultados mostraron que ambas especies estuvieron presentes en todo el período de estudio. *Aedes aegypti* presentó picos de abundancia en verano 2019, seguido de las primaveras 2019 y 2018. *Aedes albopictus* mostró abundancias mayores en verano 2019 seguido de la primavera 2019, mientras que en el resto de las estaciones presentó abundancias similares. La mayor cantidad de sitios positivos de *Ae. aegypti* se registró en primavera 2018 y verano 2019 y primavera 2019; *Ae. albopictus* registró un mayor número de puntos positivos en primavera-verano 2019 y primavera-verano 2020. Ambas especies se encontraron en abundancias mínimas en el invierno. La relación *Ae. aegypti*/*Ae. albopictus* fue de 4:1 en la mayoría de las estaciones, sin embargo, si diferenciamos larvas nacidas en campo y nacidas en laboratorio en las diferentes estaciones, la relación *Ae. aegypti*/*Ae. albopictus* en campo fue más alta (9:1) que las nacidas en laboratorio (fueron variables). Este estudio revela datos de interés sobre la ecología y la dinámica temporal de las poblaciones de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* en entornos urbanos y suburbanos, que podrían tener implicancias significativas para la salud pública, y que son de utilidad para la toma de medidas integradas de control de patologías como el Dengue, Zika y Chikungunya.

ABSTRACT

Aedes aegypti Linnaeus is the primary vector of dengue, yellow fever, Chikungunya, and Zika in the Americas. Meanwhile, *Ae. albopictus* Skuse is the primary vector of Chikungunya in Europe and numerous arboviruses in Asia, including dengue. Although its role as a vector in the Americas is still unknown, several studies have demonstrated that populations of this species are also capable of transmitting these viruses. This study was conducted in the City of Eldorado, Misiones, to contribute to the bionomics of the vectors in Argentina where both species cohabit in sympatry in urban and suburban

environments. Weekly samplings were carried out over two consecutive weeks, from November 2018 to February 2020, at 90 sampling points/sites, with 45 in each environment. At each site, two detection sensors (ovitrap) were placed to collect eggs from female *Aedes* spp. As it is not possible to differentiate between the eggs of both species using a stereomicroscope, they were flooded for hatching in the laboratory. The emerged larvae were reared to the fourth stage for identification. Larvae and/or pupae found in the ovitraps due to egg hatching in the field were collected and taken to the laboratory for rearing and identification. Habitats at each sampling point/site were inspected for mosquito larvae and/or pupae. The first objective of this thesis was to quantify the abundances, frequency of occurrence, and co-occurrence of *Ae. aegypti* and *Ae. albopictus* in the urban and suburban environments of Eldorado city. The study found that both species were present in the two types of environments examined. *Ae. aegypti* was more prevalent in the urban environment, while *Ae. albopictus*, although more abundant in the urban environment, was more prevalent in the suburban environment than *Ae. aegypti*. Both species coexisted in all artificial larval habitats studied, in both environments. In the suburban environment, *Aedes albopictus* was the only species found inhabiting phytotelmata. In the same ovitraps, most of the larvae hatched in the urban environment were *Ae. aegypti*, while *Ae. albopictus* predominated in the ovitraps in the suburban environment. From the suburban environment, 99% of the larvae hatched in the laboratory were *Ae. albopictus*, while *Ae. aegypti* predominated from the urban environment. The Fisher test indicated a positive association between the two species as they were found together more frequently than expected by chance. The second objective aim was to identify the environmental variables that influence oviposition activity, which serves as an indicator of the abundance of *Ae. aegypti* and *Ae. albopictus*. Out of the 90 points studied, eggs, larvae, and/or pupae of these species were found at 79 points. During the sampling period, *Ae. aegypti* was found alone or coexisting at 56 points, while *Ae. albopictus* was found at 58 points. Statistical analyses revealed a positive association between the presence and abundance of *Ae. aegypti* and

population density, herbaceous and shrub vegetation, and a negative association with the distance to the nearest house from the collection point. The study also found that the presence of the species was positively associated with the interaction between the nearest house and population density, while its abundance had a negative association with the presence of animals. In the case of *Ae. albopictus*, its presence and abundance were negatively associated with the distance to the nearest house. The third objective of the study investigate the seasonal variations in oviposition activity of *Ae. aegypti* and *Ae. albopictus* and their relationship with climatic variables. Both species were recorded during the entire study period. *Aedes aegypti* had abundance peaks in summer 2019, followed by springs 2019 and 2018. *Ae. albopictus* exhibited higher abundances in summer 2019, followed by spring 2019 and similar abundances were observed in the remaining seasons. The highest number of positive sites for *Ae. aegypti* was recorded in spring 2018 and summer 2019, as well as in spring 2019, *Ae. albopictus* recorded a higher number of positive points in spring-summer 2019 and spring-summer 2020. Both species were found in minimal abundances in winter. In most seasons, the ratio of *Ae. aegypti*/*Ae. albopictus* was 4:1. However, when differentiating between larvae hatched in the field and those hatched in the laboratory during different seasons, the ratio of *Ae. aegypti*/*Ae. albopictus* in the field was higher (9:1) than in the laboratory (which varied). This study offers insights into the ecology and temporal dynamics of *Ae. aegypti* and *Ae. albopictus* populations in urban and suburban environments. These insights could have significant implications for public health and are useful for integrated control measures of diseases such as dengue, Zika, and Chikungunya.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN GENERAL

Taxonomía, ecología e importancia sanitaria
de *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus*

1. Ubicación Taxonómica

Filo: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Diptera

Familia: Culicidae

Tribu: Aedini

Género: *Aedes* Meigen

La familia Culicidae, es un grupo diverso y abundante de insectos que incluye más de 3500 especies clasificadas en 2 subfamilias, Anophelinae y Culicinae y 113 géneros que se encuentran distribuidos en las regiones templadas, tropicales y subtropicales del mundo (Harbach 2013). Dentro de la subfamilia Culicinae, Aedini es la tribu más grande, con 1.262 especies incluidas en 10 géneros. En Argentina están citadas 244 especies (Campos *et al.* 2024), de las cuales el 86,47% han sido registradas en la región nordeste (Stein *et al.* 2016), en particular la tribu Aedini está representada por 47 especies, entre las que podemos citar a *Aedes aegypti* (Linnaeus) y *Aedes albopictus* (Skuse) (Rossi 2015).

2. Morfología de Culicidae

Los culícidos son insectos de pequeño porte, pueden medir entre 3mm y 1,5 cm, y son reconocidos por presentar cuerpo alargado, patas largas, probóscide larga y recta (hay excepciones), y escamas en la mayor parte del cuerpo. Son holometábolos, atravesando cuatro estados de desarrollo a lo largo de su vida: huevo, larva, con cuatro estadios larvales (L1, L2, L3 y L4), pupa y adulto (Figura 1).

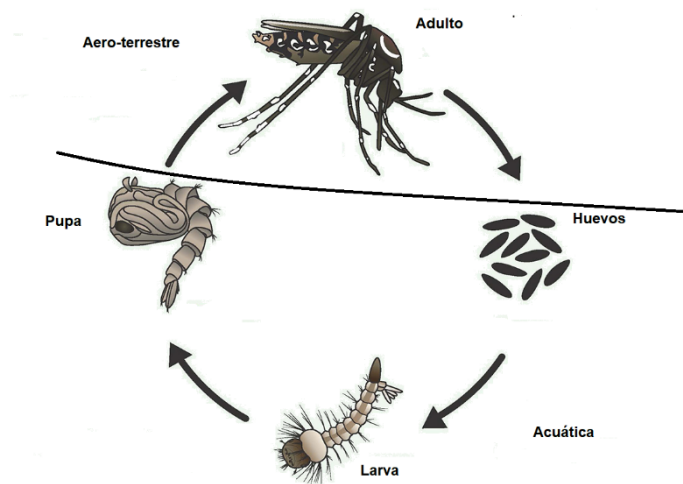


Figura 1: Esquema del ciclo de vida de un mosquito, en particular *Aedes aegypti*.
Extraído y modificado de CDC 2023.

2.1. Huevo

Los huevos de los culícidos, en general, son de forma oval o elíptica y están dotados de simetría bilateral. Se encuentran revestidos por un corion de naturaleza proteica, secretado por las células foliculares del oocito. El corion se conforma de dos capas, la interna o endocorion y la externa o exocorion. El exocorion se presenta siempre ornamentado con estructuras y generalmente es transparente, pudiendo presentar protuberancias, bultos y tubérculos de formas muy variadas, llamados en general: tubérculos del exocorion (Consoli & Lourenço-de-Oliveira 1994).

2.2. Larva

Las larvas se distinguen de la de los otros insectos acuáticos por la ausencia de patas, la presencia de una cabeza distinta con cepillos bucales y antenas, un tórax bulboso que es más ancho que la cabeza (en su estadio larval IV) y el abdomen que termina en un segmento anal con papilas posteriores y un par de aberturas respiratorias (espiráculos) al finalizar el segmento VIII abdominal (subfamilia Anophelinae) o dichas estructuras dispuestas al final de un sifón alargado que se dispone dorsal al segmento

VIII abdominal (subfamilia Culicinae) (Forattini 1996) (Figura 2 A y B).

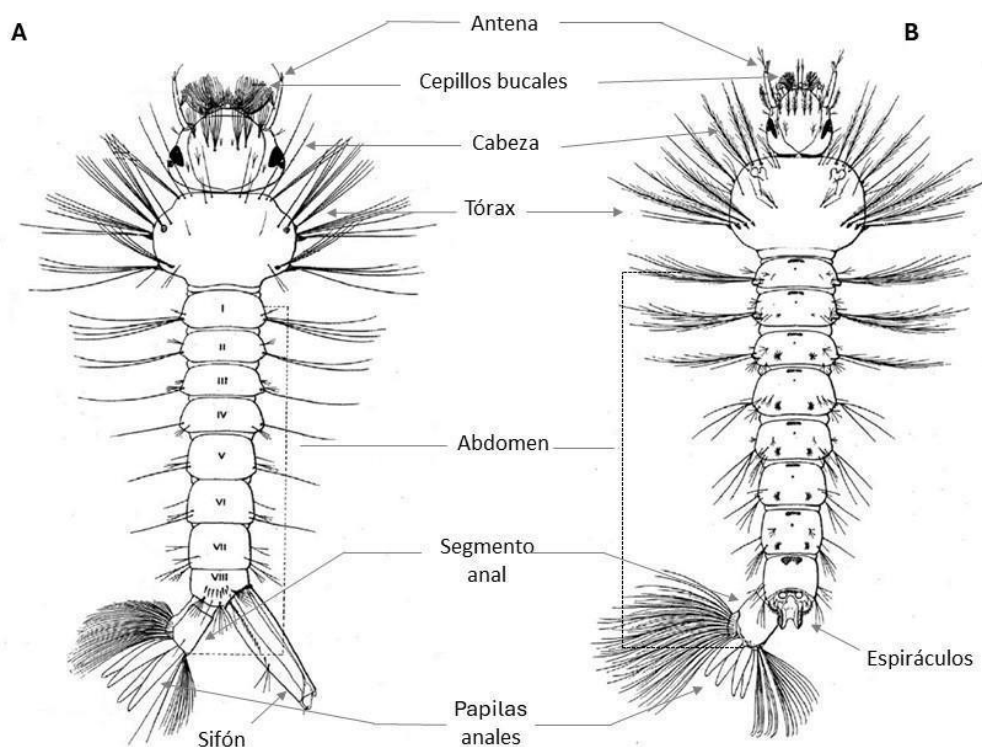


Figura 2: Anatomía de larva de mosquito. Se observan la cabeza, tórax y abdomen con sus segmentos y estructuras respiratorias al final del abdomen. Extraído y modificado de Foster & Walker 2019. A. Larva de Culicinae. B. Larva de Anophelinae.

2.3. Pupa

Morfológicamente, su cuerpo se distingue en dos partes: el cefalotórax y el abdomen. En el cefalotórax existen dos estructuras tubulares llamadas trompetas respiratorias donde se abren los únicos espiráculos de la pupa (Consoli & Lourenço-De-Oliveira 1994). El abdomen, en su extremo posterior, posee dos estructuras llamadas paletas natatorias (Figura 3).

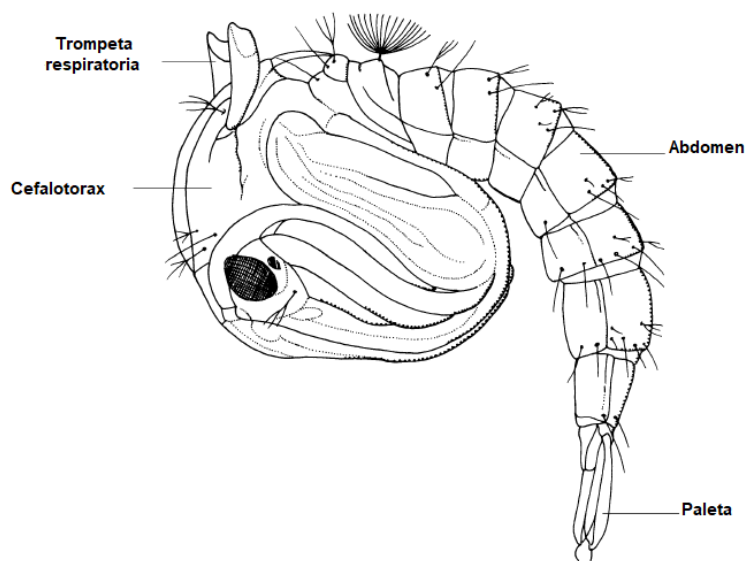


Figura 3: Pupa de *Aedes aegypti*. Extraído y modificado de Christophers 1960.

2.4. Adulto

El mosquito adulto está cubierto de un exoesqueleto quitinoso, y su cuerpo está dividido en tres regiones: la cabeza, el tórax y el abdomen (Figura 4 A). La cabeza es de forma ovoide, con grandes ojos compuestos, presenta cinco apéndices, que consisten en dos antenas, las cuales son moderadamente pilosas en hembras y plumosas en machos, dos palpos maxilares y la probóscide. En la tribu Aedini, los palpos maxilares de los machos son tan largos como la proboscis, siendo muy cortos en las hembras. El tórax, la región del cuerpo entre la cabeza y el abdomen, del que nacen 3 pares de patas articuladas, un par de alas funcionales y un par halterios (alas posteriores modificadas) que dan estabilidad al vuelo. El abdomen está compuesto por 10 segmentos, de los cuales los tres segmentos terminales están especializados en la reproducción (permite diferenciar también a hembras y machos) y excreción (Rueda 2008) (Figura 4 A y B).

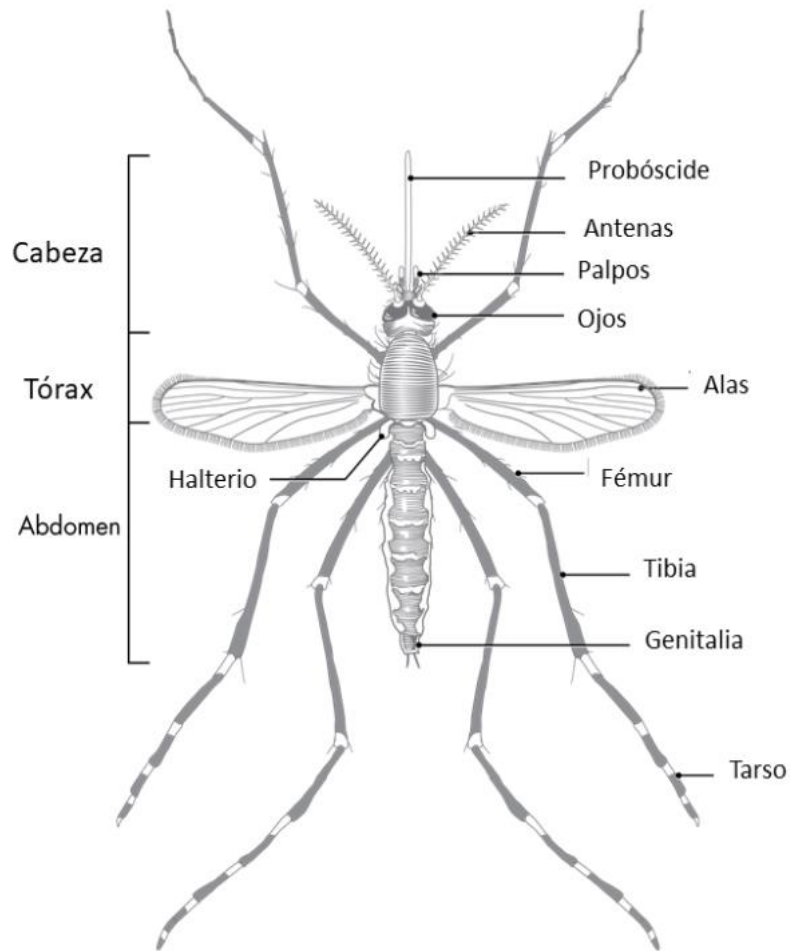


Figura 4: Esquema de mosquito adulto hembra. Imagen extraída del sitio web Centers for Disease, Controls and Prevention 2024 (<https://www.cdc.gov/>).

3. Biología de los Culicidae

Las hembras de mosquitos pueden depositar sus huevos en una gran variedad de hábitats tanto naturales como artificiales donde se colecte agua. Estas colecciones de agua donde viven y se suceden las formas inmaduras de los culícidos se denominan genéricamente hábitats larvales (Rupp *et al.* 2006). Estos sitios de cría son aquellos lugares donde las hembras grávidas depositan los huevos, eclosionan las larvas, estas cambian de estadio, se transforman en pupas de las que emergen adultos (Rupp *et al.*

2006).

Los hábitats larvales varían dependiendo de las especies, a grandes rasgos se pueden clasificar en: naturales (charcos, lagunas, huecos de árboles, axilas de bromelias, tocones de tacuara, huecos de roca, etc.) y artificiales, son aquellos recipientes manufacturados por el hombre, presentes principalmente en los ambientes urbanos, donde se encuentran una gran variedad de recipientes propicios para la acumulación de agua y el desarrollo de estos insectos (latas, frascos, floreros, bebederos de animales y cubiertas en desuso, entre otros) (Grech & Ludueña-Almeida 2016). Asimismo, dependiendo de lo estable o efímera que sea la permanencia del agua en estos hábitats, se los clasifica en permanentes y temporarios.

3.1. Oviposición

En general, las hembras de los culícidos buscan lugares adecuados para la oviposición que garanticen la supervivencia de sus larvas. En mosquitos que se alimentan de sangre, luego de la alimentación de la hembra adulta, esta puede llegar a poner de 100 a 300 huevos por ciclo gonotrófico (Clements 2002). En el momento de la oviposición, el corion de los huevos es elástico, tornándose rígido, sirviendo de soporte y protección mecánica de los embriones que contienen (Forattini 1996). En general, dependiendo del comportamiento de oviposición (Barr 1958), las especies se pueden clasificar en dos grupos:

- A) Especies cuyas hembras depositan los huevos directamente sobre la superficie del agua, de manera individual como las de los géneros *Anopheles* y *Wyeomyia* o, en masas, o balsas o rafts como las especies de los géneros *Culex*, *Uranotaenia*, *Mansonia*, *Coquillettidia*, *Orthopodomyia*, entre otros) (Clements 1992, Forattini 2002).
- B) Especies cuyas hembras depositan los huevos en suelos húmedos o por encima de la superficie del agua, adheridos a la cara interna de algún hábitat natural o artificial como las de los géneros *Aedes* y *Psorophora*. Estos huevos están dotados de

dispositivos que les permiten resistir a la desecación por meses y hasta por un año (Clements, 1992, Crans 2004, Becker *et al.* 2020).

3.2. Eclosión

Dependiendo del género, existen dos grupos en cuanto a la eclosión: 1) aquellas especies en las cuales la eclosión sigue inmediatamente al término del desarrollo embrionario, como ocurre en *Anopheles*, *Culex*, *Mansonia*, *Uranotaenia*, *Toxorhynchites* y *Wyeomyia*; y 2) aquellas que pueden tener un período de latencia que sucede al desarrollo embrionario y antecede a la eclosión, como ocurre en *Aedes*, y *Psorophora* (Forattini 1962, Clements 1992, Crans 2004). En este último caso, esa estrategia le permite sobrevivir a las fluctuaciones del agua de sus hábitats, tolerando la desecación.

La latencia es un estado de detención del desarrollo, es adaptativo y en general presenta suspensión metabólica (Kostal 2006). Existen dos tipos de latencia, 1) la diapausa, que es determinada genéticamente y es un mecanismo mediado por hormonas, cambios en el fotoperíodo y descenso progresivo de la temperatura que implica la detención programada del desarrollo embrionario durante un período (Denlinger & Armbruster 2014); y 2) la quiescencia, es el detenimiento del desarrollo frente a condiciones desfavorables como la baja humedad relativa, ausencia de precipitaciones o altas temperaturas, hasta que se restablezcan las condiciones favorables (Araujo Diniz *et al.* 2017).

Los mosquitos de los géneros *Aedes*, *Psorophora* y *Ochlerotatus* presentan latencia en el estado de huevo (Araujo Diniz *et al.* 2017, Becker *et al.* 2020). Según numerosos autores, *Ae. aegypti* carece de la capacidad de entrar en diapausa (Hawley *et al.* 1989, Mitchell 1995, Tsuda & Takagi 2001, Mogi 2011, Denlinger & Armbruster 2014, Armbruster 2016, Costanzo *et al.* 2016, Cunze *et al.* 2018), sin embargo, un estudio reciente identificó la presencia de este mecanismo en poblaciones de *Ae. aegypti* de la región templada de Argentina, el cual se ve influenciado por los días cortos,

característica que le permitiría distribuirse a regiones con inviernos más fríos (Fischer *et al.* 2019).

Aedes albopictus, presenta diapausa influenciada por los días cortos (Wang 1966). Sin embargo, en zonas subtropicales como en la ciudad de Eldorado, Misiones, no está claro que las poblaciones de *Ae. albopictus* puedan entrar en diapausa, ya que se ha visto que eclosionan cuando los huevos son inundados sin importar la época del año (Faraone *et al.* 2021).

3.3. Larva

El estado de larva es esencialmente acuático y dotado de gran movilidad. Toman oxígeno del aire a través de los orificios espiraculares. La alimentación está basada en microorganismos como bacterias, hongos, protozoarios y detritos orgánicos animales y vegetales. También existen larvas predadoras, entre las que pueden citarse especies de *Toxorhynchites*, *Psorophora*, *Lutzia*, entre otras (King *et al.* 1939, Anduze 1941, Del Ponte & Castro 1952, Martínez *et al.* 1959, Forattini 1962, Clements 1992, Guidotti *et al.* 1997).

En general, bajo condiciones favorables de temperatura y nutrición, la duración del período larval de los culícidos varía alrededor de 5 a 10 días (CDC 2023). Existen excepciones como en los *Toxorhynchites* que puede durar hasta 3 meses (Collins & Blackwell 2000).

3.4. Pupa

El estado de pupa representa un período de transición en el que ocurren profundas transformaciones que llevan a la formación del adulto y al cambio del hábitat acuático por el terrestre (Rossi & Almirón 2004). Los movimientos de la pupa, si bien están limitados al abdomen, son muy enérgicos y activos; sin embargo, tienden a permanecer inmóviles, colocando la abertura de las trompetas respiratorias en contacto

con la superficie del agua. En general, la duración de este estado es de alrededor de dos días, en condiciones de temperatura favorables (20-30°C) (King *et al.* 1939, Gentile 1949, Forattini 1962, Abovaly & Horsfall 1968, McHugh & Olson 1982, Clements 1992).

3.5. Adulto

Luego de la emergencia, generalmente los mosquitos adultos se refugian en lugares húmedos y sin corrientes de aire, donde puedan permanecer en reposo. Los principales factores que afectan la presencia de los mosquitos en el ambiente en el que viven parecen ser la luz, la temperatura y la humedad. Asimismo, las reacciones a los agentes químicos como el dióxido de carbono desempeñan un papel importante en la procura de alimentación y de oviposición.

Machos y hembras se alimentan de jugos de plantas como fuente de carbohidratos para ganar energía para volar o aparearse (Becker *et al.* 2020). Sin embargo, a excepción de los de la tribu Toxorhynchitini donde tanto machos como hembras se alimentan únicamente de jugos vegetales, la mayoría de las hembras también ingieren sangre, hábito del cual surge la importancia sanitaria y económica de estos insectos. La sangre ingerida es necesaria para la maduración de los óvulos (Magnarelli 1979, Clements 1992). En toda su vida, la hembra puede ingerir varias veces sangre por cada ciclo gonotrófico, que se define como el periodo entre ingesta de sangre y la oviposición, y entre una puesta de huevos y otra (Clements 2002, Santos *et al.* 2002).

Cuando una especie presenta preferencia por picar al ser humano y por eso mismo vive en el ambiente habitado por él, se dice que es una especie doméstica y antropófila. Luego de ingerir sangre, las hembras procuran un refugio donde descansar; así, ciertas especies tienden a permanecer en las habitaciones, mientras que otras buscan o permanecen en el exterior. Así encontramos mosquitos con comportamientos más domésticos por frecuentar la vivienda humana (Forattini 1962, Clements 1992). En

caso contrario la especie es extradomiciliaria y zoófila, es decir, prefiere alimentarse de sangre de animales y no tiene tendencia a frecuentar el domicilio humano.

La longevidad de los mosquitos adultos está sujeta a condiciones climáticas y numerosos infortunios a los que los individuos están expuestos en la naturaleza; también está relacionada con el sexo, siendo las hembras más longevas que los machos; observaciones sobre *Aedes* y *Anopheles* indican un período de vida de aproximadamente 2 semanas; *Aedes aegypti*, vive en promedio 1 mes, aunque se pudo comprobar que en laboratorio hembras vivieron hasta 16-17 semanas (Rossi & Almirón 2004).

4. *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus*

Aedes aegypti y *Ae. albopictus* pertenecen al subgénero *Stegomyia* Theobald. Los adultos de ambas especies presentan, tanto en el tórax como en las patas, ornamentaciones con manchas y diferentes diseños de escamas blancas. Los palpos masculinos son largos y equivalen a dos tercios de la longitud de la probóscide (Becker *et al.* 2020).

4.1. Diagnósis

Aedes aegypti presenta una coloración general negra, mientras que *Ae. albopictus* es de color negro azabache. El clípeo, estructura presente en la parte anterior de la cabeza y ventral a las inserciones de las antenas, presenta en el caso de *Ae. aegypti* escamas blanco-plateadas, mientras que en *Ae. albopictus* están ausentes por lo que el clípeo es completamente de color negro. En *Ae. aegypti* el escuto (parte superior del tórax) está recubierto de escamas negras y se reconoce un diseño de escamas blanco-plateadas, dispuestas en líneas longitudinales, formando el diseño denominado “lira” (Forattini 2002). En *Ae. albopictus* está recubierto de escamas negras y se destaca la presencia de una línea media longitudinal de escamas plateadas (Figura

5) (Hawley 1988).

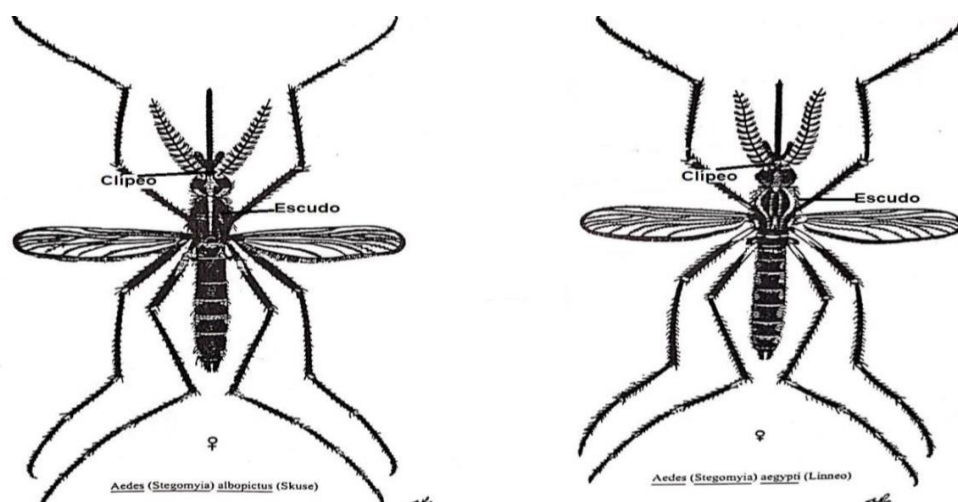


Figura 5: Vista dorsal de adultos hembra de *Aedes albopictus* y *Aedes aegypti*. Imagen extraída y modificada de Estrada-Franco & Craig 1995.

4.1.1. Huevo

Los huevos de ambas especies no pueden ser diferenciados con el uso del microscopio óptico. Sin embargo, se los puede diferenciar con microscopía electrónica de barrido, Suman *et al.* (2011), encontraron que morfométricamente, los huevos de *Ae. albopictus* son significativamente más pequeños y afilados en el extremo posterior (P) en comparación con los huevos de *Ae. aegypti* (Figura 6). También, que el disco micropilar (MPD) de *Ae. aegypti* es más ancho y tiene sectores circulares incompletos, mientras que en el *Ae. albopictus* es un polígono más estrecho sin sectores circulares. Las redes exocoriónicas (EN) de *Ae. aegypti* están entretejidas, reticuladas y muy anchas, mientras que en *Ae. albopictus* son estrechas, prominentes y con forma de paredes sólidas (Figura 7).

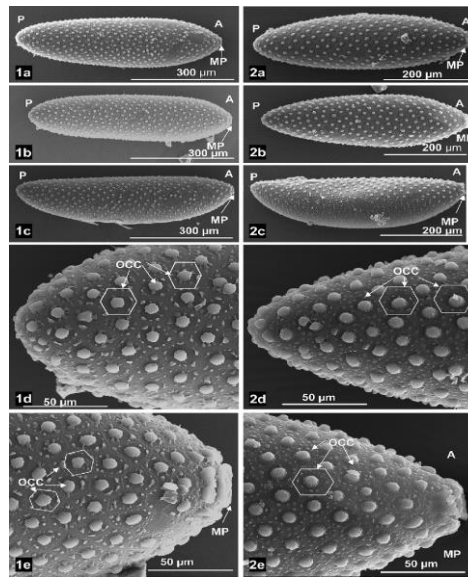


Figura 6: Micrografías electrónicas de barrido de huevos de *Aedes aegypti* (1a-e) y *Ae. albopictus* (2a-e). Las figuras a, b, c son el huevo completo mostrando las superficies dorsal, ventral y lateral. Respectivamente y las diferencias de tamaño, y las figuras d y e representan la región anterior y posterior de la superficie ventral, respectivamente. A: extremo anterior; P: extremo posterior; OCC: célula coriónica externa; MP: Aparato micopilar. Imagen extraída de Suman *et al.* 2011.

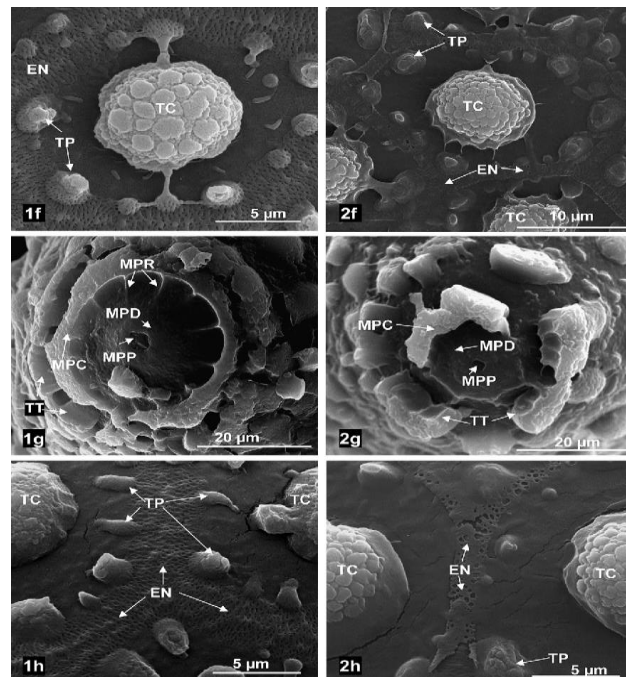


Figura 7: Micrografías electrónicas de barrido de detalles de huevos de *Aedes aegypti*

(1f-h) y *Ae. albopictus* (2f-h). Las figuras f, g y h representan detalles de la célula coriónica externa con tubérculo central, del aparato micropilar y de la red exocoriónica, respectivamente.: EN: red exocoriónica; MPC: corola micropilar; MPD: disco micropilar; MPP: poro micropilar; MPR: cresta micropilar; TC: tubérculo central; TP: tubérculo periférico; TT: tubérculo con forma de diente. Imagen extraída de Suman *et al.* 2011.

4.1.2. Larva de estadio IV

Las larvas de estadio IV de *Ae. aegypti* se reconocen por presentar en la cerda 7 de la cabeza simple (7-C); espinas laterales del meso y metatórax grandes; una hilera de no más de 12 espinas o dientes del peine en el segmento abdominal VIII y cada diente del peine (DP) presenta una espina central y espinas subapicales más pequeñas. *Aedes albopictus* presenta la cerda 7-C doble; espinas laterales del meso y metatórax pequeñas, a veces indistinguibles; cada DP presenta una única espina central grande sin espinas subapicales (Figura 8).

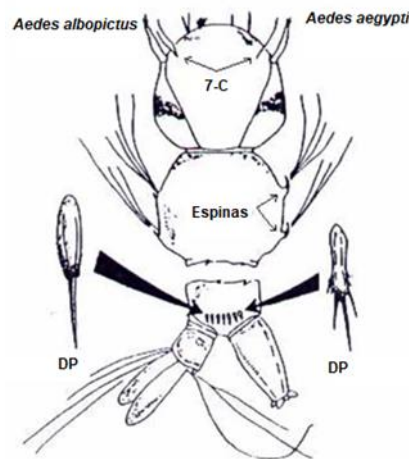


Figura 8: Esquema de cabeza, tórax y últimos segmentos abdominales en *Aedes aegypti* y *Ae. albopictus*. 7-C: cerda 7 de la cabeza; DP: diente del peine. Imagen extraída y modificada de Estrada-Franco y Craig 1995.

4.2. Biología de *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus*

Ambas especies tienen su origen en hábitats naturales conocidos como fitotelmata (estructuras de plantas que permiten acumular agua), a la vez que poseen una notable capacidad de adaptación (Lounibos 2002) a otros hábitats por lo que se las puede encontrar conviviendo en recipientes artificiales en los asentamientos urbanos, suburbanos y rurales en las regiones tropicales, subtropicales y templadas (Passos *et al.* 2003, Juliano *et al.* 2004, Honorio *et al.* 2006). En algunas áreas, los estados inmaduros de *Ae. albopictus* se hallan más frecuentemente asociados a hábitats naturales como bromelias, tocones de bambú y huecos de árboles (Hawley 1988, Marques *et al.* 2001).

La adaptación de *Aedes aegypti* a ambientes urbanos está asociada a su preferencia por alimentarse de sangre humana y poner huevos en hábitats artificiales de uso doméstico (Lopes *et al.* 2004; Vezzani & Carbajo 2008), mientras que *Ae. albopictus* prefiere habitar los ambientes suburbanos y rurales debido a la necesidad de sus hembras de alimentarse de néctar y preferir refugiarse y picar a la intemperie (Hawley 1988, Braks *et al.* 2003, Rey *et al.* 2006). Esta especie exhibe un patrón oportunista y generalista, capaz de alimentarse de mamíferos, aves, reptiles y anfibios (Gratz 2004, Delatte *et al.* 2010), con una preferencia por huéspedes humanos (Sullivan *et al.* 1971, Savage *et al.* 1993).

4.2.1. Distribución geográfica

Aedes aegypti, originaria de África, fue detectada en América a partir del siglo XV, se cree que llegó al continente siendo transportada en los barcos que comercializaban esclavos desde África (Christophers 1960, Tabachnick 1991). A principios del siglo XX, *Ae. aegypti* tenía una distribución mundial, encontrándose entre los 35° S y 45 ° N (Christophers 1960). En 1934, la Organización Panamericana de la Salud (PAHO, sus siglas en inglés) inició una intensa campaña de erradicación de *Ae.*

aegypti en América, logrando restringir la distribución del vector a Venezuela, países de Centroamérica, el Caribe y el sur de los Estados Unidos (PAHO 1967). Sin embargo, la falta de continuidad de esas campañas condujo a una reinfestación gradual del continente (Monath 1994). Para 1991, *Ae. aegypti* se reinstaló en casi todos los países dónde previamente había sido erradicada (Gubler & Clark 1995).

En Argentina, *Ae. aegypti* fue considerada erradicada en el año 1964 (Carcavallo & Martinez 1968), siendo encontrada nuevamente en 1986, en las ciudades de Posadas y Puerto Iguazú, provincia de Misiones, y en Puerto Pilcomayo y Clorinda, provincia de Formosa. Entre 1991 y la actualidad, su distribución se ha ampliado a todo el norte, centro, siendo muy similar a la histórica, y además se ha extendido hacia el sur, incluyendo a La Pampa y Neuquén (Grech *et al.* 2010, Rossi 2015). En la actualidad, *Ae. aegypti* tiene una distribución más amplia y se la encuentra desde el norte al centro, únicamente no ha sido detectada en las provincias de Santa Cruz, Chubut y Tierra del Fuego (Rossi 2015).

La introducción de *Ae. albopictus* a América es mucho más reciente. Esta especie, originaria del sudeste asiático (Hawley 1998), se detectó por primera vez en 1985 en Houston, estado de Texas (EEUU) siendo transportada en cargamentos de neumáticos desde Japón (Benedict *et al.* 2007). Un año después de su detección en EE.UU. se la cita por primera vez en 4 estados de Brasil y para abril de 1994 ya había sido encontrada en 673 municipios del país vecino. En aquel entonces su presencia también había sido detectada en México, Colombia y República Dominicana (Velez *et al.* 1998, Peña *et al.* 2003), para encontrarse en la actualidad en todos los países del centro y sur de América a excepción de Chile y Perú (Kraemer *et al.* 2015). En Argentina, a partir de su introducción se pensó que *Ae. albopictus* desplazaría rápidamente a *Ae. aegypti* en las localidades donde ambas coexisten, como ha ocurrido en otros países del continente (O'Meara *et al.* 1995, Rey & Lounibos 2015); sin embargo, Schweigmann *et al.* (2004), Lizuain *et al.* (2016) y Alonso (2020) han informado que la abundancia de

la especie es baja en comparación con *Ae. aegypti* (\approx 1:10 o 1:6) y que ambas especies se encontraron coexistiendo frecuentemente en los mismos hábitats larvales, principalmente artificiales (Alonso 2020).

4.2.2. Importancia sanitaria de *Aedes aegypti* y *Ae. albopictus*

Aedes aegypti es el principal vector de dengue, fiebre amarilla, Chikungunya y Zika en América (Merle *et al.* 2018), mientras que *Ae. albopictus* es el principal vector de Chikungunya en Europa (Rezza 2012) y de numerosas arbovirosis en Asia, entre ellas dengue (Paupy *et al.* 2009). Su rol como vector en América aún es desconocido; sin embargo, varios estudios han demostrado que poblaciones de esta especie, en Brasil y otros países americanos, son capaces de transmitir estos virus también (Mitchell *et al.* 1987, Lourenço- de-Oliveira *et al.* 2003, Vega-Rúa *et al.* 2014). Asimismo, la introducción al país de los virus Chikungunya y Zika (OMS 2016), experimentan una emergencia actual debido a su habilidad para ser transmitidos por estas dos especies de vectores (Caglioti *et al.* 2013).

El dengue es actualmente el arbovirus más importante con más de dos mil millones de personas en riesgo en el mundo (Filha & de Paula 2019). En los últimos 50 años la incidencia ha aumentado al menos 30 veces relacionado con la expansión geográfica a nuevos países (OMS 2009). Se distribuye en regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo (Brooks *et al.* 2009). Hasta mediados del siglo pasado, el Sudeste Asiático constituía la región más afectada del mundo por este virus. En la actualidad, el Centro y Sur de América se destacan como las regiones con más de la mitad de los casos notificados a nivel mundial (Texeira *et al.* 2005). Las epidemias de dengue ocurren de manera cíclica cada 3 a 5 años. El 2023 fue el año de mayor registro de casos de dengue en América, con un total de 4.565.911 casos notificados, 1.861.029 casos confirmados por laboratorio y 2.340 defunciones (PAHO 2023a).

Por otro lado, el virus Chikungunya fue descrito por primera vez en 1952 durante

un brote en el sur de Tanzania. Actualmente, se han identificado brotes en Asia, África, Europa y, desde finales de 2013, en América. En el año 2022, en América se registró un total de 271.006 casos notificados, incluidas 94 defunciones (PAHO 2023b)

En relación al virus Zika, fue detectado por primera vez en Uganda en 1947, causando epidemias principalmente en África y con brotes esporádicos en Asia (PAHO 2023a). En el 2014 se registró la primera transmisión autóctona del virus en Chile y desde 2015 otros países y territorios de América han reportado la presencia del virus. En el 2022, se registraron 36.340 casos notificados y 2 defunciones por Zika (PAHO 2023b).

4.2.3. Situación en la Argentina

En 2023 Argentina registró 132.000 casos sospechosos de dengue, representando la peor epidemia del país, presentando circulación autóctona en 18 jurisdicciones del país: todas las provincias de la región Centro (54.000 casos); todas las provincias de la región NOA (62.000 casos); todas las provincias de la región NEA (15.000 casos), San Luis y Mendoza en la región cuyo (125 casos) y La Pampa en la región Sur (158 casos) (MSN 2023).

Asimismo, se han producido brotes por los virus Chikungunya y Zika desde su detección en 2016 (MSN 2023). En el periodo 2022-2023 se registraron 2319 casos confirmados de fiebre Chikungunya (MSN 2023). Desde el 2018, no se han registrado casos autóctonos de Zika en Argentina (MSPS 2023).

Cabe destacar que, a pesar de los antecedentes expuestos, se han desarrollado relativamente pocos estudios en Argentina que permitan conocer diferentes aspectos de la biología de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* en localidades donde habitan en simpatria y que revelen datos de interés que sirvan a los programas integrales de control de estas patologías causados por los virus que estas especies transmiten.

5. Objetivos de la tesis

5.1. Objetivo general

Aportar conocimientos sobre la bionomía de *Aedes aegypti* y *Ae. albopictus* en una localidad de Argentina donde ambas especies se encuentran presentes.

5.2. Objetivos específicos

- 1.** Cuantificar las abundancias y frecuencia de ocurrencia y co-ocurrencia de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* en ambiente urbano y suburbano.
- 2.** Identificar las variables ambientales (cobertura vegetal, densidad poblacional residente, presencia de animales, cobertura vegetal predominante) que influyen sobre las abundancias de *Aedes aegypti* y *Ae. albopictus*.
- 3.** Estudiar las variaciones estacionales de la actividad de oviposición de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus*.

5.3. Hipótesis y predicciones

- 1.** En Eldorado la coexistencia de *Aedes aegypti* y *Ae. albopictus* a pesar de sus similitudes ecológicas se debe a una diferenciación en su distribución a nivel de ambiente (urbano-periurbano), a nivel de sitio (mayor presencia de una especie en distintos sitios que la otra dentro de un mismo ambiente), y en distintos tipos de hábitat larval (natural o artificial).

1.1. Predicciones

- 1.1.1.** A nivel de ambiente, las abundancias de *Aedes aegypti* serán más altas en ambiente urbano, mientras que las de *Ae. albopictus* serán más altas en el ambiente suburbano.
- 1.1.2.** A nivel de microambiente, ambas especies estarán solas más veces que lo esperado por azar en función de sus abundancias relativas.

- 1.1.3.** A nivel de tipo de hábitat larval, *Aedes albopictus* será más frecuente en recipientes naturales (fitotelmata), y *Ae. aegypti* será más frecuente en recipientes artificiales.
- 2.** La distribución espacial de *Aedes aegypti* y *Ae. albopictus* en Eldorado, está influenciada por variables ambientales como cobertura vegetal, densidad poblacional y presencia de animales.
- 2.1.** Predicciones
- 2.1.1.** *Aedes aegypti* tendrá mayor presencia y abundancia en sitios con menor cobertura vegetal y mayor densidad poblacional
- 2.1.2.** *Aedes albopictus* tendrá mayor presencia y abundancia en sitios con mayor cobertura vegetal, menor densidad poblacional, y en sitios con presencia de animales.
- 3.** La dinámica poblacional de *Aedes aegypti* y *Ae. albopictus* tiene un patrón estacional asociado a la variación térmica a lo largo del año
- 3.1.** Predicción
- 3.1.1.** *Aedes aegypti* y *Ae. albopictus* tienen abundancias más altas durante los meses cálidos, y mínimas durante los meses fríos.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA GENERAL

Área de estudio

Descripción de los ambientes y sitios de
muestreo

Técnicas de muestreo empleadas para la
recolección de inmaduros de *Aedes aegypti* y
Aedes albopictus

1. Área de estudio

El estudio se realizó en la ciudad de Eldorado (26°24' S-54°38' O) (Figura 1) ubicada en el noroeste de la provincia de Misiones (25° 28', 28° 10' S - 53° 38', 56° 03' O), provincia que se ubica en el noreste de Argentina con clima subtropical húmedo, sin estación seca marcada. En la provincia de Misiones, la precipitación es relativamente uniforme a lo largo del año, con lluvias que oscilan desde 1600 mm en el sur de la provincia a 1900–2200 mm en el noreste, siendo el otoño la estación más lluviosa del año. Respecto a las temperaturas, la región experimenta temperaturas cálidas a lo largo del año, siendo la temperatura media anual de 22 °C. Durante el verano, las temperaturas máximas promedio oscilan entre 30 °C y 35 °C, con máxima absoluta de 38,5 °C, mientras que las temperaturas mínimas promedio están alrededor de 20 °C a 25 °C. Durante el invierno, las temperaturas máximas promedio son de alrededor de 20 °C a 25 °C, las temperaturas mínimas promedio pueden descender a 10°C, con una mínima absoluta de -5,4 °C, registrándose entre 1 a 4 heladas anuales (Chebez 2005, Manso Hernández *et al.* 2010). La provincia se ubica en la provincia biogeográfica Paranaense, de la región Neotropical, el tipo de vegetación predominante es la selva subtropical. Esta región presenta una gran variedad de especies de árboles, arbustos, lianas y helechos. La composición de la vegetación varía en función de factores como la altitud, la proximidad de ríos o áreas más abiertas, y la influencia humana. Entre las especies arbóreas más comunes se encuentran el cedro, el lapacho, el laurel, entre otros. Los árboles alcanzan alturas considerables y crean un dosel denso que proporciona sombra y humedad al suelo. La región cuenta con bosque de albardón, de Bambúseas, y en galería, sabana, pastizal alto y matorral de leguminosas, siendo la provincia fitogeográfica de mayor riqueza de especies vegetales del país (Cabrera & Willink 1980, Oyarzabal *et al.* 2018).

La ciudad de Eldorado (Figura 1-c) limita al este con el municipio de 9 de Julio, al norte con Colonia Victoria, al sur con el municipio de Puerto Piray y al oeste con la república

del Paraguay. Se encuentra atravesada por la ruta 12, que la conecta al Sur con la ciudad de Posadas y al Norte con la ciudad de Puerto Iguazú. Es la tercera ciudad más grande de la provincia, con una población de 90.000 habitantes y es la cabecera del departamento homónimo (Municipalidad de Eldorado 2023, INDEC 2010).

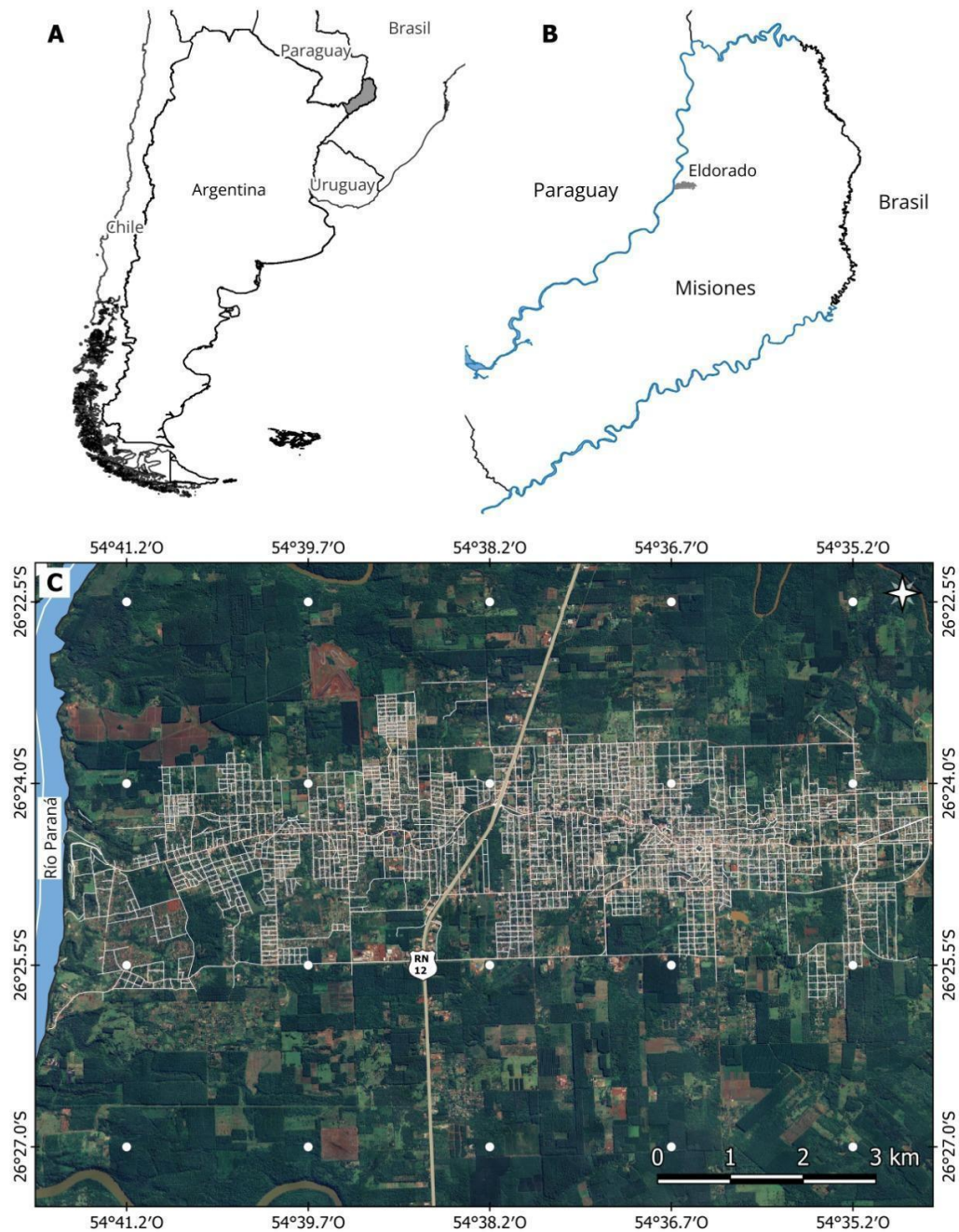


Figura 1: A; República Argentina. B; Provincia de Misiones. C; Ciudad de Eldorado.

1.1. Descripción de los ambientes urbano y suburbano

La ciudad presenta heterogeneidad en cuanto a la densidad poblacional, servicios sanitarios, cobertura vegetal y grado de urbanización (Figura 2). En función de estas características se definieron dos tipos de ambientes para los estudios de esta tesis: urbano y suburbano, cuyas características se describen a continuación:

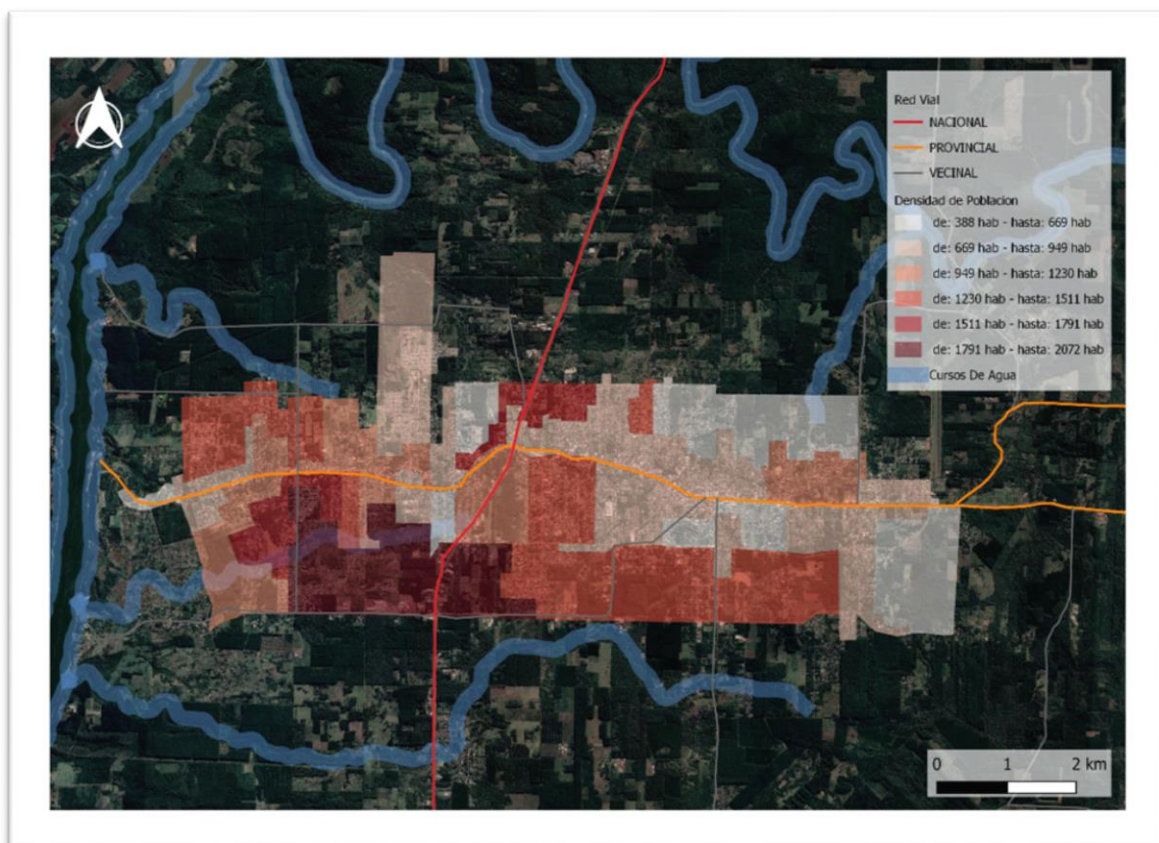


Figura 2: Mapa de color de la ciudad de Eldorado. Se delimitan los barrios en diferentes intensidades de rojo según su densidad poblacional. A mayor densidad, mayor intensidad del color.

1.2. Ambiente urbano (U):

La ciudad de Eldorado está conformada por un trazado urbano planificado que se organiza en forma de cuadrícula, formando manzanas regulares. Está atravesada por la Avenida San Martín, que es considerada la arteria principal y recorre de este a oeste el centro urbano. En el extremo oeste de la ciudad linda con el río Paraná en su

límite con Paraguay. Se ubica en una zona plana y está atravesada por varios arroyos y pequeños cursos de agua, siendo el arroyo Eldorado el más relevante. La ciudad presenta un nivel de urbanización moderado, manteniendo numerosos parches verdes y calles de tierra (Figura 3).



Figura 3: Fotos de las calles correspondientes al ambiente urbano de la ciudad de Eldorado.

La ciudad se dividió en 3 segmentos arbitrarios. Cada segmento abarcó una distancia aproximada de 3,5 km de ancho a lo largo de la Avda. San Martín y extendiéndose hacia el norte y el sur, abarcando tanto el ambiente urbano como suburbano (Figura 4).



Figura 4: Mapa de la ciudad de Eldorado delimitando los segmentos con las líneas punteadas paralelas negras.

1.3. Ambiente suburbano (SU):

La ciudad de Eldorado se encuentra rodeada por un paisaje característico de la eco-región selva Paranaense o también llamada Misionera. Esta selva subtropical presenta una gran biodiversidad de animales y vegetación, presentando combinación de bosques, lomas y cursos de agua. Esta selva es el área de mayor diversidad biológica en Argentina (Zanotti *et al.* 2020). Está compuesta por una variedad de especies de plantas, aves, mamíferos, reptiles, entre otros organismos. La vegetación incluye árboles altos y frondosos, helechos, orquídeas y lianas que cubren el paisaje (Zanotti *et al.* 2020). La región es atravesada por una importante cantidad de arroyos forman parte del paisaje circundante.

En este ambiente se seleccionaron 3 segmentos que se describen a continuación:

1.3.1. Segmento suburbano 1:

El Parque Provincial Salto Küppers (26° 23' 10" S 54° 41' 08" O) se encuentra ubicado a 2,6 km de la ciudad de Eldorado, sobre la ribera del río Paraná y atravesado por el arroyo Paticuá, posee una superficie total de 64 ha (Figura 5) (SIFAP 2022).

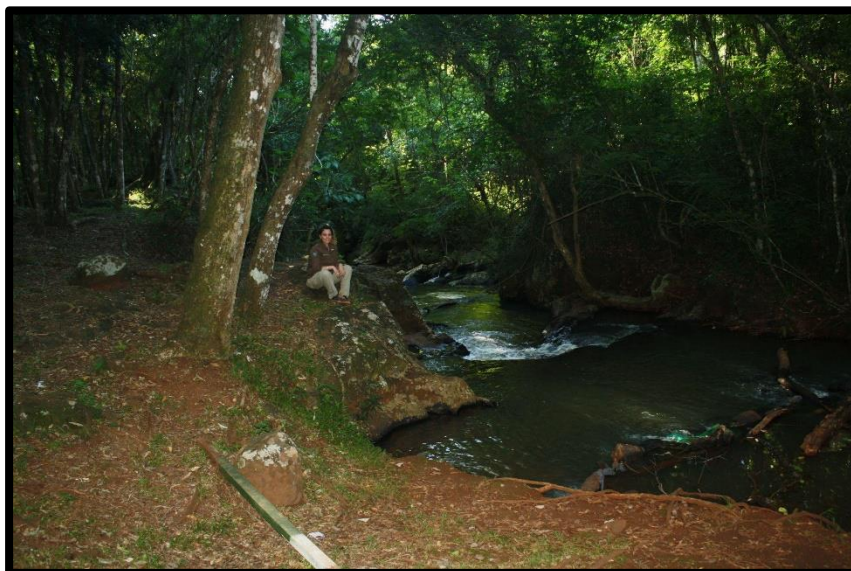


Figura 5: Segmento suburbano 1: Salto Küppers, localizado en el km 0 de la ciudad de Eldorado, Misiones.

Es un área natural protegida que cuenta con una cascada de aproximadamente 15 metros de ancho y 4 metros de alto, rodeada de una exuberante vegetación por la que se destacan el timbó (*Enterolobium contortisiliquum*), el incienso (*Myrcarpus frondosus*), el ivirá piré (*Heliocarpus americanus*), el guatambú blanco (*Balfourodendron riedelianum*) y el cedro (*Cedrela fissilis*), entre otras, como así también numerosas especies de orquídeas (Ríos *et al.* 1999) (Figura 5). Asimismo, a pesar de su relativamente escasa superficie y su cercanía a un centro urbano, el parque es hábitat de varias especies características de la ecorregión, entre ellas el osito lavador (*Procyon cancrivorus*), el coatí (*Nasua nasua*) y el zorro (*Cerdocyon thous*). Se han observado aves de varias especies, entre ellas el tingazú (*Piaya cayana*) y el surucúa (*Trogon surrucura*), (EcoRegistros 2018).

El parque es un lugar popular para los ciudadanos de Eldorado, por lo que tiene un grado leve de antropización conformada por senderos. Dentro del mismo se encuentra la casa del guardaparques, donde habitan dos personas y varios animales domésticos (Figura 6).



Figura 6: Casa del guardaparques ubicada dentro del parque Küppers.

1.3.2. Segmento suburbano 2:

Consta de un campo privado y porciones de bosque circundante. El “Campo de Pera” ($26^{\circ} 22' 38,62''$ S, $54^{\circ} 38' 8,27''$ O) es un predio de carácter privado dedicado a la ganadería, situado a una distancia de 2 km de la ciudad de Eldorado (Figura 7). Este espacio está rodeado por vestigios de un bosque y es atravesado por un arroyo de pequeñas dimensiones.

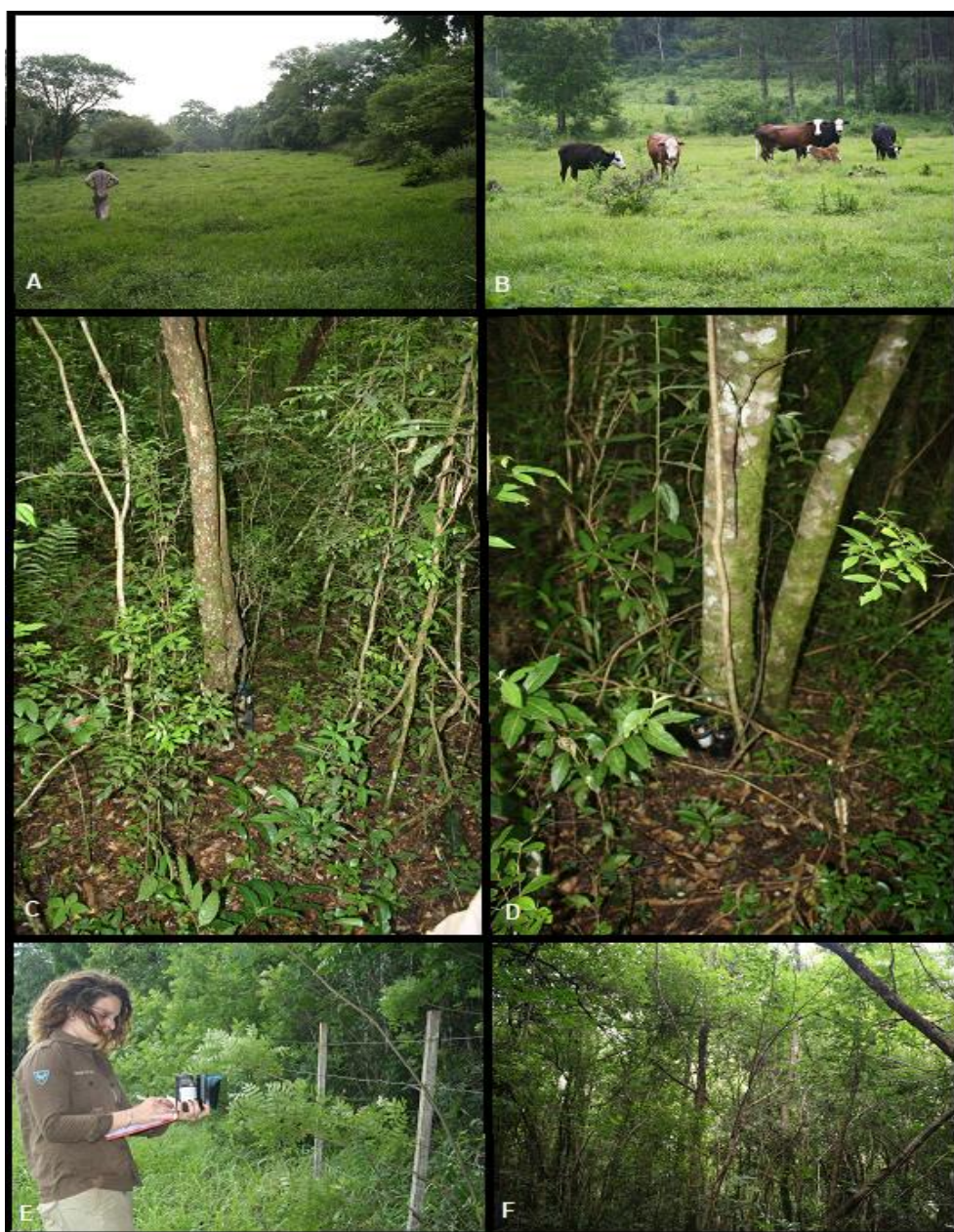


Figura 7: Segmento suburbano 2: Imagen A; los vestigios del bosque. B; la presencia del ganado. C y D; Puntos específicos donde se colocaron algunas de las ovitrampas

(plástico y vidrio). E y F; delimitación del campo, los puntos seleccionados están situados tras la cerca.

1.3.3. Segmento suburbano 3:

Conocido como "La Playita", es un complejo turístico situado en las afueras de Eldorado. Esta zona se encuentra a orillas del arroyo Faubel (Figura 8 - Imagen A y B), que presenta áreas de recreación con piscinas, y áreas de descanso (Figura 8 - Imagen D). Este lugar funciona como un camping, con actividad sólo durante el verano, mientras que el resto año se destina al pastoreo de ganado. En el entorno el monte con una densa vegetación conformada por árboles autóctonos de considerable tamaño, arbustos, un gran tacuara y una diversidad de plantas ornamentales, incluyendo bromelias (Figura 8 - Imagen C).



Figura 8: Segmento suburbano 3: Imágenes A y B; Arroyo Faubel que bordea al camping “la playita”. C; recolección de muestra en bromelia. D; asientos y mesas del camping. E y F; camino a la playita donde se seleccionaron montes espesos como puntos de muestreo.

En este campo también se encuentran los restos de vehículos y piezas de chatarra. La porción restante del campo, es destinada al pastoreo del ganado (Figura 8 – Imagen B). Dentro del mismo terreno se encuentra una piscina en desuso, siendo abastecida por el arroyo. Sin embargo, durante el período de recolección, el arroyo llega al mínimo de su caudal, quedando al borde de la desecación.

2. Descripción de los puntos de muestreo

2.1. Urbano

En el ambiente urbano se seleccionaron 45 puntos, 15 por segmento que se describen a continuación:

- 2.1.1. Segmento Urbano 1:** Consistió en 15 viviendas provenientes de los barrios ubicados desde el kilómetro 0 hasta el 3;
- 2.1.2. Segmento Urbano 2:** Consistió en 15 viviendas ubicadas en los barrios que se encontraban entre el kilómetro 4 hasta el 7 de la ciudad;
- 2.1.3. Segmento Urbano 3:** Consistió en 15 viviendas ubicadas en los barrios que se encontraban desde el kilómetro 8 hasta el 11, aproximadamente (Figura 9).

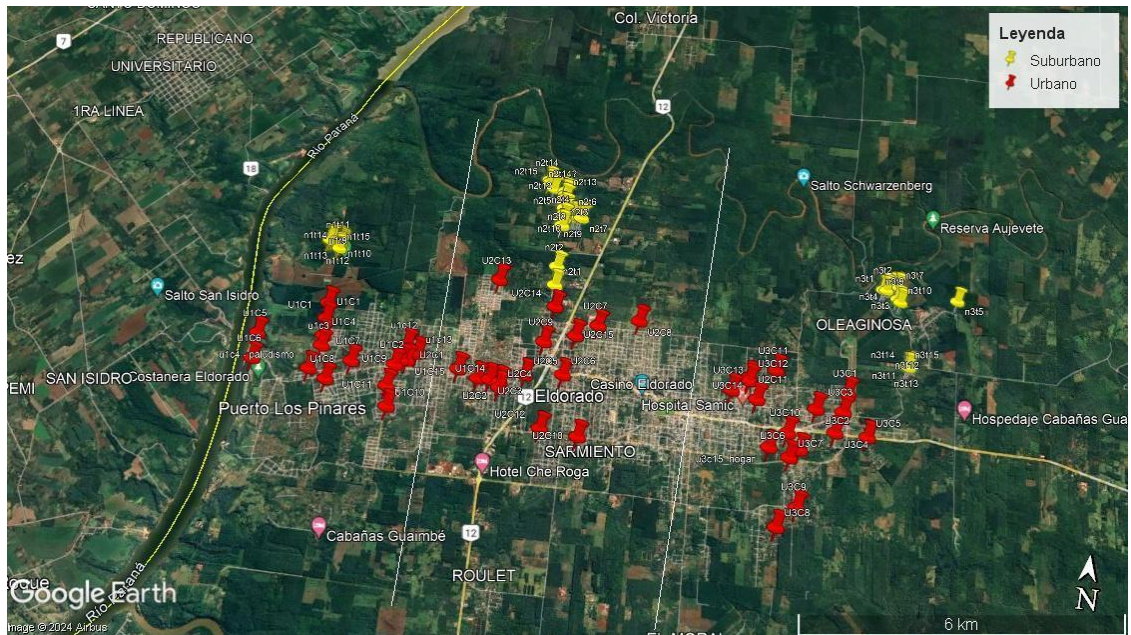


Figura 9: Mapa de la ciudad de Eldorado marcando los puntos seleccionados para realizar las colectas de los ambientes urbano y suburbano. Líneas punteadas blancas delimitan los 3 segmentos.

Las viviendas seleccionadas debían cumplir con ciertas características específicas, tales como un acceso sencillo y/o presentar patio delantero con vegetación que proporcionara sombra (Figura 10). Asimismo, las viviendas se encontraban distantes como mínimo a una distancia de 100 metros. El objetivo fue abarcar la mayor extensión posible del área urbana, considerando la viabilidad en función de las dimensiones de la ciudad, las distancias entre viviendas y la factibilidad de realizar el trabajo de campo.



Figura 10: Viviendas de la ciudad de Eldorado. Imágenes A–C.

2.2. Suburbano

En el ambiente suburbano, en cada segmento se eligieron puntos que se distribuyeron de la siguiente manera:

2.2.1. Segmento Suburbano 1: Salto Küppers: en esta zona seleccionaron 15 puntos separados entre ellas por al menos 60 metros (Figura 11).



Figura 11: Puntos distribuidos en segmento suburbano 1: Mapa de puntos distribuidos en el salto Küppers de la ciudad de Eldorado, Misiones. — representa a la escala de 100 m.

2.2.2. Segmento suburbano 2: campo de Pera y caminos aledaños: se seleccionaron 15 puntos, donde se colocaron las ovitrampas tanto dentro del campo como a la vera del camino (Figura 12).

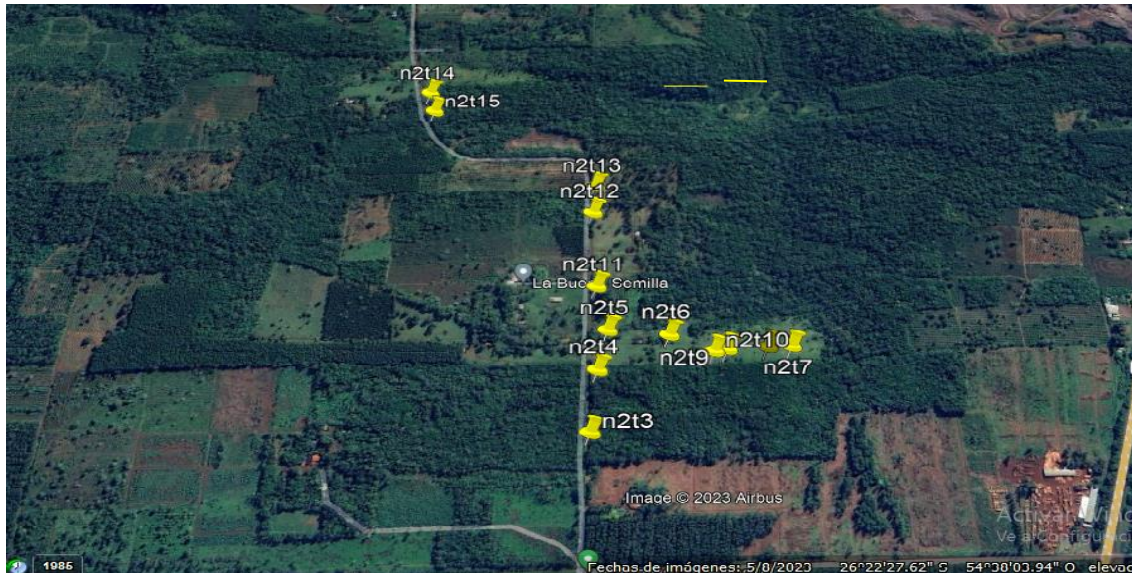


Figura 12: Puntos distribuidos en el segmento suburbano 2. Campo de Pera y en los caminos aledaños. — representa a la escala de 100 m.

2.2.3. Segmento suburbano 3: En esta zona se seleccionaron 15 puntos dentro del camping y en dos montes cercanos (Figura 13).

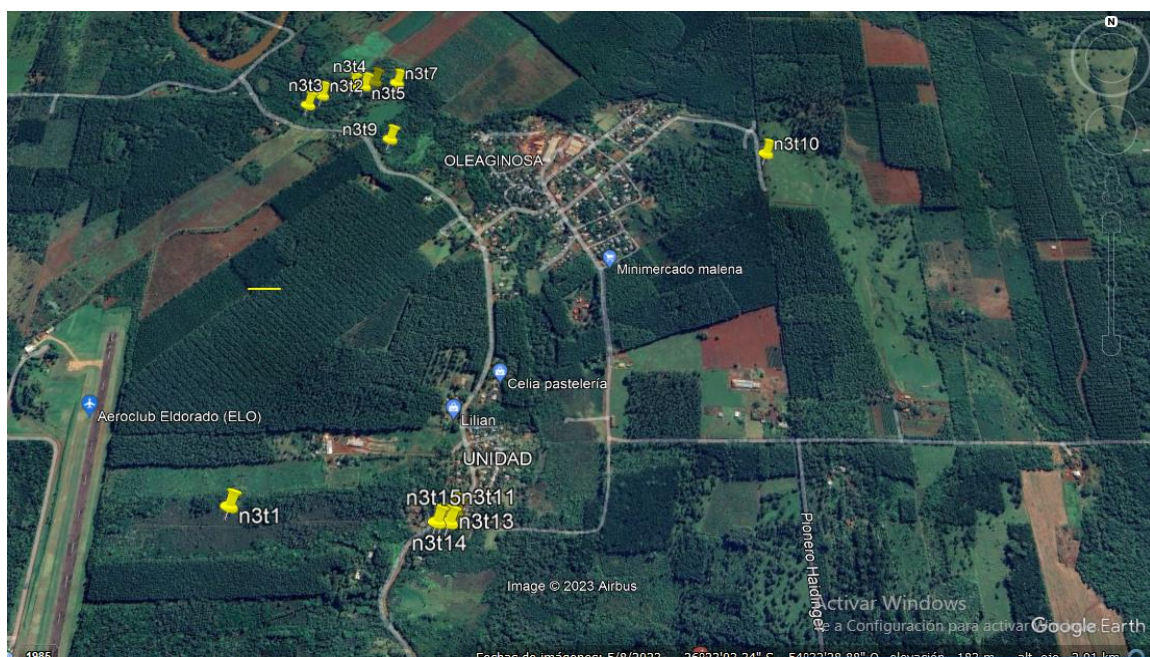


Figura 13: Puntos distribuidos en el segmento suburbano 3. Ubicados dentro y a la vera del camino hacia el camping. _____ representa a la escala de 100 m.

Todas las trampas de este ambiente fueron colocadas entre la vegetación, ocultas para evitar ser alcanzadas por animales o personas.

2.3. Trabajo de campo y laboratorio

2.3.1. Colecta de huevos de *Aedes* spp. en los ambientes seleccionados

Desde noviembre de 2018 hasta febrero de 2020, se llevaron a cabo muestreos estacionales en todos los puntos seleccionados. En cada sitio se colocaron sensores de detección de la actividad de las hembras de *Aedes* spp. llamados trampas de oviposición o también conocidas como ovitrampas (de ahora en más "OTs"). Estas OTs se utilizan para recolectar huevos de los mosquitos *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus*. Las OTs consistieron en recipientes de plástico y vidrio pintados en su exterior de negro, de ≈ 300 ml de capacidad que contenían 1/3 de agua declorinada. Dentro de estos recipientes se colocó una paleta de madera de 2cm x 10cm (conocida como "bajalenguas"), asegurada por un clip, etiquetada con un número y un código para identificación y fecha de colocación (Figura 14). La selección de estos dos tipos de OTs se realizó en función de colectar el mayor número de huevos siendo los dos materiales más utilizados y con mejores resultados en este tipo de dispositivo. En cada estación las OTs permanecieron activas durante dos semanas consecutivas. De manera semanal, por dos semanas consecutivas, las ovitrampas fueron inspeccionadas, y acondicionadas, recambiando el sustrato de oviposición (bajalenguas) y el agua. En caso de eclosión de los huevos en campo, las larvas presentes en las OTs fueron colectadas y criadas en el laboratorio hasta estadio IV para su posterior identificación. Los bajalenguas colectados en campo se transportaron individualmente en tubos falcon al laboratorio donde se mantuvieron en condiciones de humedad durante 48 horas para permitir el desarrollo de los

embriones. Se contaron los huevos en cada bajalenguas, registrando los eclosionados, colapsados e intactos, según la metodología descrita por Giménez *et al.* (2015). Los huevos colapsados y eclosionados se retiraron, utilizando únicamente los turgentes para el proceso de inmersión. Los huevos completamente colapsados se consideraron *Aedes* spp. muertos.



Figura 14: OT de plástico y vidrio utilizadas para la detección de *Aedes aegypti* y *Ae. albopictus*.

En cada punto de muestreo se colocaron 2 OTs, una de vidrio y otra de plástico. En total se utilizaron 180 OTs distribuidas en 90 puntos. En el ambiente urbano, se colocaron 90 OTs distribuidas en 45 viviendas (puntos). En el ambiente suburbano, se colocaron 90 OTs, distribuidas en 45 puntos (con 2 OTs cada uno) (Figura 14 y 15 - Imágenes A, B y D).

Únicamente en el primer muestreo, en cada sitio se registraron las siguientes características: porcentaje de cobertura vegetal, presencia de animales, distancia a la casa más próxima (Tabla 1). Todos los puntos fueron georreferenciados.




Figura 15: Ubicación de OT en las viviendas y sitios seleccionados en el ambiente urbano. Imagenes A–E; Viviendas del ambiente urbano. A,B y D con  están marcados los lugares donde se colocaron las OTs.

Tabla 1. Variables tomadas en los diferentes sitios de colecta y hábitats larvales de Culicidae de la ciudad de Eldorado, Misiones.

	CARACTERÍSTICAS O VARIABLES REGISTRADAS
AMBIENTALES	Cobertura vegetal: porcentaje de árboles, arbustos, y herbáceas
	Presencia de animales: si o no
	Distancia del punto a la casa más próxima (metros)
HÁBITAT LARVAL	Naturaleza del recipiente: artificial o natural
	Tipo de recipiente o hábitat larval: hueco de árbol, bromelia, tocón de tacuara, balde de plástico, tanque de metal, botella de vidrio, espejo de camión, frasco de mermelada de vidrio, goma de auto, goma de camión, juguete de plástico, olla, taza de plástico, ovitrampa de plástico, ovitrampa de vidrio y sin registrar.

2.3.2. Eclosión de los huevos en laboratorio.

Para poder identificar las especies presentes en cada ambiente y punto de muestreo, los huevos recolectados fueron inundados para inducir la eclosión y la cría posterior de las larvas hasta el estadio IV. Para ello, los bajalenguas fueron sumergidos de manera individual en bandejas de plástico conteniendo agua decolorada (reposada durante 48 horas) (Figura 16 – Imagen A). Luego de 48 horas, los bajalenguas fueron retirados del agua y colocados en los bordes de las bandejas para su desecación y evitar la pérdida de huevos que aún no eclosionaban. Luego de 96 hs se repitió este procedimiento hasta que no hubo más eclosiones. Fueron necesarias sucesivas inmersiones (hasta 8 por lote de paletas) debido a que los huevos de *Ae. aegypti* y *Ae.*

albopictus presentan lo que se denomina “eclosiones retardadas”, esto es, no todos los huevos eclosionan al primer estímulo de inundación (Gillett 1955, Vinogradova 2007).

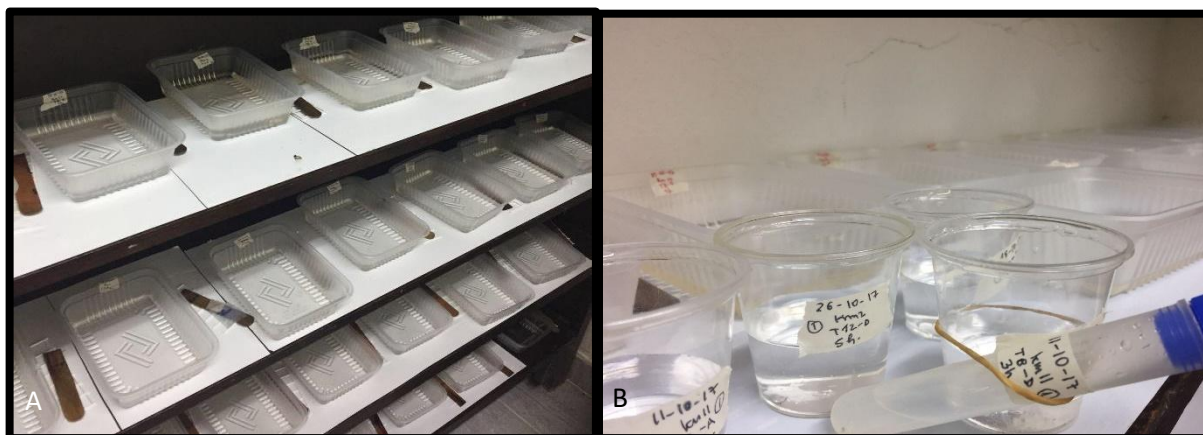


Figura 16: Eclosión de huevos y cría de larvas: Imagen A; Ensayos de inmersión de bajalenguas en bandejas de plástico. B; Cría de larvas hasta el estadio IV.

Las larvas emergidas fueron criadas en bandejas de plástico y alimentadas con hígado en polvo hasta alcanzar el estadio IV y luego eutanizadas. Las larvas de estadio IV fueron identificadas bajo microscopio estereoscópico (Zeiss stemi 2000-C, 1X) utilizando las claves dicotómicas de Darsie (1985) y Consoli & Lourenco-de-Oliveira (1994). En el laboratorio, se mantuvo la humedad relativa a 68-80%, la temperatura ambiente en $26\pm 1^{\circ}\text{C}$ y fotoperiodo en 12 horas de luz/12 horas de oscuridad.

2.3.3. Colecta de larvas y/o pupas de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* en hábitats larvales naturales y artificiales cercanos a los sitios de ovipostura en los distintos sitios seleccionados.

A fin de identificar los hábitats naturales y artificiales dónde crían las dos especies de *Aedes* en cada tipo de ambiente, se realizó la búsqueda de estados inmaduros (larvas y/o pupas) en los diferentes tipos de contenedores naturales y artificiales presentes en los sitios dónde se colocaron las OTs y cercanos a ellos (Figura

17 – Imágenes A-F). Esta colecta se realizó en todas las viviendas y puntos de colecta en el primer muestreo y eventualmente en los demás muestreos.

De cada recipiente se registraron las siguientes variables: tipo de recipiente (botella, tanque, etc.), naturaleza (natural y artificial), capacidad, tamaño, volumen del agua contenida, y presencia de otras especies de Culicidae. Asimismo, de cada sitio se registraron las características ambientales mencionadas en párrafos anteriores (Tabla 1).



Figura 17: Recolección de inmaduros en habitats larvales naturales y artificiales: Imagen A; Recolección de larvas en pileta de lona. B; Bromelia. C; Recolección de material a partir de frasco aspirador en bromelia. D; Recolección de material en hueco de árbol. E; Botellas de vidrio. F; Bandeja blanca, Frasco de plástico y planilla de datos.

El agua de los hábitats larvales fue colectada directamente a una bandeja blanca (Figura 18), en los casos en que no fue posible tomar todo el volumen de agua se utilizó un cucharón de 300 ml de capacidad. Las larvas fueron traspasadas con el uso de pipetas plásticas desde la bandeja blanca a frascos apropiados para su traslado al laboratorio. Cada muestra fue rotulada con los correspondientes datos de colección (tipo de criadero, sitio y fecha). Para extraer muestras de hábitats larvales naturales se utilizó un frasco aspirador (Figura 17 – Imagen B).



Figura 18: Materiales utilizados para la recolección de muestras: bandejas de plástico, frasco y pipeta.

CAPÍTULO III

Frecuencia de ocurrencia y co-ocurrencia de
Aedes aegypti y *Aedes albopictus* en ambiente
urbano y suburbano

1. Introducción

En las últimas tres décadas, se ha producido una expansión de *Aedes albopictus*, desplazando gradualmente a *Ae. aegypti* en diferentes regiones del mundo donde esta última solía predominar (O'Meara *et al.* 1995). En particular, la introducción de *Ae. albopictus* en el territorio continental de los EEUU, a partir de un cargamento de neumáticos desde Japón, en 1985, ha sido asociada con la reducción e incluso extinción local de *Ae. aegypti* en varias localidades de ese país (Braks *et al.* 2003, Rey & Lounibos 2015). En Brasil es detectada en 1986, donde su distribución actual abarca grandes extensiones del país (O'Meara *et al.* 1995) a diferencia de Argentina con una distribución restringida a la provincia de Misiones y el norte de Corrientes, desde su primera detección en 1998 (Rossi *et al.* 1998, Lizuain *et al.* 2019, Goenaga *et al.* 2020).

Aedes aegypti, en cambio, originaria de África, fue ya detectada en América en el siglo XV, extendiéndose en la actualidad desde EEUU hasta Argentina, abarcando regiones tropicales, subtropicales y templadas del continente (Lounibos 2002). En la actualidad, ambas especies coexisten en algunas regiones de América, como el sur de EEUU, el sureste de Brasil y en el nordeste de Argentina, entre otras (Braks *et al.* 2003, Rey & Lounibos 2015, Lizuain *et al.* 2019), pudiendo ser diversos los factores que favorecerían dicha coexistencia como, la segregación del hábitat entre las poblaciones como mecanismo que evitaría la competencia directa (Chan *et al.* 1971, Hawley 1988, Black *et al.* 1989, Barrera 1996, Bracks *et al.* 2003, Rey *et al.* 2006, Honorio *et al.* 2009, Reiskind & Lounibos 2013).

Aedes aegypti es una especie que está adaptada principalmente a ambientes urbanos y periurbanos en regiones tropicales, subtropicales y templadas; y predomina en estas áreas debido a su preferencia por alimentarse de sangre humana y poner huevos en hábitats artificiales (Lopes *et al.* 2004; Vezzani & Carbajo 2008). Por otro lado, *Ae. albopictus* ha sido hallada en áreas urbanas, suburbanas y también rurales y

silvestres, asociado a que posee un comportamiento más generalista en sus requerimientos ecológicos (Hawley 1988, Forattini *et al.* 1998, Lambrechts *et al.* 2010), criando tanto en hábitats larvales naturales como huecos de árboles, bromelias y tocones de tacuaras, como en artificiales (Marques & Forattini 2005).

Aedes albopictus no ha podido desplazar a *Ae. aegypti* de ciertas áreas periurbanas de EEUU con climas más secos y cálidos, donde las condiciones favorecerían a *Ae. aegypti*, debido a que los huevos de *Ae. albopictus* son más vulnerables a condiciones de sequía, por lo que allí ambas especies coexisten. Esas condiciones limitarían también la presencia y abundancia de *Ae. albopictus* en ambientes urbanos (Rey & Lounibos 2015). Por otro lado, si bien ambas especies son consideradas antropofílicas, *Ae. albopictus* puede tener un comportamiento más oportunista en la selección de fuentes de alimentación, lo que también podría explicar su presencia y abundancia en ambientes rurales y silvestres (Marques *et al.* 1998, Lambrechts *et al.* 2010).

La competencia larval por el alimento se ha estudiado en campo (Juliano, 1998) y laboratorio (Barrera 1996, Daugherty *et al.* 2000) revelando una superioridad competitiva de *Ae. albopictus* sobre *Ae. aegypti*, medido en un mayor crecimiento poblacional (Juliano 1998, Daugherty *et al.* 2000) y una mayor capacidad de supervivencia en períodos de escasa disponibilidad de alimentos (Barrera 1996). Estos estudios sugieren que la competencia por recursos entre las larvas podría ser un factor que contribuyó al desplazamiento de *Ae. aegypti* por *Ae. albopictus* en el sudeste de EEUU (Juliano *et al.* 2004).

En Argentina, Lizuain *et al.* (2022) analizaron los efectos de la competencia interespecífica de las larvas por los recursos alimenticios y encontraron que la presencia de *Ae. aegypti* afectaba negativamente a la supervivencia de *Ae. albopictus*, sugiriendo que la primera excluye a la segunda, limitando su distribución a unas pocas localidades

de Misiones y Corrientes (Lizuain *et al.* 2019, Goenaga *et al.* 2020). Esta diferencia podría deberse a que las poblaciones norteamericanas de *Ae. albopictus* provienen de poblaciones templadas de Asia, diferentes genéticamente a las poblaciones presentes en Argentina y Brasil, las cuales provienen de poblaciones tropicales (Hawley 1988).

Por otro lado, existen interacciones entre estas especies que beneficiarían su coexistencia. En un estudio realizado por Rey & O'Connell (2014) en EEUU, se pudo observar que *Ae. aegypti* deposita más huevos en presencia de huevos de *Ae. albopictus*, pero la presencia de huevos de la primera no afectaría la abundancia de huevos depositados por la segunda. Esto daría a entender que, en lugar de competir directamente entre sí, *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* podrían estar involucrados en una dinámica más compleja de división de recursos y adaptaciones comportamentales que les permite coexistir en el mismo entorno.

La eclosión retardada es otro mecanismo que podría explicar la coexistencia de estas especies en algunos sitios. Evitar la competencia entre larvas por los recursos alimenticios llevaría a que la respuesta de eclosión de huevos de *Aedes* spp. disminuya al aumentar la densidad de larvas. Es decir, que a pesar de que las condiciones del hábitat larval sean óptimas para la eclosión, un lote de huevos permanece en estado de latencia para eclosionar en los siguientes estímulos de eclosión (Gillett *et al.* 1977). En estudios sobre respuesta de eclosión de *Ae. aegypti* de poblaciones de mosquitos de Buenos Aires (Fischer *et al.* 2011) y Chaco (Gimenez *et al.* 2015) y de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* de Misiones (Faraone *et al.* 2021), se observó que, si bien ambas especies eclosionan mayormente en las primeras 3 inmersiones, *Ae. aegypti* reserva un lote mayor de huevos para eclosionar en las siguientes, mostrando un patrón de retardo mayor en la respuesta de eclosión que *Ae. albopictus* (Alencar *et al.* 2014, Silva *et al.* 2018). Si bien en Misiones no existió un patrón de retraso bien pronunciado en ninguna de las especies, los huevos de *Ae. albopictus* puestos durante las semanas más frías y con menos precipitaciones requirieron un mayor número de inmersiones para

eclosionar, mientras que en el caso del *Ae. aegypti*, los huevos puestos durante semanas con escasas precipitaciones y altas temperaturas mostraron el mayor retraso en la eclosión (Faraone *et al.* 2021).

Se conoce muy poco sobre los patrones de coexistencia y distribución de *Aedes aegypti* y *Ae. albopictus* en Argentina, por lo que el objetivo de este capítulo es cuantificar las abundancias y la frecuencia de ocurrencia y co-ocurrencia de inmaduros *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* en ambiente urbano y suburbano de la ciudad de Eldorado, provincia de Misiones.

2. Materiales y métodos

La metodología y la recopilación de datos fueron descritas en el capítulo II.

2.1. Datos seleccionados

Para los análisis se tuvieron en cuenta todas las muestras colectadas a lo largo de los 6 muestreos en el periodo noviembre 2018 a febrero 2020.

Dependiendo del material analizado, las muestras se clasificaron en 3 tipos:

1) Larvas/pupas de especies colectadas en recipientes (naturales y/o artificiales) presentes en cada ambiente. Se consideró el número total de larvas de *Aedes aegypti*, *Ae. albopictus* y de los géneros/especies colectadas en hábitats larvales naturales (bromelias, tocones de bambú y huecos de árboles) y artificiales (recipientes en desuso como gomas de autos, frascos de vidrio, recipientes de plástico, baldes, etc.) relevados en los ambientes urbano y suburbano. En esta instancia se considera principalmente la primera semana de muestreo en noviembre del 2018, cuando se relevaron todos los hábitats larvales por punto. En los siguientes muestreos, el relevamiento se realizó ocasionalmente.

2) Larvas de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* provenientes de huevos eclosionados en las OTs *in situ*: Se tuvo en cuenta el número total de las larvas de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* colectadas en las OTs al momento de retirar las paletas por cada semana de muestreo y por cada ambiente (urbano y suburbano), como resultado de las eclosiones *in situ*.

3) Larvas provenientes de los huevos de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* colectados a partir de OTs: Se tuvo en cuenta el número total de larvas de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* nacidas en laboratorio, por semana de muestreo y por cada ambiente (urbano y suburbano). Las larvas se obtuvieron a partir de las sucesivas inmersiones de los huevos colectados de OTs durante 12 semanas de muestreo, dos semanas por muestreo estacional.

2.2. Análisis de datos

Frecuencia de ocurrencia y co-ocurrencia de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* en todas las semanas de muestreo.

Se evaluó el patrón de asociación entre las dos especies en los puntos de colecta. El nivel de escala considerado fue la ciudad, sin discriminar los ambientes debido al bajo número de puntos positivos en el ambiente suburbano. En este análisis se consideraron 10 de las 12 semanas de muestreo, debido a que el muestreo de invierno presentó un bajo número de puntos positivos. Se consideraron las semanas de muestreo en las que se verificó la presencia de cada una o de ambas especies luego de sucesivas inmersiones en laboratorio y las larvas nacidas *in situ* (n= 10). Para cada semana de muestreo se realizó una tabla de contingencia considerando frecuencia de ausencia, ocurrencia y co-ocurrencia de las especies. Para evaluar la posible asociación entre las dos especies, se compararon las frecuencias observadas con las esperadas por azar (es decir, si ambas especies estuvieran ubicadas independientemente una de la otra). Frecuencias conjuntas observadas mayores de lo esperado por el azar,

indicarían una asociación entre especies, y frecuencias conjuntas observadas menores de lo esperado por el azar, indicarían no asociación entre especies. Para evaluar si las desviaciones de lo esperado por azar son estadísticamente significativas, se utilizó la Prueba Exacta de Fisher en cada tabla de contingencia. Este análisis se complementó con una prueba global en todas las tablas de contingencia para las distintas fechas de colecta analizada utilizando la Prueba de Cochran-Mantel-Haenszel (CMH). Estos análisis se llevaron a cabo utilizando el programa InfoStat versión 2020 (Di Rienzo *et al.* 2020).

3. Resultados

Se colectaron 6251 ejemplares de mosquitos durante el periodo de estudio, de los cuales 1564 corresponden a larvas nacidas en el laboratorio a partir huevos sometidos a sucesivas inmersiones, y 4687 correspondientes a larvas/pupas colectadas en campo, tanto en las ovitrampas como en hábitats larvales alrededor de las mismas. Del total de larvas colectadas, el 73,8% correspondieron a *Aedes aegypti* y el 14,33% a *Ae. albopictus*, seguida por *Limatus durhamii* Theobald (10,5%). Además, se encontraron en menor abundancia ejemplares de *Culex* spp. Linnaeus y *Toxorhynchites* spp. Theobald (Tabla 1).

Tabla 1: Abundancia total de Culicidae colectados a partir de ovitrampas y en los contenedores naturales y artificiales de los ambientes urbano y suburbano de la ciudad de Eldorado, Misiones, entre noviembre de 2018 a febrero de 2020.

Ambiente	<i>Aedes aegypti</i>	<i>Aedes albopictus</i>	<i>Culex</i> spp.	<i>Limatus durhamii</i>	<i>Toxorhynchites</i> spp.	Total
Urbano	4572	696	54	456	7	5785
Suburbano	42	199	21	203	1	466
Total	4614	895	75	659	8	6251

3.1. Larvas de especies colectadas en hábitats naturales y/o artificiales inspeccionados en ambiente urbano y suburbano.

Se colectaron 2333 larvas de hábitats naturales y artificiales ubicados en los sitios y ambientes estudiados durante todo el periodo de muestreo. *Aedes aegypti* estuvo presente únicamente en el ambiente urbano, siendo la especie más colectada de ese ambiente, hallándose predominantemente en hábitats larvales artificiales y sólo unas pocas larvas se colectaron de bromelias (Tabla 2). En cambio, *Ae. albopictus* fue colectado en ambos ambientes, y en hábitats larvales tanto naturales como artificiales (Tabla 2).

Tabla 2: Hábitats larvales donde se hallaron especies de Culicidae, en los ambientes urbano y suburbano de la ciudad de Eldorado, Misiones, entre mayo de 2018 a febrero de 2020.

		<i>Aedes aegypti</i>	<i>Aedes albopictus</i>	<i>Culex</i> spp.	<i>Limatus</i> spp.	<i>Toxorhynchites</i> spp.	Total
S u b u r b a n o	Base de tanque (n=1)	0	1	0	0	0	1
	Botella de vidrio (n=1)	0	4	0	35	0	39
	Hueco de arbol (n=2)	0	9	0	0	0	9
	Tocón de tacuara (n=1)	0	15	0	0	0	15
U r b a n o	Balde de Plástico (n=1)	1075	49	1	2	0	1127
	Bromelia (n=2)	5	1	0	0	5	11
	Espejo de camión (n=1)	17	0	0	0	0	17
	Frasco de mermelada (n=1)	98	66	0	0	0	164
	Cubierta de auto (n=1)	298	0	0	0	0	298
	Cubierta de camioneta (n=1)	73	0	0	0	0	73
	Juguete (n=1)	5	0	0	0	0	5
	Olla (n=1)	26	0	0	0	0	26
	Sin registro (n=2)	338	127	7	8	1	481
	Taza de plástico (n=1)	13	0	0	54	0	67
	Totales	1948	272	8	99	6	2333

En el ambiente suburbano se encontró *Ae. albopictus* como única especie en hábitats larvales naturales, como ser tocones de tacuara y huecos de árboles.

3.2. Larvas de *Aedes aegypti* y *Ae. albopictus* provenientes de huevos eclosionados en las OTs *in situ*

De las larvas colectadas en campo, nacidas en las ovitrampas en el ambiente suburbano, en OT de plástico (OTP) el 80% correspondieron a *Ae. albopictus*, mientras que en OT de vidrio (OTV) el 64% de las colectadas fueron de *Ae. aegypti*. En el ambiente urbano el porcentaje de *Ae. aegypti* es mayor en ambos tipos de OTs (Tabla 3).

3.3. Larvas de *Aedes aegypti* y *Ae. albopictus* nacidas en laboratorio provenientes de los huevos colectados a partir de OTs

Teniendo en cuenta únicamente las larvas nacidas en laboratorio a partir de huevos provenientes del ambiente suburbano, el 99% correspondieron a *Ae. albopictus*; sin embargo, en el ambiente urbano, el 80% de las larvas nacidas provenientes de OTV y el 85% de OTP, fueron identificadas como *Ae. aegypti* (Tabla 3).

Tabla 3: Abundancia y porcentajes de *Aedes aegypti* y *Ae. albopictus* en los ambientes urbano y suburbano de la ciudad de Eldorado, Misiones, entre noviembre de 2018 a febrero de 2020.

	Ambiente	Tipo de OT	<i>Ae. aegypti</i> (%)	<i>Ae. albopictus</i> (%)
Laboratorio	Suburbano	Plástico	0 (0)	43 (100)
	Suburbano	Vidrio	1 (2)	60 (98)
	Urbano	Plástico	514 (86)	85 (14)
	Urbano	Vidrio	687 (80)	174 (20)
Campo	Suburbano	Plástico	13 (20)	51 (80)
	Suburbano	Vidrio	28 (64)	16 (36)
	Urbano	Plástico	615 (87)	90 (13)
	Urbano	Vidrio	808 (89)	104 (11)

3.4. Frecuencia de ocurrencia y co-ocurrencia de *Aedes aegypti* y *Ae. albopictus* en 10 de las 12 semanas de muestreo.

A lo largo de las 10 semanas consideradas en este análisis, se registraron 900 datos (90 por semana, un dato por punto de colecta), donde se evaluó la presencia de ambas, una o ninguna de las especies. *Aedes aegypti* se encontró sola 147 veces (16,33%), *Ae. albopictus* fue hallada como única especie en 52 ocasiones (5,77%) y en el resto de las OTs analizadas (n = 94; 10,44%) se encontraron ambas especies presentes. Las frecuencias conjuntas observadas fueron mayores a lo esperado por azar en el 80% (4/5) de los periodos analizados (Tabla 4). El análisis global mostró una asociación positiva entre ambas especies (prueba de CMH = 110,9; gl = 1; p <0,0001).

Tabla 4: Test exacto de Fisher en los diferentes muestreos realizados.

Muestreo	Fecha	Test de Fisher	gl	p-valor
Primavera 1	26/11/18 – 04/12/18	0,60	1	<0,0001*
Verano 1	04/02/19 – 11/02/19	0,47	1	<0,0001*
Otoño 1	07/05/19 – 14/05/19	0,18	1	0,073
Primavera 2	29/10/19 – 06/11/19	0,51	1	<0,0001*
Verano 2	08/02/20 – 15/02/20	0,29	1	0,0006*

gl: grados de libertad. *: muestreos donde las frecuencias conjuntas de *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* fueron mayores que lo esperado por el azar.

4. Discusión

Los resultados de este capítulo mostraron que ambas especies fueron halladas en los dos tipos de ambientes, *Ae. aegypti* estuvo más asociada al ambiente urbano, coincidiendo con numerosos autores (Forattini 2002, Braks *et al.* 2003, Heinisch *et al.* 2019). *Aedes albopictus* fue encontrada en ambos ambientes, presentando abundancias levemente mayores en el ambiente urbano. Esto coincide con un estudio realizado en China, donde se evidenció que la

urbanización aumentó sustancialmente la densidad de *Ae. albopictus* (Li *et al.* 2014).

Asimismo, ambas especies coincidieron espacialmente, lo que sugiere que, dentro de cada ambiente, los lugares más propicios son aquellos que favorecen la presencia de ambas especies simultáneamente. En un estudio en Sri Lanka, sur de Asia, donde buscaron diferenciar a ambas especies en sus aspectos bionómicos, como reproducción, descanso y alimentación, evidenciaron que *Ae. aegypti* prefiere refugiarse en el intradomicilio; mientras que *Ae. albopictus* mostró un comportamiento principalmente exofilico; descansando principalmente entre la vegetación del ambiente peridoméstico (Dalpadado *et al.* 2022). En el mismo estudio, se encontró que *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* prefieren y habitan principalmente en hábitats larvales artificiales, pero se diferencian en que esta última es muy abundante también en hábitats larvales naturales. Esto podría explicar la coexistencia de ambas especies en Eldorado, lo que requiere de mayores investigaciones.

En un estudio realizado por Freitas *et al.* (2006) en Río de Janeiro, Brasil, donde se implementaron técnicas de marcación para realizar el seguimiento de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus*, se evidenció que esta última posee la capacidad de volar entre entornos selváticos y peridomésticos (hasta 1000 m), mientras que *Ae. aegypti* muestra una menor tendencia a dispersarse en áreas boscosas. Los hallazgos de estos autores subrayan la importancia de los bosques urbanos como refugio para *Ae. albopictus*, resaltando su adaptabilidad y versatilidad para utilizar una variedad de entornos para su supervivencia y reproducción. Asimismo, cabe destacar que, aunque la abundancia de *Ae. albopictus* fue menor que la de *Ae. aegypti*, su presencia y persistencia en el ambiente urbano de Eldorado puede deberse a los parches de vegetación presentes en la ciudad, lo que proporcionaría

otras condiciones ambientales favorables para la presencia de *Ae. albopictus* en este ambiente (Martín *et al.* 2023).

En coincidencia con la presente investigación, Honório *et al.* (2009) también en Río de Janeiro, Brasil, encuentran mínimas abundancias de *Ae. aegypti* en los ambientes con baja antropización y mínima densidad poblacional, al que llaman “zonas de transición” entre el ambiente urbano y la zona boscosa.

Prophiro *et al.* (2011) encuentran mayores abundancias de *Ae. aegypti* en relación a *Ae. albopictus* en zonas urbanas, en coincidencia a lo hallado en la presente investigación, lo que estaría relacionado con la disponibilidad de alimento y de recipientes de cría que brinda la alta urbanización (Dalpadado *et al.* 2022).

En un estudio que llevaron a cabo Braks *et al.* (2003) revelan que el hábitat desempeña un papel crucial en la presencia de estas especies en Río de Janeiro y Florida. En Río de Janeiro, las áreas urbanas favorecieron a *Ae. aegypti*, mientras que las áreas rurales a *Ae. albopictus*. Por el contrario, en Florida, en las áreas suburbanas y rurales, favorecieron a *Ae. aegypti*.

Un aspecto o resultado que llamó la atención en el presente estudio fue el mayor número de larvas de *Ae. aegypti* provenientes de huevos eclosionados en campo en las ovitrampas del ambiente suburbano (60%) principalmente en OT de vidrio, en relación con las nacidas en laboratorio a partir de los huevos colectados en ese mismo ambiente. Esto podría deberse a que *Ae. aegypti* eclosiona en grandes proporciones frente a un primer estímulo, para iniciar el ciclo de desarrollo. Esto fue observado en estudios realizados con esta especie bajo condiciones controladas en ambientes urbanos; Giménez *et al.* (2015) observan en Resistencia (clima subtropical) un patrón de eclosión un patrón de mayor eclosión en la primera inmersión.

Por otro lado, *Ae. albopictus* presenta una eclosión mayor en campo en ovitrampas de plástico y en laboratorio en ovitrampas de vidrio. Esta diferencia podría deberse a que los huevos de *Ae. albopictus* son sensibles a pequeñas diferencias en las variaciones ambientales debidas al material de la ovitrampa, por lo que los huevos en ovitrampas de plástico eclosionan más rápido (en campo) que los huevos en ovitrampas de vidrio. Esto no ocurre con *Ae. aegypti*, lo que podría sugerir una menor sensibilidad a dichas diferencias.

En el ambiente urbano, la proporción de larvas colectados en campo presentaron una relación *Ae. aegypti*/*Ae. albopictus* de 9:1, similar a lo hallado previamente por Alonso (2020) en la misma localidad. Edgerly *et al.* (1993) realizaron experimentos de laboratorio, donde se puso a prueba la inhibición de eclosión interespecífica, y pudieron observar que a bajas densidades de larvas de *Ae. albopictus* se suprimió diferencialmente la eclosión de huevos de *Ae. aegypti*, lo que podría explicar su predominancia en las regiones y ambientes donde es más abundante y el desplazamiento de *Ae. aegypti* en algunas regiones de EEUU. En las poblaciones de Eldorado podría ocurrir lo opuesto, donde las altas densidades de *Ae. aegypti* podrían afectar la eclosión de huevos de *Ae. albopictus*, algo que requiere de mayores investigaciones.

En el presente trabajo, ambas especies fueron encontradas coexistiendo principalmente en recipientes artificiales en el ambiente urbano, como también en la única bromelia que se encontró positiva en este ambiente. En un estudio realizado por Alonso (2020) en el ambiente urbano de la misma localidad, encontró a estas especies coexistiendo en el 2% de las bromelias revisadas y a *Ae. albopictus* criando sola en el 49% de los casos. Asimismo, encontró a estas especies coexistiendo en hábitats larvales artificiales colectados en viviendas y gomerías.

En función de los resultados obtenidos, se podrían sugerir 2 mecanismos que favorecen la coexistencia de estas especies. En primer lugar, la presencia predominante de *Ae. albopictus* en relación con los ambientes suburbanos, sugiere una posible limitación competitiva en el entorno urbano por parte de *Ae. aegypti*, lo que podría estar relacionado con un patrón de distribución espacial diferencial, facilitando la coexistencia de ambas especies y en segundo lugar un patrón de eclosión diferencial para evitar la competencia larval (Faraone *et al.* 2021).

CAPÍTULO IV

Variables ambientales que influyen sobre la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus*

1. Introducción

Existen características del ambiente que son importantes para predecir la abundancia de los culícidos (Reisen 2010). La urbanización de áreas rurales o naturales puede beneficiar el desarrollo de algunas especies de mosquitos en particular del género *Aedes* Meigen, ya que les proporciona una amplia variedad de recipientes artificiales aptos para la oviposición de las hembras y el desarrollo de las larvas (Grech & Ludueña Almeida 2016) además de lugares de descanso y alimentación (Christophers 1960, Scott *et al.* 1993).

Aedes aegypti y *Ae. albopictus* presentan diferencias en su biología, ecología y comportamiento, que se atribuyen a las diferentes respuestas que cada especie exhibe ante las condiciones ambientales; como ser alteraciones antrópicas, variaciones climáticas, nivel de cobertura vegetal y la infraestructura urbana circundante (Honório *et al.* 2009, Lounibos *et al.* 2016).

Diferentes estudios afirman que las abundancias de *Ae. aegypti* se asocian positivamente con los cambios antrópicos generados en un ambiente (Braks *et al.* 2003, Higa 2011, Serpa 2013) entre ellos la disminución de la cobertura vegetal (Martín *et al.* 2023).

Ae. albopictus está más o menos asociada a la urbanización dependiendo de la región, y cuando está presente en un área urbana se la encuentra utilizando numerosos hábitats larvales artificiales (Kache *et al.* 2020). Por ejemplo, en Tailandia, se la ha encontrado en hábitats forestales de hasta 1800 m de elevación, así como en una variedad de hábitats naturales y artificiales en áreas suburbanas y rurales (Gould *et al.* 1970, Thavara *et al.* 1996, 2001, Dieng *et al.* 2002, Thavara *et al.* 2004). Mientras que desde su detección en 1991 en África occidental, *Ae. albopictus* coexiste con *Ae. aegypti* en zonas urbanas, actualmente se está volviendo más común, siendo la especie más prevalente en casi todos los vecindarios urbanos y suburbanos de Yaundé (Camerún) (Paupy *et al.* 2010,

Kamgang *et al.* 2017, Zahouli *et al.* 2017, Tedjou *et al.* 2020). A diferencia de *Ae. aegypti*, esta especie se propaga fácilmente en ambientes rurales, semisilvestres y silvestres sin depender de la alta concentración humana, como sí lo hace *Ae. aegypti* (Consoli & Lourenço-de-Oliveira 1994). Sin embargo, estudios más recientes realizados en África occidental indican un comportamiento más antropofílico de *Ae. albopictus* de lo que se suponía previamente (Fontenille & Toto 2001, Adeleke *et al.* 2010, Paupy *et al.* 2010).

Anteriormente, se ha asociado la presencia de *Ae. albopictus* con áreas con densidad poblacional baja y alta cobertura vegetal, como zonas boscosas, y áreas semiurbanas con alguna actividad agrícola ganadera (Consoli & Lourenço-de-Oliveira 1994, Martín *et al.* 2023). Asimismo, se ha registrado que las áreas extensas con vegetación baja tipo pasto son zonas poco atractivas para *Ae. albopictus* (Rey *et al.* 2006, Hónorio *et al.* 2009, Cianci *et al.* 2015, Martín *et al.* 2023).

La presencia de animales domésticos puede influir en la disponibilidad de recipientes con presencia de agua estancada para la oviposición de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* (Barrera *et al.* 1995), así como en la fuente de alimentación para los mosquitos adultos (Richards *et al.* 2006). *Aedes aegypti* se alimenta principalmente de humanos, mientras que rara vez lo hace de otros animales (Niebylski *et al.* 1994). En cambio, *Ae. albopictus* puede exhibir un patrón oportunista y generalista capaz de alimentarse de mamíferos, aves, reptiles y anfibios (Gratz 2004, Delatte *et al.* 2010), con una preferencia por alimentarse de hospedadores humanos (Sullivan *et al.* 1971, Savage *et al.* 1993).

Aedes aegypti y *Ae. albopictus* son mundialmente estudiadas debido a su importancia médica, y existe una extensa bibliografía sobre su bionomía, la mayoría centrados en los microhábitats donde se desarrollan sus estados inmaduros y no en el ambiente donde se encuentran los hábitats larvales (Service 1992). En particular, en Argentina, solo existe el trabajo de Martín *et al.* (2023) que estudian la presencia ambas especies coexistiendo y su relación con la cobertura vegetal a partir de variables satelitales. Por ello, el objetivo de este capítulo es identificar variables del ambiente que se asocian

con la abundancia de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus*, usando como indicador de abundancia la actividad de oviposición de ambas especies en la ciudad de Eldorado, Misiones.

2. Materiales y métodos

La metodología y la recopilación de datos fueron descritas en el capítulo II.

2.1. Selección de datos

Para este capítulo, se consideró como unidad de análisis cada punto de colecta (45 casas del ambiente urbano y 45 puntos del ambiente suburbano). Se generaron tablas que registraron la abundancia y el número de veces (registros) que se colectó *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus*. La abundancia total de individuos de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus*, está compuesta por larvas obtenidas a partir de huevos expuestos a sucesivas inmersiones en laboratorio y las larvas provenientes de huevos eclosionados en campo en las mismas OTs *in situ*, sumando las de todo el periodo de estudio. El número de registros para *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* se determinó contando el número de veces que se encontró a cada especie en cada punto de colecta en relación con el número total de semanas de colecta (12 registros, 2 por muestreo).

2.2. Análisis de datos

2.2.1. Variables del ambiente que influyen en la presencia de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* en la ciudad de Eldorado

Para evaluar la probabilidad de encontrar *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* en función de las variables del hábitat de colecta, se construyeron Modelos Lineales Generalizados (GLM) para cada especie por separado. Estos modelos analizaron la probabilidad de registro, es decir, el número de registros positivos para cada especie, en relación con el número total de semanas de colecta y su relación con las variables predictoras como ser cobertura vegetal predominante, presencia de animales, distancia a la casa más próxima y densidad poblacional (Tabla 1). Se ajustaron los modelos GLM con un tipo de distribución binomial y una función de enlace logit. Para la selección de variables se comenzó

evaluando la significancia de cada variable de respuesta mediante GLM univariados. Las variables que fueron significativas para cada especie se utilizaron a su vez como puntos de partida para el modelado. La selección de modelos se basó en el criterio de información de Akaike (AIC), la cual evalúa la calidad relativa de un modelo estadístico en función de la capacidad del mismo para ajustarse a los datos y, al mismo tiempo, penalizar la complejidad del modelo. A menor valor de AIC se considera un mejor modelo. Se realizó un ANOVA tipo II para evaluar la significancia global de las variables predictoras en el modelo, debido a que los valores p en la tabla de este test, evalúan la contribución global de las variables en el modelo; en cambio, los valores p del resumen del modelo evalúan la significancia individual de cada coeficiente, sin considerar las otras variables en el modelo.

Tabla 1. Variables predictoras de la abundancia de *Aedes aegypti* y *Ae. albopictus* tomadas en cada punto de colecta y las recopiladas de INDEC.

Variable	Descripción
Vegetación predominante	Variable categórica que indica la cobertura de vegetación predominante en cada punto de colecta. (Árbol, Arbusto, Herbácea, Arbol/Herbácea, Árbol/Arbusto)
Presencia de Animales	Variable categórica. Indica la presencia o ausencia de animales (domésticos y/o ganado) en cada punto de colecta. (Si/No)
Densidad Poblacional por Km²	Variable cuantitativa continua. Representa el número de personas por kilómetro cuadrado en el barrio que se ubica cada punto de colecta.

Distancia a la casa más cercana	Variable cuantitativa continua. Indica la distancia en metros a la casa más cercana desde el punto de colecta.
----------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2.2.2. Variables del ambiente que influyen en la abundancia de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* en la ciudad de Eldorado

Para analizar los posibles efectos de las variables relevadas en cada punto de colecta sobre la abundancia de larvas, se construyeron modelos lineales generalizados (GLM) para cada especie por separado. Para controlar la sobre-dispersión, se utilizó una distribución binomial negativa con una función de enlace logarítmico (Zuur *et al.* 2009). En estos análisis, la variable de respuesta utilizada fue el número de larvas recolectadas en cada punto de colecta, considerando a las larvas provenientes de huevos eclosionados en las sucesivas inmersiones en laboratorio y las larvas colectadas en campo en las OTs. Se seleccionó el mejor modelo según el criterio de Información de Akaike. Se realizó un ANOVA tipo II para evaluar la significancia global de las variables predictoras en el modelo.

Se utilizó el software gratuito RStudio 4.2.2 (<https://www.r-project.org/>) y los paquetes, base de Rstudio (función glm y AIC), glmmTMB (función glmmTMB), car (función Anova) y DHARMA para realizar los análisis estadísticos.

3. Resultados

A lo largo de todo el periodo de muestreo, de los 90 puntos de colecta, distribuidos en 45 casas en el ambiente urbano y 45 puntos en el ambiente suburbano, se registraron huevos y/o larvas nacidas en campo en 79 de ellos. En 56 puntos se encontró a *Aedes aegypti* y en 58 *Ae. albopictus*. Se registraron puntos donde los huevos no eclosionaron y/o no se encontraron larvas ni huevos. Sin discriminar si se encontraban solos o coexistiendo, ambas especies se encontraron en mayor cantidad de veces en el ambiente urbano ($n_{Ae. aegypti} = 45$, $n_{Ae. albopictus} = 37$); sin embargo, *Ae. aegypti* se encontró como única

especie más veces en el urbano (n= 8) y *Ae. albopictus* en el ambiente suburbano (n=12) (Figura 1).

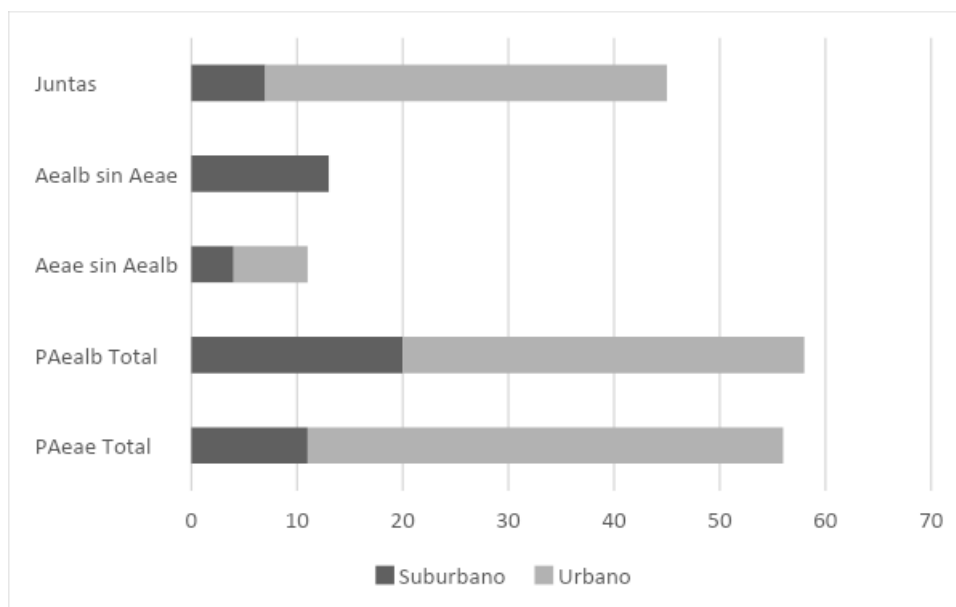


Figura 1: Número de puntos positivos de cada especie por ambiente a lo largo del periodo de muestreo. Aealb sin Aeae: *Aedes albopictus* sin *Aedes aegypti*. Aeae sin Aealb: *Aedes aegypti* sin *Aedes albopictus*. PAealb Total: Presencia de *Aedes albopictus* total. PAeae Total: Presencia de *Aedes aegypti* total.

Del total de muestras colectadas, se identificaron 2583 inmaduros de *Aedes aegypti* y 625 de *Ae. albopictus*. *Ae. aegypti* fue la especie más abundante en el ambiente urbano y si bien, comparando las abundancias de *Ae. albopictus* en ambos ambientes, fue más abundante en el ambiente urbano, predominó en el ambiente suburbano (Tabla 2).

Tabla 2: Abundancia de *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* colectadas en los ambientes urbanos y suburbanos durante todo el periodo de muestreo.

	Abundancia total (Media \pm Desvío Estándar)	
	<i>Ae. aegypti</i>	<i>Ae. albopictus</i>
Suburbano	49 (2,04 \pm 4,2)	170 (7,08 \pm 10,2)
Urbano	2534 (53,31 \pm 36.3)	455 (10,11 \pm 11,7)

3.1. Características del ambiente

El tipo de vegetación predominante en 65 puntos fueron los árboles, seguido por arbustos y herbáceas (n=15 y n=11, respectivamente) (Figura 2). La presencia de animales fue registrada en 38 puntos del ambiente suburbano y en 31 puntos del ambiente urbano.

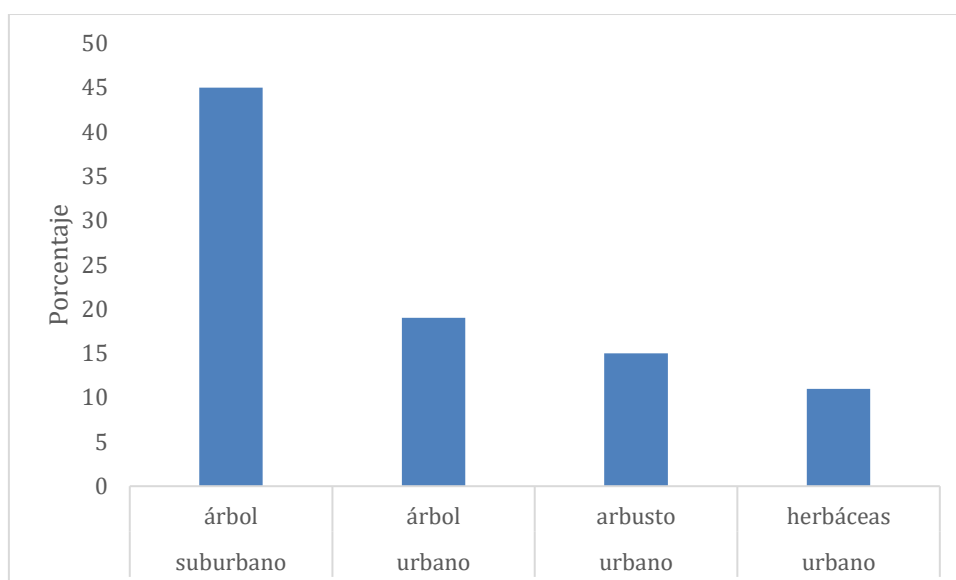
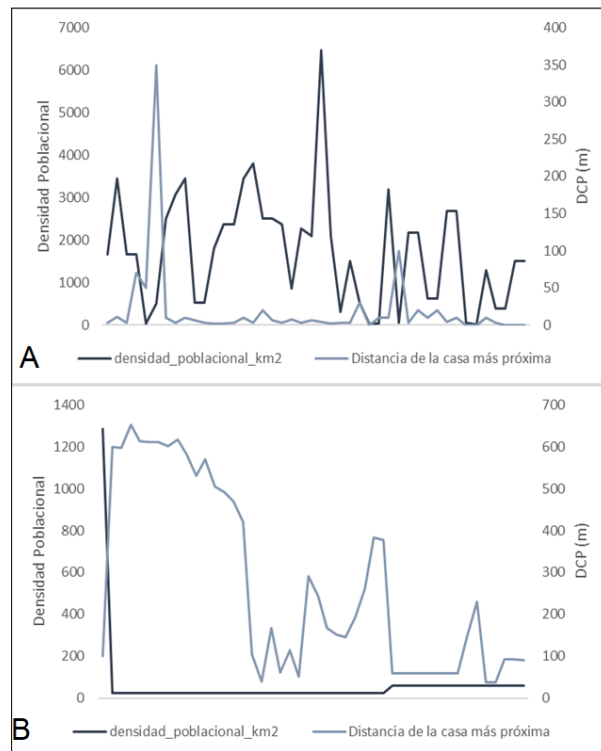


Figura 2: Porcentaje de vegetación predominante en los ambientes urbano y suburbano.

La densidad poblacional humana es mayor en el ambiente urbano y va disminuyendo a medida que aumenta la distancia a la casa más próxima y viceversa (Figuras 3 y 4).



DCP: distancia de la casa más próxima.

Figura 3. Densidad poblacional humana y distancia a la casa más próxima por cada punto de colecta en la ciudad de Eldorado. A; Ambiente urbano. B; Ambiente suburbano.



Figura 4: Mapa de la ciudad de Eldorado indicando los puntos de colecta y la densidad poblacional humana por barrio. A mayor intensidad de color, mayor número de habitantes por kilómetro cuadrado.

3.2. Influencia de las variables ambientales en la presencia de *Ae. aegypti* en la ciudad de Eldorado

El número de registros en los que un sensor fue positivo para la presencia de *Ae. aegypti* estuvo asociada a la presencia de animales (30/56 puntos), a una densidad poblacional humana de 1381 (Rg=6465 hab/km²) habitantes en promedio y a una distancia a la casa más próxima de 63 m (Rg=653 m) en promedio.

De los modelos analizados para determinar la probabilidad de ocurrencia de *Ae. aegypti* en los puntos de colecta, el mejor modelo (AIC= 241.7) tiene como variables la densidad poblacional, la vegetación predominantemente (Vegetación), Presencia de animales (Presencia_animales), la distancia a la casa más próxima (Distancia_Casa) y la interacción entre la densidad poblacional y la distancia a la vivienda más próxima (Distancia_casa * Densidad_poblacional).

Tabla 3: Coeficientes estimados del GLM distribución binomial, siendo la variable respuesta el número de veces que se encontró *Aedes aegypti*. Cada fila representa una variable o una interacción entre variables junto con sus respectivos valores de Coeficientes estimados (β) (Valores del coeficiente >1 = relación negativa, <1 = relación positiva), errores estándar (EE), valor Z, y el valor p correspondiente ($\text{Pr}(>|z|)$). Un valor p más bajo indica una mayor significancia estadística de la variable en el modelo. (*) (**) (***): significativo, NS; no significativo.

	Coeficientes estimados (β)	EE	valor Z	(Pr(> z))
(Intercept)	0,14	0,279	-6,8	<0.0001(***)
Distancia_Casa	0,9	0,002	-3,6	0.0002(***)
Densidad_Poblacional	1	0,000	2,1	0.03(*)
Presencia_Animales (Si)	0,6	0,2	-1,7	NS
Vegetación (Arbusto)	3,5	0.2.603	4,8	<0,00011(***)
Vegetación (Herbáceas)	2,2	0.2780	2,8	0,005013(*)
Distancia_Casa *	1	0.000004	3,5	0,00038 (**)
Densidad_Poblacional				

Se observaron distintos niveles de asociación entre la presencia de *Ae. aegypti* y los diferentes tipos de vegetación. Se encontró que la presencia de esta especie es 3,5 veces mayor en áreas con vegetación predominante tipo arbusto y 2,2 veces mayor en áreas donde predomina la vegetación herbácea, en comparación con las áreas donde predomina la vegetación árbol, que es la variable de referencia (Tabla 3).

Se identificó una relación negativa y significativa entre la distancia a la vivienda más próxima y la presencia de *Ae. aegypti*. Esto sugiere que, manteniendo todas las demás variables constantes, al aumentar la distancia entre las viviendas, la probabilidad de encontrar *Ae. aegypti* disminuye. En cambio, la abundancia de esta especie está asociada positiva y significativamente a la densidad poblacional (Tabla 3).

La interacción entre la distancia de la casa más próxima y la densidad poblacional presenta una relación positiva y significativa, y cuando ambas variables aumentan simultáneamente, la probabilidad de encontrar *Ae. aegypti* aumenta, manteniendo

constantes las demás variables en el modelo (Tabla 4). Todas las variables del modelo, excepto la presencia de animales, presentaron una relación significativa en el aporte global del modelo (Tabla 4).

Tabla 4: Análisis de Significancia de Variables en el Modelo de Regresión Logística para *Aedes aegypti*. Test ANOVA tipo II. Chi-cuadrado de Razón de Verosimilitud, $\Pr(>\chi^2)$; Probabilidad de Chi cuadrado. Un valor p más bajo que 0,05 indica una mayor significancia estadística de la variable en el modelo. (*) (**) (***): significativo, NS; no significativo.

<i>Variable</i>	<i>Chi-squared</i>	<i>p-valor</i>
<i>Densidad Poblacional</i>	15,2	0,0001 (***)
<i>Distancia_Casa</i>	25,4	<0,0001 (***)
<i>Presencia_Animales</i>	2,0	NS
<i>Vegetación</i>	22,3	<0,0001 (**)
<i>Densidad_Poblacional * Distancia_Casa</i>	9,6	0,001 (**)

3.3. Influencia de las variables ambientales en la presencia de *Ae. albopictus* en la ciudad de Eldorado

El número de registros en los que un sensor fue positivo para la presencia de *Ae. albopictus*, estuvo relacionado con la densidad poblacional humana que en promedio fue de 1044 habitantes ($R_g = 6465 \text{ hab/km}^2$) y la distancia a la vivienda más próxima fue en promedio de 91 m ($R_g = 653 \text{ m}$).

Tabla 5: Coeficientes estimados del GLM distribución binomial, siendo la variable respuesta el número de veces que se encontró *Aedes albopictus*. Cada fila representa una variable o una interacción entre variables junto con sus respectivos valores de coeficientes estimados (Coeficiente β), errores estándar (EE), valor Z, y el valor p correspondiente ($\Pr(>|z|)$). Un

valor p más bajo que 0,05 indica una mayor significancia estadística de la variable en el modelo. (*)(**)(***): significativo, NS; no significativo.

Variable	Coeficientes (β)	EE	Valor Z	Pr(> Z)
(Intercept)	0,16	0,15	-11,5	< 0,0001 (***)
Distancia_Casa	0,99	0,001	-2,7	0,006 (**)
Densidad_Poblacional	1	0,0001	0,8	0,4
Distancia_Casa*Densidad_Poblacional	0,99	0,000001	-1,5	0,1

De acuerdo con los criterios de selección, el modelo óptimo (AIC= 272,59) resultó ser el que incluyó las variables: Distancia_Casa + Densidad_Poblacional + Distancia_Casa * Densidad_Poblacional (interacción). La variable distancia de la casa más próxima (distancia_casa) mostró una relación negativa y significativa con la presencia de *Ae. albopictus* (Tabla 5). Esto indica que, a medida que la distancia a la casa más próxima aumenta, la probabilidad de encontrar *Ae. albopictus* disminuye. En este análisis, las demás variables del modelo no presentaron influencias significativas (Tabla 6).

Tabla 6: Análisis de Significancia de Variables en el GLM distribución binomial para *Aedes albopictus*. Test ANOVA tipo II. LR Chisq; Chi-cuadrado de Razón de Verosimilitud, Pr(>Chisq); Probabilidad de Chi cuadrado. Un valor p más bajo que 0,05 indica una mayor significancia estadística de la variable en el modelo. (*)(**)(***): significativo, NS; no significativo.

Variable	LR Chisq	Pr(>Chisq)
Distancia_Casa	14,75	0,0001 (***)
Densidad_Poblacional	0,00	0,9
Distancia_Casa * Densidad_Poblacional	2,97	0,08

3.4. Influencia de las variables ambientales en la abundancia de *Ae. aegypti*, en la ciudad de Eldorado, Misiones.

La presencia de animales y su asociación con la abundancia de *Ae. aegypti*, resultó en una relación negativa y significativa, indicando que, manteniendo todas las demás variables constantes, cuando hay una disminución en la presencia de animales aumenta la abundancia de la especie. La distancia a la casa más próxima también presenta una relación negativa y significativa con la abundancia de *Ae. aegypti* (Tabla 7).

Por otro lado, la densidad poblacional muestra una relación positiva y significativa con la abundancia, indicando que, manteniendo todas las demás variables constantes, la abundancia de *Ae. aegypti* es mayor en los sitios con mayor densidad poblacional (Tabla 7).

Tabla 7: Resultados del modelo seleccionado y del Test Chi cuadrado tipo II, que evalúan la relación y significancia entre cada variable predictora y la abundancia de *Aedes aegypti*.

(*)(**)(***) Las variables con valores $p < 0,05$ se consideran significativas. Coeficientes del modelo, desvío estándar, valor Z, χ^2 (Chisq), grados de libertad (Df) y el p valor del Test de Chi cuadrado de Wald tipo II (Pr >Chisq). Un valor p más bajo que 0,05 indica una mayor significancia estadística de la variable en el modelo. (*) (**) (***) significativo, NS: no significativo.

Variable	Coeficiente (B)	DE	Valor Z	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
Presencia_Animales	0,4	0,446	-2,045	4,18	1	0,04 (*)
Densidad_Poblacional	1	0,0001	5,708	32,5	1	<0,0001 (***)
Distancia_Casa	0,9	0,001	-7,109	50,54	1	<0,0001 (***)

3.5. Influencia de las variables ambientales en la abundancia de *Ae. albopictus*, en la ciudad de Eldorado, Misiones.

Para *Ae. albopictus*, la única variable que está asociada con su abundancia es la distancia a la casa más próxima (Dist_casa_prox), mostrando una relación negativa y significativa (Chi-cuadrado = 29,571; Df = 1, $p < 0,001$). Estos resultados indican que, cuando aumenta la distancia a la casa más próxima, la abundancia de *Ae. albopictus* disminuye (Tabla 8).

Tabla 8. Resultados del modelo seleccionado y del Test de Chi-cuadrado de Wald tipo II, que evalúan la relación y significancia entre cada variable predictora y la abundancia de *Aedes albopictus*. Coeficientes del modelo, desvío estándar, valor Z, χ^2 (Chisq), grados de libertad (Df) y el p valor del Test ANOVA tipo II (Pr >Chisq). Un valor p más bajo que 0,05 indica una mayor significancia estadística de la variable en el modelo. (*) (**) (***) significativo, NS: no significativo.

Variable	Coeficiente	Desvio estándar	Valor Z	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
Dist_casa_prox	0,99	0,001	-5,438	29,571	1	< 0,0001/(***)

4. Discusión

En este capítulo, se analizó la relación entre las variables ambientales en los sitios donde se colocaron las ovitrampas (OTs) y la actividad de oviposición de las hembras de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus*.

Nuestros hallazgos contrastan con los resultados presentados por Rey *et al.* (2006), donde la distribución de *Ae. aegypti* se caracterizó por mayores abundancias en el ambiente urbano, mientras que la de *Ae. albopictus* se asoció principalmente al ambiente suburbano. En el presente estudio, *Ae. albopictus* se encuentra en ambos ambientes, aunque con una mayor abundancia en el urbano. Esto puede deberse a la asociación negativa entre la distancia a la vivienda más próxima y la presencia y abundancia de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus*, lo que indicaría que ambas especies tienen una preferencia por habitar en áreas cercanas a las viviendas humanas. Esto podría relacionarse con la disponibilidad de sitios de cría, ya que tanto *Ae. aegypti* como *Ae. albopictus* seleccionan pequeños recipientes artificiales de uso doméstico (Paton & Bonsall 2019, Alonso 2020, Capítulo III de esta tesis).

Existen trabajos previos que han demostrado una relación entre la abundancia de estas especies con hábitats urbanos y rurales a diferentes escalas. Por ejemplo, en trabajos realizados en Brasil, EEUU y Tailandia a escala “ciudad”, *Ae. aegypti* fue prevalente en áreas altamente urbanizadas y *Ae. albopictus* en áreas rurales y suburbanas (Sota & Mogi 1992, Braks *et al.* 2004, Tsuda *et al.* 2006).

La preferencia de *Ae. aegypti* por los ambientes urbanos fue descrita por numerosos autores en Argentina y en el mundo (Christophers 1960, Braks *et al.* 2003, Estallo *et al.* 2011, Serpa 2013). Nuestros resultados confirman su preferencia, siendo la especie más abundante en este ambiente, sumado a la asociación positiva entre la densidad poblacional, respaldando su preferencia a habitar ambientes con áreas densamente pobladas, debido a comportamiento tanto de alimentación (antropofílica) (Scott *et al.* 1993) y de selección de sitios de oviposición (en hábitats larvales artificiales) (Christophers 1960). La variedad de recipientes que ofrecen los sitios urbanos, debido a la actividad humana, son altamente productivos para esta especie, siendo los responsables de su proliferación (Almirón & Ludueña-Almeida 1998, Stein *et al.* 2002, Yee 2008, Rubio *et al.* 2011, Grech & Ludueña-Almeida 2016, Alonso 2020, Wilke *et al.* 2021).

La bibliografía respalda la teoría de que *Ae. albopictus* prefiere habitar ambientes suburbanos y rurales debido a la necesidad de sus hembras de alimentarse de néctar y preferir reposarse y picar a la intemperie (Hawley 1988, Braks *et al.* 2003, Rey *et al.* 2006), como así también encontrándose en parches verdes dentro del ambiente urbano (Medeiros-Sousa *et al.* 2013, Carvalho *et al.* 2014, Câmara *et al.* 2016, Wilke *et al.* 2017); sin embargo, en varias regiones del mundo esta especie se estableció en ambientes urbanos altamente poblados, como en Brasil (Ayllón *et al.* 2018). Nuestros resultados revelan que la presencia y abundancia de *Ae. albopictus* se encuentra relacionada negativamente con las distancias a las viviendas más próximas, siendo más abundante en el ambiente urbano. La urbanización contribuye a la rápida adaptación de *Ae. albopictus* a nuevos entornos, el cual se reproduce en una amplia variedad de recipientes, compartiendo a menudo los sitios de cría con *Ae. aegypti* (Braks *et al.* 2003, Waldock *et al.* 2013). *Ae. albopictus* asegura su permanencia en estos ambientes debido a su versatilidad ecológica, pudiendo criar en los hábitats larvales naturales como bromelias y en parques urbanos y reforzando la probabilidad de contacto con humanos (Forattini *et al.* 1998, Marqués *et al.* 2001, da Silva *et al.* 2006). Sin embargo, la predominancia de *Ae. aegypti* en este ambiente en el área de estudio podría deberse a que *Ae. albopictus* aun no se ha adaptado como ocurre en otras localidades. En Colonia Aurora una comunidad rural al este de la provincia de Misiones, *Ae. albopictus* presenta abundancias similares a las de *Ae. aegypti* (Lizuain *et al.* 2019).

En la ciudad de Eldorado, *Ae. albopictus* se presentó en el mismo rango de distribución urbano que *Ae. aegypti*, lo que sugiere que las características únicas de ese ambiente favorecerían su presencia y la coexistencia, como ser una abundante cobertura vegetal y una infraestructura que combina elementos urbanos y suburbanos, proporcionando así no solo hábitats adecuados sino condiciones ambientales favorables para ambas especies. Este fenómeno de coexistencia se refleja en estudios realizados en Brasil (Câmara *et al.* 2016). Por ejemplo, Bennett *et al.* (2021) llevaron a cabo un análisis de superposición de nichos de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* en Panamá, utilizando datos

ambientales, satelitales y de abundancia, de ambas especies, revelando que comparten aproximadamente el 70% de su nicho ambiental en las localidades estudiadas. Esto sugiere que, aunque presentan requerimientos específicos, ambas especies pueden coexistir en entornos que ofrecen una combinación adecuada de factores ambientales.

Martin *et al.* (2023), estudiaron la asociación de estas especies con variables satelitales, encontrando que, en la ciudad de Eldorado, *Ae. aegypti* se asocia a los valores mínimos del NDVI (cobertura vegetal) y NDBI y *Ae. albopictus* a valores máximos de estas variables, aunque también presenta una relación negativa con el suelo desnudo. En nuestro trabajo la cobertura vegetal se midió cualitativamente, evaluando el estrato predominante, y no cuantitativamente en términos de cobertura. En nuestros resultados, ningún modelo asoció la presencia o abundancia de *Ae. albopictus* con los tipos de vegetación predominante en cada punto de colecta, sin embargo, hemos encontrado que *Ae. aegypti* es mayor en áreas con vegetación tipo arbusto y herbácea, en comparación con las áreas donde la vegetación de tipo árbol predomina, lo que podrían deberse a que los análisis se realizaron sin discriminar los datos por tipo de ambiente. La asociación de la especie a los diferentes tipos de vegetación podría explicarse considerando su bionomía, que ha mostrado una preferencia por hábitats con sombra, entornos que le proporcionan refugio y oportunidades de reproducción (Vezzani *et al.* 2005, Lounibos *et al.* 2010).

Ae. aegypti y *Ae. albopictus* presentan diferencias en su bionomía, ante la respuesta de cada especie a las condiciones ambientales (Honório *et al.* 2009, Higa 2011, Lounibos *et al.* 2016). Nuestros resultados sugieren que la distribución y abundancia de *Ae. aegypti* están influenciadas por factores ambientales como la vegetación, la densidad poblacional y la proximidad a las viviendas. En cambio, la presencia y abundancia de *Ae. albopictus* se vería afectada únicamente con la distancia a la vivienda más cerca. No obstante, es importante considerar las limitaciones del estudio, como la falta de datos sobre otros posibles factores ambientales, y la necesidad de investigaciones adicionales para comprender mejor la dinámica de las poblaciones de estos mosquitos en diferentes entornos.

CAPÍTULO V

Variaciones estacionales de la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* y su relación con las variables climáticas

1. Introducción

Las variaciones estacionales pueden afectar a los organismos generando restricciones fisiológicas (Bowler & Terblanche 2008) y modificar la disponibilidad de recursos esenciales para el desarrollo y la reproducción de los individuos (Wolda 1988). En el caso de los dípteros en general, y particularmente los mosquitos, la dinámica poblacional se ve influenciada por las altas temperaturas y la precipitación (Carles-Tolrá 1997, Souza & Linhares 1997, Alto & Juliano 2001, Vezzani *et al.* 2004, Stein *et al.* 2005, Costa *et al.* 2006). Asimismo, estas variables climáticas han sido reconocidas como predictores eficaces de la abundancia de mosquitos como *Aedes aegypti* (Estallo *et al.* 2015).

La temperatura tiene un rol determinante en la biología de estos insectos, influyendo en su fisiología, desarrollo y supervivencia (Reinhold *et al.* 2018). Particularmente, las tasas de desarrollo de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* están vinculadas a la temperatura ambiente, aunque la adaptación genética puede incidir en la respuesta a esta variable (Rondán-Dueñas *et al.* 2009, Grech *et al.* 2010, Albrieu-Llinás & Gardenal 2011, Muttis *et al.* 2018). Por ejemplo, se conoce que las larvas de *Ae. albopictus* presentan una mayor tolerancia y supervivencia al frío lo que le han permitido en algunas regiones habitar áreas templadas, mientras que *Ae. aegypti*, estaría más restringida a áreas tropicales y subtropicales (Mitchell 1995, Chang *et al.* 2007). Sin embargo, en Argentina, la supervivencia al frío de huevos de *Ae. aegypti* fue mayor en estaciones frías en regiones templadas, en comparación a las ocurridas en las estaciones secas en las regiones subtropicales (Fischer *et al.* 2011, Gimenez *et al.* 2015).

Las precipitaciones tienen un rol significativo en el desarrollo y la supervivencia de los mosquitos (Hack *et al.* 1978, Ronderos *et al.* 1991, 1992, Campos *et al.* 1993, Almirón & Brewer 1995, Guimaraes *et al.* 2000, Fischer & Schweigmann 2004). Por ejemplo, está implicado en la creación de nuevos sitios de desarrollo, y su escasez puede reducir la población al afectar la disponibilidad de agua en los criaderos (Waldock *et al.* 2013). Por otro lado, precipitaciones abundantes también pueden llevar al lavado de los sitios de cría,

afectando a los estados inmaduros de los mosquitos (Waldock *et al.* 2013). Según Bates (1949), las poblaciones de mosquitos de regiones tropicales podrían reducirse principalmente debido a la falta de agua y, por ende, la disminución de sus lugares de cría, más que por las bajas temperaturas.

El estudio de la dinámica temporal de los mosquitos y su asociación con variables meteorológicas es fundamental para comprender mejor sus patrones de actividad y abundancia. Por un lado, la dinámica temporal de *Ae. aegypti* está muy bien documentada en Argentina. En poblaciones templadas, sigue un patrón recurrente, con un aumento de la actividad de oviposición hacia finales de la primavera - principios del verano, interrumpiéndose durante el invierno (Campos & Maciá 1996, Fischer *et al.* 2017). Por otro lado, en las poblaciones subtropicales se observaron diferentes patrones. En la provincia de Salta, la actividad de oviposición de *Ae. aegypti* fue ininterrumpida (Micieli & Campos 2003), mientras que en la provincia del Chaco se detectó a esta especie desde mediados de la primavera a finales del otoño, con una interrupción durante los meses de invierno (Stein *et al.* 2005). Sin embargo, estudios más recientes indican cambios en estos patrones. Por ejemplo, Estallo *et al.* (2015) registraron un patrón bimodal en Salta, donde la actividad de las hembras fue continua durante el primer año, siendo interrumpida a principio del invierno del segundo año, similar a lo observado posteriormente en Chaco por Giménez *et al.* (2020).

En relación a *Ae. albopictus*, no hay trabajos que exploren sus abundancias a lo largo del año en Argentina, sin embargo, Faraone *et al.* (2021) estudiaron la respuesta de eclosión de estas especies a lo largo de las estaciones, encontrando que *Ae. aegypti* interrumpe su actividad en invierno, mientras que *Ae. albopictus* se presenta en todas las estaciones. En Palm Beach, en el sur de EEUU, los picos más altos de positividad para *Ae. albopictus* se dan en la estación húmeda temprana (mayo - agosto), coincidente con la estación lluviosa, aunque también presentó picos de abundancia en la estación seca (enero – abril) en comparación a *Ae. aegypti* (Reiskind & Lounibos 2013).

En este contexto, el estudio sobre los patrones de distribución temporal de estas dos especies en localidades donde *Ae. aegypti* es considerada residente y *Ae. albopictus* se ha establecido más recientemente, podrían aportar datos que permitirían profundizar los conocimientos sobre cómo fluctúan las abundancias de estas dos especies a lo largo del año, en particular *Ae. albopictus* en la localidad de estudio. Por ello, el objetivo de este capítulo es estudiar las variaciones estacionales de la actividad de oviposición de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus*.

2. Materiales y métodos

La metodología y la recopilación de datos se encuentra descrita en el capítulo II.

2.1. Selección de datos.

Se consideraron todas las muestras obtenidas a partir de OTs por estación, incluyendo tanto aquellas larvas que eclosionaron en el laboratorio a partir de huevos expuestos a sucesivas inmersiones, como las que eclosionaron *in situ*. Se elaboraron tablas de abundancias totales por semana para *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus*.

2.2. Variables meteorológicas a lo largo de las estaciones climáticas en la ciudad de Eldorado, Misiones.

Las variables fueron extraídas del boletín meteorológico de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Misiones que presenta una estación convencional termopluviométrica en la zona urbana de la ciudad de Eldorado (Boletín Meteorológico 2023 - <https://www.facfor.unam.edu.ar/>).

Se registraron las medias de Temperatura media, Temperatura mínima, Temperatura máxima y la precipitación acumulada por semana de recolección y estación. Se compararon entre estaciones las variables meteorológicas registradas a lo largo de dos semanas por estación climática, coincidentes con las semanas de muestreo, desde la primavera de 2018 al verano de 2020, mediante un GLM (Modelo Lineal Generalizado) distribución Gaussiana y función de enlace Log para las temperaturas y distribución

Binomial negativo y función de enlace log para precipitaciones. Para calcular las diferencias entre estaciones, se llevó a cabo un análisis *post hoc* utilizando el paquete emmeans, para proporcionar estimaciones de las medias marginales ajustadas, realizando a su vez comparaciones entre grupos utilizando múltiples contrastes.

2.3. Análisis de datos

Para este capítulo, se utilizó como unidad de análisis la abundancia total de las larvas provenientes de OT por cada semana y estación de muestreo. Para esto, se realizaron tablas de abundancias de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus*; se sumaron aquellas larvas obtenidas a partir de las sucesivas inmersiones en laboratorio y las nacidas in situ en campo en los mismos dispositivos de oviposición por cada semana de colecta y estación. Las proporciones se realizaron a partir de la abundancia de cada especie sobre la abundancia total de ambas especies colectadas por estación.

Para comparar las abundancias de cada especie (variable dependiente) entre las distintas estaciones (variable independiente), se llevó a cabo un GLM con distribución Binomial Negativa utilizando la función de enlace log, para modelar la relación entre las medias y la varianza de los datos. Se realizó un ANOVA tipo II para evaluar la significancia global de la variable predictora en el modelo. Se llevó a cabo un análisis *post hoc* “emmeans”, para realizar las comparaciones entre grupos utilizando múltiples contrastes.

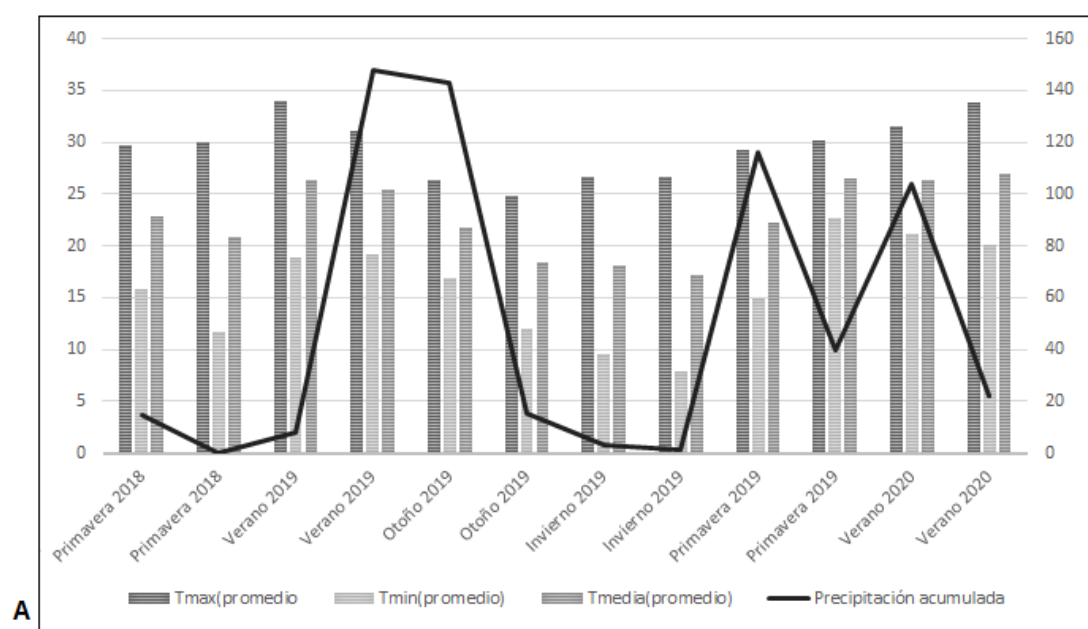
Se utilizaron los paquetes base de R (glm), car (Anova), DHarma, emmeans.

Para los análisis estadísticos se utilizaron los softwares RStudio 4.2.2 (<https://www.r-project.org/>) e Infostat (2020).

Para un análisis visual más detallado, se realizaron mapas por estación, graficando las abundancias en todas las estaciones de muestreo en la ciudad de Eldorado. Para esto se tuvieron en cuenta las abundancias totales de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* por punto de colecta y estación. Los mapas se realizaron mediante el software QGIS 3.24.0.

3. Resultados

Durante el periodo de muestreo, los picos más altos de temperatura se registraron en la estación de verano, con un promedio de 33,9 °C en 2019 y 33,7 °C en 2020. La temperatura más baja en promedio fue de 8,6 °C en el invierno de 2019. Respecto a las precipitaciones, los picos más altos ocurrieron en la estación de otoño 2019 y en verano 2019, con 158 mm y 156 mm, respectivamente. En las dos semanas colectadas en invierno 2019 se registró la menor precipitación acumulada con 4 mm (Figura 1 A).



B

	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Temperatura media	Precipitación acumulada
Primavera 2018	A	A	ABC	B
Verano 2019	AB	AB	AB	A
Otoño 2019	C	A	BC	A
Invierno 2019	BC	BC	CD	B
Primavera 2019	A	AB	ABC	A
Verano 2020	AB	AB	AB	A

Figura 1: A- Datos meteorológicos de la ciudad de Eldorado correspondientes a cada semana de muestreo por estación. B- Diferencias entre las medias de las variables temperatura y precipitación acumulada en las estaciones. Letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí.

Según el test *post-hoc* “emmeans”, respecto a la temperatura máxima, la primavera 2018 y 2019 no presentan diferencias entre sí, siendo similares a verano 2019 y 2020 y diferentes del otoño 2019 y el invierno 2019. Respecto a la temperatura mínima, la primavera 2018 y el otoño 2019 son similares entre sí y diferentes del invierno 2019. La temperatura media es muy similar entre la mayoría de las estaciones, excepto en invierno, que difiere de los veranos 2019 y 2020. La precipitación presentó dos grupos marcados, (A) representa a las estaciones con mayores precipitaciones (verano 2019, otoño 2019, primavera 2019 y verano 2020), el grupo (B) representa a las menores precipitaciones del periodo de muestreo, primavera 2018 e invierno 2019 (Figura 1-B).

3.1. Variación estacional de *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* en la ciudad de Eldorado, Misiones

De 3208 larvas provenientes de huevos eclosionados en laboratorio y en campo en las mismas OTs a lo largo de todo el muestreo, 2583 fueron de *Ae. aegypti*, presentándose con altas abundancias en todas las estaciones de estudio, siendo su mayor pico en el verano 2019 ($n=793$, $\bar{x}=5,66$, $DE\pm 8,59$), seguido de las primaveras 2019 ($n=732$, $\bar{x}=5,90$, $DE\pm 8,78$) y 2018 ($n=638$, $\bar{x}=5,64$, $DE\pm 8,59$), respectivamente, siendo estas diferentes significativamente en relación a la estación de referencia (invierno 2019), excepto el otoño 2019 (Tabla 1). El test “emmeans” agrupó a las abundancias de mosquitos en las diferentes estaciones en dos grupos: El primero (A) conformado por las primaveras 2018 y 2019 y el verano 2019, siendo similares entre sí, pero diferentes al grupo (B), conformado por invierno 2019, otoño 2019 y verano 2020 (Figura 2 B).

Tabla 1: Coeficientes del Modelo Lineal Generalizado para la abundancia de *Aedes aegypti* en relación con las estaciones del año. Cada fila representa la variable “Estación”. Coeficientes estimados (β), errores estándar (EE), valor Z, y el valor p correspondiente. Un valor p más bajo indica una mayor significancia estadística de la variable en el modelo. (*) (**) (***) significativo, NS; no significativo.

Estación	Coefficiente β	EE	Valor z	Valor p
(Intercept)	2,5	0,9166	1,000	NS
Primavera 2018	63,6	1,2577	3,304	0,0009(***)
Verano 2019	83,2	1,2575	3,517	0,0004(***)
Otoño 2019	9,5	1,2612	1,785	NS
Primavera 2019	72,4	1,2576	3,406	0,0006(***)
Verano 2020	25,9	1,2586	2,589	0,009(***)

Aedes albopictus se encontró en todas las estaciones, registrándose un total de 625 larvas en total. El verano 2019 presentó el mayor número de ejemplares ($n=167$, $\bar{x}=1,19$, $DE\pm 2,37$), seguido de la primavera 2018 ($n=146$, $\bar{x}=1,29$, $DE\pm 6,77$) (Figura 2-A). Los resultados del GLM mostraron diferencias significativas entre la abundancia de *Ae. albopictus* y la mayoría de las estaciones en comparación con la estación de referencia (invierno 2019) (Tabla 2). El test de “emmeans” demostró dos grupos respecto a sus abundancias, el primero (A) conformado por primavera 2018, verano 2019, otoño 2019, primavera 2019 y verano 2020, y el segundo grupo (B) conformado por el invierno 2019 (Figura 2 B).

Si tenemos en cuenta la abundancia y la presencia de las especies en los puntos de colecta, se puede observar que la presencia de *Ae. aegypti* en las estaciones primavera 2018, verano 2019 y primavera 2019 presentan mayores abundancias y puntos positivos que el resto de las estaciones (Lámina 1).

En cambio, a *Ae. albopictus* se lo puede observar tanto en primavera –verano 2019 y primavera– verano 2020 con número bajo de abundancia, pero con numerosos puntos positivos de colecta (Lámina 2).

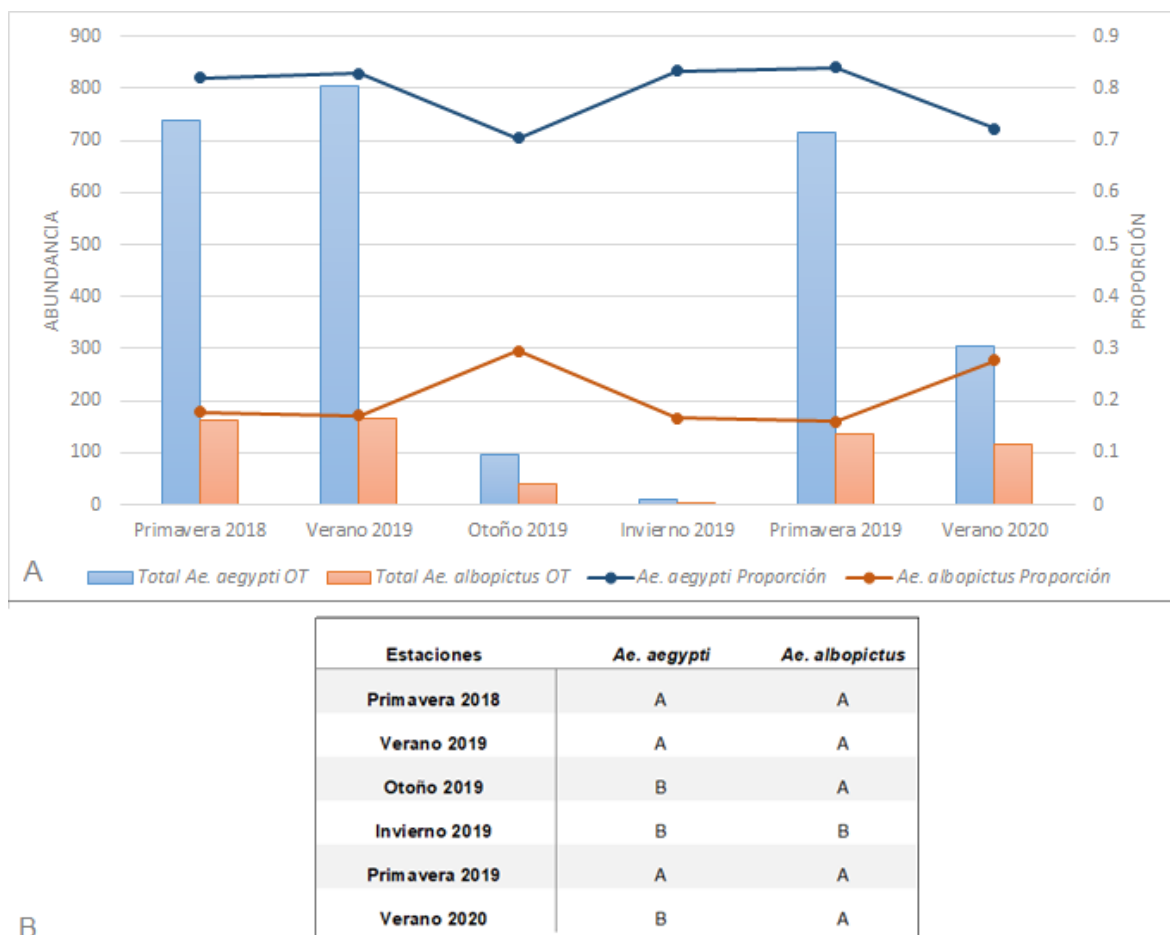


Figura 2: A-Variación estacional de *Aedes aegypti* y *Ae. albopictus* colectadas a partir ovitrampa en la ciudad de Eldorado, Misiones. B- Diferencias entre las medias de las abundancias en las estaciones. Letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí.

Tabla 2: Coeficientes del Modelo Lineal Generalizado para la abundancia de *Aedes albopictus* en relación con las estaciones del año. Cada fila representa la variable “Estación” junto con sus respectivos valores de Coeficientes estimados (β), errores estándar (EE), valor z, y el valor p correspondiente. Un valor p más bajo indica una mayor significancia estadística de la variable en el modelo. (*) (**) (***): significativo, NS: no significativo.

Estación	Coeficientes estimados (β)	EE	Valor z	Valor p
Intercepto	0,5	0,8388	-0,826	NS
Primavera 2018	73,1	0,9560	4,488	<0,0001 (***)

Verano 2019	96,9	0,9552	4,789	<0,0001 (***)
Otoño 2019	20	0,9655	3,103	0,001 (**)
Primavera 2019	65,1	0,9565	4,372	<0,0001 (***)
Verano 2020	47,5	0,9580	4,030	<0,0001 (***)

Teniendo en cuenta la proporción de especies por estación, se puede observar que *Ae. aegypti* se presenta en una relación 4:1 respecto a *Ae. albopictus*, manteniéndose esta relación en la mitad de las estaciones colectadas, excepto otoño 2019 y verano 2020 donde la relación de abundancias fue de 3:2. En el invierno 2019 se registraron únicamente 10 ejemplares de *Ae. aegypti* y 2 de *Ae. albopictus* (Figura 3-A y B).

Sin embargo, si distinguimos las larvas nacidas en laboratorio de las nacidas en campo, se observan diferencias entre las proporciones. Mientras que las larvas nacidas en laboratorio mostraron relaciones variadas en todas las estaciones, las larvas nacidas en campo mostraron una relación *Ae. aegypti*/*Ae. albopictus* que se mantiene en 9:1 en la mayoría de las estaciones (Figura 3 A y B).

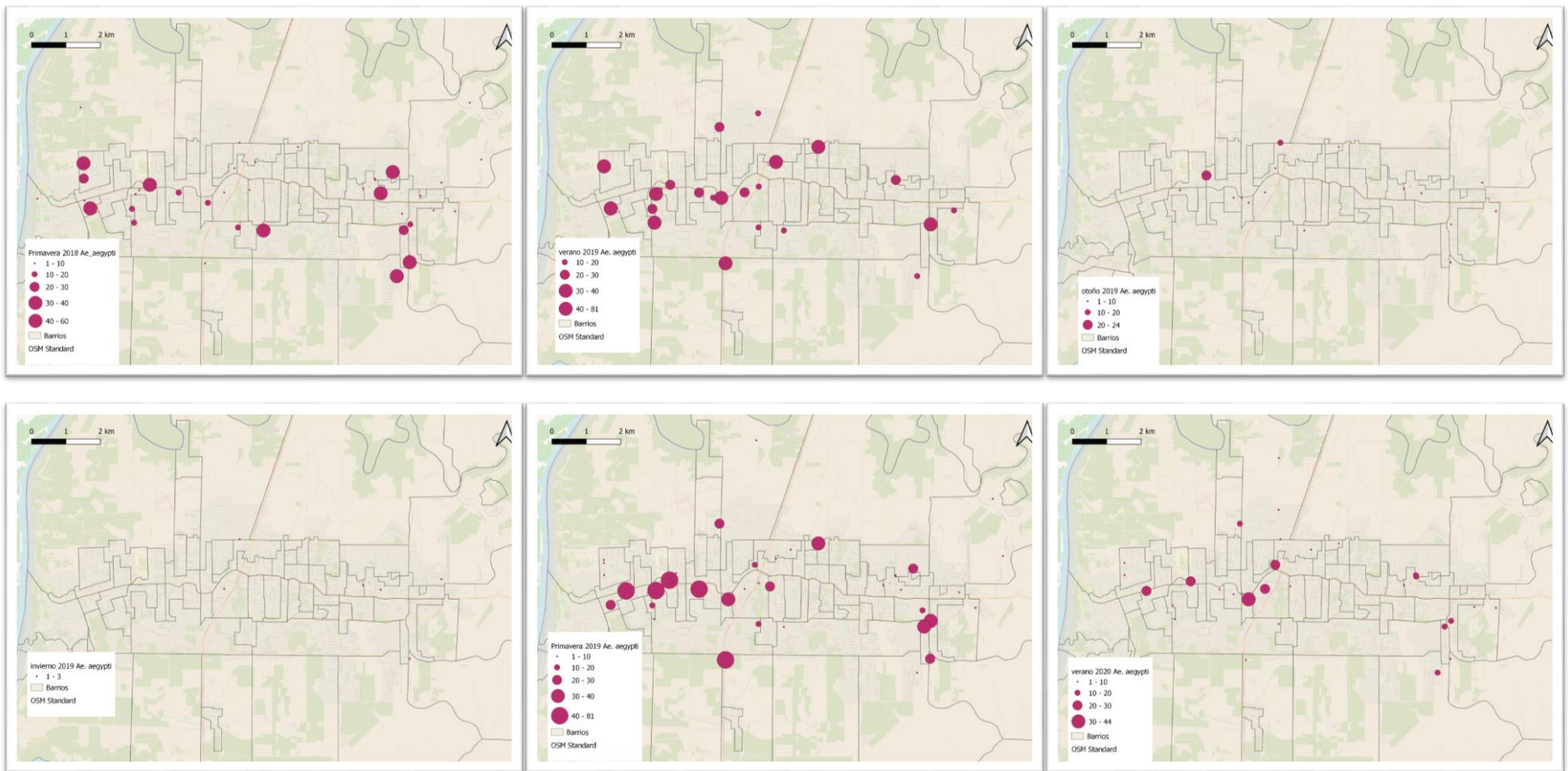


Lámina 1: Presencia y abundancia de *Ae. aegypti* a lo largo de las estaciones: Los puntos en los mapas indican los sitios de colecta con presencia de la especie en cada estación. El tamaño del círculo indica abundancia, mayor tamaño, mayor número de larvas.



Lámina 2: Presencia y abundancia de *Ae. albopictus* a lo largo de las estaciones: Los puntos en los mapas indican los sitios de colecta con presencia de la especie en cada estación. El tamaño del círculo indica abundancia, mayor tamaño, mayor número de larvas.

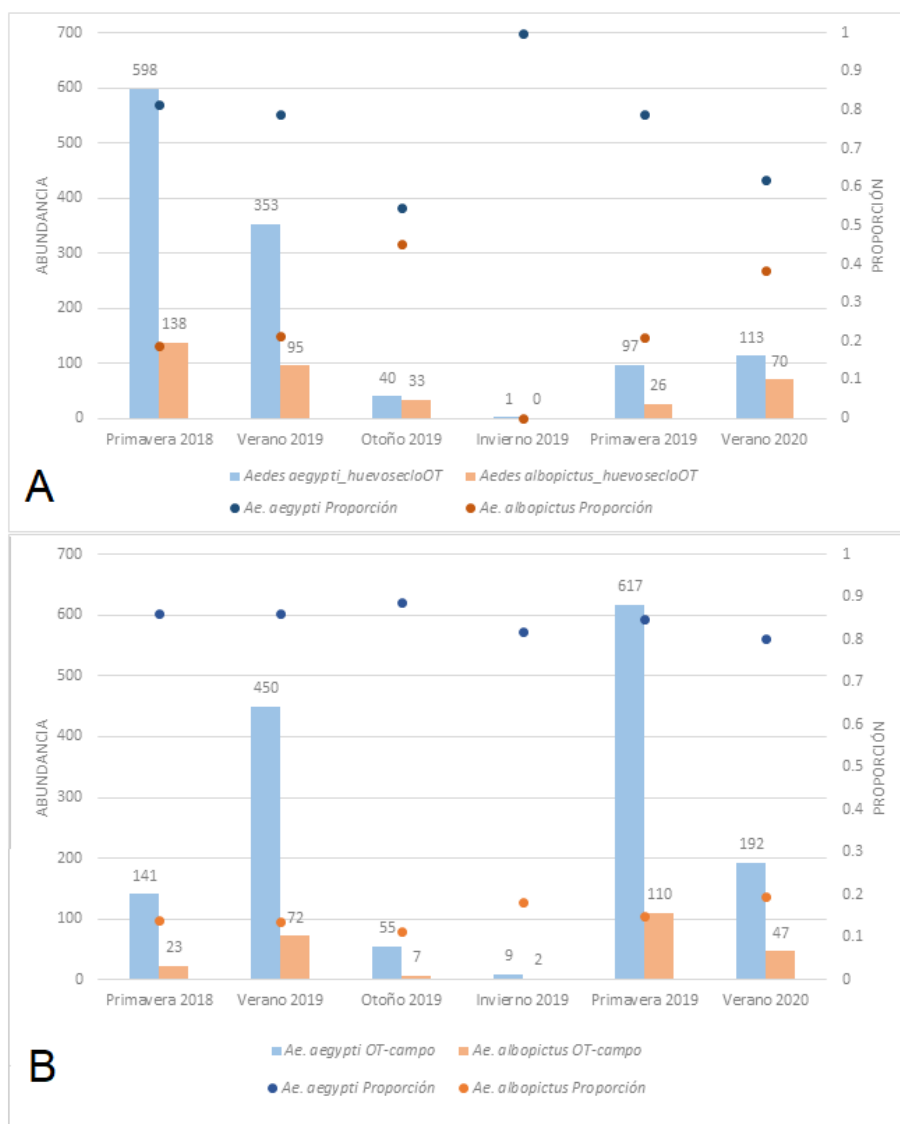


Figura 3; Variación estacional de larvas de *Aedes aegypti* y *Ae. albopictus* provenientes de huevos eclosionados en laboratorio (A) y colectados en campo en las mismas OT (B).

4. Discusión

La coexistencia de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* depende de una combinación de características, entre ellas podemos nombrar las propias del hábitat y los factores meteorológicos como las precipitaciones anuales y las temperaturas máximas medias (Lounibos *et al.* 2016).

En la ciudad de Eldorado, *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* estuvieron presentes durante todas las estaciones de estudio. Esto coincide con un estudio realizado en Natal

(clima tropical), Brasil, donde ambas especies son simpátricas, presentándose en todas las estaciones del año (Moura *et al.* 2020). Pudimos observar que las abundancias de *Ae. aegypti* alcanzaron sus picos en la época de mayores temperaturas y precipitaciones. Las abundancias de *Ae. aegypti* fueron similares en primavera 2018, verano 2019 y primavera 2019 en comparación con otoño e invierno, que resultaron mínimas y similares entre sí. Estos hallazgos son consistentes con estudios previos realizados por Micieli & Campos (2003), Estallo *et al.* (2015) en la provincia de Salta, y Giménez *et al.* (2020) en Chaco, que detectaron la presencia de *Ae. aegypti* durante todo el año, con picos en verano.

Respecto a *Ae. albopictus*, sus mayores abundancias fueron alcanzadas también en la época de mayores temperaturas y precipitaciones, aunque en todo el periodo las abundancias fueron bajas en relación a *Ae. aegypti*, y fueron similares entre las estaciones, excepto el invierno. Moura *et al.* (2020), en Brasil, encuentran una mayor actividad de oviposición en los meses más cálidos y húmedos. En Palm Beach (clima subtropical) (sur de Estados Unidos) *Ae. albopictus*, alcanza los picos más altos de positividad durante la estación húmeda temprana, coincidiendo con la estación lluviosa (Reiskind & Lounibos 2013). Sin embargo, en Roma (clima templado mediterráneo), la abundancia de esta especie está más asociada a las altas temperaturas y al fotoperíodo que con las precipitaciones (Toma *et al.* 2003). Existe bibliografía que respalda que para *Ae. albopictus*, proveniente de clima templado continental, la temperatura tiene una influencia más fuerte sobre su abundancia que la precipitación (Alto *et al.* 2001). Por otro lado, otros estudios destacan una falta de una relación clara entre las precipitaciones y *Ae. albopictus*, mostrando efecto positivo de la lluvia (Brasil, clima subtropical) (Lourenco-de-Oliveira *et al.* 2004), un efecto negativo (Trentino, clima templado oceánico) (Roiz *et al.* 2010) o ningún efecto (Roma, clima templado mediterráneo) (Toma *et al.* 2003).

En la ciudad de Eldorado la precipitación podría influir positivamente sobre la abundancia de *Ae. albopictus*. En la mayoría de las estaciones, la relación entre

abundancias de *Ae. aegypti*/*Ae. albopictus* fue de 4:1, excepto en otoño 2019 y verano 2020, donde resultó de 3:2. Estos cambios en las proporciones coinciden con dos picos de precipitaciones acumuladas ocurridos en esas estaciones. Anteriormente, se había planteado la hipótesis de que *Ae. albopictus* tiende a ocurrir solo en ambientes húmedos y que la coexistencia entre ambas especies se da en regiones más secas y cálidas, dónde *Ae. albopictus* se vería más afectada (Braks *et al.* 2003, Kaplan *et al.* 2010, Bagny Beilhe *et al.* 2012, Hopperstad & Reiskind 2016, Muzari *et al.* 2019). En estudios realizados en Tailandia (Mogi *et al.* 1988) y Florida (Leisnham & Juliano 2009) donde examinaron la abundancia estacional de huevos de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* encontraron que esta última aumenta su abundancia a medida que avanzaba la temporada de lluvias.

La temperatura es uno de los factores que desempeñan un papel esencial en la supervivencia de huevos, larvas y adultos de estos mosquitos (Hawley *et al.* 1987, Hawley 1989, Ponce *et al.* 2004, Chang *et al.* 2007). En un estudio realizado en Taiwan (clima subtropical) demostraron que las larvas de *Ae. aegypti* son más susceptibles a bajas temperaturas (< 10°C) que las larvas de *Ae. albopictus*, tanto en condiciones de laboratorio como de campo (Chang *et al.* 2007). Hawley *et al.* (1987), expusieron huevos de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* a bajas temperaturas (-10° C) por 24hrs., observando que los huevos de *Ae. aegypti* presentaron una alta mortalidad y los de *Ae. albopictus* tuvieron una eclosión del 80-90% concluyendo que la aclimatación y la diapausa aumentan la resistencia al frío de las cepas de *Ae. albopictus* de zonas templadas (Hawley 1989). En Eldorado, un estudio anterior demostró que *Ae. albopictus* presentó un retraso mayor en la eclosión de sus huevos de invierno, respecto a los de *Ae. aegypti*, por lo que en esta región *Ae. albopictus* sería más susceptibles, especialmente a las bajas temperaturas (Faraone *et al.* 2021).

En el presente trabajo, es difícil determinar la actividad de oviposición en el invierno, debido a que solo se colectó un año en esta estación y se encontraron únicamente 10 ejemplares de *Ae. aegypti* y 2 de *Ae. albopictus*. En un trabajo previo, en

la misma localidad, la presencia de huevos de *Ae. aegypti* no fue detectada en invierno, mientras que si de *Ae. albopictus*, aunque en muy bajas abundancias (Faraone *et al.* 2021). Según Alonso (2020), en un trabajo realizado durante dos años consecutivos en Eldorado, larvas de ambas especies fueron colectadas en invierno, sin bajar drásticamente sus abundancias. En este sentido, pensamos que las temperaturas invernales podrían afectar más la sobrevivencia de la etapa adulta del mosquito y no de las larvas. Garzon *et al.* (2020) encuentran que las larvas de estas especies sobreviven en el invierno en la ciudad de Puerto Iguazú.

El rápido aumento de la actividad de oviposición de *Ae. aegypti* en primavera en la ciudad de Eldorado, a pesar de las bajas precipitaciones (teniendo en cuenta que se analizaron las variables del periodo de muestreo y no de semanas previas), respondería a una combinación de factores ambientales y climáticos como la presencia de hábitats disponibles y las temperaturas más favorables (PAHO 1995).

En la ciudad de Eldorado, el patrón temporal de actividad de las hembras de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* se caracteriza por la no interrupción a lo largo del año, y picos de abundancia, entre primavera y verano. Este patrón estuvo fundamentalmente asociado a los cambios de temperatura. A partir de estos hallazgos podemos concluir que el período de mayor riesgo epidemiológico en la ciudad de Eldorado, en relación a la transmisión de virus por estas dos especies vectores, es mayor que en áreas templadas de Argentina, donde la actividad de las hembras se interrumpe en invierno y vuelve a registrarse nuevamente a inicios de la primavera (octubre). Sin embargo, el período de mayor riesgo epidemiológico (primavera-verano), es más restringido que en comparación otras regiones subtropicales de Argentina, donde se extiende hasta el otoño (Stein *et al.* 2005, Gimenez *et al.* 2020). Este hallazgo es de particular relevancia, ya que podría anticipar el inicio de un brote o epidemia en caso de que personas infectadas con virus transmitidos por estas especies ingresen al área de estudio.

CAPÍTULO VI

Conclusiones generales y consideraciones finales

Eldorado es una ciudad ubicada en la provincia de Misiones, Argentina, se encuentra en estrecha proximidad con Paraguay, en su límite oeste, situada al otro lado del río Paraná. Eldorado se beneficia de su conexión con importantes rutas de transporte, incluyendo la Ruta Nacional N° 12, que la une con otras ciudades clave en Argentina, y la Ruta Provincial N° 17, que conecta de forma transversal a la Provincia de Misiones y representa el vínculo directo más importante de la zona norte entre las dos rutas nacionales de mayor circulación, la N° 12 y la N° 14. Esta posición estratégica conlleva un riesgo significativo en términos de salud pública debido al flujo de personas entre los países y ciudades que posibilitan la introducción de los diferentes virus transmitidos por *Ae. aegypti* a partir del movimiento de personas, como el Dengue, Zika y Chikungunya, aumentando el peligro de brotes epidémicos en la región. Por lo tanto, la implementación de medidas preventivas y de control se vuelve crucial para salvaguardar la salud de la población.

Atendiendo al objetivo general planteado en esta tesis que fue aportar conocimientos sobre la bionomía de *Aedes aegypti* y *Ae. albopictus*, se logró contribuir con el conocimiento sobre su distribución espacial y temporal y la influencia de algunas variables ambientales sobre su presencia y abundancia.

En relación con el estudio de patrones de distribución espacial, esta tesis revela que a nivel ambiente *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* coexisten principalmente en áreas urbanas, con *Ae. aegypti* predominando; mientras que *Ae. albopictus* predomina en el ambiente suburbano, aunque sus abundancias son mayores en el ambiente urbano. Por otro lado, a nivel microhábitat, se puede observar que ambas coexisten en hábitats larvales artificiales del ambiente urbano, sin embargo, en el ambiente suburbano predomina *Ae. albopictus* tanto en hábitats larvales artificiales como naturales. Esta información resulta relevante al momento de implementar estrategias de control de estos mosquitos. Por ejemplo, en áreas urbanas se podría realizar los mayores esfuerzos en las medidas de control focalizadas a viviendas y en especial a los hábitats larvales que estas

especies habitan, ya que ambas se han encontrado en una variedad de hábitats larvales. Por otro lado, en áreas suburbanas donde *Ae. albopictus* se encontró predominando, serían necesarios estudios que permitan identificar los diferentes tipos de hábitats naturales en los que esta especie cría y profundizar los conocimientos sobre los requerimientos de hábitat de la especie que favorecen su presencia.

En cuanto a la asociación de estas especies con las variables propias del ambiente donde estos hábitats larvales se encuentran, *Ae. aegypti* se asoció a características propias de la urbanización, como ser densidad poblacional y corta distancia entre viviendas o a la vivienda más próxima del punto de colecta, como así también presentó una relación negativa a la presencia de animales. Por otro lado, *Ae. albopictus* se asoció únicamente a la distancia a la vivienda más próxima, una característica que asociamos con la urbanización, sin embargo, restan mayores estudios para comprender sus tan bajas abundancias en el ambiente urbano comparada con las abundancias de *Ae. aegypti* y su predominio en el ambiente suburbano, situaciones que le permitirían la coexistencia con *Ae. aegypti* en el área de estudio.

Respecto a la distribución temporal de ambas especies en el sitio de estudio, se pudo observar que las estaciones que presentan abundancias altas y similares entre sí para *Ae. aegypti* son las primaveras, indicando los periodos de mayor riesgo epidemiológico. Debido a que las muestras se tomaron en la primavera tardía, se sugieren mayores estudios para ampliar este conocimiento.

Ae. albopictus, en cambio, se presentó en bajas abundancias en todas las estaciones, siendo sus abundancias similares entre sí. Se desconoce aún cuál es el rol que juega *Ae. albopictus* en las epidemias de dengue y otras arbovirosis en Argentina, lo que es necesario develar, a la par de continuar con los estudios que aporten nuevos datos sobre su bionomía.

En ese sentido los resultados de la presente investigación subrayan la importancia de considerar las diferencias en la ecología de estas dos especies, y cómo diferentes factores climáticos y ambientales influyen sobre sus abundancias y distribución, identificando ambientes y épocas del año de mayor riesgo epidemiológico lo que resulta de interés para los programas integrados de control de estos insectos. Se requiere de más investigación para comprender completamente la dinámica de las poblaciones de mosquitos en diferentes entornos y considerar otros posibles factores ambientales que podrían influir en su distribución y abundancia.

CAPÍTULO VII

Referencias bibliográficas

- Abovaly A, Horsfall WR. 1968. Bionomics of *Psorophora varipes*, a model laboratory mosquito. *Journal of Economic Entomology*, 61(6): 1657-1660.
- Adeleke M A, Mafiana CF, Idowu AB, Sam-Wobo SO, & Idowu OA. 2010. Population dynamics of indoor sampled mosquitoes and their implication in disease transmission in Abeokuta, south-western Nigeria. *Journal Vector Borne Disease*, 47(1), 33-38.
- Albrieu-Llinás A, Gardenal CN. 2011. Introduction of different lineages of *Aedes aegypti* in Argentina. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 27(4): 429-432.
- Alencar J, Gleiser RM, Morone F, Mello CF, Silva JDOSS, Serra-Freire MN, Guimarães AÉ. 2014. A comparative study of the effect of multiple immersions on Aedini (Diptera: Culicidae) mosquito eggs with emphasis on sylvan vectors of yellow fever virus. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 109: 114–117.
- Almirón W, Brewer M. 1995. Distribución estacional de Culicidae (Diptera) en áreas periféricas de Córdoba (Argentina). *Ecología Austral*, 5: 81-86
- Almirón W, Ludueña Almeida F. 1998. *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) en Córdoba, Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 57: 5-7.
- Alonso AC. 2020. *Interacciones competitivas entre poblaciones naturales de Aedes aegypti y Aedes albopictus (Diptera: Culicidae) de Misiones: una perspectiva desde la patogenicidad diferencial de los parásitos naturales*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina, 212 pp.
- Alto BW, Juliano SA. 2001. Efectos de la precipitación y la temperatura en las poblaciones de *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae): implicaciones para la expansión del área de distribución. *Journal of Medical Entomology*, 38: 646–656. Doi: 10.1603/0022-2585-38.5.646.
- Anduze PJ. 1941. Anotaciones sobre los zancudos del estado Carabobo, Venezuela (Diptera: Culicidae). *Revista de Sanidad y Asistencia Social*, 6: 491-508.
- Araujo-Diniz DF, Ribeiro de Albuquerque CM, Oliveira Oliva L, Varjal de Melo-Santos MA, Junqueira Ayres CF. 2017. Diapause and quiescence: dormancy mechanisms that contribute to the geographical expansion of mosquitoes and their evolutionary success. *Parasites & Vectors*, 10: 310. <https://doi.org/10.1186/s13071-017-2235-0>
- Armbruster PA. 2016. Photoperiodic diapause and the establishment of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in North America. *Journal of Medical Entomology*, 53: 1013–1023. <https://doi.org/10.1093/jme/tjw037>.
- Ayllón T, Câmara DCP, Morone FC, Gonçalves LDS, Saito Monteiro de Barros F, Brasil P, Carvalho MS, Honório NA. 2018. Dispersion and oviposition of *Aedes albopictus* in a Brazilian slum: Initial evidence of Asian tiger mosquito domiciliation in urban environments. *PLoS One*, 13(4). <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0195014>
- Bagny Beilhe L, Delatte H, Juliano S, Fontenille D, Quilici S. 2012. Ecological interactions in *Aedes* species on Reunion Island. *Medical and Veterinary Entomology*, 27(4): 387-97. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2915.2012.01062.x>

- Bargielowski I, Lounibos LP. 2014. Rapid evolution of reduced receptivity to interspecific mating in the dengue vector *Aedes aegypti* in response to satyriization by invasive *Aedes albopictus*. *Evolutionary Ecology*, 28:193-203. <http://dx.doi.org/10.1007/s10682-013-9669-4>
- Bargielowski IE, Lounibos LP, Carrasquilla MC. 2013. Evolution of resistance to satyriization through reproductive character displacement in populations of invasive dengue vectors. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110, 2888-2892. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1219599110>
- Bargielowski I, Lounibos LP. 2014. Rapid evolution of reduced receptivity to interspecific mating in the dengue vector *Aedes aegypti* in response to satyriization by invasive *Aedes albopictus*. *Evolutionary Ecology*, 28, 193-203. <http://dx.doi.org/10.1007/s10682-013-9669-4>
- Barr AR. 1958. The Mosquitoes of Minnesota (Diptera: Culicidae). University of Minnesota, Agricultural Experiment Station. *Technical bulletin*, 228: 154 pp.
- Barrera R, Navarro JC, Mora Rodríguez JD, Domínguez D, González García JE. 1995. Public services deficiencies and breeding of *Aedes aegypti* in Venezuela. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, 118(5). <https://iris.paho.org/handle/10665.2/15592>
- Barrera R. 1996. Competition and resistance to starvation in larvae of container-inhabiting *Aedes* mosquitoes. *Ecological Entomology*, 21: 11–127.
- Bates M. 1949. *The Natural History of Mosquitoes*. The Macmillan Co., New York, 379 pp.
- Becker N, Petrić D, Zgomba M, Boase C, Madon MB, Dahl C, Kaiser A. 2020. *Mosquitoes: identification, ecology and control*. Springer Nature, 584 pp.
- Benedict MQ, Levine RS, Hawley WA, Lounibos LP. 2007. Spread of the tiger: Global risk of invasion by the mosquito *Aedes albopictus*. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 7: 76-85. <http://dx.doi.org/10.1089W>.
- Bennett KL, Gómez Martínez C, Almanza A, Rovira JR, McMillan WO, EnriquezV & Loaiza, JR. 2019. High infestation of invasive *Aedes* mosquitoes in used tires along the local transport network of Panama. *Parasites & vectors*, 12, 1-10.
- Bennett KL, McMillan WO, Enríquez V, Barraza E, Díaz M, Baca B, Whiteman A, Cerro Medina J, Ducasa M, Gómez Martínez C, Almanza A, Rovira JR, JR Loaiza. 2021. The role of heterogenous environmental conditions in shaping the spatiotemporal distribution of competing *Aedes* mosquitoes in Panama: implications for the landscape of arboviral disease transmission. *Biological Invasions*, 23: 1933–1948. <https://doi.org/10.1007/s10530-021-02482-y>
- Black WC, Rai KS, Turco BJ, Arroyo DC. 1989. Laboratory Study of Competition Between United States Strains of *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology*, 26(4): 260–271.
- Boletín epidemiológico nro 3, 2023. Min Sal. Salta. http://saladesituacion.salta.gov.ar/web/inicio/boletines/documentos/boletin_032023.pdf
- Boletín meteorológico de la facultad de Ciencias Forestales de la UNM de Eldorado, Misiones. <https://www.facfor.unam.edu.ar/>. (Accedido 25 febrero 2024). Bowler K, Terblanche J. 2008. Insect thermal tolerance: What is the role of ontogeny, ageing and senescence?. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 83: 339-55. <http://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2008.00046.x>
- Braks MA, Honorio NA, Lounibos LP, Lourenco de Oliveira R, Juliano A. 2004. Interspecific Competition between Two Invasive Species of Container Mosquitoes, *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae), in Brazil. *Annals of the Entomological Society of America*, 97(1): 130-139.

- Braks MA, Honório NA, Lourenço-de-Oliveira R, Juliano SA, Lounibos LP. 2003. Convergent habitat segregation of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in southeastern Brazil and Florida. *Journal of Medical Entomology*, 40: 785-94.
- Brook BW, Akçakaya HR, Keith DA, Mace GM, Pearson RG, Araújo MB. 2009. Integrating bioclimate with population models to improve forecasts of species extinctions under climate change. *Biology Letters*, 5(6), 723-725. doi:10.1098/rsbl.2009.0480.
- Cabrera AL, Willink A. 1980. Biogeografía de América Latina. Serie de Biología, Monografía 13, Ed. 2da, Organization of American States, Washington (DC), 122 pp. ISBN: 0827012330
- Caglioti C, Lalle E, Castilletti C, Carletti F, Capobianchi MR, Bordi L. 2013. Chikungunya virus infection: an overview. *New Microbiologica*, 36(3): 211–227. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23912863/>
- Calado DC, Navarro-Silva MA. 2008. Influência da temperatura sobre a longevidade, fecundidade e atividade hematofágica de *Aedes (Stegomyia) albopictus* Skuse, 1894 (Diptera, Culicidae) sob condições de laboratório. *Revista Brasileira de Entomologia*, 46(1): 93–98. <https://doi.org/10.1590/s008556262002000100011>
- Câmara DCP, Codeço CT, Juliano SA, Lounibos LP, Riback TIS, Pereira GR, Honório NA. 2016. Seasonal Differences in Density But Similar Competitive Impact of *Aedes albopictus* (Skuse) on *Aedes aegypti* (L.) in Rio de Janeiro, Brazil. *PLoS One*, 11: e0157120. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0157120>
- Campos RE, Macia A. 1996. Observaciones biológicas de una población natural de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) en la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 55 (1-4): 67–72.
- Campos RE, Laurito M, Muttis E. 2024. Culicidae (Diptera) species from Argentina and Uruguay. <https://biodar.unlp.edu.ar/culicidae/> (Accedido 10 enero 2024).
- Campos RE, Maciá A, García JJ. 1993. Fluctuaciones estacionales de culícidos (Díptera) y sus enemigos naturales en zonas urbanas de los alrededores de La Plata, provincia de Buenos Aires. *Neotrópica*, 39: 55-66
- Carles-Tolrá M. 1997. Los dípteros y el hombre. Boletín de la Sociedad Española Aragonesa, 20: 405-425
- Carcavallo RU, Martínez A. 1968. Entomoepidemiología de la República Argentina. Fiebre Amarilla, vectores y cadena epidemiológica. *Com. Cient. ita. Invest. Cient. Fuerzas Arm. Argent.* 13: 105 - 144.
- Carvalho RG, Lourenço-De-Oliveira R, Braga IA. 2014. Updating the geographical distribution and frequency of *Aedes albopictus* in Brazil with remarks regarding its range in the Americas. *Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz*, 109(6): 787–796. <https://doi.org/10.1590/0074-0276140304>.
- CDC. Centers for Disease Control And Prevention. 1986. *Aedes albopictus* introduction in Texas. *MMWR*, 35:141-142.
- CDC. Division of vector-borne diseases. 2023. Ciclo de vida del mosquito: *Aedes aegypti* and *Ae. Albopictus*. <https://www.cdc.gov/mosquitoes/es/about/life-cycles/aedes.html>.
- CDC. Division of vector-borne diseases. 2024. ¿Qué es un mosquito? <https://www.cdc.gov/mosquitoes/es/about/what-is-a-mosquito.html>
- CDC. Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades. (sf). Ciclo de vida de Aedes. Recuperado de <https://www.cdc.gov/mosquitoes/es/about/life-cycles/aedes.html>. (Fecha de acceso: 15 de noviembre de 2023).

- Chang LH, Hsu EL, Teng HJ, Ho CM. 2007. Differential survival of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) larvae exposed to low temperatures in Taiwan. *Journal of Medical Entomology*, 44, 205-210
- Chaves LF, & Friberg MD. 2021. *Aedes albopictus* and *Aedes flavopictus* (Diptera: Culicidae) pre-imaginal abundance patterns are associated with different environmental factors along an altitudinal gradient. *Current Research in Insect Science*, 1, 100001.
- Chebez JC. 2005. Guía de las Reservas Naturales de la Argentina. Albatros. Buenos Aires, 288 pp.
- Christophers R. 1960. *Aedes aegypti: The yellow fever mosquito*. Cambridge University Press, London, 739 pp.
- Cianci D, Hartemink N, Zeimes CB, Vanwambeke SO, Ienco A, Caputo B. 2015. High Resolution Spatial Analysis of Habitat Preference of *Aedes Albopictus* (Diptera: Culicidae) in an Urban Environment. *Journal of Medical Entomology*, 52(3): 329-335. <https://doi.org/10.1093/jme/tjv026>
- Clements AN. 1992. *The biology of mosquitoes*. Vol. 1. Development, nutrition and reproduction. Chapman & Hall, London, 509 pp.
- Collins EL, Blackwell A. 2000. The biology of Toxorhynchites mosquitoes and their potential as biocontrol agents. *Biocontrol News Inform*, 21: 105–116.
- Consoli RAGB, Lourenço De Oliveira R. 1994. *Principias mosquitos de importância sanitária no Brasil*. Editora Fiocruz, Rio de Janeiro, 228 pp.
- Costa EA, Santos EM, Correia JC, Albuquerque CM. 2010. Impact of small variations in temperature and humidity on the reproductive activity and survival of *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae). *Revista Brasileira De Entomologia*, 54, 488-493
- Costanzo KS, Dahan RA, Radwan D. 2016. Effects of photoperiod on population performance and sexually dimorphic responses in two major arbovirus mosquito vectors, *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *International Journal of Tropical Insect Science*, 36(4): 177-187.
- Crans WJ. 2004. A classification system for mosquito life cycles: life cycle types for mosquitoes of northeastern United States. *Journal of Vector Ecology*, 29(1): 1-10.
- Cunze S, Kochmann J, Koch LK, Klimpel S. 2018. Niche conservatism of *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti* two mosquito species with different invasion histories. *Scientific reports*, 8(1): 7733
- da Silva VC, Scherer PO, Falcão SS, Alencar J, Cunha SP, Rodrigues IM, Pinheiro NL. 2006. Diversity of oviposition containers and buildings where *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti* can be found. *Revista de Saúde Pública*, 40: 1106-1111.
- Dalpadado R, Amarasinghe D, Gunathilaka N, Ariyaratna N. 2022. Bionomic aspects of dengue vectors *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* at domestic settings in urban, suburban and rural areas in Gampaha District, Western Province of Sri Lanka. *Parasites & Vectors*, 15(1): 1-14.
- Darsie RF Jr. 1985. Mosquitoes of Argentina. Keys for identification of adult females and fourth stage larvae in English and Spanish (Diptera, Culicidae). Part I. *Mosquito Systematics*, 17(3): 153–253.
- Daugherty MP, Alto BW, Juliano SA. 2000. Invertebrate Carcasses as a Resource for Competing *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology*, 37(3): 364–372. <https://doi.org/10.1093/jmedent/37.3.364>

- Del Ponte E, Castro M. 1952. Las especies argentinas de *Psorophora* (*Psorophora*) (Diptera: Culicidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 15: 211-230.
- Delatte H, Desvars A, Bouétard A, Bord S, Gimonneau G, Vourc'h G, Fontenille D. 2010. Comportamiento de alimentación de sangre del *Aedes albopictus*, vector del Chikungunya en La Reunión. *Enfermedades zoonóticas transmitidas por vectores*. 10, 249-258. doi:10.1089/vbz.2009.0026
- Denlinger DL, Armbruster PA. 2014. Mosquito diapause. *Annual review of entomology*, 59: 73-93.
- Dickens BL, Sun H, Jit M, Cook AR, Carrasco LR. 2018. Determining environmental and anthropogenic factors which explain the global distribution of *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus*. *BMJ Glob Health*. Sep 3;3(4):e000801. doi: 10.1136/bmjgh-2018-000801. PMID: 30233829; PMCID: PMC6135425.
- Dieng H, Mwandawiro C, Boots M, Morales R, Satho T, Tuno N, Tsuda Y, Takagi M. 2002. Leaf litter decay process and the growth performance of *Aedes albopictus* larvae (Diptera: Culicidae). *Journal Vector Ecology*, Jun;27(1):31-8.
- Ding F, Fu J, Jiang D, Hao M, Lin G. 2018. Mapping the spatial distribution of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. *Acta Tropica*, 178, 155-162. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2017.11.020>
- Dos Santos *et al.* 2002).
- EcoRegistros. 2018. Aves del Salto koppers, Eldorado, Misiones, Argentina. www.ecoregistros.org (Accedido 23 de febrero de 2024).
- Edgerly JS, Willey MS, Livdahl TP. 1993. The community ecology of *Aedes* egg hatching: implications for a mosquito invasion. *Ecological Entomology*, 18: 123–128.
- Estallo EL, Ludueña-Almeida FF, Introini MV, Zaidenberg M, Almirón WR. 2015 Weather Variability Associated with *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Dengue Vector) Oviposition Dynamics in Northwestern Argentina. *PLoS ONE*, 10(5): e0127820. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127820>
- Estallo EL, Ludueña-Almeida FF, Visintin AM, Scavuzzo CM, Introini MV, Zaidenberg M, Almirón WR. 2011. Prevention of Dengue Outbreaks Through *Aedes aegypti* Oviposition Activity Forecasting Method. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 11(5): 543-549.
- Estrada-Franco JG, Craig GB. Biology, disease relationships, and control of *Aedes albopictus*. In *Biology, disease relationships, and control of Aedes albopictus* (pp. 49-49).
- Faraone J, Fischer S, Aponte CA, Etchepare E, Stechina OS, Stein M. 2021. Hatching pattern and coexistence of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Culicidae) in a subtropical city, Argentina, after three decades of coexistence. *Acta Tropica*, 218: 105885.
- Farnesi LC, Martins AJ, Valle D, Rezende GL. 2009. Embryonic development of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae): influence of different constant temperatures. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 104, 124-126.
- Filha LGF, De Paula AM. 2019. Evolução da dengue no mundo. *Revista Gestão & Tecnologia*, 1(28): 33-50.
- Fischer S, Schweigmann N. 2004. *Culex* mosquitoes in temporary urban rain pools: seasons dynamics and relation to environmental variables. *Journal of Vector Ecology* 29(2):365-373

- Fischer S, De Majo MS, Quiroga L, Paez M, Schweigmann N. 2016. Long-term spatio-temporal dynamics of the mosquito *Aedes aegypti* in temperate Argentina. *Bulletin of Entomological Research*, 107 (2): 225-233 doi: <http://dx.doi.org/10.1017/S0007485316000869>
- Fischer S, Alem IS, De Majo MS, Campos RE, Schweigmann N. 2011. Cold season mortality and hatching behavior of *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae) eggs in Buenos Aires City, Argentina. *Journal of Vector Ecology*, 36(1): 94-99. <https://doi.org/10.1111/j.1948-7134.2011.00145.x>
- Fischer S, De Majo MS, Di Battista CM, Montini P, Loetti V, Campos RE. 2019. Adaptation to temperate climates: Evidence of photoperiod-induced embryonic dormancy in *Aedes aegypti* in South America. *Journal of Insect Physiology*, 117: 103887
- Fontenille D & Toto JC. 2001. *Aedes* (Stegomyia) *albopictus* (Skuse), a potential new Dengue vector in southern Cameroon. *Emerging infectious diseases*, 7(6), 1066.
- Forattini OP. 1962. *Entomología médica*. Vol. I. Parte general, Diptera, Anophelini. Faculdade de Higiene e Saúde Pública. Departamento de Parasitología, Sao Paulo, 622 pp.
- Forattini OP, Kakitani I, Massad E, Marucci D. 1996. Studies on mosquitoes (Diptera: Culicidae) and anthropic environment. 11 – Biting activity and blood – seeking parity of *Anopheles* (Kerteszia) in South-Eastern Brazil. *Revista de Saúde Pública*, 30(2): 10714
- Forattini OP, Marques GRAM, Brito MD, Sallum MAM. 1998. An unusual ground larval habitat of *Aedes albopictus*. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 40: 121-122.
- Forattini OP. 2002. *Culicidologia Médica*. Vol. 2. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 859 pp.
- Foster W, Walker E. 2019. Mosquitoes (Culicidae). En: Mullen GR, Durden LA eds, *Medical and Veterinary Entomology*, 3ª Edición, Elsevier, 261–325 pp. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-814043-7.00015-7>
- Gentile JM. 1949. Duración de los estados larval y ninfal del *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Revista de la Universidad Nacional de Córdoba*, 35(1): 1-9.
- Gillett JD. 1955. Variation in the hatching response of *Aedes* eggs (Diptera: Culicidae). *Bulletin of Entomology*. Res. 46, 241–254. <https://doi.org/10.1017/S0007485300030881>.
- Gillett FD, Roman EA, Phillips V. 1977. Erratic hatching in *Aedes* eggs: a new interpretation. *Proceedings of the Royal Society of London - Biological Sciences*, 196(1123): 223–232. <https://doi.org/10.1098/rspb.1977.0038>
- Giménez JO, Fischer S, Zalazar L, Stein M. 2015. Cold season mortality under natural conditions and subsequent hatching response of *Aedes* (Stegomyia) *aegypti* (Diptera: Culicidae) eggs in a subtropical city of Argentina. *Journal of medical entomology*, 52(5): 879-885.
- Gimenez JO, Alvarez CN, Almiron WR, Stein M. 2020. Meteorological variables associated with the temporal oviposition rate of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Resistencia city, Chaco province, Northeastern Argentina; Elsevier Science; *Acta Tropica*; 212 (6): 105678
- Goenaga S, Chuchuy A, Micieli MV, Natalini MB, Kuruc J, et al. 2020. Expansion of the distribution of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae): New records in Northern Argentina and their implications from an epidemiological perspective; Entomological Society of America; *Journal of Medical Entomology*, 57(4): 1310-1313. <http://doi.org/10.1093/jme/tjaa009>
- Gratz NG. 2004. Critical review of the vector status of *Aedes albopictus*. *Medical and Veterinary Entomology*, 18(3), 215-227.

- Grech M, Ludueña Almeida FF, Almirón WR. 2010. Bionomics of *Aedes aegypti* subpopulations (Diptera: Culicidae) from Argentina. *Journal of Vector Ecology*, 35 (2): 277-285.
- Grech MG, Ludueña Almeida FF. 2016. Mosquitos que crían en microambientes acuáticos artificiales. En: Berón C, Campos RE, Gleiser RM, Diaz Nieto LM, Salomon OD, Schweigmann N, eds, *Investigaciones sobre mosquitos de Argentina*. Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, 142-155 pp.
- Gubler DJ, Clark GG. 1995. Dengue/dengue hemorrhagic fever: the emergence of a global health problem. *Emerging Infectious Diseases*, 1(2): 55-57. <https://doi.org/10.3201/eid0102.952004>
- Guidotti AM, Sanseverino CB, Arguello MD, Di Persia DH. 1997. Aspectos bioecológicos que inciden sobre las poblaciones de dípteros. *Cuadernos de Ecología urbana*, 1(2): 33-95.
- Guimaraes A, Gentile C, Lopes C, Sant'anna A, Jovita A. 2000. Ecology of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in areas of Serra da Bocaina National Park, Brazil. I - Habitat distribution. *Revista de Saúde Pública*, 34: 243-250
- Gould DJ, Mount GA, Scanlon JE, Ford HR, Sullivan MF. 1970. Ecology and control of dengue vectors on an island in the Gulf of Thailand. *Journal of Medical Entomology*; 7: 499-508.
- Hack WH, Torales GJ, Bar ME, Oscherov EB. 1978. Observaciones etológicas sobre culícidos de Corrientes. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 37:137-151.
- Harbach RE. 2013. Inventario taxonómico de mosquitos, <http://mosquito-taxonomic-inventory.info/> (Accedido 15 enero 2024).
- Hawley WA. 1988. The biology of *Aedes albopictus*. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 14(1): 1-39.
- Hawley, WA, Reiter P, Pumpuni PC, Coperland R & Craig GB Jr. 1987. *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in North America: Probable introduction in tires from Northern Asia for North Asian origin. *Science*, 236-1114-1116.
- Hawley WA, Pumpuni CB, Brady RH, Craig GB Jr. 1989. Overwintering survival of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) eggs in Indiana. *Journal of Medical Entomology*, 26(2): 122-9. <http://doi.org/10.1093/jmedent/26.2.122>
- Heinisch MRS, Diaz-Quijano FA, Chiaravalloti-Neto F, Menezes Pancetti FG, Rocha Coelho R, dos Santos Andrade P, Urbinatti PR, de Almeida RMMS, Lima-Camara TN. 2019. Seasonal and spatial distribution of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in a municipal urban park in São Paulo, SP, Brazil. *Acta Tropica*, 189: 104-113.
- Higa Y. 2011. Dengue Vectors and their Spatial Distribution. *Tropical Medicine and Health*, 39(4): 17-27. <http://doi.org/10.2149/tmh.2011-S04>
- Honório NA, Cabello PH, Codeço CT, Lourenço-de-Oliveira R. 2006. Preliminary data on the performance of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* immatures developing in water-filled tires in Rio de Janeiro. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. 101(2): 225-8. <http://doi.org/10.1590/s0074-02762006000200017>
- Honório NA, Gonçalves Castro M, Monteiro de Barros FS, Mafra Magalhães M de AF, Chagastelles Sabroza P. 2009. The spatial distribution of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in a transition zone, Rio de Janeiro, Brazil. *Cadernos de Saúde Pública*, 25(6): 1203-1214.
- Hopperstad KA, Reiskind MH. 2016. Recent Changes in the Local Distribution of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in South Florida, USA. *Journal of Medical Entomology*, 53(4):836-842. <http://doi.org/10.1093/jme/tjw050>

- INDEC. Instituto Nacional de Estadística y Censo. 2010. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas. www.indec.gob.ar (accedido 23 de febrero de 2024).
- InfoStat 2020. InfoStat, versión 2008. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas Argentina.
- Juliano SA. 1998. Species Introduction and Replacement among Mosquitoes: Interspecific Resource Competition or Apparent Competition? *Ecology*, 79(1): 255–268. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(1998\)079\[0255:SIARAM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(1998)079[0255:SIARAM]2.0.CO;2)
- Juliano SA, Lounibos LP, O'Meara GF. 2004. A field test for competitive effects of *Aedes albopictus* on *A. aegypti* in South Florida: differences between sites of coexistence and exclusion?. *Oecologia*, 139: 583–593. <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1532-4>
- Juliano SA, Sylvestre GR, Maciel-de-Freitas R, Castro MG, Codeço C, Lourenço de Oliveira R, et al. 2014. She's a femme fatale: Low-density larval development produces good disease vectors. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 109: 96–103.
- Kache PA, Eastwood G, Collins-Palmer K, Katz M, Falco RC, Bajwa WI, Armstrong PM, Andreadis TG, Diuk-Wasser MA. 2020. Determinantes ambientales de la abundancia de *Aedes albopictus* en el límite norte de su área de distribución en los Estados Unidos. *Revista Estadounidense de Medicina e Higiene Tropical*, 102(2): 436.
- Kamgang B, Yougang AP, Tchoupo M, Riveron JM, & Wondji C. 2017. Temporal distribution and insecticide resistance profile of two major arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in Yaoundé, the capital city of Cameroon. *Parasites & vectors*, 10(1), 1-9.
- Kaplan L, Kendell D, Robertson D, Livdahl T, Katchikian C. 2010. *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in Bermuda: extinction, invasion and extinction. *Biological Invasions*, 12:3277–3288.
- King WV, Bradley GH, Mcneel TE. 1939. The mosquitoes of the southeastern states. United States Department of Agriculture. *Miscellaneous*, 336: 91.
- Kostal V. 2006. Eco-physiological phases of insect diapause. *Journal of Insect Physiology*, 52: 113-127.
- Kraemer, MUG, Sinka ME, Duda KA, Mylne A, Shearer FM, Brady OJ, Messina JP, Barker CM, Moore CG, Carvalho RG. 2015. The global compendium of *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus* occurrence. *Science Data*. 2, 1–8.
- Lambrechts L, Scott TW, Gubler DJ. 2010. Consequences of the expanding global distribution of *Aedes albopictus* for dengue virus transmission. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 4(5): e646. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pntd.0000646>
- Leishnam PT, Juliano SA. 2009. Spatial and temporal patterns of coexistence between competing *Aedes* mosquitoes in urban Florida. *Oecologia*, 160, 343–352.
- Li Y, Kamara F, Zhou G, Puthiyakunnon S, Li C, Liu Y, Zhou Y, Yao L, Yan G, Chen XG. 2014. Urbanization increases *Aedes albopictus* larval habitats and accelerates mosquito development and survivorship. *PLoS Neglected Tropical Disease*, 8(11): e3301. <http://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003301>
- Lima-Camara TN, Urbinatti PR, Chiaravalloti-Neto F. 2016. Finding *Aedes aegypti* in a natural breeding site in an urban zone, Sao Paulo, Southeastern Brazil. *Revista de saúde pública*, 50.
- Lizuaín AA, Leporace M, Santini MS, Schweigmann N. 2016. Presencia y abundancia relativa de *Aedes albopictus* y *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) según dimensiones de recipiente

de cría en dos municipios de la provincia de Misiones, Argentina Arturo. En: Berón C, Instituto LDN eds, X Jornadas Regionales sobre Mosquitos, Mar del Plata, 53 pp.

Lizuain, AA, Leporace M, Santini M, Utgés M, Schweigmann N. 2019. Update on the distribution of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in Misiones, Argentina. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 61(e:46): 1–6. <https://doi.org/10.1177/016555157900100507>

Lizuain AA, Maffey L, Garzón M, Leporace M, Soto D, Diaz P, Salomón OD, Santini MS, Schweigmann N. 2022. Larval Competition Between *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Argentina: Coexistence and Implications in the Distribution of the Asian Tiger Mosquito. *Journal of Medical Entomology*, 59(5): 1636–1645. <https://doi.org/10.1093/jme/tjac102>

Lopes J, Castilho Martins EA, De Oliveira O, De Oliveira V, De Oliveira Neto BP, De Oliveira JE. 2004. Dispersión of *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) and *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) in the Rural Zone of North Paraná State. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47(5): 739–746.

Lounibos LP. 2002. Invasions by Insect Vectors of Human Disease. *Annual Review of Entomology*, 47(18): 233–266.

Lounibos LP, O'Meara GF, Juliano SA, Nishimura N, Escher RL, Reiskind MH, Cutwa M, Greene K. 2010. Differential survivor-ship of invasive mosquito species in South Florida cemeteries: do sitespecific microclimates explain patterns of coexistence and exclusion? *Annals of the Entomological Society of America*, 103: 757–770.

Lounibos LP, Bargielowski I, Carrasquilla MC, Nishimura N. 2016. Coexistence of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in Peninsular Florida Two Decades After Competitive Displacements. *Journal of Medical Entomology*, 53(6): 1385–1390. <https://doi.org/10.1093/jme/tjw122>

Lourenco-de-Oliveira R, Castro MG, Braks MA, Lounibos LP. 2004. The invasion of urban forest by dengue vectors in Rio de Janeiro. *Journal of Vector Ecology*, 29: 94–100.

Lourenço-de-Oliveira R, Rua AV, Vezzani D, Willat G, Vazeille M, Mousson L, Failloux AB. 2013. *Aedes aegypti* from temperate regions of South America are highly competent to transmit dengue virus. *BMC Infectious Diseases*, 13(1): 610. <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2334-13-610>

Lugones Botell, M., & Ramírez Bermúdez, M. (2012). Dengue. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 28(1), 123-126. Recuperado en 31 de julio de 2023, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252012000100015&lng=es&tIng=es.

Maciel de Freitas R, Neto RB, Monteiro Gonçalves J, Torres Codeço C, Lourenço de Oliveira R. 2006. Movement of Dengue Vectors Between the Human Modified Environment and an Urban Forest in Rio de Janeiro. *Journal of Medical Entomology*, 43(6): 1112–1120, <https://doi.org/10.1093/jmedent/43.6.1112>

Magnarelli LA. 1979. Feeding behavior of mosquitoes (Diptera: Culicidae) on man, raccoons, and white-footed mice. *Annals of the Entomological Society of America*. 72: 162-166.

Manso Hernández N, Casertano SA, Garibaldi JF, Barrios Caro L, Herrera JR, Correa Plasencia F. 2010. Plan de manejo del Parque Provincial Puerto Península. Planificación de las Áreas Protegidas del Núcleo Norte de la provincia de Misiones. *Araucaria XXI*, Misiones, 184 pp.

Marques CC, Marques GR, DeGallier N. 1998. *Is Aedes albopictus only a pest mosquito or also a vector of arboviruses in Brazil*. En: Travassos da Rosa AP, Vasconcelos PF, Travassos da

- Rosa JF, editores. An overview of arbovirology in Brazil and neighboring countries. Belém: Instituto Evandro Chagas, 248-60 pp.
- Marques GRM, La Corte Dos Santos R, Forattini OP. 2001. *Aedes albopictus* in bromelias of anthropic environment in São Paulo State, Brazil. *Revista de Saúde Pública*, 35(3): 243–248.
- Marques GRAM, Forattini OP. 2005. *Aedes albopictus* em bromélias de solo em Ilhabela, litoral do Estado de São Paulo. *Revista De Saúde Pública*, 39(4): 548–52. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102005000400005>
- Martín ME, Alonso AC, Faraone J, Stein M, Estallo EL. (2023). Satellite observation to assess dengue risk due to *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in a subtropical city of Argentina. *Medical and Veterinary Entomology*, 37(1), 27-36.
- Martinez A, Prosen AF, Carcavallo RV. 1959. Algunos culícidos interesantes de la República Argentina (Diptera: Culicidae). *Anales del Instituto de Medicina Regional*. Universidad Nacional del Nordeste, 5(1): 109-120.
- Mchugh CP, Olson JK. 1982. The effect of temperature on the development, growth and survival of *Psorophora columbiae*. *Mosquito News*, 42 (4): 608-613.
- Medeiros-Sousa AR, Ceretti W, Urbinatti PR, de Carvalho GC, de Paula MB, Fernandes A, Matos MO, Orico LD, Araujo AB, Nardi MS, Marrelli MT. 2013. Mosquito fauna in municipal parks of São Paulo city, Brazil: a preliminary survey. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 29: 275-279. <http://org.doi/10.2987/12-6304R.1>
- Mensch J, Di Battista C, De Majo MS, Campos RE y Fischer S. (2021). Aumento del tamaño y reservas de energía en huevos en diapausa de poblaciones templadas de *Aedes aegypti*. *Revista de fisiología de insectos* , 131 , 104232.
- Merle H, Donnio A, Jean-Charles A, Guyomarch J, Hage R, Najjioullah F, Césaire R, Cabié A. 2018. Ocular manifestations of emerging arboviruses: Dengue fever, Chikungunya, Zika virus, West Nile virus, and yellow fever. *Journal francais d'ophtalmologie*, 41(6): e235–e243. <https://doi.org/10.1016/j.jfo.2018.05.002>
- Mieli MV, Campos RE. 2003. Oviposition activity and seasonal pattern of a population of *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) in subtropical Argentina. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 98(5):659-63. doi: 10.1590/s0074-02762003000500013
- Ministerio de Salud de la Nación. 2023. Boletín epidemiológico nacional N 678 SE 45. <https://bancos.salud.gob.ar/recurso/boletin-epidemiologico-nacional-n-678-se-45-2023>
- Ministerio de Salud Pública de Salta. 2023. Boletín epidemiológico N 52. http://saladesituacion.salta.gov.ar/web/inicio/boletines/documentos/boletin_522023.pdf
- Mitchell CJ. 1995. The role of *Aedes albopictus* as an arbovirus vector. *Parasitología*, 37(2-3): 109-13. PMID: 8778651.
- Mitchell JC, Monath TP, Sabattini MS, Daffner J, Cropp CB, Calisher CH, Darsie RF, Jakob WL. 1987. Arbovirus isolations from mosquitoes collected during and after the 1982-1983 epizootic of western equine encephalitis in Argentina. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 36(1): 107-113.
- Mogi M, Mokry J. 1980. Distribution of *Wyeomyia smithii* (Diptera, Culicidae) eggs in pitcher plants in Newfoundland, Canada. *Tropical Med.*, 22:1-12.
- Mogi M, Khamboonruang C, Choochote W, Suwanpanit P. 1988. Ovitrap surveys of dengue vector mosquitoes in Chiang Mai, northern Thailand: seasonal shifts in relative abundance

of *Aedes albopictus* and *Ae. aegypti*. *Medical and Veterinary Entomology*, 2: 319–324. doi: 10.1111/j.1365-2915.1988.tb00203.x.

- Mogi M. 2011. Variation in cold hardiness of nondiapausing eggs of nine *Aedes* (*Stegomyia*) species (Diptera: Culicidae) from Eastern Asia and Pacific Islands ranging from the tropics to the cool-temperate zone. *Journal of Medical Entomology*, 48: 212-222.
- Monath TP. 1994. Dengue: the risk to developed and developing countries. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 91(791): 2395-2400. <https://www.pnas.org/doi/epdf/10.1073/pnas.91.7.2395>
- Moura L, Nadai BL, Corbi JJ. 2020. What does not kill it does not always make it stronger: high temperatures in pyriproxyfen treatments produce *Aedes aegypti* adults with reduced longevity and smaller females. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 23: 529-535. Doi:10.1016/j.aspen.2020.04.001
- Municipalidad de Eldorado. 2023. La ciudad. www.eldorado.gob.ar (accedido 23 de febrero de 2024).
- Muttis E, Balsalobre A, Chuchuy A, Mangudo C, Ciota A, *et al.* 2018. Factors Related to *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) Populations and Temperature Determine Differences on Life-History Traits With Regional Implications in Disease Transmission; NLM (Medline); *Journal of Medical Entomology*, 55(5): 1105-1112
- Muzari MO, Davis J, Bellwood R, Gunn E, Sabatino U, Gair R, Toms C, Petrie S. 2019. Dominance of the tiger: the displacement of *Aedes aegypti* by *Aedes albopictus* in parts of the Torres Strait, Australia. *Communicable Diseases Intelligence*, 43: 1–10
- Myers RL, Ewel JJ. 1990. *Ecosystems of Florida*. University of Central Florida Press, Orlando, Florida. 765 p.
- Niebylski ML, Savage HM, Nasci RS, Craig GB Jr. 1994. Blood hosts of *Aedes albopictus* in the United States. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 10(3): 447-450.
- O'Meara GF, Evans LF Jr., Gettman AD, Cuda JP. 1995. Spread of *Aedes albopictus* and decline of *A. aegypti* (Diptera: Culicidae) in Florida. *Journal of Medical Entomology*, 32: 554-62.
- Organización Mundial para la Salud. 2009. Dengue: Guías para el diagnóstico, tratamiento, prevención y control: nueva edición. Organización Mundial de la Salud. <https://iris.who.int/handle/10665/44504>. (Accedido 10 enero 2024).
- Organización Mundial para la Salud. 2016. Report of the WHO ad-hoc advisory group on aircraft disinfection for controlling the international spread of vector-borne diseases, Geneva, Switzerland, 21-22 April 2016. <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-HSE-GCR-2016.12> (Accedido 10 enero 2024).
- Organización Panamericana para la Salud. 1995. Boletín Epidemiológico, v. 16, n. 3, Sep. 1995. <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/56899> (Accedido 5 de enero 2024)
- Oyarzabal M, Clavijo J, Oakley L, Biganzoli F, Tognetti P, Barberis I, Maturo HM, Aragon R, Campanello PI, Prado D, Oesterheld M, Leon RJ. 2018. Unidades de vegetación de la Argentina. *Ecología Austral*, 28: 40-63.
- PAHO 2023a Actualización Epidemiológica Dengue en la Región de las Américas 28 de marzo de 2023. <https://www.paho.org/es/documentos/actualizacion-epidemiologica-dengue-region-americas-28-marzo-2023> (Accedido 10 enero 2024).
- PAHO 2023b Situación epidemiológica del dengue, el Chikungunya y el Zika en las Américas, 2023. 31 Agosto 2023. <https://www.paho.org/es/documentos/situacion-epidemiologica-dengue-chikunguna-zika-americas-2023> (Accedido 10 enero 2024).

- PAHO. 1967. Estado de la erradicación del *Aedes aegypti* en las Américas. Informe CD17.R18. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/2516> (Accedido 10 enero 2024).
- Passos RA, Marques GRAM, Voltolini JC, Condino MLF. 2003. Dominance of *Aedes aegypti* over *Aedes albopictus* in the southeastern coast of Brazil. *Revista de Saude Publica*, 37(6): 729-734.
- Paton RS, Bonsall MB. 2019. The ecological and epidemiological consequences of reproductive interference between the vectors *Aedes aegypti* and *Aedes Albopictus*. *Journal of the Royal Society Interface*, 16: 20190270. <http://dx.doi.org/10.1098/rsif.2019.0270>
- Paupy C, Delatte H, Bagny L, Corbel V, Fontenille D. 2009. *Aedes albopictus*, an arbovirus vector: From the darkness to the light. *Microbes and Infection*, 11: 1177-1185.
- Paupy C, Ollomo B, Kamgang B, Moutailler S, Rousset D, Demanou M, Simard F. 2010. Comparative role of *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti* in the emergence of Dengue and Chikungunya in Central Africa. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 10(3), 259-266.
- Peña CJ, González G, Chadee DD. 2003. Seasonal prevalence and container preferences of *Aedes albopictus* in Santo Domingo City, Dominican Republic. *Journal of Vector Ecology*, 28(2): 208-212.
- Ponce G, Flores AE, Badii MH, Fernández I. 2004. Bionomía de *Aedes albopictus* (Skuse). *Revista Salud Publica y Nutrición*, 5(12), 17
- Prophiro JS, Silva OS, Luna JED, Piccoli CF, Kanis LA, Silva MAND. 2011. *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae): coexistence and susceptibility to temephos, in municipalities with occurrence of dengue and differentiated characteristics of urbanization. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 44: 300-305.
- R Core Team. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.r-project.org/>
- Reed W, Carroll JAS, Agramonte A. 1901. THE ETIOLOGY OF YELLOW FEVER: AN ADDITIONAL NOTE. *Journal of the American Medical Association*, 36(7), 431-440.
- Reinhold JM, Lazzari CR, Lahondère C. 2018. Effects of the environmental temperature on *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* mosquitoes: A Review. *Insect*, 9(4):158. doi: 10.3390/insects9040158. PMID: 30404142; PMCID: PMC6316560
- Reisen WK, 2010. Landscape epidemiology of vector-borne diseases. *Annual Reviews of Entomology*, 55: 461-83.
- Reiskind MH, Lounibos LP. 2013. Spatial and temporal patterns of abundance of *Aedes aegypti* L. (*Stegomyia aegypti*) and *Aedes albopictus* (Skuse) [*Stegomyia albopictus* (Skuse)] in southern Florida. *Medical and Veterinary Entomology*, 27: 421-429. <https://doi.org/10.1111/mve.12000>
- Rey JR, Nishimura N, Wagner B, Braks MAH, O'Connell SM, Lounibos LP. 2006. Segregación de hábitat de mosquitos vectores de arbovirus en el sur de Florida. *Journal of Medical Entomology*, 43: 1134-1141. <http://doi.org/10.1093/jmedent/43.6.1134>
- Rey JR, O'Connell SC. 2014. Oviposition by *A. aegypti* and *A. albopictus*: Influence of congeners and of oviposition site characteristics. *Journal of Vector Ecology*, 39: 1-7. <http://doi.org/10.1111/j.1948-7134.2014.12086.x>.
- Rey JR, Lounibos P. 2015. Ecología de *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* en América y transmisión de enfermedades. *Biomédica*, 35(2): 177-85. Disponible en: <https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/2514>

- Rezza G. 2012. *Aedes albopictus* and the reemergence of Dengue. *BMC Public Health* 12: 72. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-72>
- Richards SL, Ponnusamy L, Unnasch TR, Hassan HK, Apperson CS. 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. *Journal of Medical Entomology*, 43(3): 543–551.
- Ríos R, Keller H, Portillo J, Zacaría R. 1999. Caracterización fitosociológica de un área del Parque Natural Municipal Saltos Küpper, Eldorado, Misiones, Argentina. *Yvyrareta*, 9: 1020.
- Roiz D, Rosa R, Arnoldi D, Rizzoli A. 2010. Effects of temperature and rainfall on the activity and dynamics of host-seeking *Aedes albopictus* females in northern Italy. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 10: 811–816
- Rondán-Dueñas JC, Panzetta-Dutari G, Gardenal CN. 2009. Two different routes of colonization of *Aedes aegypti* in Argentina from neighboring countries. *Journal of Medical Entomology*, 46: 1344-1354
- Ronderos RA, Schnack JA, Spinelli GR. 1991. Species composition and ecology of Culicidae from areas influenced by the Salto Grande Damlake. *Revista Brasileira de Entomologia*, 35:17-28.
- Ronderos RA, Schnack JA, Maciá A. 1992. Composición y variación estacional de una taxocenosis de Culicidae del ecotono subtropical pampasico (Insecta: Diptera). *Graellsia*, 48: 3-8
- Rossi GC, Pascual NT, Krsticevic FJ. 1999. First record of *Aedes albopictus* (Skuse) from Argentina. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 15(3): 422. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10480134>
- Rossi GC, Almirón WR. 2004. *Clave ilustrada para la identificación de larvas de mosquitos de interés sanitario encontradas en criaderos artificiales en Argentina*. Fundación Mundo Sano, Buenos Aires, Argentina, 49 pp.
- Rossi GC. 2015. Annotated checklist, distribution, and taxonomic bibliography of the mosquitoes (Insecta: Diptera: Culicidae) of Argentina. *Check List*, 11(4): 1712.
- Rubio A, Cardo MV, Vezzani D. 2011. Tire-breeding mosquitoes of public health importance along an urbanisation gradient in Buenos Aires, Argentina. *Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz*, 106(6): 678–684. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762011000600006>
- Rueda LM. 2008. Global diversity of mosquitoes (Insecta: Diptera: Culicidae) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595: 477-487. <https://doi.org/10.1007/s10750-007-9037-x>
- Rupp H, Bosak PJ, Reed LM. 2006. Of Breeding. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 22(3): 563-564. <https://doi.org/10.2987/8756-971X>
- Santos RLCD, Forattini OP, Burattini MN. 2002. Laboratory and field observations on duration of gonotrophic cycle of *Anopheles albiparvus* (Diptera: Culicidae) in southeastern Brazil. *Journal of Medical Entomology*, 39(6): 926-930.
- Savage HM, Niebylski ML, Smith GC, Mitchell CJ, Craig GB Jr. 1993. Host-feeding patterns of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) at a temperate North American site. *Journal of Medical Entomology*, 30(1): 27-34. <http://doi.org/10.1093/jmedent/30.1.27>
- Schweigmann N, Vezzani D, Orellano P, Kuruc J, Boffi R. 2004. *Aedes albopictus* in an area of Misiones, Argentina. *Revista de Saúde Pública*, 38(1): 136–138. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102004000100020>

- Scott TS, Chow S, Strickman D, Kittaipong P, Wirtz RA, Lorenz LH, Edman JD. 1993. Blood-feeding patterns of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) collected in a rural Thai village. *Journal of Medical Entomology*, 30(5): 922-927.
- Serpa LL, Monteiro Marques GR, de Lima AP, Voltolini JC, Arduino Mde B, Barbosa GL, Andrade VR, de Lima VL. 2013. Study of the distribution and abundance of the eggs of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* according to the habitat and meteorological variables, municipality of São Sebastião, São Paulo State, Brazil. *Parasit Vectors*, 6(1): 321. <http://doi.org/10.1186/1756-3305-6-321>
- Service MW. 1992. Importance of ecology in *Aedes aegypti* control. *The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*, 23: 681–689.
- SIFAP. Sistema Federal de Áreas Protegidas. 2022. Parque Municipal Salto Koppers, Misiones. <https://sifap.gob.ar/> (accedido 23 de febrero de 2024).
- Silva SOF, Ferreira de Mello C, Gleiser RM, Oliveira AA, de Aguiar Maia D, Alencar J. 2018. Evaluation of Multiple Immersion Effects on Eggs From *Haemagogus leucocelaenus*, *Haemagogus janthinomys*, and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) Under Experimental Conditions. *Journal of Medical Entomology*, 55(5): 1093–1097. <https://doi.org/10.1093/jme/tjy080>
- Souza AM, Linhares AX. 1997. Diptera and coleoptera of potential forensic importance in southeastern Brazil: relative abundance and seasonality. *Medical and Veterinary Entomology*, 11: 8–12.
- Sota T., Mogi M. 1992, "Interspecific variation in desiccation survival time of *Aedes* (Stegomyia) mosquito eggs is correlated with habitat and egg size", *Oecologia*, Vol. 90, pp. 354-358.
- Stein M, Oria GI, Almirón WR. 2002. Principales criaderos para *Aedes aegypti* y culicidos asociados en la provincia del Chaco, Argentina. *Revista Saúde Pública*, 36(5): 627-630.
- Stein M, Oria G, Almirón W, Willener J. 2005. Fluctuación estacional de *Aedes aegypti* en Chaco, Argentina. *Revista de Saúde Pública*, 39(4):559-64
- Stein M, Rossi GC, Almirón WR. 2016. Distribución geográfica de Culicidae de Argentina. En Berón C, Campos RE, Gleiser R, Diaz Nieto L, Salomón O. eds, *Investigaciones sobre mosquitos de Argentina*. Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, 47-56 pp.
- Sullivan MF, Gould DJ, Maneechai S. 1971. Observaciones sobre la variedad de huéspedes y preferencias alimentarias de *Aedes albopictus* (Skuse). *Revista de Entomología Médica*, 8 (6): 713-716.
- Suman DS, Shrivastava AR, Pant SC, Parashar BD. 2011. Differentiation of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) with egg surface morphology and morphometrics using scanning electron microscopy. *Arthropod Structure & Development*, 40(5): 479-483.
- Tabachnick WJ. 1991. Evolutionary genetics and arthropodborne disease: The yellow fever mosquito. *American Entomology*, 37: 14-24.
- Tedjou AN, Kamgang B, Yougang AP, Wilson-Bahun TA, Njiokou F, & Wondji CS. 2020. Patterns of ecological adaptation of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* and *Stegomyia* indices highlight the potential risk of arbovirus transmission in Yaoundé, the capital city of Cameroon. *Pathogens*, 9(6), 491.
- Teixeira M.da G, Costa M.da C, Barreto ML, Mota E. 2005. Dengue and dengue hemorrhagic fever epidemics in Brazil: what research is needed based on trends, surveillance, and control experiences? *Cadernos de Saúde Pública*, 21(5): 1307-1315. <https://doi.org/10.1590/s0102-311x2005000500002>

- Toma, L, Severini F, Di Luca M, Bella A, Roberto R. 2003. Seasonal patterns of oviposition and egg hatching rate of *Aedes albopictus* in Rome. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 19:19–22
- Thavara, U., A. Tawatsin, P. Phan-Urai, W. Kong-ngamsuk, C. Chansang, M. Liu, and Z. Li. 1996. Dengue vector mosquitos at a tourist attraction, Ko Samui, in 1995. *SE Asian J. Trop. Med. Publ. Hlth.* 27: 160-163.
- Thavara, U, Tawatsin A, Chansang C, Kong-ngamsuk W, Paosriwong S, Boo-Long J & Komalamisra N. 2001. Larval occurrence, oviposition behavior and biting activity of potential mosquito vectors of dengue on Samui Island, Thailand. *Journal of Vector Ecology*, 26, 172-180.
- Thavara U, Tawatsin A, & Chompoosri J. 2004. Evaluation of attractants and egg-laying substrate preference for oviposition by *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). *Journal of Vector Ecology*, 29, 66-72.
- Tripet F, Lounibos LP, Robbins D, Moran J, Nishimura N, Blosser EM. Competitive reduction by satyriization? Evidence for interspecific mating in nature and asymmetric reproductive competition between invasive mosquito vectors. *Am J Trop Med Hyg.* 2011;85:265-70. <http://dx.doi.org/10.4269/ajtmh.2011.10->
- Tsuda Y, Takagi M. 2001. Survival and development of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) larvae under a seasonally changing environment in Nagasaki, Japan. *Environmental Entomology*, 30: 855-860.
- Tsuda Y, Suwonkerd W, Chawprom S, Prajakwong S, MASAHIRO Takagi M. 2006. Different spatial distribution of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* along an urban-rural gradient and the relating environmental factors examined in three villages in Northern Thailand. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 22(2): 222-228.
- Vega-Rúa A, Zouache K, Girod R, Failloux AB, Lourenço-de-Oliveira R. 2014. High level of vector competence of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* from ten American countries as a crucial factor in the spread of Chikungunya virus. *Journal of Virology*, 88: 6294-6306.
- Vélez ID, Quiñones ML, Suárez M, Olano V, Murcia LM, Correa E, *et al.* 1998. Presencia de *Aedes albopictus* en Leticia, Amazonas, Colombia. *Biomédica*, 18(3): 192-198. <https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/990>
- Vezzani D, Velásquez SM, Schweigmann N. 2004. Seasonal pattern of abundance of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Buenos Aires city, Argentina. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 99 (4): 351-356
- Vezzani D, Rubio A, Velázquez SM, Schweigmann N, Wiegand T. 2005. Detailed assessment of microhabitat suitability for *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Buenos Aires, Argentina. *Acta Tropica*, 95(2): 123–131. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2005.03.010>
- Vezzani D, Carbajo AE. 2008. *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*, and dengue in Argentina: Current knowledge and future directions. *Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz*, 103(1): 66–74. <https://doi.org/10.1590/S007402762008005000003>
- Vinogradova EB. 2007. Diapause in aquatic insects, with emphasis on mosquitoes. *Monogr. Biol.* 84, 83–113.
- Waldock J, Chandra NL, Lelieveld J, Proestos Y, Michael E, Christophides G, Parham PE. 2013. The role of environmental variables on *Aedes albopictus* biology and chikungunya epidemiology. *Pathogens and Global Health*, 107(5): 224-41. <http://doi.org/10.1179/2047773213Y.00000000100>

- Wang RL. 1966. Observations on the influence of photoperiod on egg diapause in *Aedes albopictus* Skuse. *Acta Entomologica Sinica*, 15: 75-77.
- Wilke AB, Wilk-da-Silva R, Marrelli MT. 2017. Microgeographic population structuring of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *PLoS One*, 12: e0185150.
- Wilke AB, Vasquez C, Carvajal A, Moreno M, Fuller DO, Cardenas G, Petrie WD, Beier JC. 2021. Urbanization favors the proliferation of *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* in urban areas of Miami-Dade County, Florida. *Scientific reports*, 11(1): 22989. <http://doi.org/doi: 10.1038/s41598-021-02061-0>
- Wolda H. 1988. Insect seasonality: why?. *Annual review of ecology and systematics*, 19(1), 1-18.
- World Health Organization. (2013). Larval source management: a supplementary malaria vector control measure: an operational manual.
- Yee DA. 2008. Tires as habitats for mosquitoes: a review of studies within the eastern United States. *Journal of Medical Entomology*, 45(4): 581–593.
- Zahouli JB, Koudou BG, Müller P, Malone D, Tano Y, & Utzinger J. 2017. Urbanization is a main driver for the larval ecology of *Aedes* mosquitoes in arbovirus-endemic settings in south-eastern Côte d'Ivoire. *PLoS neglected tropical diseases*, 11(7), e0005751.
- Zanotti CA, Keller HA, Zuloaga FO. 2020. Biodiversidad de la flora vascular de la provincia de Misiones, Región Paranaense, Argentina. *Darwiniana, Nueva Serie*, 8(1): 42–291. <https://doi.org/10.14522/darwiniana.2020.81.878>
- Zuur AF, Ieno EN, Elphick CS. 2010. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in Ecology and Evolution*, 1:3-14.
- Zuur AF, Ieno EN, Meesters EHWG. 2009. *A Beginner's Guide to R*. Springer, New York, 218 pp.