

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

**CARACTERÍSTICAS URBANAS Y LA ACTIVIDAD DE OVIPOSICIÓN DE
Aedes aegypti VECTOR DE VIRUS DENGUE EN LA CIUDAD DE CÓRDOBA**

Tesinista: Daniela Tatiana Tinunin

Firma:

Director: Dra. Elizabet Lilia Estallo

Firma:

Codirector: Dr. Francisco Ludueña Almeida

Firma:

Instituto de Investigaciones Biológicas y Tecnológicas (CONICET-Universidad Nacional de Córdoba). Centro de Investigaciones Entomológicas de Córdoba.

2022

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

CARACTERÍSTICAS URBANAS Y LA ACTIVIDAD DE OVIPOSICIÓN DE *Aedes aegypti* VECTOR DE VIRUS DENGUE EN LA CIUDAD DE CÓRDOBA

Tesinista: Daniela Tatiana Tinunin

Director: Dra. Elizabet Lilia Estallo

Codirector: Dr. Francisco Ludueña Almeida

Tribunal Examinador

Nombre y Apellido: Dra. Asar, María Lila Firma:

Nombre y Apellido: Dr. Blanco, Andrés Firma:

Nombre y Apellido: Dr. Visintin, Andrés M. Firma:

Calificación:

Fecha:

Agradecimientos

- A la Universidad Nacional de Córdoba y la FCEFYN, por brindarme la posibilidad de obtener mi título en tan prestigiosas instituciones.
- A los subsidios y becas que hicieron posible esta tesina: Subsidio MINCYT del gobierno de la provincia de Córdoba (GRFT2019/ 000298) dirigido por Dra Estallo. Subsidio de SECyT-UNC (Res 411/2018) dirigido por Dr. Ludueña. Beca EVC- CIN dirigida por Dra. Estallo y codirigida por Dr. Ludueña Almeida (EVC7-UNCOR1093, 2018, “Efecto de características urbanísticas y demográficas sobre la abundancia de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba”).
- A mi directora Dra. Elizabet y mi codirector Dr. Francisco por su guía y correcciones durante esta investigación y su acompañamiento en los muestreos.
- A mis evaluadores, Dr. Andrés V., Dr. Andrés B. y Dra. María Lila A. por sus valiosos aportes y sus sugerencias en la elaboración del manuscrito.
- Al IIBYT y CIEC por prestarme el espacio y los instrumentos para el desarrollo de la tesina.
- A las instituciones secundarias participantes, comunidad educativa y alumnos, que abrieron las puertas al equipo de investigación y participaron de forma activa en este proyecto: Colegio Jesús María, Centro Educativo Nuevo Siglo e Instituto Jóvenes Argentinos.
- A los docentes Magali Madelon, Bruno Ariel Rossi-Rotondi, Natalia Magali Carbó y Berna Pasqualini que estuvieron a completa disposición del equipo e hicieron posible la interacción con los alumnos:
- A Elisabet Benítez y Mía Martín por la buena onda con la que me recibieron y sus enseñanzas y ayuda en la elaboración de los modelos y procesamiento de la imagen satelital.
- A mis padres por ser mi sostén y mis más grandes maestros y por el enorme esfuerzo que hicieron durante estos años de carrera. Los amo y admiro mucho. Este logro también es suyo.
- A toda mi familia, en especial mis hermanos y cuñado, que siempre se preocuparon por mí, me cuidaron, me apoyaron y me brindaron todo lo estuviera a su alcance durante la carrera.
- A mis amigos. Los de la facultad que hicieron las cursadas más divertidas y me ofrecieron su afecto y solidaridad. Los de la vida por “el aguante”, el cariño y el aliento recibido. Estoy orgullosa de las excelentes personas que son.
- A todas las personas que me obsequiaron un consejo, un poco de ayuda o una palabra de aliento.
- A Dios, por todo lo que me ha regalado que posibilitó que hoy me encuentre aquí.

ÍNDICE

RESUMEN.....	6
1.INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. <i>Aedes aegypti</i> : descripción de la especie	8
1.2. Incidencia del Dengue	8
1.3. Características urbanas y su influencia en <i>Ae. aegypti</i>	10
1.4. Fundamentos teóricos de la teledetección espacial y uso de imágenes satelitales	12
1.5. Imágenes satelitales Sentinel	14
2.OBJETIVOS	16
2.1. General	16
2.2. Específicos	16
3.HIPOTESIS	16
4. MATERIALES Y MÉTODOS	16
4.1. Área de estudio	16
4.2. Comparación de la actividad de oviposición de <i>Ae. aegypti</i> en sitios con diferentes características urbanas determinadas por medio del uso de sensores remotos satelitales y estaciones meteorológicas	18
4.2.1. Muestreo de la actividad de oviposición <i>Ae. aegypti</i> y la implementación de ciencia ciudadana	18
4.2.2. Determinación de las características urbanas	22
4.2.3. Análisis exploratorios y descriptivos	31
4.2.4. Reordenamiento de los sitios en los diferentes niveles de urbanización	32
4.3. Influencia de las de las características urbanas en la actividad de oviposición de <i>Ae. aegypti</i>	34
4.3.1. Análisis estadísticos	39
4.4. Comparación de la actividad de oviposición entre el interior y exterior de las viviendas	40
5. RESULTADOS	40
5.1. Comparación de la actividad de oviposición de <i>Ae. aegypti</i> entre sitios con diferentes características urbanas determinadas por medio del uso de sensores remotos satelitales y estaciones meteorológicas	40
5.1.1. Análisis descriptivo espacial	40
5.1.2. Análisis descriptivo temporal	49

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

5.1.3. Diferencias estadísticas entre zonas con diferentes niveles de urbanización	53
5.1.4. Resultados de correlaciones para la selección de las variables explicativas incluidas en los modelos estadísticos	56
5.2. Modelo explicativo de la influencia de las componentes de las características urbanas en la actividad de oviposición de <i>Ae. aegypti</i>	57
5.3. Comparación de la actividad de oviposición entre interior y exterior.....	62
6. DISCUSIÓN.....	64
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFIAS.....	68
8.ANEXO.....	79

RESUMEN

Aedes aegypti es un mosquito domiciliario vector del virus Dengue cuya enfermedad afecta a nivel global entre 100 y 400 millones de personas anualmente. En las últimas décadas este mosquito se ha expandido desde las regiones tropicales y subtropicales hacia regiones templadas, incluyendo la ciudad de Córdoba. El objetivo de este trabajo es estudiar la relación entre la actividad de oviposición de *Ae. aegypti* y las características urbanas en dicha ciudad.

Se seleccionaron 24 sitios de muestreo, distribuidos en tres zonas de diferente nivel de urbanización (escala de 1800 metros) donde se colocaron ovitrampas en el interior y exterior de las viviendas para registrar la actividad de oviposición del mosquito en el periodo comprendido entre noviembre de 2019 y marzo de 2020. Se obtuvieron valores (semanales y promedios del periodo completo) medios, mínimos y máximos de temperatura, humedad relativa y presión atmosférica de tres estaciones meteorológicas. Se cuantificaron las precipitaciones acumuladas y se incluyeron retardos en las variables.

Se estimaron las proporciones de coberturas del suelo (vegetación, suelo desnudo y superficie impermeable) en un área circundante de 150 metros de radio en cada sitio de muestreo a partir de la clasificación supervisada de una imagen satelital Sentinel 2 y se calcularon los valores medios, mínimos y máximos del Índice Normalizado de Diferencia de Edificación (NDBI) y el Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación (NDVI). Posteriormente se reordenaron los sitios de muestreo en tres niveles de urbanización según los valores medios de NDVI en una escala de 150 metros de radio.

Se realizó un análisis descriptivo-exploratorio y se evaluó el efecto de las variables explicativas sobre las variables respuestas “número total de huevos colectados en el exterior de cada sitio” y “número de huevos colectados semanalmente en el exterior” mediante la aplicación de modelos lineales generalizados (GLM) y modelos generalizados mixtos (GLMM) respectivamente. En el último se incluyó a los sitios de muestreo como factor aleatorio. Las variables cualitativas niveles de urbanización a escala de 1800 metros y 150 metros se incluyeron en los GLM.

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

También se comparó la actividad de oviposición en el interior y exterior de las viviendas en tres periodos (de baja actividad, alta actividad y periodo completo) a través de pruebas no paramétricas de Wilcoxon.

El GLMM obtenido permite explicar un 26 % de la variación en el número de huevos colectados semanalmente en el exterior considerando a la temperatura mínima con retardo de siete semanas y las precipitaciones acumuladas con retardo de cuatro semanas. Dichas variables describen una relación positiva con la variable respuesta. Por otro lado, mediante el GLM obtenido se encontró que la superficie impermeable presenta una asociación negativa con el número total de huevos colectados en el exterior de cada sitio dentro de cada nivel de urbanización en la escala de 150 metros. Dicho modelo explica un 33% de la variabilidad en la variable respuesta. A su vez, no se hallaron diferencias significativas en el número de huevos colectados total y semanalmente entre los tres niveles de urbanización a escala de 1800 y 150 metros. Por otra parte, se encontró mayor número de huevos de *Ae. aegypti* en el exterior que en el interior durante los tres periodos analizados (baja actividad, alta actividad y periodo completo) siendo este estudio el primero en describir la actividad de oviposición en el interior y exterior de las viviendas en la Ciudad de Córdoba.

El bajo porcentaje de variabilidad explicada en el número de huevos colectados en los modelos indica que otras variables no contempladas podrían estar influyendo en la actividad de oviposición del vector. En consecuencia, los resultados obtenidos refuerzan la premisa de que son múltiples los factores que afectan la actividad de oviposición de *Ae. aegypti* entre los que se encontrarían factores ambientales, demográficos y socio-económicos.

Palabras claves: *Aedes aegypti*, urbanización, sensores remotos satelitales, precipitación, temperatura, superficie impermeable.

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. *Aedes aegypti*: descripción de la especie.

Aedes aegypti (Diptera-Culicidae) es un mosquito doméstico que vive dentro y alrededor de la vivienda. Se los ha registrado en casi todas las provincias de Argentina, con excepción de Santa Cruz, Chubut y Tierra del Fuego (Rubio *et al.* 2020). Las hembras se alimentan de día y tienen preferencia por la sangre humana, desencadenándose la ovogénesis después de la ingesta. Oviponen en recipientes artificiales con agua, colocando los huevos individualmente en las paredes de los mismos por encima del nivel del agua de manera que cuando ésta los cubra, eclosionen. Una vez ocurrida la eclosión, la larva se alimentará del material orgánico. Luego de pasar por cuatro estadios larvales dará lugar a la pupa de la que emergerá el mosquito adulto (Service, 1993).

Los huevos pueden eclosionar luego de 2 días de ser ovipuestos, sin embargo, también pueden permanecer viables sin eclosionar por más de un año, aunque esta viabilidad disminuye a medida que transcurre el tiempo. El desarrollo larval depende de la temperatura, la disponibilidad de alimento y la densidad de larvas en el recipiente. En condiciones óptimas, generalmente en zonas tropicales, la larva puede pupar en solo 5 días desde la eclosión del huevo, sin embargo, generalmente el estado larval dura entre 7 a 14 días. Por su parte, el estado de pupa dura de 2 a 3 días (Nelson, 1986). Estos estados inmaduros de *Ae. aegypti* se han encontrado en una gran variedad de recipientes artificiales como neumáticos en desuso, botellas, tanques de agua, baldes y floreros (Grech, 2013).

Se han reportado resultados contradictorios con respecto a donde se ha hallado mayor número de huevos del mosquito, dentro o fuera de las viviendas, algunos confirmando una mayor cantidad en el exterior de las viviendas (Kroth *et al.*, 2019; Martin *et al.*, 2019; Ngugi *et al.*, 2017) y otros en el interior de las mismas (Haziqah-Rashid *et al.*, 2019; Rozilawati *et al.*, 2015).

1.2. Incidencia del Dengue.

Aedes aegypti es el principal vector del virus Dengue (VD), perteneciente a la familia Flaviviridae, cuyos cuatro serotipos (DEN1, DEN2, DEN3, DEN4) producen la enfermedad

viral Dengue. Además, estos mosquitos son vectores de otros virus causantes de enfermedades tales como Fiebre Amarilla, Chikungunya y Zika (OMS, 2016).

En los últimos años la incidencia del Dengue ha ido en aumento a nivel global, con registros de entre 100 y 400 millones de infecciones anuales (Brady & Hay, 2020). La circulación del virus se encuentra principalmente en zonas tropicales y subtropicales, con expansión en los últimos años a regiones templadas debido entre otras causas al efecto del cambio climático, la rápida urbanización, el aumento de los viajes por el mundo y razones sociales como el hacinamiento y las condiciones inapropiadas de higiene y vivienda (Kraemer *et al.*, 2015; Robert *et al.*, 2020; Servin *et al.*, 2018; Sim & Hibberd, 2016). En América Latina y el Caribe, la fiebre del Dengue resurgió en la década de 1980 tras la disminución de programas de control del mosquito *Ae. aegypti*, destinados a eliminar la fiebre amarilla en décadas anteriores (WHO, 2009). En la zona templada de Europa, Francia y Croacia notificaron transmisión autóctona por primera vez en 2010, mientras que en la isla Madeira (Portugal) se registró un brote en la temporada 2012-2013 (Gjenero-Margan *et al.*, 2010; La Ruche *et al.*, 2010; Sousa *et al.*, 2012).

Desde la reintroducción del VD en Argentina (1997-98) se han registrado brotes esporádicos asociados con la situación epidemiológica de los países vecinos. Hasta 2008 los casos de transmisión local estuvieron focalizados en provincias del norte argentino principalmente Salta, Jujuy, Misiones, Formosa y Corrientes. Durante 2009, el brote registrado afectó 14 jurisdicciones llegando a la zona central del país (Estallo *et al.*, 2014; MSN, 2016). Desde ese año a la actualidad se registraron casos de Dengue en diferentes provincias templadas como Santa Fe, Córdoba y Buenos Aires (López *et al.*, 2021; Robert *et al.*, 2019; Seijo *et al.*, 2009). La ciudad de Córdoba particularmente tiene veranos cálidos, cuyas temperaturas caen dentro del rango más bajo de temperatura óptima para la transmisión de VD (Robert *et al.*, 2019). Dicho rango (13.5 °C–34.2 °C) fue calculado por Mordecai *et al.* (2017). Por consiguiente, durante las últimas décadas se han reportado brotes de casos de Dengue en los años 2009, 2013, 2016 y 2020. A pesar de las campañas de prevención por parte del gobierno, el número de casos aumentó en cada nuevo brote (Robert *et al.*, 2019).

En las primeras 28 semanas de 2020 se registraron en todo el territorio argentino 57.845 casos, superando la cantidad registrada en 2016, conformando, de esta manera, el brote de dengue de mayor magnitud hasta el momento en Argentina. En la temporada 2019-2020 se

registraron más de 2500 casos en la provincia de Córdoba, la mayoría de ellos centralizados en la ciudad capital (MSN, 2020).

1.3. Características urbanas y su influencia en *Ae. aegypti*.

La presencia y abundancia del vector, así como sus fluctuación temporal y espacial se encuentra condicionada por múltiples factores ambientales, demográficos y socioeconómicos (Estallo, 2020a). Los ambientes propicios para el desarrollo de *Ae. aegypti* se incrementan en las ciudades por características urbanas como la alta densidad de población, la modificación de variables ambientales con respecto a áreas rurales y el reemplazo de superficies vegetales por edificación y construcciones. En este trabajo se definirán los niveles de urbanización en base a las proporciones de vegetación y superficie impermeable (edificada) en forma conjunta.

Varios estudios han analizado la relación entre la actividad de oviposición de *Ae. aegypti* y variables ambientales meteorológicas tales como la temperatura, precipitación, presión de vapor y porcentaje de humedad relativa, entre otras (Benítez *et al.*, 2019a; Estallo *et al.*, 2015; Stewart Ibarra *et al.*, 2013). Estas variables meteorológicas se ven afectadas y modificadas en las urbes donde el cambio de uso del suelo y los patrones de asentamiento generan zonas con grandes superficies impermeables (construcciones y pavimento) que absorben y acumulan calor, el cual es irradiado lentamente durante la noche (Maristany, 2008; Rizwan *et al.*, 2008). Debido a esta mayor capacidad de almacenamiento de calor, se produce un aumento de la temperatura promedio en las zonas urbanas con respecto a las áreas rurales circundantes produciendo el fenómeno denominado “isla de calor urbano” (Rizwan *et al.*, 2008; Stewart, 2011). Así los parques y demás áreas verdes urbanas, debido a su abundante vegetación y su superficie permeable, mitigan el efecto de la isla de calor (Salas Esparza & Herrera Sosa, 2017)

Esta modificación ambiental en las ciudades es importante ya que la temperatura mínima desempeña un papel determinante en el umbral térmico de desarrollo, afectando también a la abundancia del mosquito (Benítez *et al.*, 2019a; Domínguez *et al.*, 2000; Estallo *et al.*, 2011). Las temperaturas entre 26° y 28 °C son las óptimas para el desarrollo y supervivencia del vector ya que, si bien el desarrollo hasta mosquito adulto ocurre más rápidamente en las zonas tropicales y subtropicales que en las templadas, las temperaturas mayores a 31°C

aceleran su envejecimiento y por lo tanto su mortalidad, también asociada a la humedad relativa, afectando de esta forma a la oviposición (Benítez *et al.*, 2019b; Estallo *et al.*, 2020; Verhulst *et al.*, 2020).

Por su parte, las precipitaciones moderadas favorecen la proliferación del mosquito incrementando la cantidad de hábitats disponibles para la oviposición (Estallo *et al.*, 2015; Estallo, 2020a; Stewart Ibarra *et al.*, 2013). Sin embargo, las precipitaciones abundantes podrían generar el efecto contrario arrastrando los individuos inmaduros fuera del recipiente al rebalsar los contenedores y evitando la oviposición al encontrarse los recipientes repletos de agua (Dieng *et al.*, 2012). La cantidad y distribución de las lluvias condicionan el número de recipientes artificiales disponibles donde las hembras colocan sus huevos, estimulan la eclosión de los mismos e influyen en el número que quedará para la próxima temporada luego de pasar el invierno seco (Benítez *et al.*, 2020). En este sentido, la reducción de la vegetación afecta no solo a la temperatura sino también a la precipitación, la evapotranspiración y la humedad en el aire, generando un aumento en la primera variable meteorológica y disminuyendo las otras tres (Ochoa de la Torre, 1999). Por otro lado, la vegetación funciona como refugio para los mosquitos adultos y acumula materia orgánica que, al caer en los criaderos, alimenta a las larvas (Nelson, 1986).

Además, muchas ciudades suelen contar con la presencia de sitios potenciales de cría como lo son basurales y cuerpos de agua (ríos y canales) debido al gran número de recipientes que se desechan en ellos y que se encuentran disponibles para la oviposición, como ocurre en la ciudad de Córdoba y que ha sido descrito por Estallo *et al.* (2018).

Entender la relación entre las características urbanas y la actividad de oviposición permite predecir qué sectores de las ciudades son más vulnerables a la infección con *Ae. aegypti* y desarrollar mejores estrategias de manejo y control sobre este vector. En el caso puntual de Córdoba, la ciudad podría describirse como una matriz con disponibilidad de áreas heterogéneas compuestas por edificaciones, espacios verdes y potenciales sitios de cría que al tener presencia humana (fuente sanguínea de proteínas) contarían con condiciones adecuadas para la proliferación del mosquito (Estallo *et al.*, 2018). Benítez *et al.* (2020a) encontraron en Córdoba una relación negativa entre la infestación de estados inmaduros de *Ae. aegypti* y la vegetación arbórea. A su vez, dicha vegetación correlacionó negativamente con la superficie impermeable, por lo que los investigadores dedujeron que era esperable

encontrar infestaciones de *Ae. aegypti* en áreas más urbanizadas y con menor vegetación arbórea (Benítez *et al.*, 2020a). Sin embargo, en la ciudad de Buenos Aires otros estudios mostraron que los niveles más bajos de infestación se hallaron en áreas altamente urbanizadas, aunque en este caso es importante tener presente que la ciudad de Buenos Aires posee un mayor nivel de urbanización y densidad poblacional con respecto a la ciudad de Córdoba (Carbajo *et al.*, 2004; Rubio *et al.*, 2011). Por otra parte, Estallo *et al.* (2018) reportaron las áreas suburbanas de la ciudad como hábitats adecuados para el mosquito. Se espera, entonces, que la zona de urbanización intermedia sea la más propicia para la actividad reproductiva del vector debido a que ofrecen sitios de cría (recipientes artificiales) y espacios de vegetación (ofrece refugio a mosquitos adultos y protege del sol a criaderos).

En este estudio, como se ha llevado a cabo en muchos otros, se monitoreará la actividad de oviposición de *Ae. aegypti* mediante la utilización de ovitrampas, las cuales consisten en recipientes artificiales con agua, revestidos con papel misionero como sustrato sobre el cual las hembras grávidas oviponen (Reiter & Nathan, 2001). Se las ha utilizado en numerosos países como México, Indonesia, Bolivia y Brasil para detectar la presencia del vector, así como para estudiar la ecología y analizar los factores ambientales y sociales que afectan el desarrollo y propagación (González-Olvera *et al.*, 2021; Juhdi *et al.*, 2019; Rojas Terrazas *et al.*, 2020; Schultes *et al.*, 2020). En nuestro país se han utilizado en varias provincias argentinas, tales como Córdoba, Salta, Buenos Aires, El Chaco, Entre Ríos y Tucumán (Benítez *et al.*, 2020a; Chanampa *et al.*, 2018; Fischer *et al.*, 2017; Giménez *et al.*, 2020; Lower, 2017; Rodríguez *et al.*, 2013).

1.4. Fundamentos teóricos de la teledetección espacial y uso de imágenes satelitales

La teledetección espacial es aquella técnica que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre desde sensores remotos satelitales (Chuevico Salinero, 2002). La información de la superficie terrestre a partir de la cual se formará una imagen satelital es obtenida cuando la energía electromagnética que ha sido irradiada por una fuente, como el sol, se refleja sobre ella y es posteriormente captada por estos sensores ubicados en plataformas espaciales, es decir, satélites (Figura 1). Estos sensores miden las variaciones en el campo de energía electromagnética producidas por los objetos en un rango de longitud de onda determinada, formando lo que se denomina bandas (Chuevico Salinero, 2002). Las imágenes satelitales están compuestas por celdas denominadas píxeles, ordenados en filas y columnas, a los que

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

a cada uno se le asigna un valor numérico que representa la cantidad de energía que determinada superficie refleja.

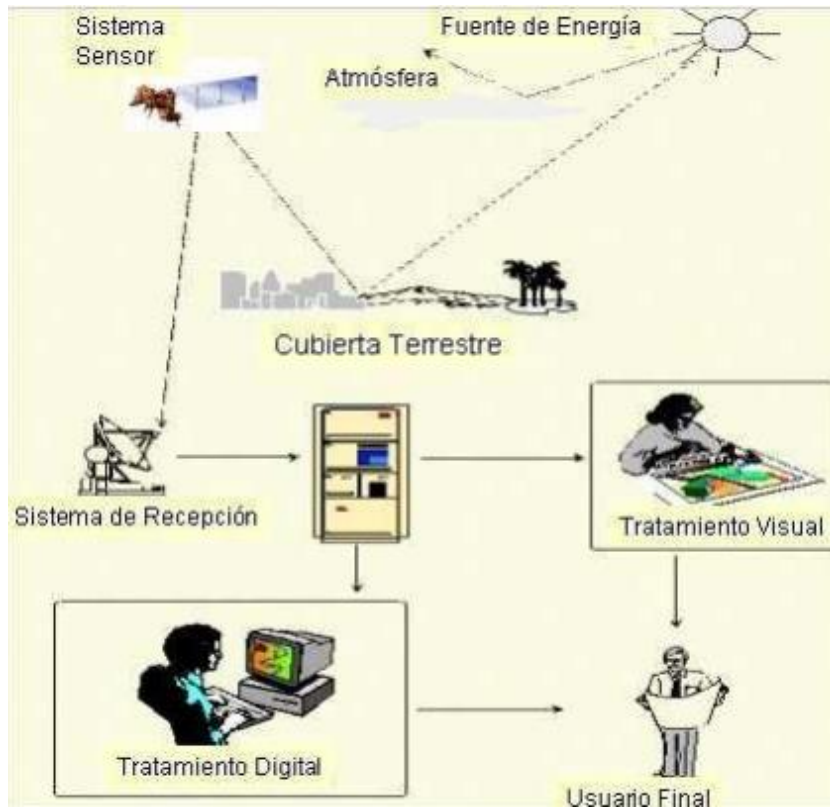


Figura 1. Esquema de los componentes básicos de la teledetección. Obtenido de Chuevico Salinero, 2002.

Las resoluciones que definen las principales características de las imágenes satelitales corresponden a:

- Resolución espacial: es la unidad mínima reconocible en el terreno por el sensor, es decir, el tamaño del pixel. Cuanto más pequeño sea este, mayor será la resolución espacial.
- Resolución espectral: hace referencia a las bandas en las que opera el sensor, en otras palabras, el número y ancho de rangos de longitudes de onda que este puede captar.
- Resolución radiométrica: es la capacidad del sensor de detectar variaciones de energía. Describe el rango y el número posible de valores de brillo obtenidos.
- Resolución temporal: es la frecuencia, el tiempo de revisita de un satélite, cuyos sensores registran información sobre un mismo punto sobre la tierra (Chuevico Salinero, 2002)

En numerosos estudios se han implementado herramientas de teledetección para estudiar los factores ambientales que favorecen el establecimiento, desarrollo y supervivencia de insectos vectores como es el caso de mosquitos *Ae. aegypti*, construir modelos predictivos para distribución de esta especie, detectar áreas de mayor riesgo de propagación de las enfermedades y comprender qué condiciones favorecen los sitios de cría (Benítez *et al.*, 2020a, 2019a; Espinosa *et al.*, 2018; Ledezma Acevedo *et al.*, 2018).

A través del uso de la teledetección es posible estimar, por medio de clasificaciones de las imágenes satelitales, los tipos de cobertura del suelo de un área específica (como pueden ser las zonas edificadas, tipos de vegetación y los cuerpos de agua) con la información del material físico que recubre la superficie de la tierra (Suárez *et al.*, 2017). Estas clasificaciones permiten crear categorías o clases de información en los que se agrupan los píxeles de la imagen que se asemejan en valores espectrales de brillo, los cuales se encuentran expresados en números digitales (ND). Dichas clases de información corresponden a las coberturas del suelo y para las mismas se obtendrá un rango de ND que identificará a cada una de ellas (Chuevieco Salinero, 2002; Reuter, 2002). De esta forma cada píxel será asignado a alguna clase de información y se obtendrá como resultado un mapa temático de cobertura de suelo. Existen dos métodos para la clasificación de una imagen satelital: supervisado y no supervisado. El método supervisado parte de un cierto conocimiento del área de estudio, lo que permite al investigador delimitar sobre la imagen áreas piloto (o de entrenamiento) que se consideran suficientemente representativas de las categorías. A partir de ellas, el programa calcula los ND que definen cada una de las clases para luego asignar el resto de los píxeles a una de ellas. El método no supervisado, por su parte, no implica ningún conocimiento del área de estudio, el mismo consiste en una búsqueda automática de grupos de valores homogéneos dentro de la imagen quedando así definidas las clases temáticas de interés (Chuevieco Salinero, 2002).

También es posible estimar los tipos de cobertura del suelo a través del uso de índices espectrales como el Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación (NDVI) y el Índice Normalizado de Diferencia de Edificación (NDBI).

1.5. Imágenes satelitales Sentinel

Existe una amplia variedad de diferentes productos satelitales obtenidos por diversos sensores, los ofrecidos por los satélites de la misión espacial Sentinel 2 son idóneos para

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

detectar las distintas coberturas del suelo debido a su alta resolución espacial y su amplio espectro de 13 bandas que operan desde el espectro visible hasta el infrarrojo de onda corta (<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2>).

Sentinel 2 es una misión espacial para observación de la superficie terrestre desarrollada por la Agencia Espacial Europea y compuesta por dos satélites idénticos: Sentinel 2A y Sentinel 2B. Ambos recorren la misma órbita separados por 180°, abarcando un campo de visión de 290 km de anchura y logrando una resolución temporal de 5 días. Su órbita es polar y heliocéntrica, lo que significa que circula alrededor de la tierra en dirección norte-sur o viceversa y está sincronizada con el sol garantizando un ángulo solar constante sobre la superficie de la tierra. Llevan un único instrumento multiespectral (MSI) de alta resolución con 13 bandas espectrales que proporcionan una resolución espacial de 10, 20 y 60 metros dependiendo de la banda (Tabla 1). Su resolución radiométrica es de 12 bits, lo que proporciona un rango potencial de niveles de brillo de 0 a 4095.

Resolución espacial (m)	Número de banda	S2A		S2B	
		Longitud de onda central	Ancho de banda	Longitud de onda central	Ancho de banda
10	2	492,4	66	492,1	66
	3	559,8	36	559,0	36
	4	664,6	31	664,9	31
	8	832,8	106	832,9	106
20	5	704,1	15	703,8	16
	6	740,5	15	739,1	15
	7	782,8	20	779,7	20
	8 ^a	864,7	21	864,0	22
	11	1613,7	91	1610,4	94
	12	2202,4	175	2185,7	185
60	1	442,7	21	442,2	21
	9	945,1	20	934,2	21
	10	1373,5	31	1376,9	30

Tabla 1. Bandas espectrales del MSI perteneciente a los satélites de Sentinel 2. S2A: Sentinel 2A. S2B: Sentinel 2B. Recuperado de:

<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2/instrument-payload/resolution-and-swath>.

Las imágenes satelitales son una buena herramienta para caracterizar el paisaje, monitorear las condiciones ambientales favorables para el desarrollo y supervivencia de los insectos vectores y obtener parámetros que permitan entender su dinámica (Estallo *et al.*, 2020a).

2. OBJETIVOS

2.1. General

- ❖ Estudiar la relación entre la actividad de oviposición del mosquito *Ae. aegypti* y las características urbanas en la ciudad de Córdoba.

2.2. Específicos

- ❖ Comparar la actividad de oviposición de *Ae. aegypti* en sitios con diferentes características urbanas determinadas por medio del uso de sensores remotos satelitales y estaciones meteorológicas.
- ❖ Elaborar un modelo que explique la influencia de los componentes de las características urbanas en la actividad de oviposición de *Ae. aegypti*.
- ❖ Comparar la actividad de oviposición de *Ae. aegypti* entre el interior y exterior de las viviendas.

3. HIPÓTESIS

- ❑ Los sitios de muestreos ubicados en un nivel intermedio de urbanización presentarán mejores condiciones para la proliferación del vector, por lo tanto, mostrarán mayor actividad de oviposición. Además, no se encontrarán diferencias en el número de huevos entre el interior y exterior de las viviendas.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Área de estudio

La ciudad de Córdoba (31°24' S, 64°11' O) se encuentra ubicada en la provincia de Córdoba, zona central de Argentina (Figura 2). La atraviesa el río Suquía, el arroyo La Cañada y un gran número de canales. Posee una superficie de 576 km² con 362.581 parcelas, de las cuales el 89,8% se encuentran edificadas (Municipalidad de Córdoba, 2019). Es la segunda ciudad

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

más poblada del país con 1.370.585 habitantes en 2010 y una estimación para 2020 de más de 1.453.000 habitantes (INDEC, 2010).

Córdoba se encuentra en una región templada con veranos cálidos y lluviosos e inviernos secos y fríos, una precipitación anual de 800 mm y temperatura media anual de 18 °C, mientras que la media máxima es de 27 °C y la media mínima de 11 °C (Municipalidad de Córdoba, 2019). La precipitación media mensual varía desde 5 mm en invierno a 155 mm en verano (Servicio Meteorológico Nacional, 2022)

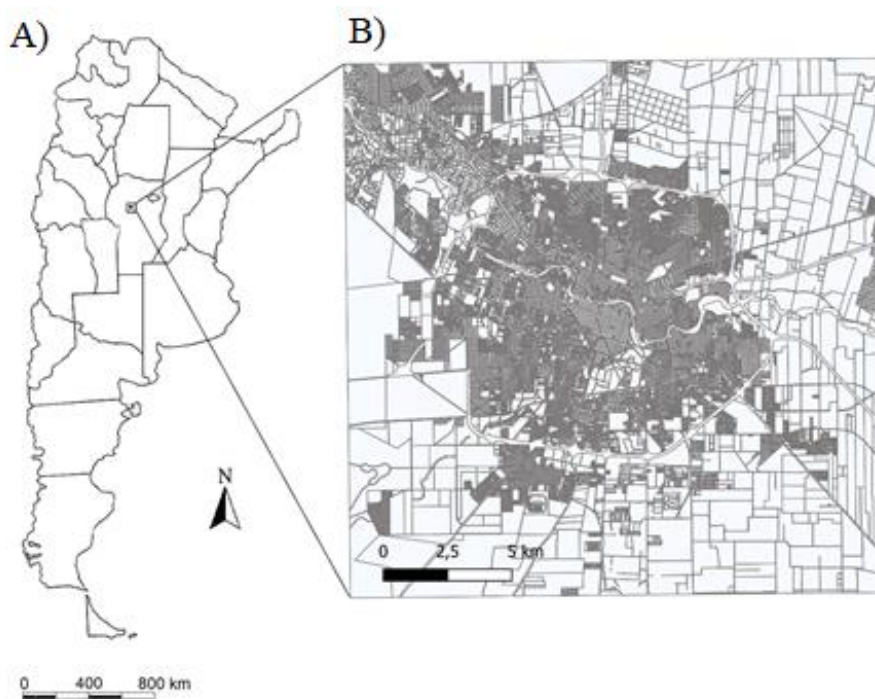


Figura 2. A. Mapa de Argentina con la ubicación de la Ciudad de Córdoba. B. Mapa de la Ciudad de Córdoba, provincia de Córdoba.

El crecimiento de la ciudad se produce desde el centro hacia la periferia en una serie de anillos concéntricos que comprenden el área central, intermedia y periférica. La zona central se encuentra muy edificada y urbanizada conformando un núcleo urbano altamente desarrollado; las zonas norte y este le siguen en urbanización en relación con sus actividades residenciales, productivas e industriales, y la zona sur es el área con mayor vegetación donde se desarrollan múltiples actividades industriales, rurales y residenciales. La ciudad se caracteriza por la existencia de urbanizaciones en diferentes procesos de consolidación: urbana, suburbana y semi-rural (Martínez & Schiavoni, 2019). Las zonas urbanas y

suburbanas contienen áreas verdes distribuidas, en general, en forma de parques, recubriendo un total de 10,6 km² (Municipalidad de Córdoba, 2020).

Debido al gran número de recipientes en desuso, la ciudad presenta gran variedad de sitios propicios para la proliferación de *Ae. aegypti* entre los que podemos mencionar basurales, canales de agua, cementerios, depósitos de trenes abandonados, parques, vías de tren, así como centros de almacenamiento de neumáticos (Estallo *et al.*, 2018). Las medidas de control del vector que lleva a cabo la municipalidad de Córdoba se centran en campañas de descacharrado, control focal y concientización sobre la problemática a los vecinos (Municipalidad de Córdoba, 2021).

4.2. Comparación de la actividad de oviposición de *Ae. aegypti* en sitios con diferentes características urbanas determinadas por medio del uso de sensores remotos satelitales y estaciones meteorológicas.

4.2.1. Muestreo de la actividad de oviposición de *Ae. aegypti* y la implementación de ciencia ciudadana.

El saneamiento ambiental está íntimamente relacionado con los aspectos culturales y sociales de la comunidad. Teniendo en cuenta que las tareas de ordenamiento ambiental son fundamentales para evitar el desarrollo del mosquito, se implementó el concepto de ciencia ciudadana para llegar a la comunidad a través de la escuela. Se buscó así la participación en la investigación de 3 escuelas de la ciudad de Córdoba, de manera que se genere el compromiso y sentimiento de pertenencia motorizando un cambio de actitud y concientización respecto a la problemática del vector *Ae. aegypti*. La implementación de ciencia ciudadana involucró la ejecución de talleres educativos en las escuelas participantes, compartiendo conocimiento sobre la biología y ecología del vector y el ambiente adecuado para su proliferación, con énfasis en la problemática socio ambiental que esto implica. Por otro lado, se les informó sobre los objetivos de la investigación y se los invitó a formar parte activa del proyecto por medio de la colocación de ovitrampas en los hogares de los alumnos. Fue posible, de esta forma, interactuar con la comunidad educativa (directivos, profesores, alumnos y familias) y llevar a cabo el muestreo durante el periodo comprendido entre el 5 de noviembre de 2019 y el 15 de marzo de 2020.

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

Los establecimientos educativos seleccionados, los cuales se comprometieron voluntariamente con el proyecto, corresponden a zonas de la ciudad con diferentes grados de urbanización, definidos previamente por el equipo de investigación por medio de la visualización en Google Earth y comprobados a través del uso de índices espectrales calculados por medio del uso de sensores remotos satelitales. De esta manera los potenciales sitios de muestreo quedaron distribuidos en tres zonas fisonómicamente diferenciadas de un radio de 1800 metros cada una. Se seleccionaron 8 viviendas de alumnos que se ofrecieron a participar por cada escuela (Tabla 2). Los estudiantes contaron con un consentimiento informado debidamente firmado por sus padres. Los sitios de muestreo se encontraban a una distancia mínima de 300 metros entre sí. Se tomó esta distancia considerando el rango de dispersión del vector, el cual puede llegar a máximos registrados de hasta 800 metros (Honorio *et al.*, 2003; Shannon *et al.*, 1930). Sin embargo, en zonas urbanas, donde la disponibilidad de recipientes para la oviposición es alta, se evidencia que la mayoría de las hembras grávidas de *Ae. aegypti* recorren distancias menores a 200 m (Nelson, 1986; Russell *et al.*, 2005; Sheppard, 1969).

Escuela	Barrio	Zona	Sitios de muestreo
Centro Educativo Nuevo Siglo	General Paz	Urbanización alta	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
Colegio Jesús María	Avenida	Urbanización intermedia	9,10,11,12,13,14,15,16
Instituto Jóvenes Argentinos	Jardín Espinoza	Urbanización baja	17,18,19,20,21,22,23,24

Tabla 2. Escuelas que participaron en el trabajo de investigación con el correspondiente barrio en el que se encuentran y el nivel de edificación, así como los sitios de muestreo asociados a cada una.

Se colocaron ovitrampas en el interior y exterior de las 24 viviendas seleccionadas (Figura 3). Cada faja de papel fue rotulada con las iniciales de la escuela, la fecha de colocación, la semana de muestreo, el número de la vivienda y la codificación según se correspondiera a trampas que se colocaban en el interior de la vivienda (I) o en el exterior de la misma (E).

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba



Figura 3. Ovitrapas colocadas en los sitios de muestreo para la toma de datos. **A.** Ovitrapa en el interior de una vivienda. **B.** Ovitrapa en el exterior de la vivienda.

Los meses entre octubre y mayo corresponden al periodo de actividad del vector en la ciudad (Estallo et al., 2020). Los muestreos comenzaron a principios de noviembre y se propuso originariamente concluirlos a finales de mayo. Sin embargo, se llevaron a cabo hasta mediados de marzo a causa de la pandemia ocasionada por el virus SARS- CoV-2 que llevó a que Argentina se encontrara en cuarentena obligatoria desde el 20 de marzo de 2020, siendo imposible continuar con los muestreos. Cada semana las ovitrampas fueron preparadas en el laboratorio del Centro de Investigaciones Entomológicas de Córdoba (CIEC) y llevadas a cada una de las tres escuelas que participaron en el proyecto. Los alumnos involucrados en la actividad las ubicaban en sus domicilios y las regresaban a la semana siguiente, cuando retiraban un par nuevo para reponer en su vivienda. La colocación de ovitrampas siguió un protocolo, debiendo ser ubicadas en un área sombreada, protegida de la lluvia y a una distancia máxima de 50 cm del nivel del suelo. Una vez retiradas las ovitrampas de los hogares, los alumnos las llevaban a la escuela, donde eran recogidas por el equipo de investigación y transportadas al laboratorio del CIEC-IIBYT (CONICET-Universidad Nacional de Córdoba). En el laboratorio se realizó la identificación y conteo de huevos por

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

medio del uso de lupa estereoscópica. Como consecuencia de las restricciones por la pandemia, parte del conteo de huevos se llevó a cabo en el domicilio de la tesinista con el uso de lupa de mano (Figura 4).



Figura 4. *Conteo de huevos de Ae. aegypti con lupa de mano.*

Durante el periodo de receso escolar comprendido entre los meses de enero y febrero, se entregaron a los estudiantes cuatro juegos de ovitrampas y una vez al mes el equipo de investigación realizaba la recolección de las mismas por cada sitio de muestreo. La ubicación de estos sitios se observa en la Figura 5.

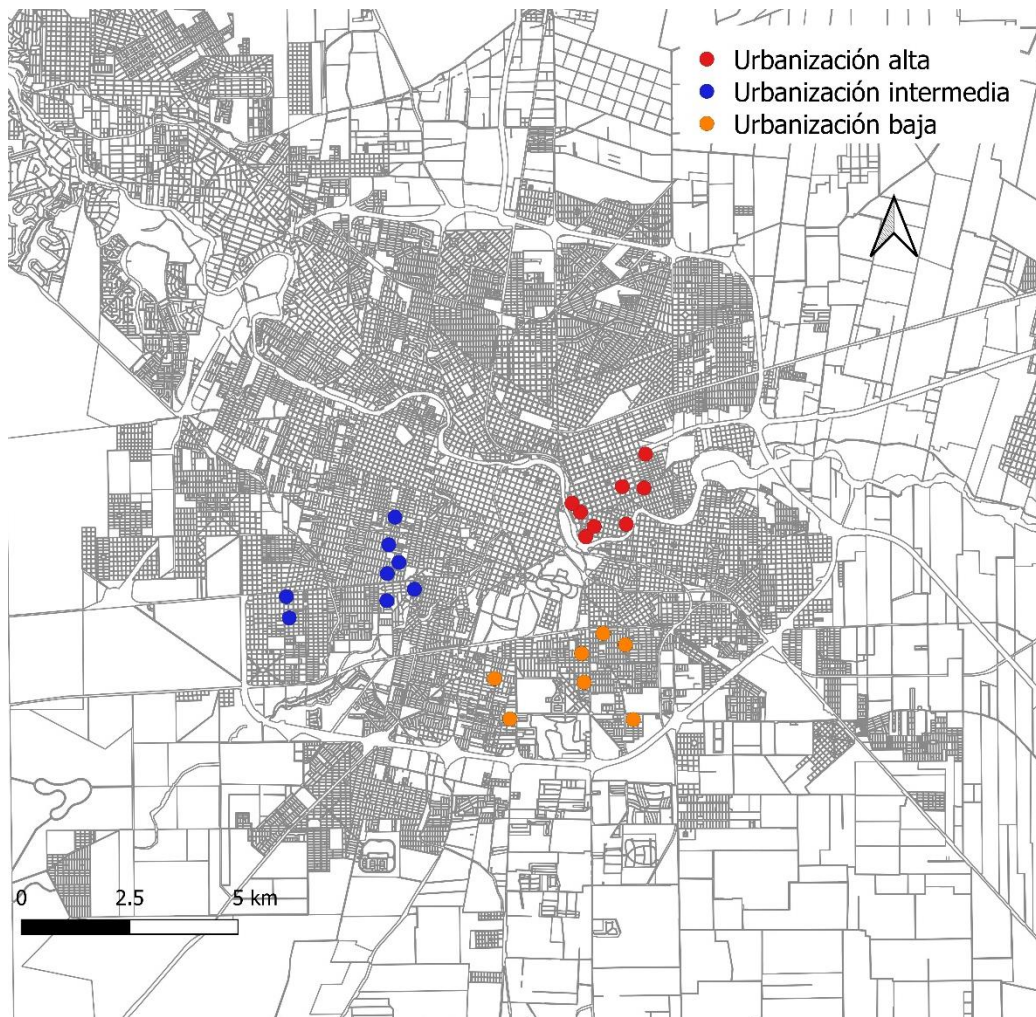


Figura 5. Mapa de la ciudad de Córdoba. Los puntos rojos indican la ubicación de los sitios de muestreo en viviendas pertenecientes a la zona de urbanización alta, los azules a la zona de urbanización intermedia y los naranjas a la zona de urbanización baja.

4.2.2. Determinación de las características urbanas

Distancia al cuerpo de agua más cercano: Se midieron las distancias correspondientes de cada sitio de muestreo al cuerpo de agua más cercano, como canales de agua, río o afluentes. Para ello se emplearon las capas “cursos de agua” y “canales de riego” en formato Shapefile disponibles en la página Datos Abiertos de la municipalidad de Córdoba (<https://gobiernoabierto.cordoba.gob.ar/data/datos-abiertos/categoria/urbanismo-y-territorio>) utilizando las herramientas de Google Earth.

Variaciones obtenidas a partir de sensores remotos satelitales: Se obtuvieron los valores de índices espectrales y se elaboró un mapa temático de cobertura de suelo de la ciudad de

Córdoba, utilizando una imagen satelital Sentinel 2 con cobertura de nubes al 0%. La imagen satelital fue proporcionada por el servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) con fecha 19 de febrero de 2020 (<https://www.usgs.gov/>).

Los preprocesamientos consistieron en realizar la calibración radiométrica, convirtiendo los valores de radiancia en valores de reflectancia. De esta forma, se corrigió cualquier distorsión o alteración de los pixeles producidas por interferencia de la atmósfera, fallos en los sensores o alteraciones por el movimiento del satélite (Galindo *et al.*, 2014).

Una vez llevado a cabo ese paso, se procedió a recortar la imagen de manera que se incluya la ciudad de Córdoba. Las coordenadas -64.335960, -31.297480 corresponden al extremo superior izquierdo, mientras que -64.0627123, -31.5389123 corresponden a las coordenadas del extremo inferior derecho (Figura 6). Para llevar a cabo lo anteriormente descrito se utilizó el software de procesamiento de imágenes satelitales de libre acceso Q-gis (www.qgis.org/es/site/).

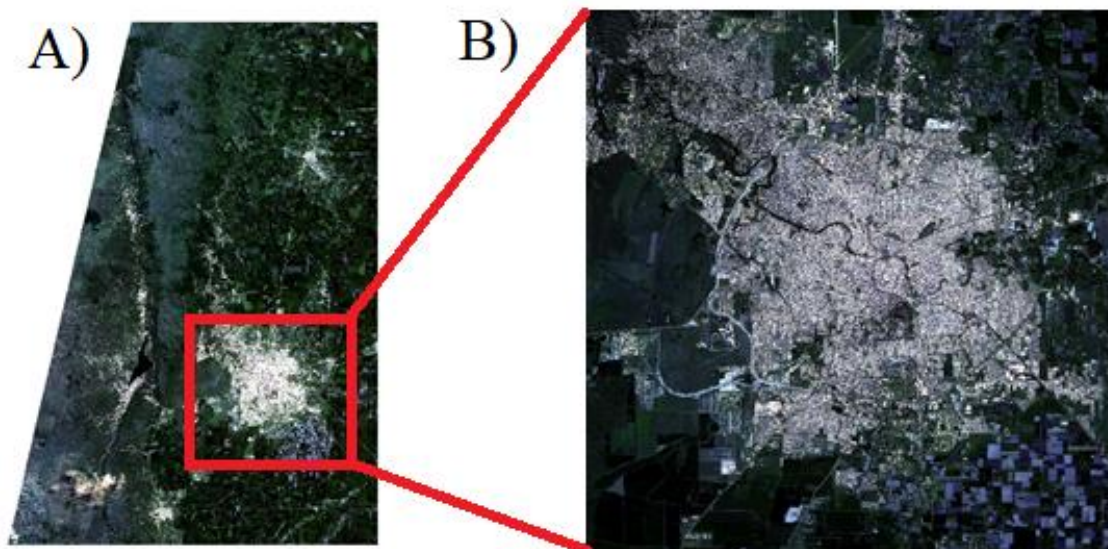


Figura 6A. Imagen satelital Sentinel 2 correspondiente al 19 de febrero de 2020. **B.** Recorte correspondiente a la ciudad de Córdoba, realizado sobre la imagen original.

Se procedió a la obtención de Índices espectrales, calculando el Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación (NDVI) y el Índice Normalizado de Diferencia de Edificación

(NDBI). El NDVI refleja el contraste de la reflectividad de la vegetación entre las regiones espectrales del rojo (B4) y del infrarrojo cercano (B8) a partir de la siguiente relación:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR}-\text{R})/(\text{NIR}+\text{R})$$

Donde NIR corresponde a la banda del infrarrojo cercano (B8) y R corresponde a la banda del rojo (B4). Los valores varían de -1 a +1, los valores altos corresponden a áreas con vegetación vigorosa, los negativos se encuentran asociados a coberturas como agua, nubes y nieve y los cercanos a cero corresponden a suelo desnudo y áreas rocosas. Por otro lado, el NDBI permite llevar a cabo estimaciones sobre zonas con superficie edificadas o en desarrollo de construcción. Se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{NDBI} = (\text{SWIR}-\text{NIR})/(\text{SWIR}+\text{NIR})$$

Dónde NIR corresponde a la banda del infrarrojo cercano (B8) y SWIR corresponde a la banda del infrarrojo de onda corta (B11). Los valores varían de -1 a +1, donde valores altos corresponden a áreas altamente edificadas, los negativos se encuentran asociados a coberturas con vegetación y los cercanos a cero corresponden a suelo desnudo, cultivos en crecimiento o zonas en fase de construcción.

En ambos índices se obtuvieron los valores medios, mínimos y máximos en un área circundante de 150 metros de radio alrededor de cada sitio de muestreo.

Con el fin de proceder a realizar la clasificación supervisada primero se determinaron clases de información y las características que las delimitan teniendo un conocimiento previo del área de estudio. En este proyecto se utilizaron las clases de información definidas en la Tabla 3. Luego, se seleccionaron áreas de entrenamiento o regiones de interés (ROI) que son áreas representativas de las diferentes clases de información en las que el investigador conoce el tipo de cobertura presente en dicha zona. Estas ROI permiten el reconocimiento de cada categoría por parte del programa de procesamiento de imágenes y, a partir de ellas calcula los ND que las definen (Chuevieco Salinero, 2002). Se seleccionaron las ROI, mediante interpretación visual de imágenes del registro histórico de Google Earth, y se analizaron sus firmas espectrales para evitar el solapamiento de ND entre las diferentes clases. Con la información del paso anterior, mediante un algoritmo de clasificación, el programa designa los píxeles restantes a una de las clases de coberturas. En este trabajo se utilizó el algoritmo

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

de distancia mínima ya que fue el que mejor se ajustó a los datos. Este método compara los ND de los píxeles de cada imagen con los ND de los píxeles del centro de las distintas categorías y los asigna a las clases más cercanas (Reuter, 2002).

Clase de cobertura	Descripción
Superficie impermeable	Superficies edificadas o pavimentadas como puede ser edificaciones, calles asfaltadas, etc.
Suelo desnudo	Suelo sin cobertura vegetal ni pavimentación.
Vegetación	Parches de vegetación sin distinción entre árboles, hierbas o arbustos.

Tabla 3. *Clases de información definidas para la clasificación supervisada de la imagen Sentinel 2.*

Finalmente se realizó la validación de los datos de entrenamiento que consiste en evaluar la correcta asignación de los mismos por parte del clasificador, contrastándolos con datos previamente reservados que no se han utilizado en el entrenamiento (Corso, 2009). Para ello se confeccionó una matriz de confusión que compara la clasificación de la imagen con un listado de áreas de verificación de las que se conoce su cobertura real. A través de esta matriz cuadrada se evaluó la precisión de la clasificación situando en las columnas las clases de referencia y en las filas las clases obtenidas en el mapa (Boca & Rodríguez, 2012). Los valores que se obtienen en la diagonal indican el número de píxeles que fueron correctamente clasificados, mientras que los valores fuera de ésta indican los errores de asignación. Para la obtención de las áreas de verificación se utilizaron imágenes de Google Earth y se empleó el Software de procesamiento de imágenes satelitales ArcGIS (<https://www.arcgis.com/index.html>) que proporcionó los valores de dos índices globales de evaluación de la exactitud del modelo: el índice de exactitud global de la clasificación y el índice Kappa (k). El primero se define como el cociente entre el número de píxeles clasificados correctamente y el número total de píxeles evaluados (Boca & Rodríguez, 2012). El coeficiente Kappa es una medida de la diferencia entre la exactitud lograda en la clasificación y la probabilidad de lograr una clasificación correcta con un clasificador aleatorio. Adquiere valores entre 0 y 1, mientras más cercano sea a 1 mayor es el grado de concordancia del método y cuanto más cercano a 0 más refleja que la concordancia

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

observada se debe al azar (Boca & Rodríguez, 2012; Chuvieco Salinero, 2002). La interpretación de los valores intermedios se observa en la Tabla 4.

Valores de Kappa	Concordancia
$0,00 \leq k < 0,01$	Pobre
$0,01 \leq k < 0,20$	Leve
$0,20 \leq k < 0,40$	Aceptable
$0,40 \leq k < 0,60$	Moderada
$0,60 \leq k < 0,80$	Considerable
$0,80 \leq k \leq 1,00$	Casi perfecta

Tabla 4. Valoración del coeficiente Kappa según Landis & Koch, 1977 (modificado).

Una vez obtenido el mapa temático de cobertura de suelo para la ciudad de Córdoba (Figura 7), se procedió a la generación de áreas circundantes de 150 metros de radio (15 píxeles) alrededor de cada sitio de muestreo (Figura 8 A-C). A partir de cada área, se extrajo la proporción correspondiente a cada cobertura.

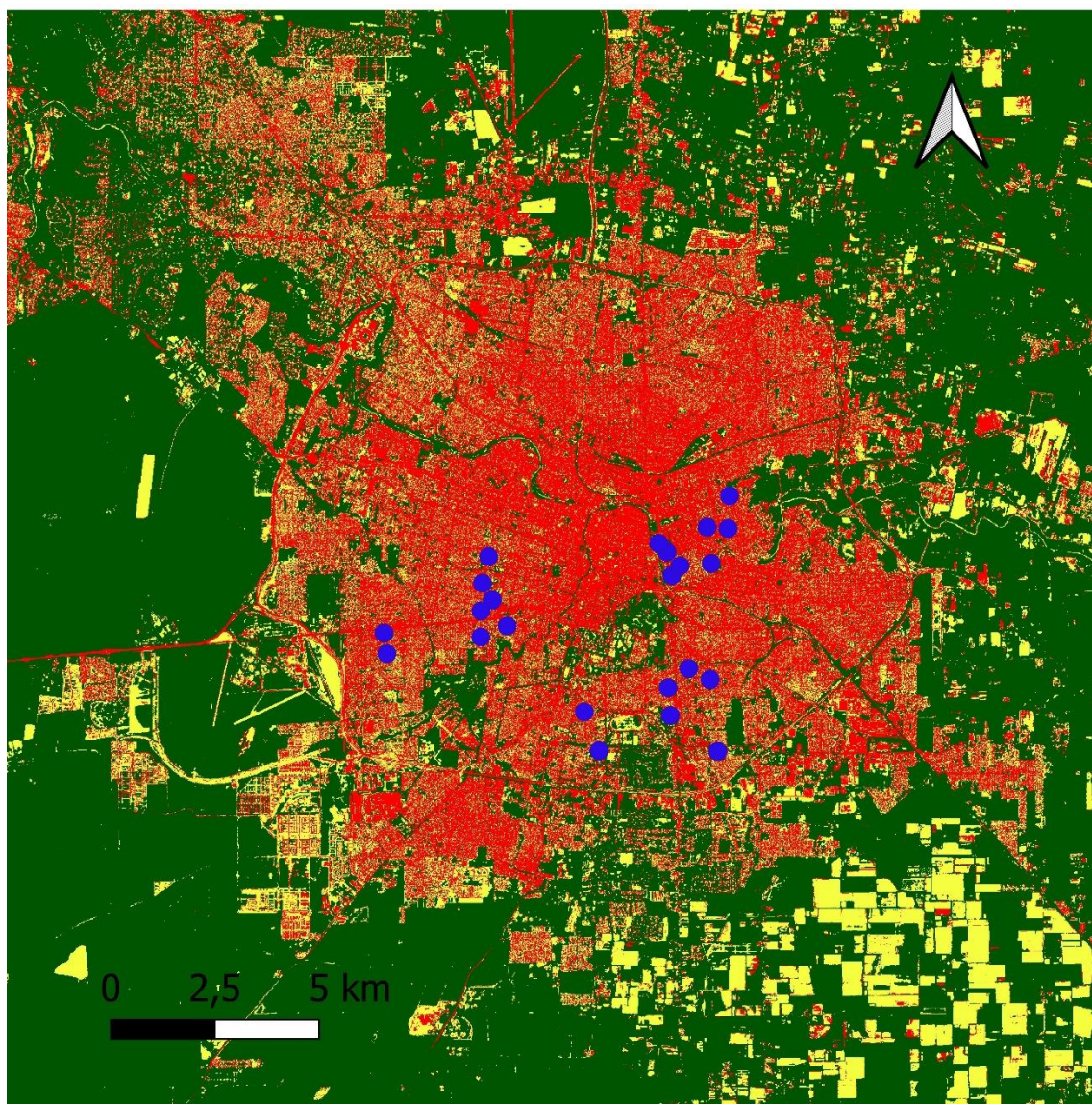


Figura 7. Mapa temático de cobertura de suelo para la ciudad de Córdoba. En rojo se observa la superficie impermeable, en amarillo el suelo desnudo y en verde la vegetación. Los sitios de muestreos se representan con puntos azules.

Las proporciones de suelo desnudo, vegetación y superficie impermeable se computaron con la información obtenida de la imagen satelital utilizada.

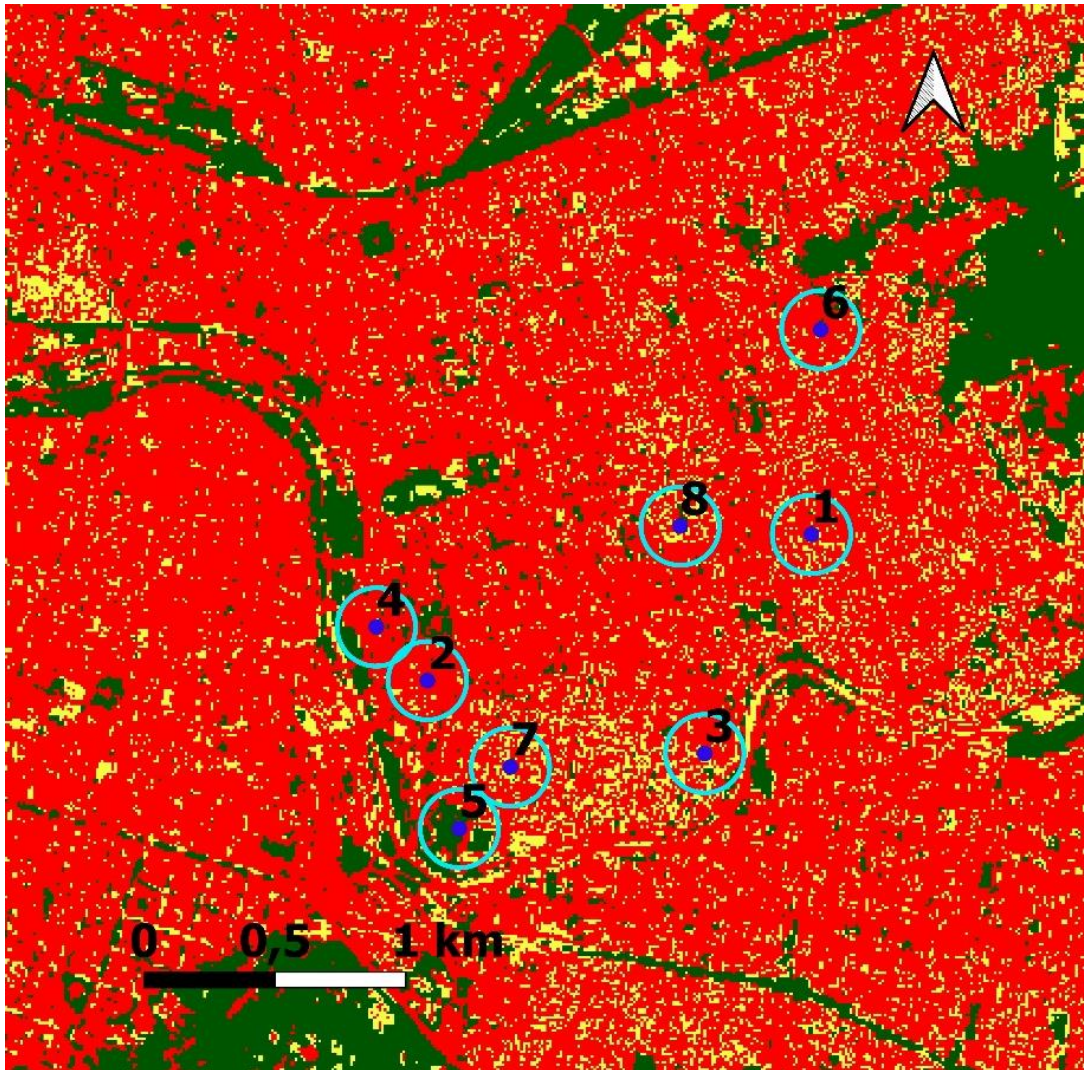


Figura 8A. Áreas circundantes de 150 metros alrededor de los sitios de muestreo correspondientes a la zona de urbanización alta. En rojo se observa la superficie impermeable, en amarillo el suelo desnudo y en verde la vegetación. Los sitios de muestreo se representan con puntos azules y las áreas circundantes con circunferencias en color celeste.

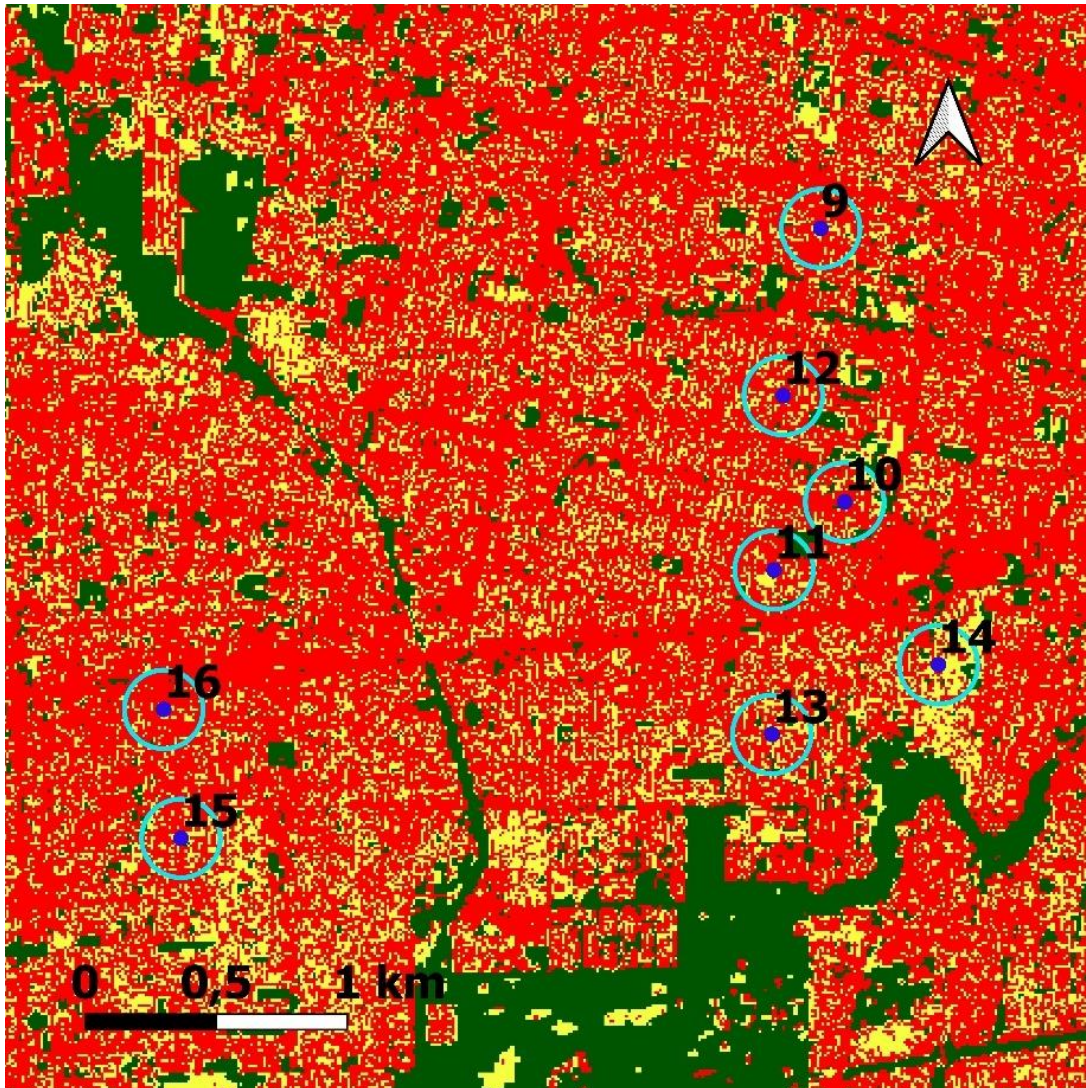


Figura 8B. Áreas circundantes de 150 metros alrededor de los sitios de muestreo correspondientes a la zona de urbanización intermedia. En rojo se observa la superficie impermeable, en amarillo el suelo desnudo y en verde la vegetación. Los sitios de muestreos se representan con puntos azules y las áreas circundantes con circunferencias en color celeste.

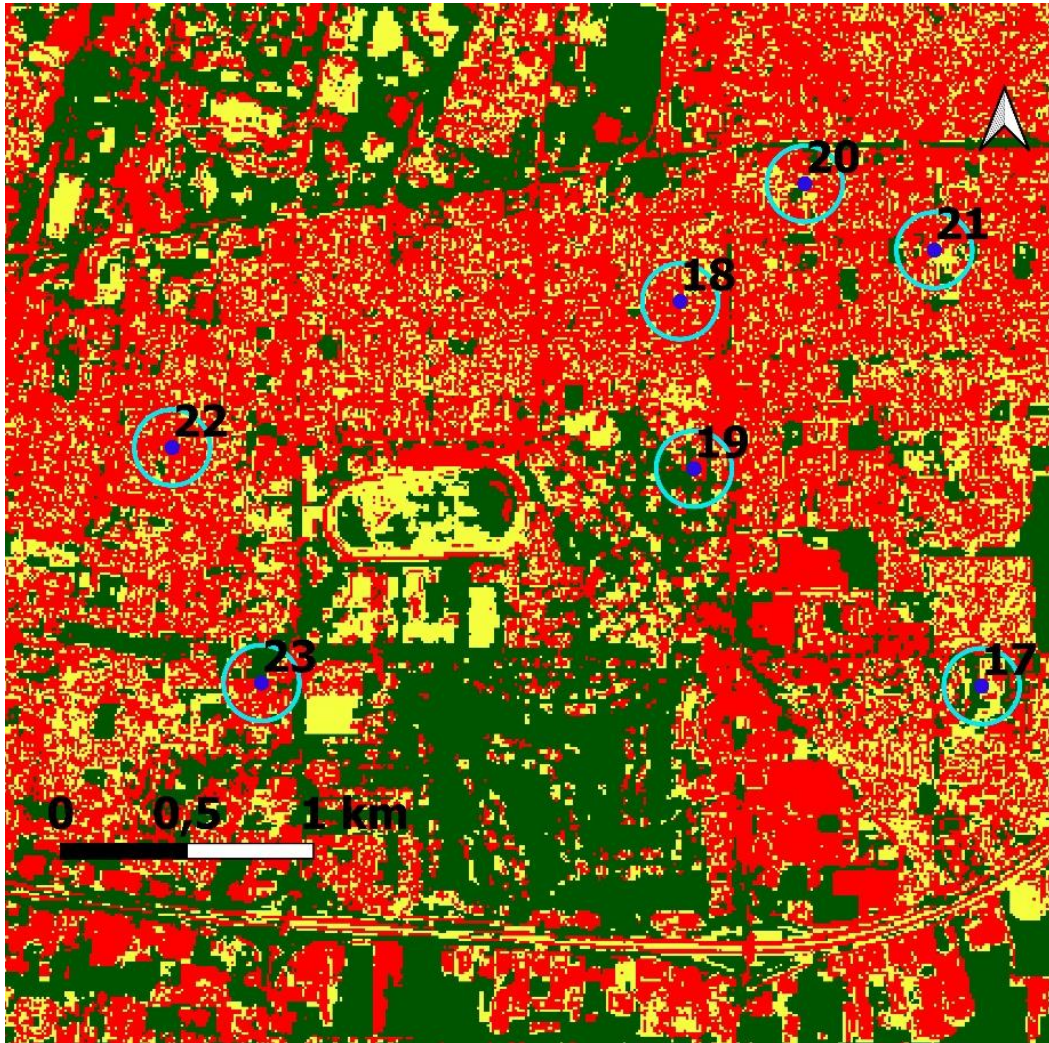


Figura 8C. Áreas circundantes de 150 metros alrededor de los sitios de muestreo correspondientes a la zona de urbanización baja. En rojo se observa la superficie impermeable, en amarillo el suelo desnudo y en verde la vegetación. Los sitios de muestreos se representan con puntos azules y las áreas circundantes con circunferencias en color celeste.

VARIABLES AMBIENTALES OBTENIDAS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS: Los valores de variables obtenidas de estaciones meteorológicas se obtuvieron a partir de los datos registrados durante el periodo comprendido del 19 de septiembre de 2019 al 15 de marzo de 2020 en tres estaciones meteorológicas próximas a cada una de las zonas de urbanización establecidas (Tabla 5), pertenecientes al Programa Red de Estaciones Meteorológicas (<https://newmagya.omixom.com>) y al Observatorio Meteorológico de Córdoba

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

(<https://www.smn.gob.ar>). Cada sitio de muestreo se asoció a la estación meteorológica más cercana, la cual se encontraba a una distancia máxima de 3 km de los mismos.

Se obtuvieron los datos diarios de temperatura mínima, máxima y media, humedad relativa mínima, máxima y media, presión atmosférica mínima, máxima y media, así como también precipitaciones acumuladas.

Estación meteorológica	Ubicación	Sitios asociados	Zona
1	Sede de Empresa Provincial de Energía de Córdoba en barrio Centro	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	Urbanización alta
2	Observatorio Meteorológico de Córdoba en barrio Observatorio	9,10,11,12,13,14,15,16	Urbanización intermedia
3	Laboratorio de hidráulica de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales en Ciudad Universitaria	17,18,19,20,21,22,23,24	Urbanización baja

Tabla 5. Estaciones meteorológicas de las cuales se obtuvieron los datos de las variables ambientales, su ubicación en la ciudad, sitios asociados a cada una y zona con nivel de urbanización.

4.2.3. Análisis exploratorios y descriptivos

Se trabajó con dos variables respuestas: el número de huevos colectados semanalmente en el exterior de cada vivienda y el número total de huevos colectados en el exterior de la vivienda de cada sitio, de tal modo que permitiera explicar la variación en la actividad de oviposición debida a la influencia de las características urbanas, temporal y espacialmente.

Se llevaron a cabo análisis exploratorios y descriptivos con el uso del programa estadístico InfoStat versión estudiantil (www.infostat.com.ar). Se realizó un resumen de la información recolectada sobre la actividad de oviposición y las variables explicativas utilizando gráficos y tablas. A su vez, con los valores medios, mínimos y máximos de los Índices Normalizados de Diferencia de Vegetación (NDVI) y Edificación (NDBI) obtenidos por sitio se realizaron

ANOVA entre las tres zonas estudiadas para corroborar las diferencias en el nivel de urbanización.

Se realizó un ANOVA de Kruskal-Wallis para determinar si existían diferencias significativas entre la cantidad de huevos recolectados entre las zonas con diferente nivel de urbanización. Posteriormente, también se efectuó un ANOVA de Kruskal-Wallis para determinar si las diferencias en el número de huevos colectados semanalmente en el exterior entre sitios de muestreo fueron significativas en los ANOVA realizados,

Con el fin de equilibrar su peso y evitar errores producidos por las diferentes unidades de medida de cada variable, se estandarizaron todas las variables explicativas y se llevaron a cabo ANOVA y ANOVA de Kruskal-Wallis, según correspondiera, con un nivel de significación de 0,05 para determinar la existencia de diferencias que pudieran presentarse entre las zonas con diferentes niveles de urbanización.

La colinealidad entre las variables explicativas que serían posteriormente incorporadas a los modelos se evaluó mediante correlaciones (Spearman), de manera que solo se consideren las variables con correlación $< 0,7$. También se calculó la correlación de las mismas con el número de huevos colectados semanalmente en el exterior entre los sitios de muestreo.

4.2.4. Reordenamiento de los sitios en los diferentes niveles de urbanización

Debido a que las zonas no se lograron diferenciar de forma adecuada en los ANOVA realizados, se procedió a reasignar los sitios de muestreo a los niveles de urbanización. De esta forma se obtuvieron 2 ordenamientos: el primero en una escala de 1800 metros (en el que los sitios fueron asignados según la zona geográfica a la que pertenecían) y el segundo en una escala de 150 metros. Para este segundo ordenamiento, a manera exploratoria, se reorganizaron los sitios en función de los valores obtenidos de las variables explicativas medidas a través de sensores remotos satelitales. Se seleccionaron 8 sitios de muestreo para cada nivel de urbanización (alto, medio y bajo) y se contrastó los resultados con un análisis de componentes principales donde se incluyeron las variables proporción de superficie impermeable, proporción de vegetación, valor medio del Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación y valor medio del Índice Normalizado de Diferencia de Edificación. Se obtuvo un ordenamiento más adecuado que usaba como criterio el valor medio del Índice de Diferencia de Vegetación (Figura 9). Posteriormente se procedió a realizar ANOVA con

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

todas las variables obtenidas de sensores remotos satelitales y con la variable respuesta número total de huevos colectados en el exterior de cada sitio.

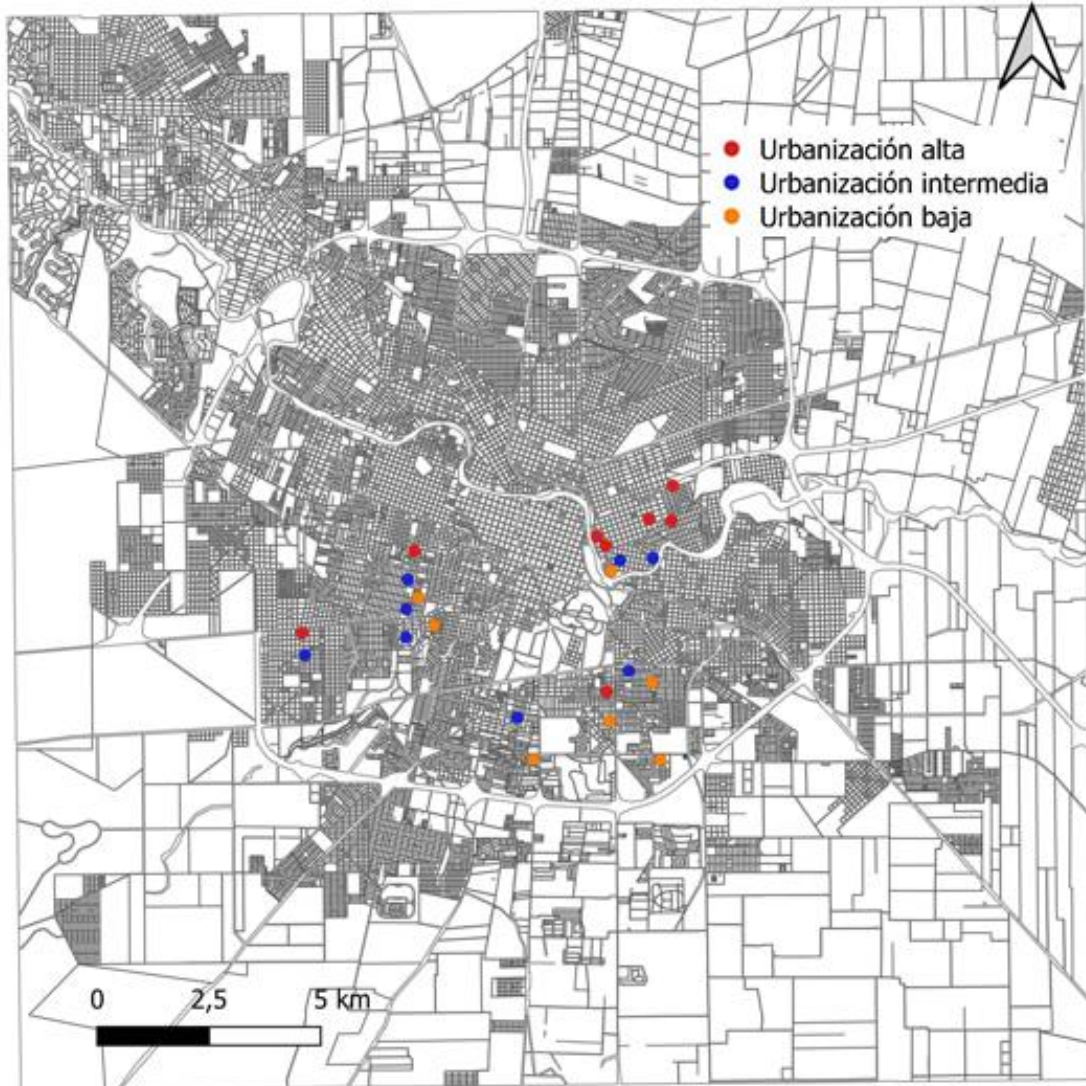


Figura 9. Mapa de la ciudad de Córdoba con la ubicación de los sitios luego del reordenamiento de los niveles de urbanización a una escala de 150 metros de radio. Los puntos rojos indican la ubicación de los sitios de muestreo en viviendas pertenecientes al nivel de urbanización alta, los azules al nivel de urbanización intermedia y los naranjas al nivel de urbanización baja.

4.3. Influencia de las características urbanas en la actividad de oviposición de *Ae. aegypti*

Se realizaron dos tipos de análisis: uno a escala espacio-temporal y otro a escala espacial con diferentes variables respuesta, diferentes procesamientos y modelos estadísticos (Tabla 6).

	Modelo a escala Espacio- temporal	Modelo a escala Espacial
Variable respuesta	Número de huevos colectados semanalmente en el exterior.	Número total de huevos colectados en el exterior en cada sitio (sumatoria de todos los huevos recolectados durante noviembre a marzo)
Variables explicativas	Variabes obtenidas de sensores remotos satelitales	Los 24 valores obtenidos para los sitios de muestreo se repiten por semana como una constante.
	Variabes obtenidas de estaciones meteorológicas	Un valor por semana para cada sitio de muestreo.
	Variabes con retardo temporal	Incluye.
	Variabes Cualitativas	No incluye.
		-Niveles de urbanización a una escala de 1800 metros de radio. -Niveles de urbanización a una escala de 150 metros de radio.
Modelo	Modelo Lineal Generalizado Mixto.	Modelo Lineal Generalizado.
N	345	24

Tabla 6. Comparación entre el modelo a escala espacio- temporal y a escala espacial, procesamiento de las variables y tipo de modelos aplicados.

Ambos análisis se realizaron utilizando solo los datos de las semanas que tuvieron todas sus ovitrampas activas por lo que aquellas con algunas de sus ovitrampas ausentes o que fueron destruidas se excluyeron del análisis. De esta forma se obtuvieron datos de un total de 15 semanas.

Análisis a escala espacio-temporal: La variable respuesta se definió como número de huevos colectados semanalmente en el exterior de cada vivienda. Con los datos diarios obtenidos de las estaciones meteorológicas, se calcularon valores semanales de las variables explicativas obtenidas de dichas estaciones (Tabla 7).

Debido a que la influencia de las variables ambientales sobre la supervivencia y abundancia del vector se da a lo largo de su ciclo de vida, se consideraron las variables obtenidas de estaciones meteorológicas con retardo en el tiempo (Estallo *et al.*, 2012). Tomando como referencia el trabajo realizado en Córdoba por Benítez *et al.* (2020) empleando ovitrampas y en el que se analiza la influencia de variables obtenidas de estaciones meteorológicas con retardo en el tiempo, se calcularon tales retardos considerando los valores de las variables explicativas, que afectan significativamente la actividad de oviposición del vector, en un intervalo de tiempo $(t-n, t-1)$ donde “ t ” es una semana específica en las que se retiran las ovitrampas, “ n ” es el número de semanas antes de “ t ” y “ $t-1$ ” se refiere a la semana inmediatamente anterior a la que se colectaron los huevos. Por lo tanto, un intervalo de tiempo $(t-4, t-1)$ considera los valores de las variables desde 4 semanas antes del retiro de las ovitrampas hasta la semana anterior. De esta manera se consideró en los análisis la presión atmosférica media en $(t-4, t-1)$, temperatura mínima en $(t-7, t-1)$ y precipitaciones acumuladas en $(t-4, t-1)$.

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

Variables	Código
Temperatura media	Tmed
Temperatura mínima	Tmin
Temperatura máxima	Tmax
Temperatura mínima con retardo de siete semanas	TminR7
Humedad relativa media	Hmed
Humedad relativa mínima	Hmin
Humedad relativa máxima	Hmax
Precipitaciones acumuladas	Prec
Precipitaciones acumuladas con retardo de cuatro semanas	PrecR4
Presión atmosférica media	Pmed
Presión atmosférica mínima	Pmin
Presión atmosférica máxima	Pmax
Presión atmosférica media con retardo de cuatro semanas	PmedR4
Proporción de superficie impermeable en 150 metros de radio	SIm
Proporción de suelo desnudo en 150 metros de radio	Suelo
Proporción de cobertura de vegetación en 150 metros de radio	Veg
Distancia al cuerpo de agua más cercano	Agua
Valor medio del Índice Normalizado de Diferencia de Edificación	NDBImed
Valor mínimo del Índice Normalizado de Diferencia de Edificación	NDBImin
Valor máximo Índice del Normalizado de Diferencia de Edificación	NDBImax
Valor medio del Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación	NDVImed
Valor mínimo del Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación	NDVimin
Valor máximo del Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación	NDVImax

Tabla 7. Variables utilizadas para explicar la actividad de oviposición de *Ae. aegypti* en el modelo a escala espacio-temporal.

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

La distancia al cuerpo de agua más cercano, índices espectrales y las proporciones de coberturas de suelo se consideraron como constantes para cada sitio de muestreo y el valor calculado se aplicó en todas las semanas, obteniéndose así 24 valores en total, con el fin de determinar si tienen influencia sobre el número de huevos semanales obtenidos.

Análisis a escala espacial: En este análisis la variable respuesta utilizada se definió como el número total de huevos colectados en el exterior de cada sitio. Las variables explicativas obtenidas a través de sensores remotos satelitales se calcularon a partir de una única imagen satelital y con los datos obtenidos de las variables obtenidas de estaciones meteorológicas se calculó la media aritmética de cada una de ellas en el periodo completo, obteniendo un único valor para cada sitio de muestreo (Tabla 8). En el caso de las precipitaciones acumuladas, se sumaron los volúmenes de precipitación ocurridas en todo el periodo de estudio. En este análisis se incluyó como variables cualitativas a los niveles de urbanización en una escala de 1800 metros de radio (zonas) y en una escala de 150 metros de radio.

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

VARIABLES	CÓDIGO
Temperatura media del periodo completo	TmedPC
Temperatura mínima media del periodo completo	TminPC
Temperatura máxima media del periodo completo	TmaxPC
Humedad relativa media del periodo completo	HmedPC
Humedad relativa mínima media del periodo completo	HminPC
Humedad relativa máxima media del periodo completo	HmaxPC
Precipitaciones acumuladas del periodo completo	PrecPC
Presión atmosférica media del periodo completo	PmedPC
Presión atmosférica mínima del periodo completo	PminPC
Presión atmosférica máxima del periodo completo	PmaxPC
Proporción de superficie impermeable en 150 metros de radio	SIm
Proporción de suelo desnudo en 150 metros de radio	Suelo
Proporción de cobertura de vegetación en 150 metros de radio	Veg
Distancia al cuerpo de agua más cercano	Agua
Valor medio del Índice Normalizado de Diferencia de Edificación	NDBImed
Valor mínimo del Índice Normalizado de Diferencia de Edificación	NDBImin
Valor máximo del Índice Normalizado de Diferencia de Edificación	NDBImax
Valor medio del Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación	NDVImed
Valor mínimo del Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación	NDVImin
Valor máximo del Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación	NDVImax
Zona o nivel de urbanización a una escala de 1800 metros de radio	Zona
Nivel de urbanización a una escala de 150 metros de radio	Nurb

Tabla 8. Variables utilizadas para explicar la actividad de oviposición de *Ae. aegypti* en el modelo a escala espacial.

4.3.1. Análisis estadísticos

El análisis a escala espacio-temporal se realizó aplicando Modelos Lineales Generalizados Mixtos (GLMMs) los cuales permiten el uso de distribuciones diferentes a la normal en las variables respuestas (como Binomiales, Poisson, Gamma y otras pertenecientes a la familia exponencial) e incluir factores aleatorios con el objetivo de modelar la falta de independencia entre los niveles de la variable y/o estudiar la variabilidad entre los niveles. En este caso, se incluyeron los sitios de muestreo como factor aleatorio, para modelar la dependencia espacial, ya que se trata de un diseño con observaciones repetidas. El análisis a escala espacial se realizó utilizando modelos lineales generalizados (GLM-Generalized Linear Models).

En ambos casos se empleó la distribución Binomial Negativa, la cual es apropiada para datos de conteos con sobredispersión (cuando el cociente entre la varianza y la media es mayor a uno), y la función de enlace logaritmo (log). Se construyeron modelos univariados para cada una de las variables explicativas para luego encarar el modelo multivariado.

El Criterio de Información de Akaike (AIC) es un método matemático que permite comparar el ajuste entre modelos y seleccionar el más parsimonioso, considerándose mejor aquel que obtenga el menor valor de AIC (Akaike, 1974). Se compararon los valores de AIC obtenidos en los GLMM (n=345) y se utilizó el Criterio de Información de Akaike corregido (AICc) en los GLM (n= 24) por ser más adecuado para comparar modelos que operan con pequeños tamaños muestrales.

El modelo univariado con menores valores de AIC y AICc se utilizó como punto de partida al que se adicionaron una a una las demás variables explicativas que estarían afectando la actividad de oviposición del vector, con la finalidad de obtener el mejor modelo multivariado explicativo. Se excluyeron las combinaciones lineales de aquellas variables con un valor de Coeficiente de Spearman $\geq 0,7$.

Los GLM y GLMM fueron desarrollados con el programa de procesamiento estadístico de libre acceso R (v.4.1.1; R Core Team, 2021).

4.4. Comparación de la actividad de oviposición de *Ae. aegypti* entre el interior y exterior de las viviendas

Se analizó la distribución semanal del número de huevos colectados tanto en el interior como en el exterior de las viviendas para determinar los periodos de mayor y menor actividad de oviposición de *Ae. aegypti*. A continuación, se aplicaron pruebas no paramétricas de Wilcoxon para muestras apareadas con un nivel de significación del 5 % con el fin de establecer si existían diferencias entre el interior y exterior teniendo en cuenta los periodos según la magnitud de la actividad de oviposición

5. RESULTADOS

5.1. Comparación de la actividad de oviposición de *Ae. aegypti* entre sitios con diferentes características urbanas determinadas por medio del uso de sensores remotos satelitales y estaciones meteorológicas (Objetivo 1).

5.1.1. Análisis descriptivo espacial

Se colocaron a campo 345 ovitrampas en el exterior de las viviendas, de éstas el 67,54% (n=233) contenían huevos de *Ae. aegypti*, recolectándose 4916 en total. Contabilizando sólo las semanas con todas sus ovitrampas activas, 15 semanas de muestreo fueron consideradas. Los valores fueron obtenidos de 23 sitios de muestreo ya que uno de ellos fue excluido de los análisis debido a que presentaba gran cantidad de datos perdidos.

El sitio 15 (con 415) y el sitio 8 (con 393) fueron los lugares donde se obtuvo mayor cantidad de huevos en todo el periodo muestreado, correspondientes a las zonas de urbanización intermedia y alta respectivamente. Por el contrario, el sitio 10 (zona de urbanización intermedia) con 1 huevo y el sitio 22 (zona de urbanización baja) con 6, fueron los sitios donde se encontró menor abundancia de estos (Figura 10).

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba



Figura 10. Número de huevos totales por sitio de muestreo en el exterior. El color rojo corresponde a la zona de urbanización alta, el azul a la zona de urbanización intermedia y el naranja a la zona de urbanización baja.

Los mapas obtenidos con el cálculo de los NDVI y NDBI en la ciudad de Córdoba se observan en Figura 11 y 12.



Figura 11. NDVI calculado para la ciudad de Córdoba (imagen satelital Sentinel 2 correspondiente al 19 de febrero de 2020). Los sitios de muestreo son indicados con puntos azules.

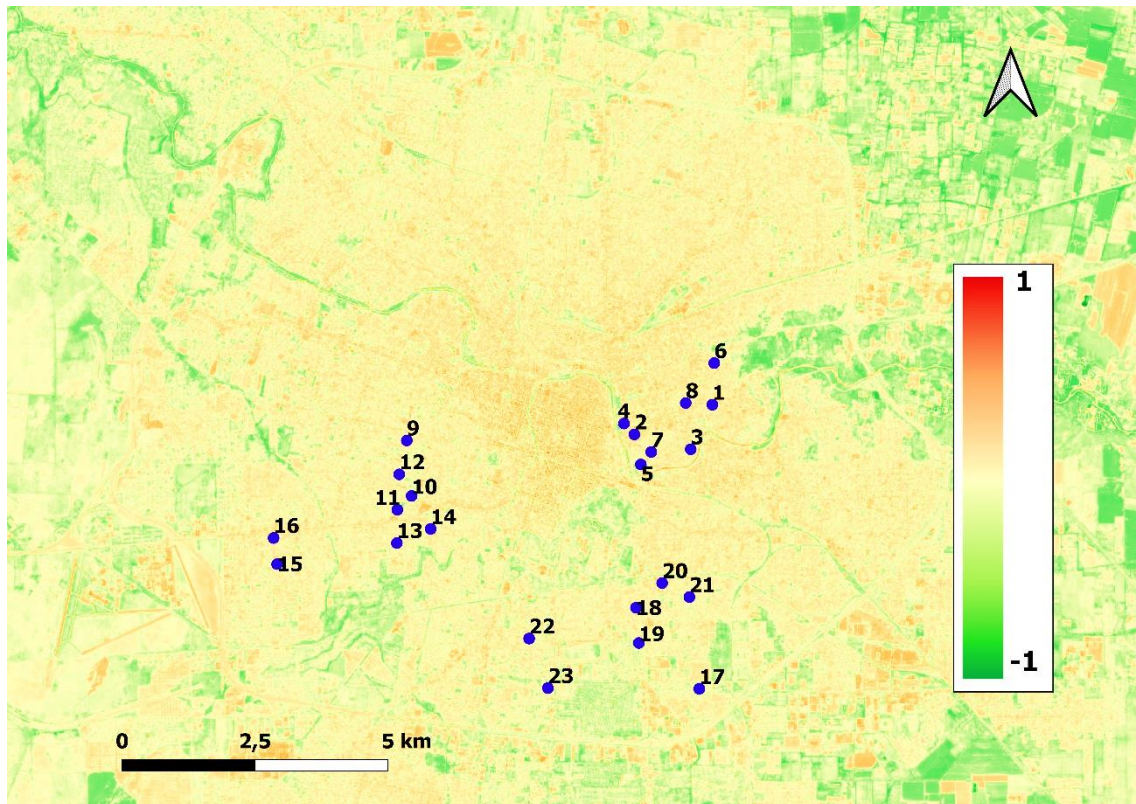


Figura 12. NDBI calculado para la ciudad de Córdoba (imagen satelital Sentinel 2 correspondiente al 19 de febrero de 2020). Los sitios de muestreo son indicados con puntos azules.

En la escala de 1800 metros de radio, el ANOVA realizado con NDVI_{med} y NDBI_{max} mostraron diferencias significativas entre las zonas de urbanización alta y baja. No se encontraron diferencias en valores del NDVI_{med} entre la zona intermedia y las zonas alta y baja. En los valores del NDBI_{max} tampoco se hallaron diferencias entre la zona de urbanización intermedia y baja. Los valores p obtenidos en los ANOVA realizados con los valores medios, mínimos y máximos de los índices espectrales se observan en la Tabla 9.

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

VARIABLES	P
NDBImed	0,1385
NDBImin	0,8979
NDBImax	0,0023*
NDVImed	0,0416*
NDVimin	0,4093
NDVImax	0,3963

Tabla 9. Valores de p obtenidos de los ANOVA realizados entre las tres zonas estudiadas a la escala de 1800 metros de radio.

Por otra parte, los ANOVA realizados con la escala de 150 metros de radio hallaron diferencias significativas ($p < 0,0001$) entre los tres niveles de las variables NDVImed, NDBImed y proporción de superficie impermeable.

El mapa temático de cobertura de suelo de la ciudad de Córdoba, obtuvo un total de 61,7 % de vegetación, 15,4 % de suelo desnudo y 22,9 % de superficie impermeable. La clase “agua” no fue incluida en este procesamiento ya que ninguna de las áreas circundantes a los sitios de muestreo abarcaba algún cuerpo de agua.

La clasificación contó con un valor de índice de Kappa de 0,83, siendo considerada casi perfecta según la valoración de Landis y Koch, y un valor de 0,88 para el índice de exactitud global. En las Figura 13 A, B y C se muestra una ampliación de las tres zonas estudiadas para una escala de 1800 metros de radio.

Los sitios con mayor vegetación correspondieron a los sitios 19 y 17 (zona de urbanización baja) y 5 (zona de urbanización alta) con valores de proporción de vegetación de más de 0,40, mientras que los sitios de mayor superficie impermeable están en la zona de urbanización alta (1, 2 y 3) con valores de proporción de superficie impermeable mayores a 0,80.

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

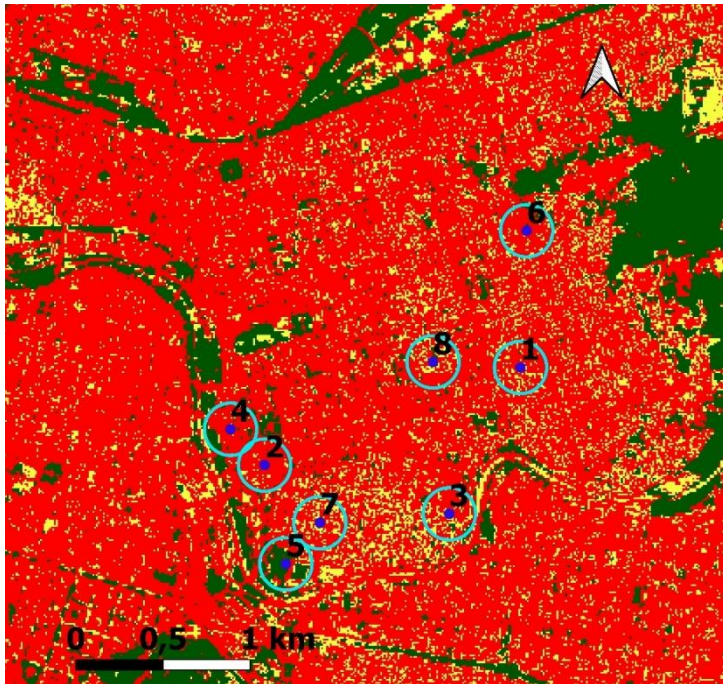


Figura 13A. Acercamiento a la zona de urbanización alta con sus respectivos sitios de muestreo en azul y las áreas circundantes en celeste. En rojo se observa la superficie impermeable, en amarillo el suelo desnudo y en verde la vegetación.

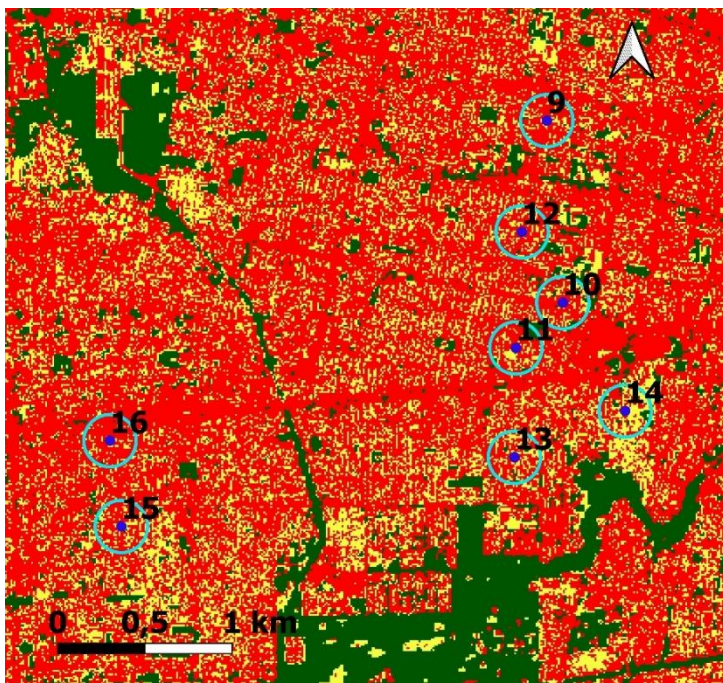


Figura 13B. Acercamiento a la zona de urbanización intermedia con sus respectivos sitios de muestreo en azul y las áreas circundantes en celeste. En rojo se observa la superficie impermeable, en amarillo el suelo desnudo y en verde la vegetación.

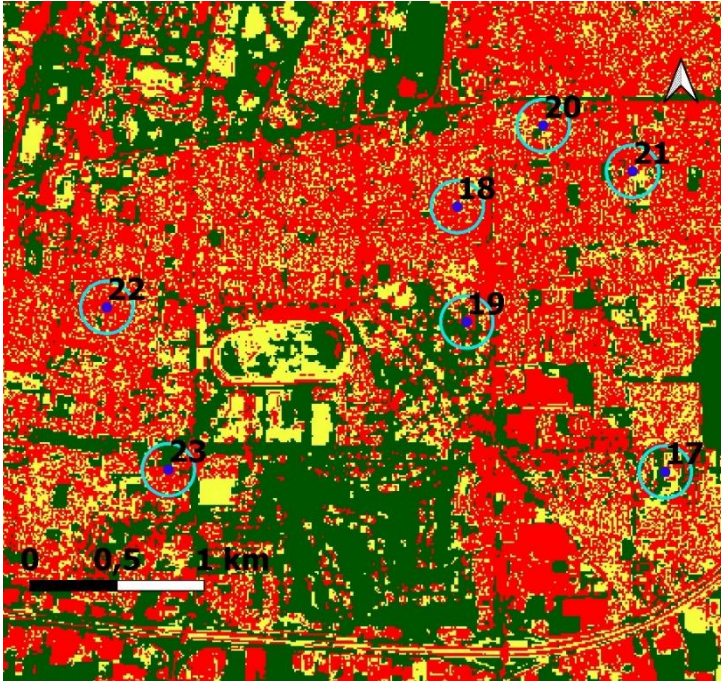


Figura 13C. Acercamiento de la zona de urbanización baja con sus respectivos sitios de muestreo en azul y las áreas circundantes en celeste. En rojo se observa la superficie impermeable, en amarillo el suelo desnudo y en verde la vegetación.

La mayor abundancia de huevos se encontró en los sitios 8, 13, 15 y 17, distribuidos entre las tres zonas estudiadas, que presentaban características urbanas como valores de proporción de superficie impermeable entre 0,62 y 0,75, de suelo desnudo entre 0,22 y 0,33 y de vegetación entre 0,02 y 0,04 (Figura 14 A-C). A excepción del sitio 17 (zona de urbanización baja) que obtuvo una proporción de superficie impermeable de 0,27, de suelo desnudo de 0,32 y de vegetación de 0,40 (Figura 14D).

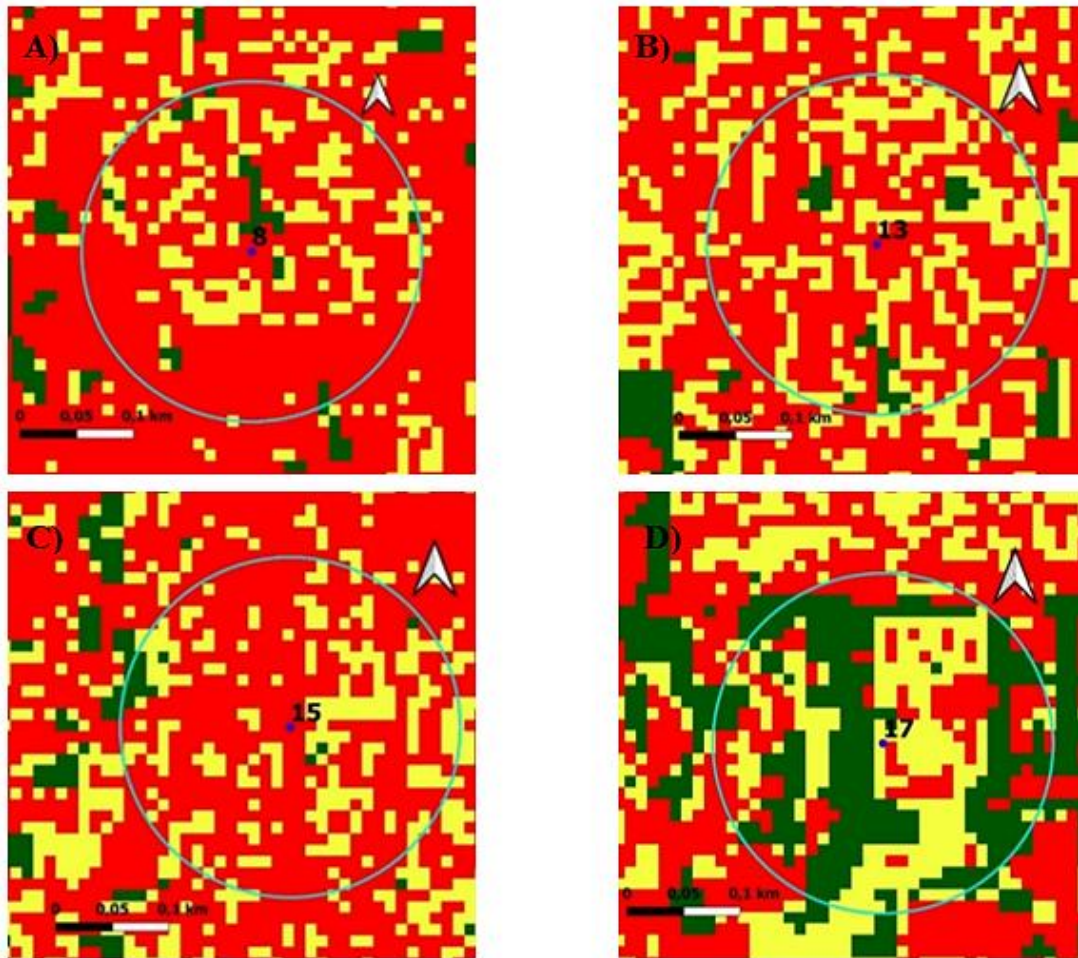


Figura 14. Acercamiento a las áreas circundantes de los sitios de muestreos con mayor número de huevos colectados. Los sitios se señalan con puntos azules y las áreas circundantes con circunferencias celestes. En rojo se indica la superficie impermeable, en verde la vegetación y en amarillo el suelo desnudo. **A.** Acercamiento al área circundante del sitio de muestreo 8. **B.** Acercamiento al área circundante del sitio de muestreo 13. **C.** Acercamiento al área circundante del sitio de muestreo 15. **D.** Acercamiento al área circundante del sitio de muestreo 17.

Por otra parte, los sitios 7, 10, 22 (perteneciente uno a cada zona estudiada) donde se colectaron menor número de huevos, obtuvieron valores de proporción de superficie impermeable entre 0,68 y 0,73, de suelo desnudo entre 0,24 y 0,26 y de vegetación entre 0,01 y 0,07 (Figura 15).

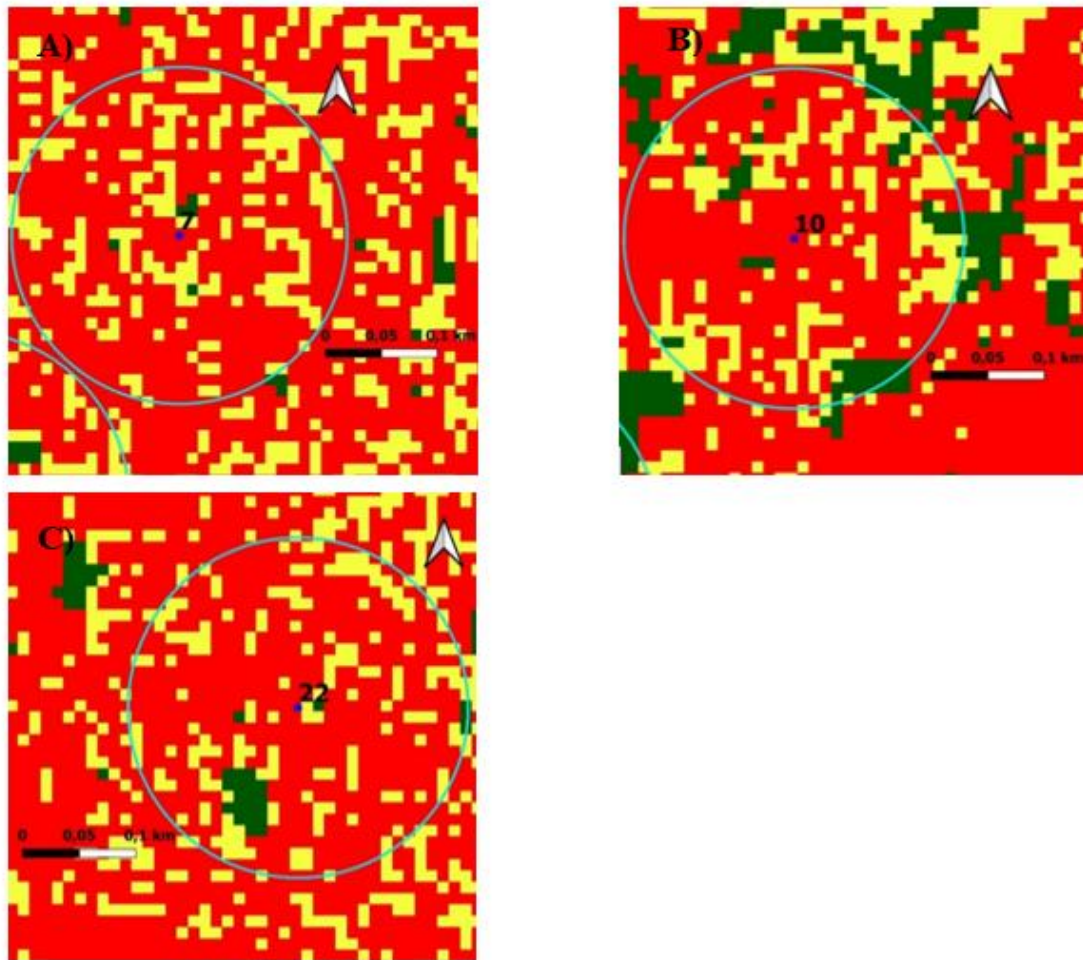


Figura 15. Acercamiento al área circundante de los sitios de muestreos con menor número de huevos colectados. Los sitios se señalan con puntos azules y las áreas circundantes con circunferencias celestes. En rojo se indica la superficie impermeable, en verde la vegetación y en amarillo el suelo desnudo. **A.** Acercamiento al área circundante del sitio de muestreo 7. **B.** Acercamiento al área circundante del sitio de muestreo 10. **C.** Acercamiento al área circundante del sitio de muestreo 22.

En cuanto a la distancia al agua en la zona de urbanización alta se ubican los sitios más cercanos a algún cuerpo de agua, en este caso, el Río Suquía, a una distancia promedio de 402,7 metros. Los sitios 3 y 4 son los más cercanos, ubicándose a una distancia de 161 y 169 metros de este río. Esto contrasta con las zonas de urbanización intermedia y baja que obtuvieron promedio de 1068,3 y 1741,8 metros respectivamente. Tanto los sitios con mayor cantidad de huevos como con menor se encontraban a una distancia de entre 1000 y 2500 metros del agua.

5.1.2. Análisis descriptivo temporal

Se cuantificaron 1349 huevos en la zona de urbanización alta, 1357 en la zona de urbanización intermedia y 1183 en la zona de urbanización baja. Las primeras oviposturas se registraron a principios de noviembre (semana 1) en la zona de urbanización baja en el sitio de muestreo 21, ubicada en barrio San Pablo, donde se obtuvo una proporción de superficie impermeable de 0,57, suelo desnudo de 0,29 y vegetación de 0,14. La semana 16 (febrero) fue en la que se registró mayor abundancia de huevos en esta zona. En las zonas de urbanización alta e intermedia, las primeras oviposturas se registraron durante la semana 3 y 2 respectivamente. Mientras que en la zona de urbanización alta el mayor número de huevos se ubicó en la semana 18 (febrero), en la zona intermedia ocurrió en enero (semanas 12 y 13) (Figura 16-19). En ambas se observa una disminución en la abundancia durante la última semana (marzo), aunque para lograr determinar el fin del periodo de oviposición del vector sería necesario continuar con el muestreo más allá del periodo de estudio abarcado en este proyecto.

Las mayores temperaturas se registraron a principio de diciembre (semana 5) con temperaturas máximas de 43,85 °C en la zona de urbanización baja, las temperaturas mínimas por su parte se registraron en noviembre (semana 4) cuyo menor valor (8,64 °C) se registró también en la zona de urbanización baja. En la Figura 16, se observa que el número de huevos aumenta a medida que aumenta la temperatura mínima con retardo de siete semanas en el periodo noviembre- enero.

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

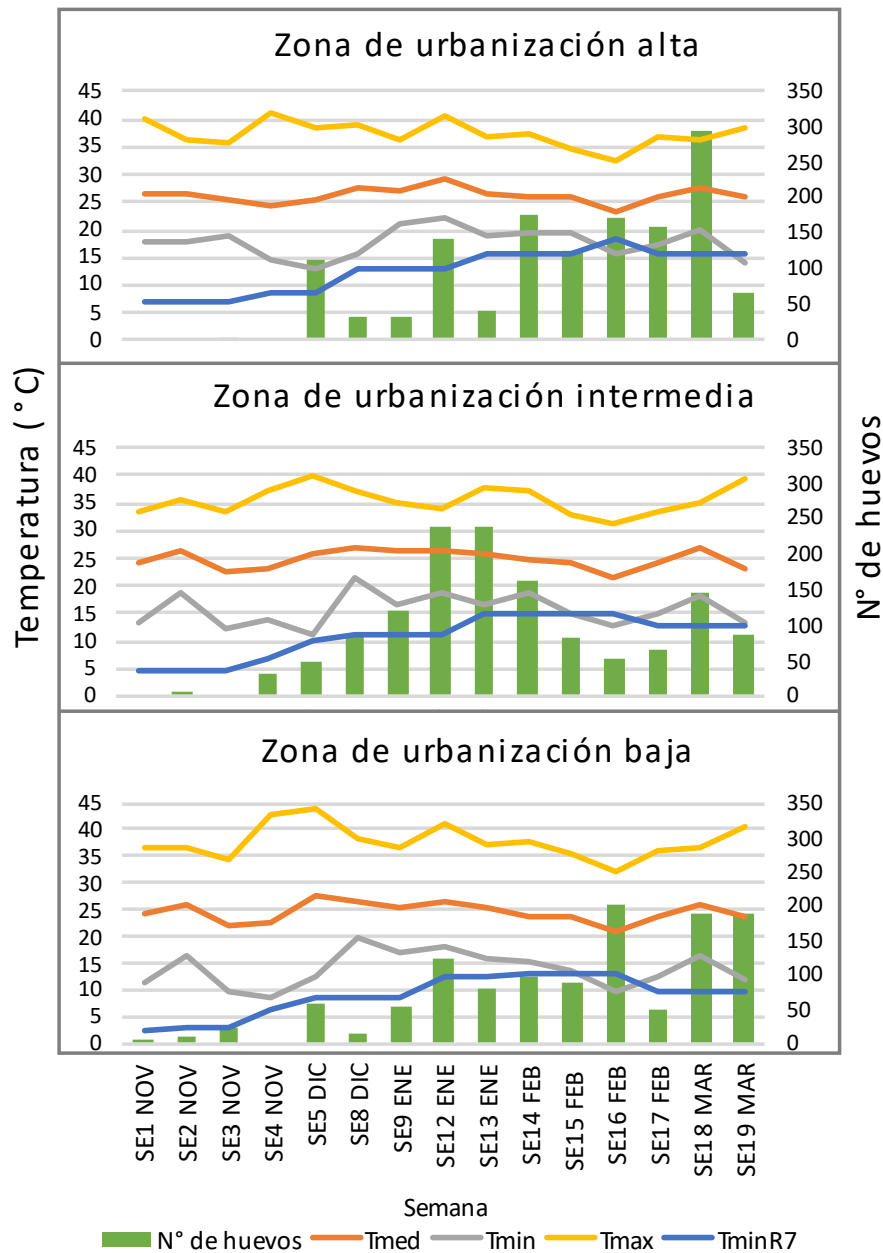


Figura 16. Variación temporal de las temperaturas y abundancia de huevos de *Ae. aegypti* en las tres zonas estudiadas.

Se registraron dos momentos con mayores valores de precipitaciones acumuladas simultáneos en las tres zonas, en los meses de diciembre (semana 8) y febrero (semana 14) contabilizando en promedio 86,73 mm en la primera vez y 84,4 mm en la segunda (Figura 17).

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

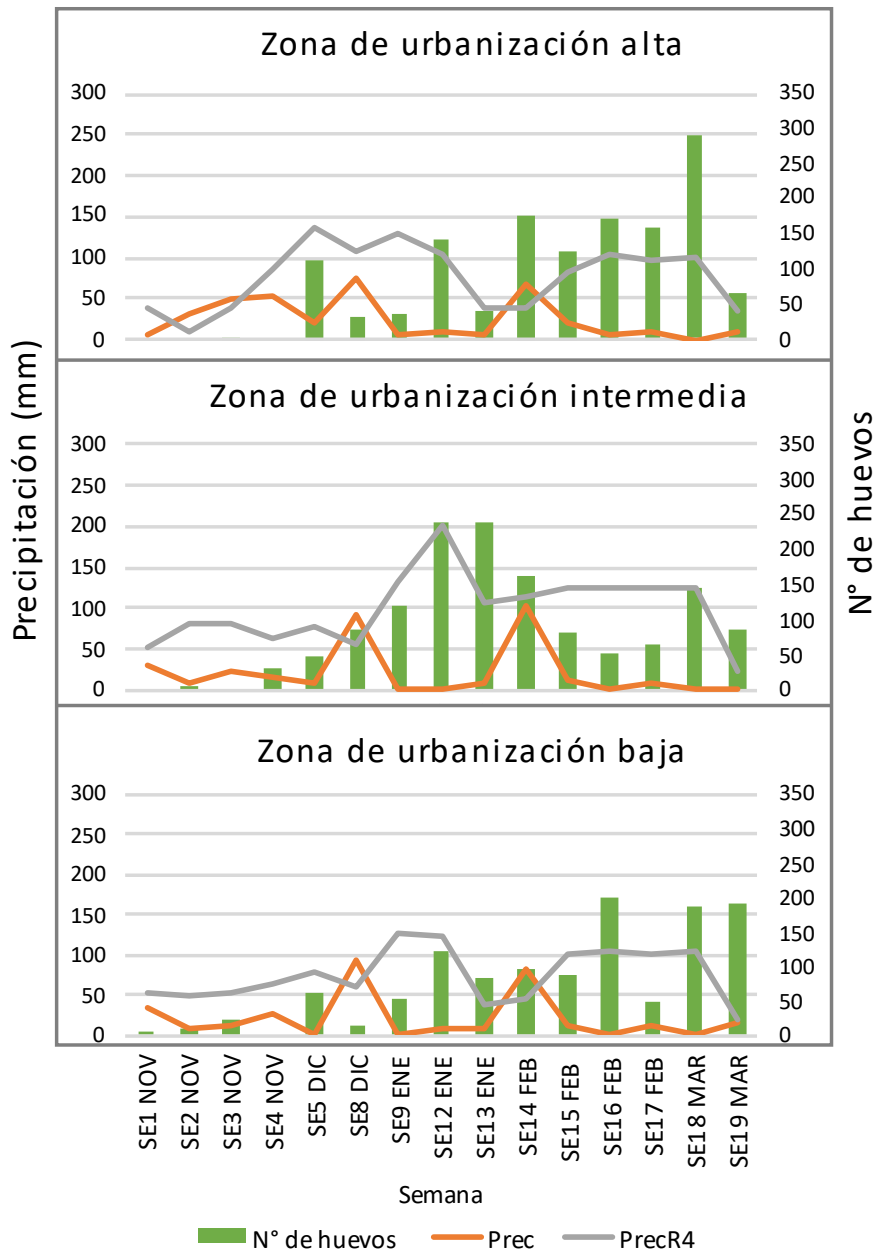


Figura 17. Variación temporal de la abundancia de huevos de *Ae. aegypti* y las precipitaciones en las zonas estudiadas.

No se observa a simple vista que la presión atmosférica y el porcentaje de humedad relativa se encuentren relacionados con la variación temporal del número de huevos (Figura 18-19). La zona de urbanización intermedia presenta valores más altos en las presiones atmosféricas medias, mínimas y máximas en comparación con las otras dos zonas estudiadas. Además, la zona de urbanización alta presenta mayores porcentajes de humedad relativa máxima.

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

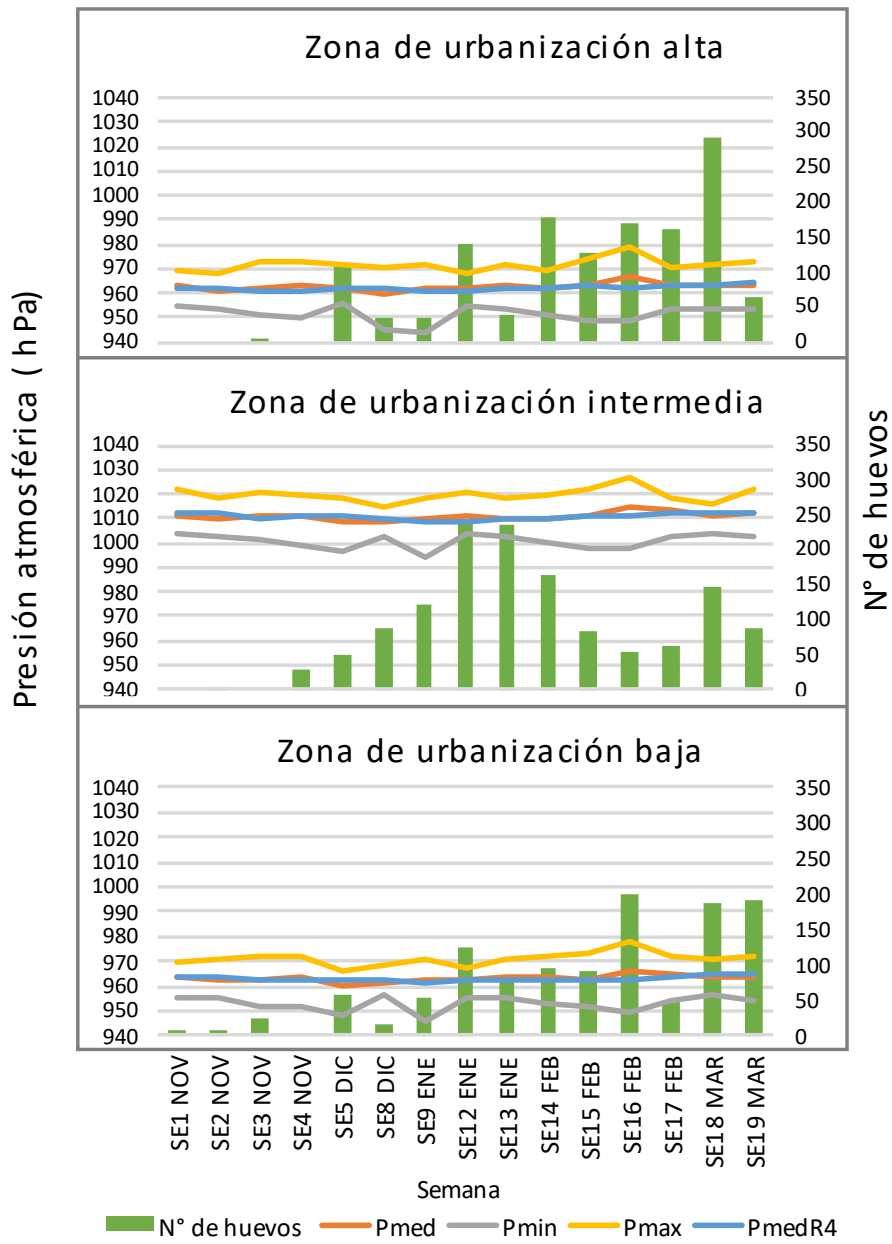


Figura 18. Variación temporal de la abundancia de huevos de *Ae. aegypti* y la presión atmosférica en las zonas estudiadas.

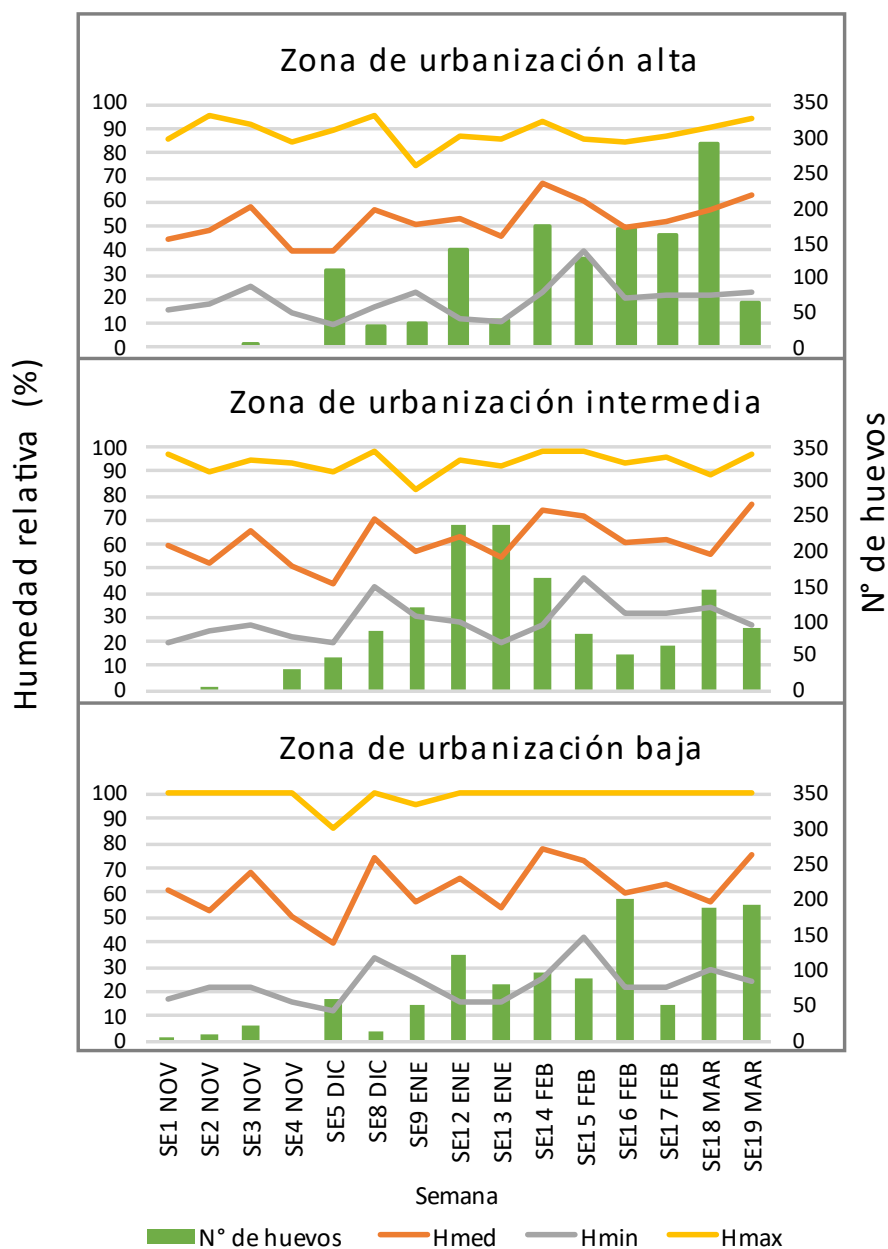


Figura 19. Variación temporal de la abundancia de huevos de *Ae. aegypti* y porcentajes de humedad relativa registrada en las zonas estudiadas.

5.1.3. Diferencias estadísticas entre zonas con diferentes niveles de urbanización

El ANOVA de Kruskal-Wallis realizado sobre la variable respuesta número de huevos colectados semanalmente en el exterior ($p= 0,9975$) no arrojó diferencias para el número de huevos medios semanales entre las tres zonas estudiadas a una escala de 1800 metros de radio (Tabla 10). Tampoco se hallaron diferencias entre zonas en el número de huevos para

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

cada una de las semanas del muestreo ($p > 0,05$). En cambio, sí se encontraron diferencias entre las medias de los sitios muestreados en el análisis a escala espacio-temporal. Sin embargo, si bien la prueba de Kruskal Wallis arrojó un valor de $p = 0,003$, al realizarse el test de comparación múltiple de a pares se encontró que no es posible establecer agrupaciones bien definidas entre ellos y que únicamente el sitio 15, donde se obtuvo la mayor cantidad de huevos, difería claramente de otros dos sitios (10 y 22) en los que se recolectaron el menor número de huevos. Tampoco se encontraron diferencias en la variable número total de huevos colectados en el exterior de cada sitio entre los niveles de urbanización en una escala de 1800 metros de radio ($p = 0,9999$) y en la escala de 150 metros de radio ($p = 0,7710$).

Zona	Media de huevos colectados semanalmente
Zona de urbanización alta	11,34
Zona de urbanización intermedia	11,31
Zona de urbanización baja	11,27

Tabla 10. *Medias de huevos registrados semanalmente en el exterior de las viviendas según las diferentes zonas.*

Los ANOVA de Kruskal Wallis realizados con todas las variables explicativas obtenidas de estaciones meteorológicas (temperaturas, humedades relativas, presiones atmosféricas y variables con retardo) a excepción de las precipitaciones acumuladas, obtuvieron un valor de $p = 0,001$ estableciendo que existen diferencias significativas entre las zonas en estudio (Tabla 11). La zona de urbanización alta, y por lo tanto los sitios de muestreo asociados, tiende a ser más cálida y menos húmeda en comparación con las otras dos. A su vez, la zona de urbanización baja es el área con mayor porcentaje de humedad y amplitud térmica. Los resultados obtenidos para temperatura mínima con retardo de siete semanas coinciden, al encontrarse los mayores valores en la zona de urbanización alta y los menores en la zona de urbanización baja. La zona de urbanización intermedia registra mayores valores de precipitación con retardo de 4 semanas y de presión atmosférica media, mínima y máxima. También se obtuvieron diferencias significativas en los ANOVA realizados con las variables proporción de suelo desnudo, distancia al cuerpo de agua más cercano, NDVI_{med} y NDBI_{max}.

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

Variable	p	Comparación entre zonas
Tmed	0,0001	La zona de urbanización baja registra mayores valores que las zonas de urbanización intermedia y alta
Tmin	0,0001	La zona de urbanización alta registra los valores mayores y la zona de urbanización baja, los menores.
Tmax	0,0001	La zona de urbanización intermedia reportó valores menores que las zonas de urbanización alta y baja
TminR7	0,0001	La zona de urbanización alta registra los valores mayores y la zona de urbanización baja, los menores.
Pmed	0,0001	La zona de urbanización intermedia reporta valores mayores que las zonas de urbanización alta y baja
Pmin	0,0001	La zona de urbanización intermedia reporta los mayores valores y la zona de urbanización alta, los menores
Pmax	0,0001	La zona de urbanización intermedia reportó valores mayores que las otras dos zonas.
PmedR4	0,0001	La zona de urbanización intermedia registra los valores mayores y la zona de urbanización alta, los menores
Hmed	0,0001	Se detectaron menores porcentajes en la zona de urbanización alta en comparación a las otras dos zonas
Hmin	0,0001	Se detectaron menores porcentajes en la zona de urbanización alta y mayores en la zona de urbanización intermedia
Hmax	0,0001	Se detectaron menores porcentajes en la zona de urbanización alta y mayores en la zona de urbanización baja
PrecR4	0,0001	La zona de urbanización intermedia registra valores mayores que las otras dos zonas
Suelo	0,0262	La zona de urbanización baja presenta mayor proporción de suelo desnudo que la zona de urbanización intermedia
Agua	0,0012	La zona de urbanización alta se encuentra más cercana a algún cuerpo de agua, mientras que la zona de urbanización baja es la más alejada.
NDVImed	0,0416	La zona de urbanización alta presenta menor valor que la zona de urbanización baja.
NDBImax	0,023	La zona de urbanización alta presenta mayor valor que las otras dos zonas

Tabla 11. *Comparación de variables ambientales explicativas entre las zonas asociadas. P obtenidos en la prueba de Kruskal- Wallis*

5.1.4. Resultados de correlaciones para la selección de las variables explicativas incluidas en los modelos estadísticos

Se seleccionaron las combinaciones lineales que se incluyeron en los modelos a partir de las correlaciones realizadas. Fueron pocas las variables explicativas obtenidas de estaciones meteorológicas en el análisis a escala espacio-temporal, que obtuvieron un valor de Coeficiente de Spearman significativo ($\geq 0,7$) con otras variables explicativas. Los valores de presión atmosférica (media, mínima, máxima y media con retardo de cuatro semanas) se correlacionaron significativamente entre ellas. Por otro lado, la temperatura media con la temperatura mínima y la humedad relativa media con la humedad relativa mínima también obtuvieron coeficientes $\geq 0,7$.

Por su parte, con las variables obtenidas de sensores remotos satelitales se obtuvieron valores de correlación altos entre ellas, con excepción de la proporción de suelo desnudo y NDBImax que no correlacionaron significativamente con ninguna variable.

Las correlaciones con coeficientes más altos entre la variable respuesta (número de huevos colectados semanalmente en el exterior) y explicativas correspondieron a la temperatura mínima con retardo de siete semanas ($r_s= 0,4$), humedad relativa media ($r_s=0,20$) y precipitación con retardo de cuatro semanas ($r_s= 0,18$).

En el análisis a escala espacial, las correlaciones entre variables obtenidas de sensores remotos satelitales, al igual que en análisis anteriores, también obtuvieron valores de correlación altos entre ellas con excepción de la proporción de suelo desnudo y el valor de NDBImax. En cambio, se obtuvieron correlaciones más significativas entre las variables explicativas obtenidas de estaciones meteorológicas, siendo la temperatura media del periodo completo, la temperatura mínima media, la humedad relativa media del periodo completo y la humedad relativa máxima media las que se correlacionaron significativamente con el mayor número de variables obtenidas de estaciones meteorológicas.

A su vez, la distancia al cuerpo de agua más cercano y el valor de NDBImax fueron las variables explicativas no meteorológicas que obtuvieron coeficientes $\geq 0,7$ con variables

obtenidas de estaciones meteorológicas, las cuales fueron temperaturas medias del periodo completo, temperatura mínima media, precipitaciones acumuladas del periodo completo, humedad relativa media del periodo completo y humedad relativa máxima media.

Las correlaciones con valores más altos de la variable respuesta (número total de huevos colectados en el exterior de cada sitio) se encontraron con las variables NDBI_{min} ($r_s= 0,3$) y NDVI_{max} ($r_s= 0,4$).

5.2. Modelo explicativo de la influencia de las componentes de las características urbanas en la actividad de oviposición de *Ae. aegypti* (Objetivo 2)

Al realizarse el modelado mediante GLMM univariados, en el análisis a escala espacio-temporal, considerando los sitios de muestreo como factor aleatorio, se obtuvo que la temperatura mínima con retardo de siete semanas y las precipitaciones acumuladas con retardo de cuatro semanas explicaron significativamente la variación en el número de huevos colectados semanalmente en el exterior (Tabla 12). La temperatura mínima con retardo de siete semanas (T_{minR7}) fue la variable que arrojó el menor valor de AIC. A partir de ella, se generaron los modelos multivariados agregándose una a una las demás variables, considerando su significación, produciendo el modelo que mejor se ajusta a los datos:

$$\text{Log (HS)} = 1,2069 * (\text{TminR7}) + 0,3012 * (\text{PrecR4}) + 0,2614 * (\text{PrecR4})^2 + 1,4118$$

Donde “HS” es el número de huevos recolectados semanalmente en el exterior, “T_{minR7}” la temperatura mínima con retardo de siete semanas, “PrecR4” la precipitación acumulada con retardo de cuatro semanas. El modelo incorporó esta última variable elevada al cuadrado.

En la Tabla 13, se observan los modelos que resultaron significativos ($p<0,05$). A partir del valor de p obtenido se deduce que la temperatura mínima con retardo de siete semanas (T_{minR7}) fue la variable que mayor efecto produce sobre la actividad de oviposición. La precipitación contribuye a aumentar el número de huevos en una relación cuadrática. Para observar todos los modelos ver Tabla 1 en Anexo 1.

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

Variables	AIC	P
TminR7	1780,4	1,235e-08 *
PrecR4	1807,2	0,01813 *
Hmed	1810,7	0,14453
Tmin	1810,9	0,16747
NDBImin	1811,7	0,28375
Prec	1811,9	0,33303
SIm	1812,2	0,45086
NDBImax	1812,2	0,42562
Hmin	1812,2	0,41917
Tmax	1812,3	0,47365
Tmed	1812,4	0,54821
Veg	1812,5	0,56927
Suelo	1812,6	0,63745
NDVImax	1812,6	0,65836
Agua	1812,7	0,70273
NDVImed	1812,7	0,71138
NDBImed	1812,8	0,98822
NDVImin	1812,8	0,90647
Hmax	1812,8	0,99186
Pmed	1812,8	0,9132
Pmin	1812,8	0,91917
Pmax	1812,8	0,94428
PmedR4	1812,8	0,98355

Tabla 12. Variables utilizadas en la elaboración de modelos univariados en el análisis a escala espacio- temporal y sus AIC y p asociados

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

Modelo	Variables	Estimadores	AIC	p
M1	Ordenada al origen Sitios de muestreo	2,4254	1810,8	$2 * 10^{-16}$
M2	Ordenada al origen TminR7 PrecR4 Sitios de muestreo	1,7773 1,1427 0,3686	1773,7	$1,77 * 10^{-11}$ $1,50 * 10^{-10}$ 0,00274
M3	Ordenada al origen TminR7 PrecR4 (PrecR4) ² Sitios de muestreo	1,4118 1,2069 0,3012 0,2614	1768,4	$7,53 * 10^{-6}$ $3,94 * 10^{-12}$ 0,0287 0,0146
M4	Ordenada al origen TminR7 PrecR4 TminR7 * PrecR4 Sitios de muestreo	1,8473 1,0369 0,4135 -0,4161	1771,6	$2,3 * 10^{-11}$ $1,27 * 10^{-8}$ 0,00158 0,04862

Tabla 13. Modelos lineales generalizados mixtos que afectan significativamente la actividad de oviposición de *Ae. aegypti*. Se muestran sus valores de AIC y el valor de significancia ($p < 0,5$)

El modelo M3 obtenido (Tabla 13) explica un 26 % de la variabilidad ($R^2 = 0,2621$). En la Figura 20 se observa en el diagrama de dispersión el número promedio de huevos observados colectados semanalmente en el exterior, en función de los esperados según el modelo.

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

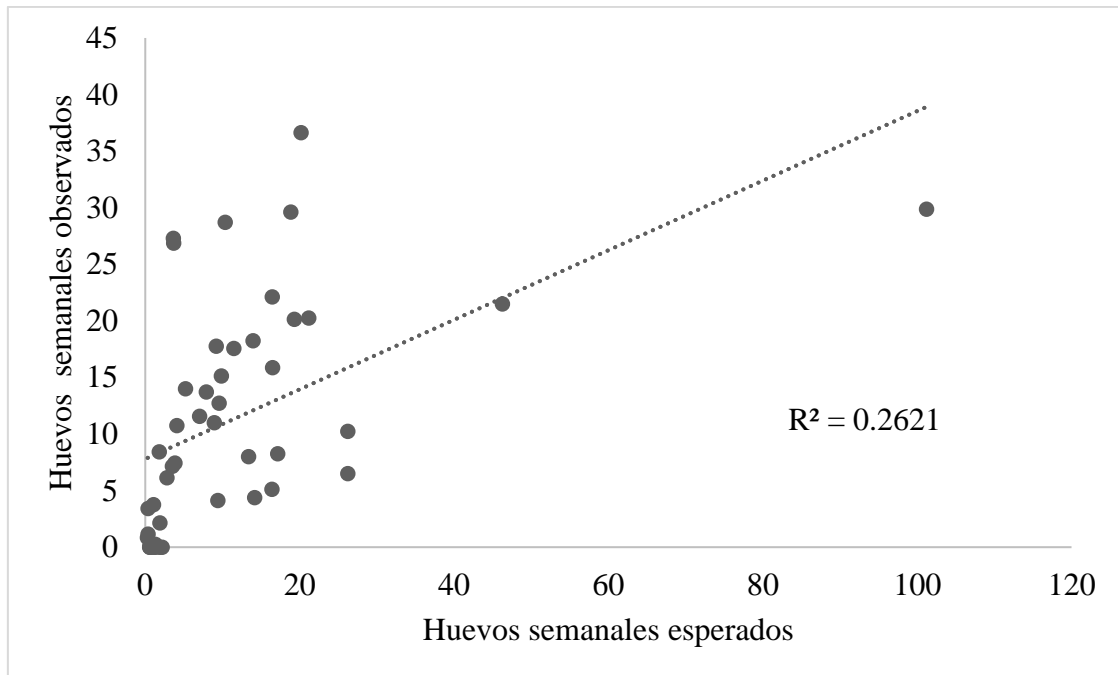


Figura 20. Diagrama de dispersión basado en el número de huevos promedio semanalmente obtenidos y esperados según el mejor modelo. Se observa el R^2 obtenido.

Por otra parte, en la elaboración de los GLMs en el análisis a escala espacial no se obtuvieron modelos univariados significativos entre variables explicativas cuantitativas y el número total de huevos colectados en el exterior de cada sitio (Tabla 14).

Sin embargo, al incluir las variables cualitativas correspondientes a los niveles alto, intermedio y bajo de urbanización a dos escalas (a 1800 metros de radio (Zonas) y a 150 metros de radio (NUrb)), se obtuvo que la combinación lineal de los niveles de urbanización a una escala de 150 metros de radio y la proporción de superficie impermeable (SIm) fue el único modelo que resultó significativo ($p=0,00371$):

$$\text{Log (HT)} = -0,9543 (\text{SIm}) - 0,9295 (\text{NUrb intermedio}) - 2,3182 (\text{NUrb bajo}) + 6,0636$$

Donde “HT” es el número total de huevos recolectados en el exterior de cada sitio, NUrb el nivel de urbanización en una escala de 150 metros de radio y “SIm” proporción de superficie impermeable. Dicho modelo obtuvo un valor de AICc de 285,26.

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

Modelo	AICc	P
NDBImin	284,83	0,4263
Veg	285,26	0,6542
Suelo	285,32	0,7118
Sim	285,11	0,5533
Agua	285,38	0,7790
NDBImed	285,46	0,9752
NDBImax	285,09	0,5413
NDVImed	285,37	0,7601
NDVImin	285,45	0,9298
NDVImax	285,36	0,7542
TmedPC	285,46	0,9926
TminPC	285,46	0,9954
TmaxPC	285,46	0,9909
PrecPC	285,46	0,9928
HmedPC	285,46	0,9919
HminPC	285,46	0,9893
HmaxPC	285,46	0,9959
PmedPC	285,46	0,9900
PminPC	285,46	0,9900
PmaxPC	285,46	0,9901
Nurb	287,15	0,8570
Zona	287,46	0,9999

Tabla 14. Variables utilizadas en la elaboración de modelos univariados en el análisis a escala espacial y sus AIC y p asociados. Nurb: niveles de urbanización en una escala de 150 metros de radio. Zona: niveles de urbanización en una escala de 1800 metros de radio.

El número total de huevos colectados en el exterior de cada sitio observados en función de los esperados se contempla en la Figura 21. El modelo obtenido explica un 33% de la variabilidad ($R^2 = 0,3339$).

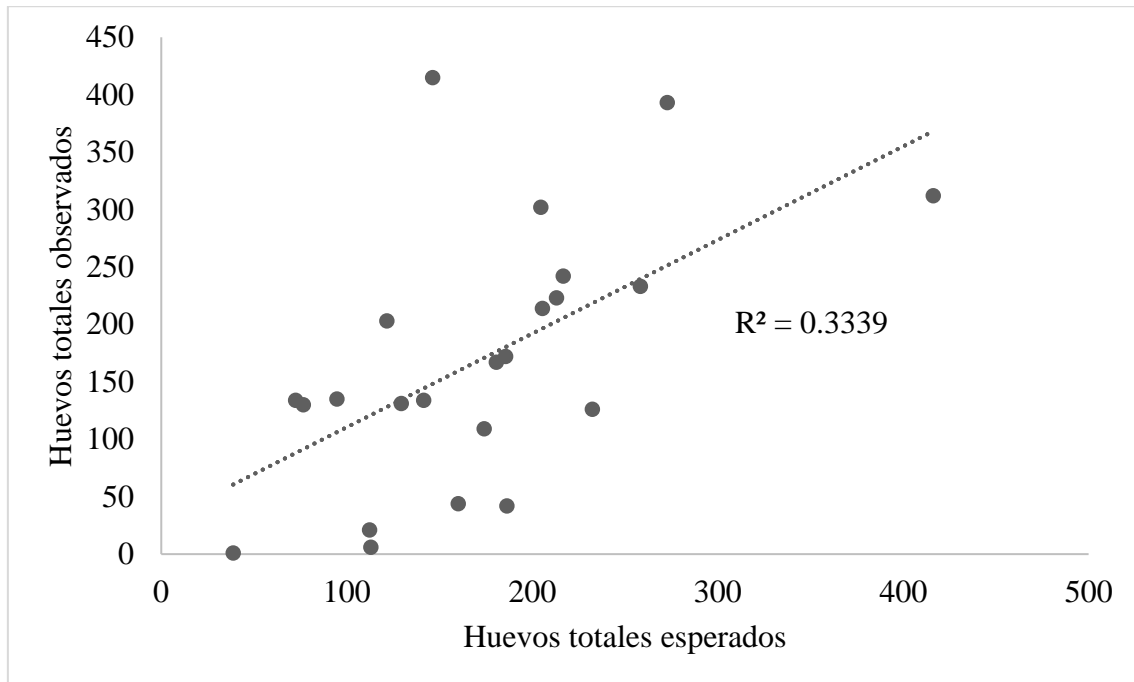


Figura 21. Diagrama de dispersión basado en el número total de huevos obtenidos y esperados en el exterior de cada sitio según el mejor modelo obtenido. Se observa el R^2 obtenido.

5.3. Comparación de la actividad de oviposición entre interior y exterior (Objetivo 3).

De las 660 ovitrampas colocadas en las viviendas, el 35% registraron huevos de *Ae. aegypti* (371 ovitrampas) de las cuales 138 se encontraban ubicadas en el interior de las viviendas y las otras 233 en el exterior. Excluyendo las semanas donde las ovitrampas no estuvieron activas y dos sitios de muestreo donde hubo gran pérdida de datos, en total se obtuvieron datos de 22 sitios durante 14 semanas.

Se colectaron 2886 huevos en el interior y 4916 huevos en el exterior, sumando un total de 7802 huevos. A excepción de tres sitios de muestreo (3, 14 y 19) se encontró mayor número de huevos en el exterior de las viviendas que en el interior.

En la Figura 22 se observa la fluctuación temporal de la actividad de oviposición de *Ae.*

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

aegypti, donde se advierte que el número de huevos colectados en el interior es inferior a los colectados en el exterior en todas las semanas. A partir de los resultados obtenidos se puede establecer dos periodos de diferente nivel de actividad de *Ae. aegypti* que coinciden con trabajos previos en el área de muestreo (Estallo et al., 2020b). En el primer periodo, que corresponde a los meses de noviembre y diciembre, se recolectó la menor cantidad de huevos (periodo de baja actividad del vector). El segundo periodo incluyó a los meses restantes (enero, febrero y marzo) y durante el mismo la actividad del mosquito fue mayor (periodo de alta actividad).

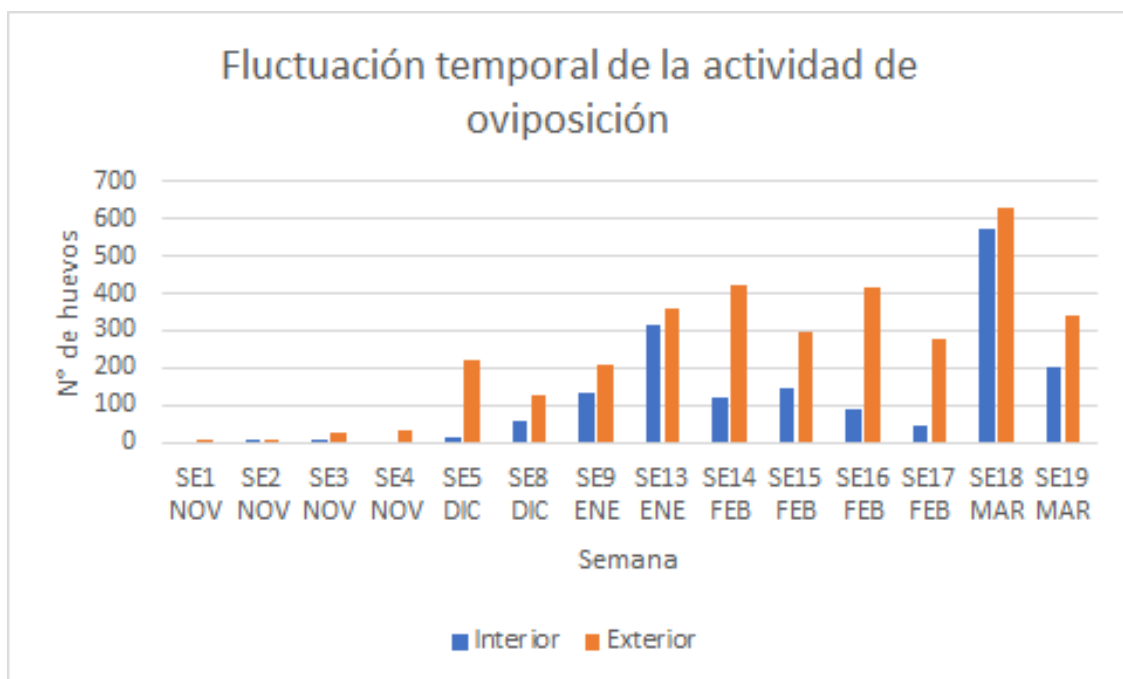


Figura 22. *Fluctuación temporal de la actividad de oviposición de *Ae. aegypti*. Número de huevos colectados cada semana en el interior (en azul) y en el exterior (en naranja) de las viviendas.*

Las pruebas no paramétricas de Wilcoxon para muestras apareadas que se realizaron, tanto para el periodo de baja actividad, como el de alta actividad y el periodo completo, determinaron que existen diferencias significativas entre la actividad de oviposición de *Ae. aegypti* en el interior y el exterior de la vivienda, siendo menor dentro del domicilio (Tabla 15).

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

Periodo	N	Diferencia de medias	P
De baja actividad	22	15,27	0,0232*
De alta actividad	22	60,36	0,0118*
Completo	22	75,64	0,0046*

Tabla 15. *Diferencias en la actividad de oviposición en el interior y exterior de la vivienda. El periodo de baja actividad corresponde a los meses de noviembre y diciembre, el periodo de alta actividad corresponde a los meses de enero, febrero y marzo y el periodo completo corresponde a todo el tiempo en que se llevó a cabo el muestreo. El asterisco (*) indica diferencias significativas.*

6. DISCUSIÓN

Este estudio permitió identificar variables ambientales relacionadas con las características urbanas y el impacto de las mismas sobre la actividad de oviposición del *Ae. aegypti*, donde la temperatura mínima con retardo de siete semanas (TminR7) y las precipitaciones acumuladas con retardo de cuatro semanas (PrecR4) podrían ser consideradas las variables más importantes dentro de las estudiadas para la actividad de oviposición del mosquito. Esto concuerda con resultados obtenidos en estudios realizados en Brasil (Gomes et al., 2012), Puerto Rico (Barrera et al., 2011), Ecuador (Stewart et al., 2013) y Argentina (Estallo et al., 2015; Sánchez Díaz et al., 2021). La temperatura mínima, en las regiones templadas, actúa como un factor limitante de la actividad de oviposición. De esta forma, cuando la temperatura se encuentra por encima de un cierto umbral térmico, el número de huevos aumenta, en cambio por debajo del mismo, la actividad de los mosquitos se ve reducida (Benítez et al., 2020; Domínguez et al., 2000; Vezzani et al., 2004). Para la ciudad de Córdoba, Grech et al. (2015) determinaron este umbral a los 11,1 °C. Por encima de éste se aceleran las tasas de desarrollo y disminuye la mortalidad de larvas y pupas lo que produce un mayor número de hembras activas y, por consecuencia, un aumento en el número de huevos (De Majo et al., 2017; Domínguez et al., 2000; Estallo et al., 2011). Además, se tiene conocimiento de que el vuelo sostenido de *Ae. aegypti* ocurre en rangos de temperatura entre 15°C y 32°C (Rowley & Graham, 1968). Diversos estudios develan que la falta de tolerancia al frío es uno de los factores más importantes que limitan la dispersión del vector (Dickens et al., 2018; Kearney et al., 2009).

Por su parte, las precipitaciones contribuyeron al aumento del número de huevos al incrementar la cantidad de hábitats disponibles para la oviposición. El modelo obtenido describe una asociación cuadrática positiva entre la variable respuesta y precipitaciones acumuladas con retardos de cuatro semanas, en la que el número de huevos aumenta a partir de los 61 milímetros de precipitación acumulada. La influencia de esta variable sobre la dinámica poblacional de *Ae. aegypti* ha sido reportada en numerosos estudios. En Brasil, Silva *et al.* (2018) encontraron que el número de huevos y adultos aumentó con una semana de retardo a partir del comienzo de las lluvias, mientras que Santos *et al.* (2020) reportaron que las precipitaciones fueron el principal predictor de abundancia de huevos. En Yucatán (México) y Orán (en la provincia de Salta, Argentina) se halló una relación positiva entre el número de huevos de mosquitos, las precipitaciones y la temperatura (Estallo *et al.*, 2015; Trava, 2018). Domínguez *et al.* (2000) encontraron esta relación en la ciudad de Córdoba, sin embargo, en un estudio en los que se utilizaron datos recolectados entre los años 2009 y 2012, se obtuvo una asociación negativa entre el número de huevos recolectados y las lluvias (Benítez *et al.*, 2020b). Esto posiblemente se deba a la gran abundancia de precipitaciones acaecidas durante la primera temporada en la que se llevó a cabo este último estudio de (758,5 mm), mientras que durante el periodo 2019- 2020 en los mismos meses se registraron 471 mm de precipitaciones acumuladas, con promedio de 15,7 mm por semana, por lo que no pudo observarse este efecto. Las precipitaciones abundantes podrían generar una disminución en el número de huevos debido a que las hembras se ven imposibilitadas a oviponer en recipientes repletos de agua, ya que requieren de espacio sobre el nivel del agua en la pared del recipiente.

Las variables con retardos utilizadas fueron las mismas que emplearon Benítez *et al.* (2020b), quienes encontraron que la temperatura mínima con retardo de siete semanas, las precipitaciones acumuladas con retardo de cuatro semanas y la presión atmosférica con retardo de cuatro semanas influyen sobre la actividad del vector en Córdoba y fueron la temperatura mínima y las precipitaciones con retardo las únicas variables que mostraron un efecto significativo en el número de huevos colectados en nuestro estudio. Es por ello que se destaca entonces la importancia de incluirlas en modelos exploratorios y predictivos. La influencia de los registros meteorológicos de las semanas anteriores también se ha observado en trabajos similares como en algunas localidades de la provincia de Salta y Córdoba (Estallo *et al.*, 2015; Sánchez Díaz, 2020). Estos resultados manifiestan que los valores de

temperatura y precipitación condicionan la cantidad de individuos disponibles para la reproducción, alterando el número posterior de oviposiciones.

En cuanto a las proporciones de coberturas de suelo, aunque no se encontró relación entre ellas y el número de huevos colectados semanalmente, se halló que la proporción de superficie impermeable (SI_m) afecta la cantidad de huevos totales. Esto se fundamenta en que el reemplazo de las coberturas de vegetación y suelo por materiales de construcción y asfalto producen cambios ambientales, alterando los patrones de precipitación, humedad y cambios en la temperatura, asociados al fenómeno isla de calor (Rizwan *et al.*, 2008; Stewart, 2011). Todas ellas afectan la supervivencia, desarrollo y comportamiento de *Ae. aegypti*.

El GLM obtenido describe que, dentro de cada nivel de urbanización (alto, intermedio y bajo), establecido en una escala de 150 metros alrededor de los sitios de muestreo, la actividad de oviposición y la superficie impermeable poseen una relación negativa. Sin embargo, entre niveles no hay una diferencia significativa en el número de huevos colectados. Benítez *et al.* (2020a) encuentran mayores infestaciones de *Ae. aegypti* en las áreas más urbanizadas de la ciudad de Córdoba. Estallo *et al.* (2018) determinan como más propicias para el vector, las áreas suburbanas de Córdoba con altas proporciones de casas, las cuales, en general poseen patios traseros que forman un hábitat urbano heterogéneo en el que se alternan espacios abiertos y edificaciones (características que condicen con niveles de urbanización intermedia). En Buenos Aires, Rubio *et al.* (2013) determinaron una relación positiva entre el número de huevos de *Ae. aegypti* y la proporción de superficie impermeable en un radio de un kilómetro. Sin embargo, cuando los valores de proporción de superficie impermeable sobrepasan los 0,8, la relación se torna negativa.

Por otro lado, también se esperaba que la vegetación fuera incluida en el modelo, no solo por su influencia en el ambiente y su estrecha relación inversa con la superficie impermeable, sino por su función como refugio para los mosquitos adultos, protección a los criaderos del sol directo (evitando que se evapore el agua contenida) y alimento para las larvas (Nelson, 1986). Otro estudio llevado a cabo en Córdoba, incluyó a la vegetación como una de las variables de mayor impacto positivo en la actividad de oviposición de *Ae. aegypti* (Benítez *et al.*, 2020b). En cambio, otra investigación indicó a las zonas con baja vegetación arbórea como las más propicias (Benítez *et al.*, 2020a).

Aunque la temperatura mínima, las precipitaciones y la superficie impermeable cumplen importantes funciones, que el GLMM sólo hayan explicado un 26 % de la variabilidad en el número de huevos colectados semanalmente y el GLM haya explicado sólo un 33 % de la variabilidad en el número total de huevos, indica que otras variables no contempladas pueden estar influyendo en la actividad de oviposición del vector. Lo cual se condice con la inexistencia de diferencias en las variables respuestas entre las zonas estudiadas, que sería lo esperable si sólo las precipitaciones, la temperatura mínima y superficie impermeable estuvieran afectando la actividad de oviposición del mosquito. Por lo tanto, no basta con dilucidar el rol que ejercen estas variables para entender la problemática asociada con este mosquito, sino que es necesario también incluir tanto los factores ambientales, así como demográficos y socio económicos, asumiéndolos como parte de las características urbanas de las ciudades, tal como ha sido considerado en otros estudios en la ciudad (Estallo *et al.*, 2018).

La dinámica de la población de *Ae. aegypti* se encuentra afectada por aspectos culturales y sociales como, por ejemplo, las condiciones domésticas y peridomésticas, el conocimiento sobre las problemáticas asociadas al vector por parte de los ciudadanos, medidas de prevención, el movimiento humano, la demografía de los hogares, acceso al agua potable y el comportamiento de almacenamiento de agua, que no han sido considerados en este estudio (Ryan *et al.*, 2019; Stewart Ibarra *et al.*, 2013). En consecuencia, los resultados obtenidos refuerzan la premisa de que son múltiples los factores que afectan la actividad de oviposición, presencia y abundancia de *Ae. aegypti* (Estallo, 2020a) siendo importante entender todas sus aristas al momento de buscar soluciones a esta problemática y resalta la necesidad de trabajar en grupos interdisciplinarios con abordaje ecosistémico.

Para complementar este estudio, se sugiere recopilar información sobre los factores sociales, como elaboración de encuestas, utilizando la aplicación de datos de población reticular para el planeamiento de las mismas, cuando los datos censales se encuentran desactualizados. Los modelos de datos de población reticulares proporcionan estimaciones de población sobre una representación del mundo como una cuadrícula de celdas uniformes (Leyk *et al.*, 2019). Se podría entonces considerar incorporar este tipo de herramientas que, aunque actualmente se encuentra en desarrollo, ya se han aplicado en algunos países como Haití y República de Ruanda para diseñar encuestas de planificación de la salud (Thomson *et al.*, 2019).

No se hallaron estudios realizados en Córdoba que comparen la actividad de oviposición de este vector dentro y fuera de las viviendas, por lo cual, esta investigación es la primera en indagar sobre este aspecto en esta ciudad. Si bien *Ae. aegypti* es capaz de oviponer tanto en el interior como en el exterior de las viviendas, en concordancia con varias investigaciones (Kroth *et al.* 2019; Martin *et al.*, 2019; Ngugi *et al.*, 2017), en este estudio se encontró una clara diferencia en la oviposición entre ambos ambientes, siendo a lo largo de todo el periodo de muestreo siempre el número de huevos colectados mayor en el exterior que en el interior de las viviendas. Hubo tres sitios muestreados en los que se encontró mayor número de huevos en el interior de las viviendas que en el exterior, a diferencia del resto de sitios, lo que posiblemente se deba también a razones culturales y sociales como percepción del riesgo de las enfermedades que transmite este vector, conocimiento y aplicación de medidas de prevención, estado de la vivienda y patio, entre otras, cuyo estudio no era objetivo de esta investigación.

Por otra parte, se recalca el importante papel que cumple la participación de la ciudadanía en investigaciones de este tipo ya que permite informar a la comunidad sobre la problemática, estimula el compromiso y concientiza para lograr los cambios necesarios en hábitos y costumbres que promueven la proliferación de mosquitos.

Este estudio que considera características del ambiente favorables a la actividad de oviposición del mosquito *Ae. aegypti* hace un aporte de conocimientos para tomadores de decisiones en lo referente a medidas preventivas y de manejo del vector en la ciudad de Córdoba.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKAIKE, H., 1974. A new look at statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, AU-19, 716–722. Doi: 10.1109/TAC.1974.1100705.
- BARRERA, R., AMADOR, M., & MACKAY, A. J. 2011. Population dynamics of *Aedes aegypti* and dengue as influenced by weather and human behavior in San Juan, Puerto Rico. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 5(12), e1378. Doi: 10.1371/journal.pntd.0001378.
- BENÍTEZ, E. M., ESTALLO, E. L., GRECH, M., FRÍAS CÉSPEDES, M., ALMIRÓN, W. R., & LUDUEÑA ALMEIDA, F. F. 2019a. Temporal models using

- environmental variables to predict *Aedes aegypti* oviposition activity in a temperate region of Argentina. *BioRxiv*, 816421. Doi: [10.1101/816421](https://doi.org/10.1101/816421).
- BENÍTEZ, Y. M., CORTÉS, K. J. M., MONTENEGRO, E. G. M., & MONROY, A. L. 2019b. Influencia de la temperatura ambiental en el mosquito *Aedes spp* y la transmisión del virus del dengue. *Revista CES Medicina*, 33(1), 42-50. Doi: 10.21615/cesmedicina.33.1.5.
 - BENÍTEZ, E. M., LUDUEÑA ALMEIDA, F., FRÍAS CÉSPEDES, M., ALMIRÓN, W. R., & ESTALLO, E. L. 2020a. Could land cover influence *Aedes aegypti* mosquito populations? *Medical and Veterinary Entomology*, 34(2), 138-144. Doi: 10.1111/mve.12422.
 - BENÍTEZ, E.M., ESTALLO, E.L., GRECH, M.G., FRÍAS CÉSPEDES, M., ALMIRÓN, W.R., ROBERT, M.A., & LUDUEÑA ALMEIDA, F.F. 2020b. Understanding the role of temporal variation of environmental variables in predicting *Aedes aegypti* oviposition activity in a temperate region of Argentina. *Acta Tropica*, 105744. Doi: 10.1016/j.actatropica.2020.105744.
 - BRADY, O. J., & HAY, S. I. 2020. The global expansion of dengue: How *Aedes aegypti* mosquitoes enabled the first pandemic arbovirus. *Annual Review of Entomology*, 65, 191-208. Doi: 10.1146/annurev-ento-011019-024918.
 - BOCA, T., & RODRÍGUEZ, G. 2012. Métodos estadísticos de la evaluación de la exactitud de productos derivados de sensores remotos. *Instituto de Clima y Agua, INTA Castelar*.
 - CARBAJO, A., VEZZANI, D., & CURTO, S. 2004. Asociación entre los niveles de infestación del mosquito *Aedes aegypti* y las categorías de edificación según el código de planeamiento urbano en Buenos Aires. *Contribuciones Científicas, Gaea Sociedad Argentina de Estudios Geográficos, Buenos Aires*, 1-7. Disponible en: <https://www.epidemiologia.anm.edu.ar/wp-content/uploads/2018/07/Asociacion-entre-los-Niveles-de-Infeccion-Mosquito--2004.pdf>.
 - CARBAJO, A. E., CURTO, S. I., & SCHWEIGMANN, N. J. 2006. Spatial distribution pattern of oviposition in the mosquito *Aedes aegypti* in relation to urbanization in Buenos Aires: southern fringe bionomics of an introduced vector. *Medical and Veterinary Entomology*, 20(2), 209-218. Doi: 10.1111/j.1365-2915.2006.00625.x.

- CHANAMPA, M., GIL, J. F., APARICIO, J. P., CASTILLO, P., MANGUDO, C., COPA, G. N., & GLEISER, R. M. 2018. Field comparison of oviposition substrates used in ovitraps for *Aedes aegypti* surveillance in Salta, Argentina. *Journal of Applied Entomology*, 142(10), 985-990. Doi: 10.1111/jen.12554.
- CHUVIECO SALINERO, E. 2002. Teledetección ambiental. *Ariel Ciencia*. Barcelona, España, 586.
- CORSO, C. L. 2009. Aplicación de algoritmos de clasificación supervisada usando Weka. *Córdoba: Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba*. Disponible en: https://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/labsis/Publicaciones/congresos_labsis/cynthia/CNIT_2009_Aplicacion_Algoritmos_Weka.pdf
- DE MAJO, M. S., MONTINI, P., & FISCHER, S. 2017. Egg hatching and survival of immature stages of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) under natural temperature conditions during the cold season in Buenos Aires, Argentina. *Journal of Medical Entomology*, 54(1), 106-113. Doi: 10.1093/jme/tjw131.
- DIENG, H., SAIFUR RAHMAN, G. M., ABU HASSAN, A., CHE SALMAH, M.R., TOMOMITSU S., MIAKE, F., BOOTS, M., Y SAZALY, A. 2012. The effects of simulated rainfall on immature population dynamics of *Aedes albopictus* and female oviposition. *International Journal of Biometeorology*. 56, 113-120. Doi: 10.1007/s00484-011-0402-0.
- DICKENS, B. L., SUN, H., JIT, M., COOK, A. R., & CARRASCO, L. R. 2018. Determining environmental and anthropogenic factors which explain the global distribution of *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus*. *BMJ global health*, 3(4), e000801. Doi: 10.1136/bmjgh-2018-000801.
- DOMINGUEZ, M. C., LUDUEÑA ALMEIDA, F. F., & ALMIRON, W. R. 2000. Dinámica poblacional de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) en Córdoba capital. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*. 59 (1-4), 41-50. Disponible en: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/67243>.
- ESPINOSA, M., ALVAREZ DI FINO, E. M., ABRIL, M., LANFRI, M., PERIAGO, M. V., & SCAVUZZO, C. M. 2018. Operational satellite-based temporal modelling of *Aedes* population in Argentina. *Geospatial Health*, 13(2). Doi: 10.4081/gh.2018.734.

- ESTALLO, E. L., LUDUENA ALMEIDA, F. F., VISINTIN, A. M., SCAVUZZO, C. M., LAMFRI, M. A., INTROINI, M. V., ZAIDENBERG, M. & ALMIRÓN, W. R. 2012. Effectiveness of normalized difference water index in modelling *Aedes aegypti* house index. *International Journal of Remote Sensing*, 33(13), 4254-4265. Doi: 10.1080/01431161.2011.640962.
- ESTALLO, E. L., CARBAJO, A. E., GRECH, M. G., FRIAS CESPEDES, M., LÓPEZ, L., LANFRI, M. A., LUDUEÑA ALMEIDA, F. F & ALMIRÓN, W. R. 2014. Spatio-temporal dynamics of dengue 2009 outbreak in Córdoba City, Argentina. *Acta Tropica*, 136, 129-136. Doi: 10.1016/j.actatropica.2014.04.024.
- ESTALLO, E. L., LUDUEÑA ALMEIDA, F. F., INTROINI, M. V., ZAIDENBERG, M., & ALMIRÓN, W. R. 2015. Weather variability associated with *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Dengue vector) oviposition dynamics in Northwestern Argentina. *PLoS One*, 10(5), e0127820. Doi: 10.1371/journal.pone.0127820.
- ESTALLO, E. L., SANGERMANO, F., GRECH, M., LUDUEÑA ALMEIDA, F., FRÍAS CESPEDES, M., AINETE, M., ALMIRON, W., & LIVDAHL, T. 2018. Modelling the distribution of the vector *Aedes aegypti* in a central Argentine city. *Medical and Veterinary Entomology*, 32(4), 451-461. Doi: 10.1111/mve.12323.
- ESTALLO, E. L. 2020a. Factores eco-epidemiológicos asociados con la distribución y abundancia de mosquitos vectores de arbovirus. En G. Velásquez Serra (Ed). *Arbovirosis de importancia en las regiones tropicales*, 154-171 Ecuador: CIDEPRO.
- ESTALLO, E. L., SIPPY, R., STEWART IBARRA, A. M., GRECH, M. G., BENÍTEZ, E. M., LUDUEÑA ALMEIDA, F. F., AINETE, M., FRIAS CESPEDES, M., ROBERT, M., ROMERO, M. M., & ALMIRÓN, W. R. 2020b. A decade of arbovirus emergence in the temperate southern cone of South America: dengue, *Aedes aegypti* and climate dynamics in Córdoba, Argentina. *Heliyon*, 6(9), e04858. Doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e04858.
- FISCHER, S., DE MAJO, M. S., QUIROGA, L., PAEZ, M., & SCHWEIGMANN, N. 2017. Long-term spatio-temporal dynamics of the mosquito *Aedes aegypti* in temperate Argentina. *Bulletin of Entomological Research*, 107(2), 225-233. Doi: 10.1017/S0007485316000869.
- GALINDO G., ESPEJO O. J., RUBIANO J. C., VERGARA L. K., CABRERA E., 2014. Protocolo de procesamiento digital de imágenes para la cuantificación de la

- deforestación en Colombia. V 2.0. *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM*. Bogotá D.C., Colombia., 28.
- GIMENEZ, J. O., ALVAREZ, C. N., ALMIRON, W. R., & STEIN, M. 2020. Meteorological variables associated with the temporal oviposition rate of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Resistencia city, Chaco province, Northeastern Argentina. *Acta Tropica*, 212, 105678. Doi: 10.1016/j.actatropica.2020.105678.
 - GJENERO MARGAN, I., ALERAJ, B., KRAJCAR, D., LESNIKAR, V., KLOBUČAR, A., PEM NOVOSEL, I. & MLINARIĆ GALINOVIĆ, G. 2011. Autochthonous dengue fever in Croatia, August–September 2010. *Eurosurveillance*, 16(9), 19805. Doi: 10.2807/ese.16.09.19805-en.
 - GONZÁLEZ OLVERA, G., MORALES RODRÍGUEZ, M., BIBIANO MARÍN, W., PALACIO VARGAS, J., CONTRERAS PERERA, Y., MARTÍN PARK, A., & MANRIQUE SAIDE, P. 2021. Detección de *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse) en ovitrampas en Mérida, México. *Biomédica*, 41(1), 153-160. Doi: 10.7705/biomedica.5525.
 - GRECH, M., VISINTIN, A., LAURITO, M., ESTALLO, E., LORENZO, P., ROCCIA, I., KORIN, M., GOYA, F., LUDUEÑA ALMEIDA, F. & ALMIRON, W. 2012. New records of mosquito species (Diptera: Culicidae) from Neuquén and La Rioja Provinces, Argentina. *Revista de Saúde Pública* 46, 387-389. Disponible en: <https://www.scielosp.org/article/rsp/2012.v46n2/387-389/en/#back>.
 - GRECH, M. G. 2013. Bioecología de culícidos (Diptera) urbanos de importancia sanitaria de la ciudad de Córdoba, Córdoba (Argentina). Tesis de doctorado en Ciencias Biológicas. *Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba* (Córdoba, Argentina).
 - GRECH, M. G., SARTOR, P. D., ALMIRÓN, W. R., & LUDUEÑA ALMEIDA, F. F. 2015. Effect of temperature on life history traits during immature development of *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) from Córdoba city, Argentina. *Acta Tropica*, 146, 1-6. Doi: 10.1016/j.actatropica.2015.02.010.
 - HAZIQAH RASHID, A., CHEN, C. D., LAU, K. W., LOW, V. L., SOFIAN AZIRUN, M., HALIM, M. R. A., & RAZAK, A. 2019. Preliminary dengue vector surveillance in the Sunda Islands, Indonesia: interchange of breeding habitat

- preferences of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. *Tropical Biomedicine*. 36, 60-69. Disponible en: <https://acortar.link/BfZMxT>.
- HONORIO, N.A., DA COSTA SILVA, W., LEITE, P., GONCALVES, J. M., LOUNIBOS, L. P. & LOURENCO DE OLIVEIRA, R. 2003. Dispersal of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in an Urban Endemic Dengue Area in the State of Rio de Janeiro, Brazil. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*. 98, 191-198. Doi: 10.1590/s0074-02762003000200005.
 - INDEC. 2010. Recuperado el 20 de agosto de 2020. Proyecciones por departamento. Disponible en: <https://www.indec.gov.ar/indec/web/Nivel4-Tema-2-24-119>.
 - JUHDI, I., FITRI, L. E., ZUHRIYAH, L., & ARASY, A. A. 2019. Ovitrap Index and Transovarial Transmission Rate of Dengue Virus of Male and Female *Aedes aegypti* Mosquitoes in Makassar, South Sulawesi, Indonesia. *Journal of Tropical Life Science*, 9(1), 9. Doi: 10.11594/jtls.09.01.13.
 - KRAEMER, M. U., SINKA, M. E., DUDA, K. A., MYLNE, A. Q., SHEARER, F. M., BARKER, C. M., & HAY, S. I. 2015. The global distribution of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus*. *Elife*, 4, 18. Doi: 10.7554/eLife.08347.
 - KROTH, N., COZZER, G. D., DE CARVALHO, G., CASSOL, A. S., BREAUX, J., LUTINSKI, J. A. & ALBENY SIMÕES, D. 2019. Oviposition preferences of the mosquito *Aedes aegypti* Linnaeus, 1762 (Culicidae): an urban environment bioassay. *Bulletin of Entomological Research*, 109(6), 762-770. Doi: 10.1017/S000748531900021X.
 - LANDIS, J., & KOCH, G. 1977. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33(1), 159-174. Doi: 10.2307/2529310.
 - LA RUCHE, G., SOUARÈS, Y., ARMENGAUD, A., PELOUX PETIOT, F., DELAUNAY, P., DESPRÈS, P. & GASTELLU ETCHEGORRY, M. 2010. First two autochthonous dengue virus infections in metropolitan France, September 2010. *Eurosurveillance*, 15(39), 19676. Doi: 10.2807/ese.15.39.19676-en.
 - LEDEZMA ACEVEDO, J. G., RODRÍGUEZ CARDENAS, N., & UREÑA PICADO, J. 2018. Herramientas Cartográficas digitales en vigilancia de enfermedades transmitidas por *Aedes spp*; caso en Costa Rica. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 27(1), 87-101. Disponible en:

https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-14292018000100087.

- LEYK, S., GAUGHAN, A. E., ADAMO, S. B., DE SHERBININ, A., BALK, D., FREIRE, S., & COMENETZ, J. 2019. The Spatial Allocation of Population: A Review of Largescale Gridded Population Data Products and Their Fitness for Use. *Earth System Science Data*, 11(3), 1385–1409. Doi: 10.5194/essd-11-1385-2019.
- LÓPEZ, M. S., JORDAN, D. I., BLATTER, E., WALKER, E., GÓMEZ, A. A., MÜLLER, G. V., & ESTALLO, E. L. 2021. Dengue emergence in the temperate Argentinian province of Santa Fe, 2009–2020. *Scientific Data*, 8(1), 1-7. Doi: 10.6084/m9.figshare.14494161.
- LOWER, H. M. 2017. Métodos de monitoreo de *Aedes aegypti* para su control en Entre Ríos: un enfoque hacia un ordenamiento ambiental y un ecosistema urbano saludable. *UTN*.
- MARISTANY, A. R., ABADÍA, L., ANGIOLINI, S., PACHARONI, A., & PARDINA, M. 2008. Estudio del fenómeno de la isla de calor en la ciudad de Córdoba. *Avances En Energías Renovables y Medio Ambiente*, 12, 11 – 69. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/94933>.
- MARTIN, E., MEDEIROS, M. C., CARBAJAL, E., VALDEZ, E., JUAREZ, J. G., GARCIA LUNA, S., & HAMER, G. L. 2019. Surveillance of *Aedes aegypti* indoors and outdoors using Autocidal Gravid Ovitrap in South Texas during local transmission of Zika virus, 2016 to 2018. *Acta Tropica*, 192, 129-137. Doi: 10.1016/j.actatropica.2019.02.006.
- MARTÍNEZ, M. S., & SCHIAVONI, M. J. 2019. Lineamientos para el desarrollo urbanístico de la periferia: estudio de la Zona Sur de Córdoba Argentina. *Seminario internacional de investigación en urbanismo*. Doi: 10.5821/siiu.6818.
- MORDECAI, E. A., COHEN, J. M., EVANS, M. V., GUDAPATI, P., JOHNSON, L. R., LIPPI, C. A. & WEIKEL, D. P. 2017. Detecting the impact of temperature on transmission of Zika, dengue, and chikungunya using mechanistic models. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 11(4), e0005568. Doi: 10.1371/journal.pntd.0005568.
- MSN (Ministerio de Salud de la Nación). 2016. Directrices para la prevención y control de *Aedes aegypti*. Recuperado el 20 de agosto de 2020. Disponible en:

- <https://bancos.salud.gob.ar/recurso/directrices-para-la-prevencion-y-control-de-aedes-aegypti>.
- MSN (Ministerio de Salud de la Nación). 2020. Boletín integrado de vigilancia n° 506. Recuperado 1 de julio de 2021. Disponible en: <https://bancos.salud.gob.ar/recurso/boletin-integrado-de-vigilancia-n506-se30-2020>.
 - MUNICIPALIDAD DE CÓRDOBA. 2019. Una ciudad en cifras 2019. Recuperado el 10 de mayo de 2021. Disponible en: <https://acortar.link/gobiernodecordoba>.
 - MUNICIPALIDAD DE CÓRDOBA. 2020. Espacios verdes marzo 2020. Recuperado el 10 de mayo de 2021. Disponible en: <https://gobiernoabierto.cordoba.gob.ar/data/datos-abiertos/categoria/espacios-verdes/listado-de-espacios-verdes/178>.
 - MUNICIPALIDAD DE CÓRDOBA. 2021. Dengue. Recuperado el 8 de mayo de 2021. Disponible en: <https://www.cba.gov.ar/?s=dengue>.
 - NELSON, M.J. 1986. *Aedes aegypti*: biología y ecología. Washington (DC). *Organización Panamericana de la Salud*
 - NGUGI, H. N., MUTUKU, F. M., NDENGA, B. A., MUSUNZAJI, P. S., MBAKAYA, J. O., ASWANI, P. & LABEAUD, A. D. 2017. Characterization and productivity profiles of *Aedes aegypti* (L.) breeding habitats across rural and urban landscapes in western and coastal Kenya. *Parasites & Vectors*, 10(1), 1-12. Doi: 10.1186/s13071-017-2271-9.
 - OCHOA DE LA TORRE, J. M. 1999. La vegetación como instrumento para el control microclimático. Tesis doctoral. *Universidad Politécnica de Cataluña*.
 - RYAN, S. J., LIPPI, C. A., NIGHTINGALE, R., HAMERLINCK, G., BORBOR CORDOVA, M. J., CRUZ B, M., & STEWART IBARRA, A. M. 2019. Socio-ecological factors associated with dengue risk and *Aedes aegypti* presence in the Galápagos Islands, Ecuador. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(5), 682. Doi: 10.3390/ijerph16050682.
 - REITER, P., NATHAN, M. B., & WORLD HEALTH ORGANIZATION. 2001. Guidelines for assessing the efficacy of insecticidal space sprays for control of the dengue vector *Aedes aegypti* (No. WHO/CDS/CPE/PVC/2001.1). *World Health Organization*.

- REUTER, F. 2002. Carpeta de Trabajos Prácticos: Teledetección forestal. *Facultad de Ciencias Forestales, UNSE*, 102-122.
- RIZWAN, A. M., DENNIS, L. Y., & CHUNHO, L. I. U. 2008. A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. *Journal of Environmental Sciences*, 20(1), 120-128. Doi: 10.1016/S1001-0742(08)60019-4.
- ROBERT, M. A., TINUNIN, D. T., BENÍTEZ, E. M., LUDUEÑA ALMEIDA, F. F., ROMERO, M., STEWART IBARRA, A. M., & ESTALLO, E. L. 2019. Arbovirus emergence in the temperate city of Córdoba, Argentina, 2009–2018. *Scientific Data*, 6(1), 1-6. Doi: 10.1038/s41597-019-0295-z.
- ROBERT, M. A., STEWART IBARRA, A. M., & ESTALLO, E. L. 2020. Climate change and viral emergence: evidence from *Aedes*-borne arboviruses. *Current opinion in virology*, 40, 41-47. Doi: 10.1016/j.coviro.2020.05.001.
- RODRÍGUEZ, G. A., VEGGIANI AYBAR, C. A., & CLAPS, G. L. 2013. Estudio preliminar sobre la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) en San Miguel de Tucumán, provincia de Tucumán. *Universidad Nacional de Tucumán. Serie Monográfica y Didáctica*. 53, 12-2013, 136-136. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11336/7308>.
- ROJAS TERRAZAS, L. F., VALENCIA ALANES, E., FERNÁNDEZ M, F., RODRÍGUEZ A, N., ROMERO V, C., GUILLEN VARGAS, G., & MAMANI R, A. M. 2020. Temperatura mínima adecuada para el desarrollo del ciclo de vida del *Aedes aegypti*. *Revista Científica de Salud UNITEPC*, 7(1), 8-17. Doi: 10.36716/unitepc.v7i1.64.
- ROWLEY, W. A., & GRAHAM, C. L. 1968. The effect of temperature and relative humidity on the flight performance of female *Aedes aegypti*. *Journal of Insect Physiology*, 14(9), 1251-1257. Doi: 10.1016/0022-1910(68)90018-8.
- ROZILAWATI, H., TANASELVI, K., NAZNI, W. A., MOHD MASRI, S., ZAIRI, J., ADANAN, C. R., & LEE, H. L. 2015. Surveillance of *Aedes albopictus* Skuse breeding preference in selected dengue outbreak localities, peninsular Malaysia. *Tropical Biomedicine*, 32(1), 49-64. Doi: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25801254/>.
- RUBIO, A., CARDO, M. V., VEZZANI, D., & CARBAJO, A. E. 2020. *Aedes aegypti* spreading in South America: new coldest and southernmost

- records. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 115, e190496. Doi: 10.1590/0074-02760190496.
- RUBIO, A., CARDO, M. V., CARBAJO, A. E., & VEZZANI, D. 2013. Imperviousness as a predictor for infestation levels of container-breeding mosquitoes in a focus of dengue and Saint Louis encephalitis in Argentina. *Acta Tropica*, 128(3), 680-685. Doi: 10.1016/j.actatropica.2013.09.015.
 - RUBIO, A., BELLOCQ, M. I., & VEZZANI, D. 2012. Community structure of artificial container-breeding flies (Insecta: Diptera) in relation to the urbanization level. *Landscape and Urban Planning*, 105(3), 288-295. Doi: 10.1016/j.landurbplan.2012.01.009.
 - RUBIO, A., CARDO, M.V. & VEZZANI, D. 2011 Tire-breeding mosquitoes of public health importance along an urbanization gradient in Buenos Aires, Argentina. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 106, 678– 684. Doi: 10.1590/S0074-02762011000600006.
 - RUSSELL, R. C., WEBB, C. E., WILLIAMS, C. R., & RITCHIE, S. A. 2005. Mark–release–recapture study to measure dispersal of the mosquito *Aedes aegypti* in Cairns, Queensland, Australia. *Medical and Veterinary Entomology*, 19(4), 451-457. Doi: 10.1111/j.1365-2915.2005.00589.x.
 - SALAS ESPARZA, M. G., & HERRERA SOSA, L. C. 2017. La vegetación como sistema de control para las Islas de Calor Urbano en Ciudad Juárez, Chihuahua. *Hábitat Sustentable*, 14-23. Disponible en: <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RHS/article/view/2737>.
 - SÁNCHEZ-DÍAZ, E., GLEISER, R. M., LOPEZ, L. R., GUZMAN, C., CONTIGIANI, M. S., SPINSANTI, L., & GORLA, D. E. 2021. Oviposition dynamics of *Aedes aegypti* in Central Argentina. *Medical and Veterinary Entomology*. 36, 43-55. Doi: 10.1111/mve.12550.
 - SCHULTES, O. L., MORAIS, M. H. F., CUNHA, M. D. C. M., SOBRAL, A., & CAIAFFA, W. T. 2020. Spatial analysis of dengue incidence and *Aedes aegypti* ovitrap surveillance in Belo Horizonte, Brazil. *Tropical Medicine & International Health*. 26, 237-255. Doi: 10.1111/tmi.13521.
 - SERVÍN, C. C., GARCÍA, A. T., & MENDOZA, M. G. G. 2018. Cambio climático y escenarios futuros de la expansión del dengue en México. En *Geomedicina y la*

- tecnología espacial aplicada al caso de los vectores en salud humana.* 161-181
México: Universidad autónoma de San Luis Potosí.
- SERVICE, M.W. 1993. Mosquito Ecology: Field Sampling Methods. 2nd Edition, Elsevier Publishers, Essex.
 - SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL. 2022. Clima de Argentina. Recuperado el 11 de marzo de 2022. Disponible en: <https://www.smn.gob.ar/>.
 - SEIJO A, ROMER Y, ESPINOSA M, MONROIG J. 2009. Brote de dengue autóctono en el área Metropolitana de Buenos Aires. Experiencia del Hospital de enfermedades infecciosas FJ Muñiz. *Medicina (Buenos Aires)*. 69, 593-600. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/medba/v69n6/v69n6a01.pdf>.
 - SHANNON, R. C., & DAVIS, N. C. 1930. The Flight of *Stegomyia Aegypti* (L.). *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 1(2), 151-156. Disponible en: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19301000517>.
 - SHEPPARD, P. M., MACDONALD, W. W., TONN, R. J., & GRAB, B. 1969. The dynamics of an adult population of *Aedes aegypti* in relation to dengue haemorrhagic fever in Bangkok. *The Journal of Animal Ecology*, 661-702. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/3042>.
 - SIM, S., & HIBBERD, M. L. 2016. Genomic approaches for understanding dengue: insights from the virus, vector, and host. *Genome biology*, 17(1), 1-15. Doi: 10.1186/s13059-016-0907-2.
 - SOUSA, C. A., CLAIROUIN, M., SEIXAS, G., VIVEIROS, B., NOVO, M. T., SILVA, A. C. & ECONOMOPOULOU, A. 2012. Ongoing outbreak of dengue type 1 in the Autonomous Region of Madeira, Portugal: preliminary report. *Eurosurveillance*, 17(49), 20333. Doi: 10.2807/ese.17.49.20333-en.
 - STEWART, I. D. 2011. Redefining the urban heat island. Tesis doctoral. *University of British Columbia*.
 - STEWART IBARRA, A.M., RYAN, S. J., BELTRÁN, E., MEJÍA, R, SILVA, M., MUÑOZ A. 2013. Dengue Vector Dynamics (*Aedes aegypti*) Influenced by Climate and Social Factors in Ecuador: Implications for Targeted Control. *PLOS ONE* 8(11): e78263. Doi: 10.1371/journal.pone.0078263.
 - SUÁREZ L, A. S., JIMÉNEZ L, A. F., CASTRO FRANCO, M., & CRUZ ROA, A. 2017. Clasificación y mapeo automático de coberturas del suelo en imágenes

satelitales utilizando Redes Neuronales Convolucionales. *Orinoquia*, 21, 64-75. Doi: 10.22579/20112629.432.

- THOMSON, D. R., LINARD, C., VANHUYSSSE, S., STEELE, J. E., SHIMONI, M., SIRI, J., & GEORGANOS, S. 2019. Extending Data for Urban Health Decision-Making: A Menu of New and Potential Neighborhood-level Health Determinants Datasets in LMICs. *Journal of Urban Health*, 96(4), 514-536. Doi: 10.1007/s11524-019-00363-3.
- VERHULST, N. O., BRENDLE, A., BLANCKENHORN, W. U., & MATHIS, A. 2020. Thermal preferences of subtropical *Aedes aegypti* and temperate *Aedes japonicus* mosquitoes. *Journal of Thermal Biology*, 91, 102637. Doi: 10.1016/j.jtherbio.2020.102637.
- VEZZANI, D., VELÁZQUEZ, S. M., SOTO, S., & SCHWEIGMANN, N. J. 2001. Environmental characteristics of the cemeteries of Buenos Aires City (Argentina) and infestation levels of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 96(4), 467-471. Doi: 10.1590/s0074-02762001000400005.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. 2009. Dengue: guidelines for diagnosis, treatment, prevention, and control: new edition. *World Health Organization*. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44188>.

8. ANEXO

En el siguiente anexo se brinda la información correspondiente a los Modelos Lineales Generalizados Mixtos multivariados analizados.

Modelos de análisis a escala espacio- temporal

Modelos	AIC	P
TminR7 + Tmed + Sitios de muestreo	1781,1	0,258
TminR7 + Tmin + Sitios de muestreo	1782,4	0,899
TminR7 + Prec + Sitios de muestreo	1779,3	0,0655
TminR7 + Hmed + Sitios de muestreo	1782,3	0,747
TminR7 + Hmax + Sitios de muestreo	1781,9	0,486
TminR7 + Pmed + Sitios de muestreo	1782,2	0,723
TminR7 + Pmin + Sitios de muestreo	1782,4	0,97
TminR7 + Pmax + Sitios de muestreo	1782,1	0,623
TminR7 + PrecR4 + Sitios de muestreo	1773,5	0,00274*
TminR7 + PmedR4 + Sitios de muestreo	1782,2	0,707

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

TminR7 + NDBImed + Sitios de muestreo	1782,4	0,975
TminR7 + NDBImin + Sitios de muestreo	1781,8	0,444
TminR7 + NDBImax + Sitios de muestreo	1782,4	0,947
TminR7 + NDVImed + Sitios de muestreo	1781,9	0,498
TminR7 + NDVImin + Sitios de muestreo	1782,4	0,9
TminR7 + NDVImax + Sitios de muestreo	1782,0	0,549
TminR7 + Suelo + Sitios de muestreo	1782,3	0,772
TminR7 + SIm + Sitios de muestreo	1781,4	0,316
TminR7 + Veg + Sitios de muestreo	1781,4	0,336
TminR7 + Agua + Sitios de muestreo	1780,4	0,139
TminR7 + PrecR4 + Tmedes + Sitios de muestreo	1775,3	0,64528
TminR7 + PrecR4 + Tmines + Sitios de muestreo	1775,0	0,48415
TminR7 + PrecR4 + tmaxes + Sitios de muestreo	1771,7	0,054274
TminR7 + PrecR4 + Preces + Sitios de muestreo	1774,7	0,37618
TminR7 + PrecR4 + Hmed + Sitios de muestreo	1772,0	0,060498
TminR7 + PrecR4 + Hmin + Sitios de muestreo	1775,1	0,51211
TminR7 + PrecR4 + Hmax + Sitios de muestreo	1772,8	0,09268
TminR7 + PrecR4 + Pmed + Sitios de muestreo	1774,5	0,33081
TminR7 + PrecR4 + Pmin + Sitios de muestreo	1775,2	0,62092
TminR7 + PrecR4 + Pmax + Sitios de muestreo	1774,2	0,26119
TminR7 + PrecR4 + PmedR4 + Sitios de muestreo	1774,8	0,39437
TminR7 + PrecR4 + NDBImed + Sitios de muestreo	1775,4	0,84305
TminR7 + PrecR4 + NDBImin + Sitios de muestreo	1775,0	0,46875
TminR7 + PrecR4 + NDBImax + Sitios de muestreo	1775,5	0,96748
TminR7 + PrecR4 + NDVImed + Sitios de muestreo	1774,6	0,3456
TminR7 + PrecR4 + NDVImin + Sitios de muestreo	1775,3	0,69765
TminR7 + PrecR4 + NDVImax + Sitios de muestreo	1775,4	0,82754
TminR7 + PrecR4 + Suelo + Sitios de muestreo	1775,4	0,7257
TminR7 + PrecR4 + SIm + Sitios de muestreo	1773,8	0,18412
TminR7 + PrecR4 + Veg + Sitios de muestreo	1773,9	0,19952
TminR7 + PrecR4 + Agua + Sitios de muestreo	1772,6	0,07954
TminR7 + PrecR4 + TminR7 * PrecR4 + Sitios de muestreo	1771,6	0,04862
TminR7 + PrecR4 + TminR7C + Sitios de muestreo	1772,7	0,09093
TminR7 + PrecR4 + Precl4C + Sitios de muestreo	1768,4	0,0146
TminR7 + PrecR4 + Precl4C + TminR7 * PrecR4 + Sitios de muestreo	1768,3	0,0146*
Suelo* Tmed+ Sitios de muestreo	1814,6	0,262
Suelo* Tmin+ Sitios de muestreo	1813,8	0,577
Suelo*Tmax+ Sitios de muestreo	1816,1	0,987
Suelo*TminR7+ Sitios de muestreo	1782,9	0,239
Suelo*Prec+ Sitios de muestreo	1815,7	0,924
Suelo*PrecR4+ Sitios de muestreo	1810,8	0,5063
Suelo*Presmed+ Sitios de muestreo	1816,6	0,929
Suelo*Pmin+ Sitios de muestreo	1816,5	0,806
Suelo*Pmax + Sitios de muestreo	1816,6	0,992
Suelo*PmedR4+ Sitios de muestreo	1816,5	0,881

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

Suelo*Hmed+ Sitios de muestreo	1814,6	0,740
Suelo*Hmin+ Sitios de muestreo	1816,1	0,953
Suelo*Hmax+ Sitios de muestreo	1816,5	0,861
SIm*Tmed+ Sitios de muestreo	1813,6	0,224
SIm*Tmin+ Sitios de muestreo	1812,1	0,352
SIm*Tmax+ Sitios de muestreo	1815,7	0,923
SIm*TminR7+ Sitios de muestreo	1789,9	0,0685
SIm*Prec+ Sitios de muestreo	1815,1	0,551
SIm*PrecR4+ Sitios de muestreo	1809,0	0,33856
SIm*Presmed+ Sitios de muestreo	1815,8	0,523
SIm*Pmin+ Sitios de muestreo	1815,4	0,379
SIm*Pmax + Sitios de muestreo	1816,0	0,618
SIm*PmedR4+ Sitios de muestreo	1815,6	0,441
SIm*Hmed+ Sitios de muestreo	1814,2	0,698
SIm*Hmin+ Sitios de muestreo	1815,1	0,511
SIm*Hmax+ Sitios de muestreo	1816,1	0,877
Veg*Tmed+ Sitios de muestreo	1814,7	0,279
Veg*Tmin+ Sitios de muestreo	1812,6	0,2568
Veg*Tmax+ Sitios de muestreo	1815,8	0,934
Veg*TminR7+ Sitios de muestreo	1781,7	0,185
Veg*Prec+ Sitios de muestreo	1815,2	0,473
Veg*PrecR4+ Sitios de muestreo	1809,2	0,503
Veg*Presmed+ Sitios de muestreo	1813,1	0,0651
Veg*Pmin+ Sitios de muestreo	1813,9	0,0781
Veg*Pmax + Sitios de muestreo	1814,5	0,167
Veg*PmedR4+ Sitios de muestreo	1814,5	0,168
Veg*Hmed+ Sitios de muestreo	1813,9	0,560
Veg*Hmin+ Sitios de muestreo	1815,1	0,467
Veg*Hmax+ Sitios de muestreo	1816,4	0,800
Agua*Tmed+ Sitios de muestreo	1815,9	0,504
Agua*Tmin+ Sitios de muestreo	1814,4	0,459
Agua*Tmax+ Sitios de muestreo	1816,1	0,790
Agua*TminR7+ Sitios de muestreo	1781,0	0,251
Agua*Prec+ Sitios de muestreo	1815,2	0,443
Agua*PrecR4+ Sitios de muestreo	1811,0	0,6873
Agua*Presmed+ Sitios de muestreo	1816,6	0,885
Agua*Pmin+ Sitios de muestreo	1816,6	0,906
Agua*Pmax + Sitios de muestreo	1816,6	0,906
Agua*PmedR4+ Sitios de muestreo	1816,8	0,832
Agua*Hmed+ Sitios de muestreo	1813,8	0,6965
Agua*Hmin+ Sitios de muestreo	1814,8	0,341
Agua*Hmax+ Sitios de muestreo	1816,3	0,571
NDVImed*Tmed+ Sitios de muestreo	1814,8	0,276
NDVImed*Tmin+ Sitios de muestreo	1813,3	0,421
NDVImed*Tmax+ Sitios de muestreo	1816,1	0,279
NDVImed*TminR7+ Sitios de muestreo	1780,7	0,0698

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

NDVImed*Prec+ Sitios de muestreo	1815,5	0,556
NDVImed*PrecR4+ Sitios de muestreo	1810,1	0,4103
NDVImed*Presmed+ Sitios de muestreo	1815,7	0,314
NDVImed*Pmin+ Sitios de muestreo	1815,1	0,204
NDVImed*Pmax + Sitios de muestreo	1816,0	0,410
NDVImed*PmedR4+ Sitios de muestreo	1815,3	0,232
NDVImed*Hmed+ Sitios de muestreo	1814,4	0,603
NDVImed*Hmin+ Sitios de muestreo	1815,3	0,474
NDVImed*Hmax+ Sitios de muestreo	1816,6	0,769
NDVImin*Tmed+ Sitios de muestreo	1814,9	0,0634
NDVImin*Tmin+ Sitios de muestreo	1811,2	0,0649
NDVImin*Tmax+ Sitios de muestreo	1816,2	0,790
NDVImin*TminR7+ Sitios de muestreo	1784,2	0,741
NDVImin*Prec+ Sitios de muestreo	1815,8	0,798
NDVImin*PrecR4+ Sitios de muestreo	1810,0	0,2858
NDVImin*Presmed+ Sitios de muestreo	1816,7	0,768
NDVImin*Pmin+ Sitios de muestreo	1816,5	0,592
NDVImin*Pmax + Sitios de muestreo	1816,8	0,875
NDVImin*PmedR4+ Sitios de muestreo	1816,6	0,693
NDVImin*Hmed+ Sitios de muestreo	1814,1	0,529
NDVImin*Hmin+ Sitios de muestreo	1816,0	0,738
NDVImin*Hmax+ Sitios de muestreo	1815,1	0,200
NDVImax*Tmed+ Sitios de muestreo	1816,3	0,996
NDVImax*Tmin+ Sitios de muestreo	1814,8	0,977
NDVImax*Tmax+ Sitios de muestreo	1816,0	0,671
NDVImax*TminR7+ Sitios de muestreo	1794,1	0,0678
NDVImax*Prec+ Sitios de muestreo	1815,5	0,751
NDVImax*PrecR4+ Sitios de muestreo	1811,0	0,6967
NDVImax*Presmed+ Sitios de muestreo	1816,6	0,985
NDVImax*Pmin+ Sitios de muestreo	1816,6	0,886
NDVImax*Pmax + Sitios de muestreo	1816,6	0,999
NDVImax*PmedR4+ Sitios de muestreo	1816,6	0,955
NDVImax*Hmed+ Sitios de muestreo	1813,8	0,389
NDVImax*Hmin+ Sitios de muestreo	1815,5	0,488
NDVImax*Hmax+ Sitios de muestreo	1815,9	0,405
NDBImed*Tmed+ Sitios de muestreo	1815,8	0,439
NDBImed*Tmin+ Sitios de muestreo	1814,2	0,496
NDBImed*Tmax+ Sitios de muestreo	1816,2	0,792
NDBImed*TminR7+ Sitios de muestreo	1782,7	0,104
NDBImed*Prec+ Sitios de muestreo	1815,5	0,569
NDBImed*PrecR4+ Sitios de muestreo	1810,8	0,516
NDBImed*Presmed+ Sitios de muestreo	1814,2	0,0824
NDBImed*Pmin+ Sitios de muestreo	1812,8	0,0689
NDBImed*Pmax + Sitios de muestreo	1815,1	0,174
NDBImed*PmedR4+ Sitios de muestreo	1813,8	0,0672
NDBImed*Hmed+ Sitios de muestreo	1813,9	0,370

Características urbanas y la actividad de oviposición de *Aedes aegypti* vector de virus Dengue en la ciudad de Córdoba

NDBImed*Hmin+ Sitios de muestreo	1815,5	0,396
NDBImed*Hmax+ Sitios de muestreo	1816,8	0,969
NDBImin*Tmed+ Sitios de muestreo	1814,0	0,282
NDBImin*Tmin+ Sitios de muestreo	1813,5	0,630
NDBImin*Tmax+ Sitios de muestreo	1814,3	0,304
NDBImin*TminR7+ Sitios de muestreo	1782,4	0,241
NDBImin*Prec+ Sitios de muestreo	1813,2	0,268
NDBImin*PrecR4+ Sitios de muestreo	1810,4	0,7745
NDBImin*Presmed+ Sitios de muestreo	1812,6	0,0757
NDBImin*Pmin+ Sitios de muestreo	1811,2	0,0782
NDBImin*Pmax + Sitios de muestreo	1811,1	0,0699
NDBImin*PmedR4+ Sitios de muestreo	1811,7	0,0801
NDBImin*Hmed+ Sitios de muestreo	1811,8	0,116
NDBImin*Hmin+ Sitios de muestreo	1812,9	0,121
NDBImin*Hmax+ Sitios de muestreo	1814,5	0,272
NDBImax*Tmed+ Sitios de muestreo	1815,6	0,513
NDBImax*Tmin+ Sitios de muestreo	1814,5	0,552
NDBImax*Tmax+ Sitios de muestreo	1815,4	0,797
NDBImax*TminR7+ Sitios de muestreo	1784,0	0,522
NDBImax*Prec+ Sitios de muestreo	1815,1	0,824
NDBImax*PrecR4+ Sitios de muestreo	1809,9	0,8501
NDBImax*Presmed+ Sitios de muestreo	1815,6	0,4897
NDBImax*Pmin+ Sitios de muestreo	1815,3	0,390
NDBImax*Pmax + Sitios de muestreo	1815,8	0,606
NDBImax*PmedR4+ Sitios de muestreo	1815,5	0,454
NDBImax*Hmed+ Sitios de muestreo	1812,9	0,8508
NDBImax*Hmin+ Sitios de muestreo	1814,9	0,842
NDBImax*Hmax+ Sitios de muestreo	1815,7	0,641

Tabla 1. Modelos Lineales Generalizados Mixtos multivariados evaluados con su p y AIC correspondiente.