

TESIS DE DOCTORADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

**Distribución y abundancia de *Aedes aegypti* en
la provincia de Salta: asociación con factores
ambientales**

por

Lic. Mariana del Milagro Chanampa

Director/a: Dra. Raquel Miranda Gleiser

Director: Dr. Juan Pablo Aparicio

*Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional Unidad: Salud y
Ambiente. Universidad Nacional de Salta – Consejo Nacional de
Investigaciones Científicas y Técnicas*



**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA**

Córdoba, Argentina

2019

COMISIÓN ASESORA

Dra. Raquel Miranda Gleiser

Centro de Relevamiento y Evaluación de Recursos Agrícolas y Naturales. Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal. Universidad Nacional de Córdoba - CONICET.

Dr. Nicolás Schweigmann

Grupo de Estudio de Mosquitos, Departamento de Ecología, Genética y Evolución. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires

Dra. Ximena Porcasi

Instituto de Altos Estudios Espaciales Mario Gulich - CONAE, Córdoba

DEFENSA ORAL Y PÚBLICA

Lugar y Fecha:

Calificación:

TRIBUNAL

Firma:

Aclaración:

Firma:

Aclaración:

Firma:

Aclaración:

Publicaciones

En revistas indexadas

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

ÍNDICE

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL	10
DISTRIBUCIÓN DE <i>Aedes aegypti</i>	10
<i>Distribución mundial</i>	10
<i>Distribución en América y Argentina</i>	10
<i>Enfermedades transmitidas por Aedes aegypti relevantes para Argentina</i>	11
<i>Aedes aegypti, características e historia de vida</i>	16
Ciclo de vida.....	16
Refugio y sitios de oviposición.....	17
Características ambientales favorables para <i>Aedes aegypti</i>	18
<i>Monitoreo y estimación del tamaño poblacional de Aedes aegypti</i>	19
<i>Aedes aegypti en la provincia de Salta</i>	20
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	21
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	21
<i>OBJETIVOS ESPECIFICOS E HIPÓTESIS</i>	21
CAPÍTULO II.....	23
SELECCIÓN DE SUSTRATO DE OVIPOSICIÓN EN LABORATORIO Y A CAMPO Y SU EFECTO SOBRE LOS PATRONES ESPACIALES.....	23
INTRODUCCION.....	23
MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
<i>Área de estudio</i>	26
<i>Muestreo de Aedes aegypti</i>	27
<i>Evaluación de sustratos en condiciones controladas de laboratorio</i>	28

<i>Análisis de datos</i>	29
Efectos de sustrato y localidad sobre la frecuencia de positividad de ovitrampas y número medio de huevos	29
Patrón espacial	30
RESULTADOS	30
Análisis de la variación espacial de <i>Aedes aegypti</i>	32
DISCUSIÓN	35
CAPITULO III. PRESENCIA DE <i>Aedes aegypti</i> EN ECO-REGIONES DE LA PROVINCIA DE SALTA	38
INTRODUCCIÓN.....	38
MATERIALES Y MÉTODOS.....	40
<i>Área de estudio</i>	40
Muestreo de <i>Aedes aegypti</i>	43
Datos ambientales	44
Análisis de datos	45
RESULTADOS	47
<i>Presencia de huevos en ovitrampas</i>	49
<i>Número de huevos en ovitrampas</i>	50
DISCUSIÓN	52
CAPÍTULO IV. FACTORES DEL PAISAJE ASOCIADOS CON LA PRESENCIA DE <i>Aedes aegypti</i>	56
INTRODUCCIÓN.....	56
MATERIALES Y MÉTODOS.....	58
<i>Área de estudio y muestreo de Aedes aegypti</i>	58
<i>Datos ambientales</i>	59
Cobertura de la tierra	60
Uso de la tierra	61
Estimación de la vegetación mediante el NDVI	61
<i>Estimación de la evapotranspiración de las plantas mediante el NDWI (índice de agua)</i>	63
<i>Análisis de datos</i>	64
RESULTADOS	65

DISCUSIÓN	69
CAPITULO V.....	73
CONCLUSIONES GENERALES.....	73
BIBLIOGRAFÍA	75
AGRADECIMIENTOS	90
ANEXOS	92

Resumen

Aedes aegypti (Diptera: Culicidae) tiene gran importancia en salud pública como transmisor de arbovirus de dengue, Zika, chikungunya y fiebre amarilla urbana, entre otros. Es un mosquito urbano, por lo que su dinámica poblacional depende de las características climáticas y de las condiciones particulares para su desarrollo y supervivencia que le ofrece el hombre. En la provincia de Salta se pueden diferenciar cinco eco-regiones a lo largo de un gradiente de altura creciente, temperatura y precipitaciones decrecientes de este a oeste. El conocimiento sobre *Ae. aegypti* en la región es escaso y fragmentado, y si bien, en esta provincia se registraron casos de dengue en un gran número de localidades de distintas eco regiones, y recientemente de chikungunya, en la mayoría no se había demostrado la presencia del vector. El objetivo general de esta tesis fue evaluar la presencia y actividad de oviposición de *Ae. aegypti* en diferentes ecorregiones de la provincia de Salta y su relación con variables ambientales a diferentes escalas geográficas. Se realizaron muestreos con ovitrampas en al menos dos localidades de cada ecorregión entre febrero y marzo de 2015 y 2016. Para cada localidad se obtuvieron registros meteorológicos y se generó una base de datos geográficos a partir de imágenes satelitales (LandSat OLI 8). Se confirmó la presencia de *Ae. aegypti* en las ecoregiones de Chaco Seco y Montes de Sierras y Bolsones, mientras que en las localidades de Altos Andes y Puna no se la encontró. Se evidenciaron preferencias por diferentes sustratos de oviposición que fueron consistentes entre ecorregiones contrastantes como son las yungas y chaco. Como se anticipaba, se detectó una mayor actividad del mosquito en localidades de la yunga, caracterizadas por un clima más húmedo y mayores valores de NDVI, que en las localidades del chaco (más seco). Se esperaba detectar una relación entre la cobertura verde del terreno y la actividad de oviposición del mosquito más evidente en localidades de ecorregiones más áridas, donde

la oferta de hábitat larvales estaría más estrechamente asociado a la actividad humana y el riesgo de desecación sería mayor. Sin embargo, covariables de uso de la tierra (que consideran directa o indirectamente las actividades humanas) y no de cobertura del terreno, contribuyeron a explicar las variaciones locales en el número medio de huevos colocados en las ovitrampas. A nivel de localidad, por el contrario, el uso de la tierra (categoría zona residencial) se relacionó negativamente con el número de huevos detectados en las ovitrampas. En particular, se encontró una relación negativa con la proporción de superficie de tipo residencial en un área de 200 m alrededor de los sitios de muestreo. Los resultados en conjunto sugieren que, en la provincia de Salta, las características ambientales a escala regional son más relevantes que a escala local para explicar la frecuencia del vector.

Abstract

Aedes aegypti (Diptera: Culicidae) has great importance in public health as a vector of arboviruses, including dengue, Zika, chikungunya, and urban yellow fever, among others. It is an urban mosquito, so its population dynamics depends on the climatic characteristics and on the conditions for its development and survival offered by humans. In the province of Salta, five eco-regions can be distinguished along a gradient of increasing height and decreasing temperature and rainfall from east to west. The knowledge about *Ae. aegypti* in the region is scarce and fragmented, and although in this province there were cases of dengue in several localities of different ecoregions, and recently of chikungunya, in most cases the presence of the vector has not been demonstrated. The general objective of this thesis was to evaluate the presence and oviposition activity of *Ae. aegypti* in different ecoregions of the province of Salta and its relationship with environmental variables at different geographical scales. Ovitrap were sampled in at least two localities of each ecoregion between February and March 2015 and 2016. For each locality, meteorological records were obtained and a geographic database was generated from satellite images (LandSat OLI 8). The presence of *Aedes aegypti* was confirmed in the ecoregions of Chaco Seco and Montes de Sierras y Bolsones, while in the high Andes and Puna localities it was not found. Preferences were evidenced by different oviposition substrates that were consistent between contrasting

ecoregions such as yungas and chaco. As anticipated, a greater oviposition activity of the mosquito was detected in yunga localities, characterized by a more humid climate and higher values of NDVI, than in the localities of Chaco (drier). It was expected to detect a relationship between the green cover of the terrain and the mosquito oviposition activity, more evident in more arid ecoregions, where the larval habitat supply would be more closely associated with human activity and the risk of desiccation would be greater. However, covariables of land use (which directly or indirectly consider human activities) and not of land cover, contributed to explain the local variations in the average number of eggs laid in the ovitraps. At the locality level, on the contrary, the use of land (residential zone category) was negatively related to the number of eggs detected in the ovitraps. A negative relationship was found with the proportion of residential type surface in an area of 200 m around the sampling sites. The results together suggest that, in the province of Salta, environmental characteristics at a regional scale are more relevant than at the local level to explain the frequency of the vector.

Capítulo I

Introducción General

Distribución de Aedes aegypti

Distribución mundial

Aedes (Stegomyia) aegypti (L., 1762) es una especie de mosquito perteneciente a la familia Culicidae que se encuentra en regiones tropicales y templadas de todo el mundo (Vezzani y Carbajo, 2008). Tendría sus orígenes en el África sub-sahariana, donde habita la mayor diversidad de representantes de la familia (Powell y Tabachnick, 2013). Las formas domésticas que existen fuera de África constituyen un grupo monofilético que habría surgido una vez fuera de ese continente, mientras que en el África oriental hay evidencias de la ocurrencia de múltiples incidentes independientes de domesticación (Brown et al., 2011; Brown et al., 2013, Moore et al., 2013). Originariamente selvático, puede ser encontrado tanto en ambientes urbanos como en ambientes silvestres (Chadee et al., 1998, Powell y Tabachnick et al., 2013, Mangudo et al., 2015, 2018). La dispersión alrededor del planeta fue inicialmente facilitada por los recipientes con agua que permitían su cría en los barcos dedicados al transporte de esclavos. A partir de entonces, se propagó rápidamente a las zonas tropicales y subtropicales de todos los continentes. Si bien se consideraba que su extensión a nivel mundial se limitaba a latitudes entre los 45° Norte y 35° Sur (Otero et al., 2006), ha alcanzado registros más australes, de 36,6 ° Sur en La Pampa (Rossi et al., 2006). Su distribución también está limitada por la altitud, en general no se lo encuentra sobre los 1000 m.s.n.m., aunque se ha observado a mayor altura en lugares cálidos de la India y Colombia (Lozano-Fuentes et al., 2002).

Distribución en América y Argentina

Aedes aegypti estuvo presente durante la primera mitad del siglo XX en las provincias del Norte y Centro de Argentina: Jujuy, Salta, Formosa, Misiones, Corrientes, Chaco,

Santiago del Estero, Tucumán, Catamarca, La Rioja, Santa Fe, Entre Ríos, Córdoba y Buenos Aires (Bejarano, 1979). Debido a que *Ae. aegypti* es considerado el principal vector de los virus de la fiebre amarilla urbana y del dengue, una campaña de erradicación hemisférica comenzó en 1947 con el objetivo eliminarlo del continente (PAHO, 1994). Entre 1955 y 1963, el Ministerio de Salud de la Argentina y la OPS llevaron a cabo la campaña de erradicación del mosquito del país en forma exitosa. El Ministerio de Salud de la Nación consideró su erradicación en 1963 (Carcavallo y Martínez, 1968), mientras que la Organización Panamericana de la Salud (OPS) lo certificó en 1965 (Bejarano, 1979). No obstante, estudios de genética de poblaciones sugieren que dichas campañas fueron más exitosas en la región este del país, mientras que en el noroeste habrían persistido algunos relictos poblacionales (Rondan Dueñas et al., 2009). Además, análisis filogeográficos de *Ae. aegypti* mostraron una alta variabilidad genética en el noroeste de Argentina, Bolivia y Paraguay, que se correspondería con reintroducciones y restablecimientos de subpoblaciones altamente polimórficas que fueron rápidamente restauradas (Albrieu Llinás y Gardenal, 2011a, b).

La reintroducción del vector ocurrió en Brasil (Schatzmayr et al., 2000) de ahí se diseminó por los países de América del Sur siendo Chile el último en reportar su ingreso en su superficie continental (Gonzalez et al., 2016). En Argentina, en el año 1986 la reinfestación de *Ae. aegypti* fue reportada primeramente en las provincias de Misiones y Formosa (Carbajo et al., 2001; Curto et al., 2002). Años después, se reportó al Sur en Buenos Aires (Campos, 1993). Actualmente, su distribución abarca todas las provincias del norte de Argentina, llegando hacia el sur hasta las provincias de Buenos Aires, La Pampa y Neuquén (Augier, 1998; Vezzani y Carbajo, 2008; Grech et al., 2012; Zanotti et al., 2015; Carrizo Paez et al., 2016).

Enfermedades transmitidas por *Aedes aegypti* relevantes para Argentina

Aedes aegypti es el principal vector de los virus dengue, fiebre amarilla (ciclo urbano), chikungunya y zika (Halstead et al., 2015; Pereira-Lima et al., 2015; OMS 2015; Marcondes et al., 2017), y posiblemente de otros arbovirus como el virus West Nile (Turell et al., 2005). En particular las patologías asociadas a los cuatro primeros virus se han convertido en un importante problema de salud pública en todo el mundo.

Las infecciones por arbovirus pueden presentarse en el humano de forma sintomática como asintomática. En la forma asintomática el paciente no manifiesta síntomas de enfermedad, aunque el virus esté presente en su cuerpo. La sintomatología de las infecciones virales causantes de dengue, chikungunya (y eventualmente zika), tienen características clínicas similares (ver más abajo). No existe un tratamiento específico, solo se trata de aliviar el dolor. En ausencia de un fármaco o vacuna eficaz, las opciones estratégicas para controlar estas patologías son el manejo de casos para prevenir la muerte y el control de los vectores para reducir la transmisión viral (Lin y Wen, 2011). Por el contrario, desde hace más de 80 años está disponible una vacuna a virus atenuado para prevenir la fiebre amarilla.

A continuación, se describe brevemente algunas características epidemiológicas y de situación actual de estas arbovirosis.

Dengue: El dengue es una enfermedad causada por un virus que pertenece a la familia Flaviviridae el cual presenta cuatro serotipos denominados DEN-1, 2, 3 y 4 (se menciona un 5to serotipo asiático). En las recientes décadas, se ha reportado a nivel mundial un incremento en la aparición de las formas severas del dengue como son la fiebre hemorrágica por dengue (DHF) y el síndrome de shock por dengue (DSS), mostrando una diseminación con niveles epidémicos en algunas áreas de la región tropical y subtropical de Asia, África, América, Australia y Oceanía (Bhatt et al., 2013; Marcondes et al., 2017). En la Argentina, se registraron brotes de esta enfermedad en la mayoría de las provincias (Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos, Santa Fe, Chaco, Corrientes, Formosa, Misiones, Jujuy, Salta, Santiago del Estero, Tucumán, Catamarca y La Rioja). Se manifiesta en los meses de mayor temperatura, entre noviembre y mayo.

En la forma sintomática, el dengue puede manifestarse de dos formas principales, como Dengue o como dengue grave. El dengue está caracterizado por un cuadro febril agudo, malestar general, cefalea intensa, dolor retroocular, dolores musculares y articulares, y puede incluir adenopatías y erupción cutánea. El dengue grave o hemorrágico es una complicación que puede ser mortal y se caracteriza por fiebre, dolor abdominal, vómitos persistentes, hemorragias y dificultad para respirar.

Como se mencionó brevemente en párrafos anteriores, en 1963 se anunció la erradicación del mosquito transmisor del Dengue en Argentina como resultado de la

Campaña Continental por la eliminación de vectores (Carcavallo y Martínez, 1968). En 1986 se reportó la reinfestación en nuestro país (OPS, 1990). La epidemia de dengue de 1998 afectó a 19 personas en Tartagal, en la provincia de Salta, en el norte de la Argentina. Otros casos de personas infectadas se registraron durante el año 2000, por el Ministerio de Salud Pública Nacional. Hacia fines del año 2008 y comienzos del 2009 se inició la más grande epidemia de dengue registrada en Argentina hasta ese momento, siendo el serotipo circulante DEN1. Se reportaron oficialmente (hasta julio de ese año) más de 26.612 casos, ocurrieron 5 muertes debido a las formas graves de la enfermedad (DHF/DSS) y se detectaron 3 casos congénitos en la ciudad de San Ramón de la Nueva Orán, Salta. Estos casos congénitos describen una nueva característica de la epidemia en la región, no habiendo casos de este tipo reportados previamente en el país (Micieli y Campos, 2003). La epidemia de dengue del 2009 en Argentina afectó varias provincias además de Salta, como Buenos Aires, Chaco, Tucumán y Catamarca. Durante el verano de 2016 se desató una epidemia de mayor magnitud que la ocurrida en el año 2009. Se registraron 41.207 casos confirmados o probables autóctonos (por nexo epidemiológico o laboratorio), y 2.681 casos confirmados y probables importados.

En la actualidad se están desarrollando y/o evaluando vacunas para prevenir el dengue, entre las cuales una, la vacuna CYD-TDV (Dengvaxia® de laboratorios Sanofi Pasteur) que ha sido aprobada para su aplicación en varios países endémicos de Latinoamérica, Asia y Europa. CYD-TDV es una vacuna profiláctica, tetravalente de virus atenuado que ha evidenciado reducir el riesgo de dengue grave en personas que previamente han sido expuestas al virus (es decir, naturalmente seropositivas). Entre los años 2017 y 2018 hubo controversias debido, entre otros temas, a que se encontró que incrementaría el riesgo de dengue severo en personas que experimenten su primera infección natural luego de la vacunación (ej. Dans et al., 2018 a,b; Hadinegoro et al., 2018). Finalmente fue avalada en setiembre de 2018 por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018) y por la Unión Europea para prevenir la enfermedad de dengue en individuos de 9 a 45 años, que hayan tenido infección documentada previa de dengue y que vivan en áreas endémicas (Sanofi Pasteur, 2018). Actualmente la vacuna para el dengue en nuestro país está aprobada por ANMAT pero no incluida en el calendario de vacunación (Kantor, 2018).

Chikungunya: Este es un alfavirus, del que existen tres genotipos: África Occidental, asiático y Central Este y Sur de África (ECSA). El virus fue descrito por primera vez en

1952 en Tanzania, por W.H.R. Lumsden. Originariamente su transmisión era solo enzoótica, con brotes epidémicos aislados en humanos, pero a partir del año 2000 la infección se ha extendido a millones de personas, transmitido por los mosquitos *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus*. Desde 2004, el virus de chikungunya ha causado millones de casos de la enfermedad en la región del Océano Índico y se ha extendido en nuevas áreas, incluyendo Europa, Medio Oriente y la región del Pacífico. En octubre de 2013, en la isla caribeña de Saint Martin se identificaron casos locales de esta enfermedad, señalando la llegada del virus en el hemisferio occidental, aunque para algunos autores sería una reintroducción ya que habría evidencias de la dispersión de este patógeno por barcos varios siglos antes (Weaver et al., 2018). Los casos diagnosticados en las Américas son del genotipo asiático (Leparc-Goffart et al., 2014; Halstead, 2015; Maguiña Vargas y Pitsfill, 2015). Desde 2015 en Argentina se investigaron a través del sistema de vigilancia de síndromes febriles agudos no especificados, casos sospechosos de infección por el virus chikungunya. El primer caso de CHIKV en Argentina, se registró en Buenos Aires en un viajero proveniente de República Dominicana (Kantor et al., 2016). Entre enero y febrero de 2016, 55 de 1030 casos sospechosos dieron positivo, 30 de los cuales se clasificaron como autóctonos. La gran mayoría de los casos fueron registrados en la provincia de Salta en los departamentos de San Martín y Orán del norte de Salta (ciudades de Tartagal y Apolinario Saravia) y el restante en la Provincia de Jujuy (OMS, 2016; Ministerio de Salud de la Nación 2016). En la provincia de Salta se notificaron 313 casos confirmados autóctonos ese año (Ministerio de Salud de la Nación, 2016).

Los síntomas característicos de chikungunya tienen algunas similitudes con el dengue en que incluyen fiebre, erupción cutánea y dolores articulares incapacitantes, pero a diferencia del dengue, estos últimos pueden durar varias semanas y en algunos pacientes incluso años. El virus puede mantenerse en tejidos de articulaciones y causar artralgias prolongadas, asociadas a una respuesta inmune persistente. Los biomarcadores de inflamación (IL-1 beta e IL-6) pueden predecir la gravedad de la enfermedad, para la que no hay tratamiento efectivo. La diversidad de este virus es limitada y hay inmunidad protectora prolongada después de una infección. Estas son condiciones favorables para el desarrollo de vacunas. En efecto, existen dos vacunas candidatas en Fase II: una basada en partículas similares al virus, y otra recombinante que tiene como vector al virus vivo atenuado de sarampión (OMS, 2018).

Zika: En cuanto a Zika, es una infección asintomática en cerca de un 80% de los casos. La enfermedad se presenta con exantema, conjuntivitis y fiebre no muy elevada. Los síntomas duran entre 2 y 7 días. Sin embargo, durante el embarazo el virus puede causar anomalías cerebrales congénitas incluyendo la microcefalia, y es un disparador del síndrome de Guillain-Barré. Por el momento, no existen vacunas ni tratamientos específicos.

El virus circula por África (origen), las Américas, Asia y el Pacífico sub oriental. Se identificó por primera vez en Uganda, en 1947, en macacos de la India, y en 1952 en humanos, en Uganda y Tanzania. Se ha observado que la epidemia de Zika en general se produce luego de epizootias o epidemias de CHIKV. Además de la vía vectorial, se puede transmitir en humanos por vía parental, sexual y por transfusión sanguínea. En la Polinesia francesa en 2014 y en el Nordeste de Brasil en 2015 hubo un conglomerado de casos de microcefalia y trastornos neurológicos en recién nacidos que despertó la atención internacional. El 1 de febrero de 2016 el Comité de Emergencia de la Organización Mundial de la Salud declaró a la Infección por virus Zika una Emergencia de Salud Pública Internacional (ESPII) bajo Reglamento Sanitario Internacional (RSI, 2005).

Las medidas de protección recomendadas son el control de los mosquitos y la prevención de las picaduras en personas en riesgo, en especial las embarazadas (Kantor, 2016; Marcondes et al., 2017).

Virus fiebre amarilla: Las infecciones en humanos por este virus pueden producir desde manifestaciones febriles no específicas hasta casos graves que presentan insuficiencia hepática, fallo renal, coagulopatía y shock, con una tasa de letalidad hasta del 50 % (Contigiani et al., 2016)

Este virus presenta dos ciclos de transmisión, una forma urbana en la cual el vector es *Ae. aegypti* y el humano es el hospedador principal, y un ciclo selvático en el que los principales vectores pertenecen a los géneros *Haemagogus* Williston y *Sabethes* Robineau-Desvoidy (Arnell et al., 1973) (en América) y los monos son los hospedadores principales. En Sudamérica, el último brote de fiebre amarilla urbana se registró en Brasil en 1942 y el último caso de FA urbana confirmado fue reportado por Trinidad y Tobago en 1954 (Monath y Vasconcelos, 2015). Durante 2017. A fines de 2016 se inició un brote de fiebre amarilla silvática en Brasil en el estado de Minas Gerais, que se extendió durante

2017 hacia el sur y la costa atlántica, a áreas que no se consideraban en riesgo de esta patología (OMS, 2017), despertando un estado de alerta en los países de la región.

En Argentina, la mayor epidemia de fiebre amarilla urbana ocurrió a principios de la década de 1870, y en la ciudad de Buenos Aires mató a cerca del 8% de su población. Desde el brote de fiebre amarilla selvática producido en las provincias del litoral durante 1966 (Bejarano, 1979), no se registraron nuevos casos autóctonos hasta enero de 2008, cuando se confirmó en la provincia de Misiones una epizootia en monos *Alouatta caraya* (Humboldt) y 8 casos humanos que no tenían antecedentes de vacunación (Holzmann et al., 2010; de Almeida et al., 2012). Varios departamentos en la ecorregión de Yungas de la provincia de Salta se consideran de riesgo potencial por la OMS (2014), por ser limítrofes con Bolivia, y por la presencia de mosquitos vectores y hospedadores potenciales para el ciclo silvático (mono *Cebus capella*).

***Aedes aegypti*, características e historia de vida**

Ciclo de vida

El ciclo de vida de *Ae. aegypti* comprende los estados de huevo, larva (4 estadios), pupa y adulto (Figura 1.2). La duración y supervivencia de los distintos estadios depende de diversos factores, como la temperatura, la disponibilidad de alimento, la humedad, y el estado fisiológico de los individuos, siendo la temperatura uno de los principales factores ecológicos vinculados al desarrollo (Focks et al., 1993) y a la actividad del mosquito (Micieli et al., 2006).

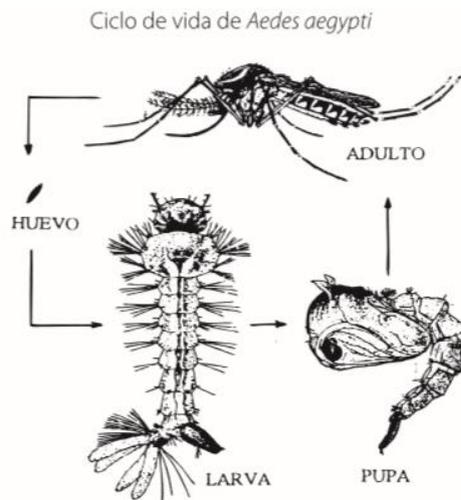


Figura 1.1: Ciclo de vida de *Aedes aegypti*. (Imagen extraída del manual: Directrices para la prevención y control de *Aedes aegypti*. Ministerio de Salud de la Nación).

Refugio y sitios de oviposición

El refugio elegido por *Ae. aegypti* principalmente es la vegetación donde la humedad es más alta que en el resto del domicilio o lugares sombreados y húmedos como bajo mesadas, piletas de lavar ropa, etc. En cuanto a la alimentación, los machos y hembras se alimentan del néctar de las plantas, las hembras, solo después de ser fecundadas ingieren sangre para la maduración de los huevos. Esta especie de mosquito está íntimamente relacionada a las poblaciones humanas, ya que le ofrece sitios de oviposición en recipientes artificiales que almacenan agua, refugio y fuente de ingesta sanguínea (Stein et al., 2002; Grech y Ludueña Almeida, 2016).

Entre los factores que favorecen la proliferación de *Ae. aegypti* se han mencionado el cambio climático, el rápido crecimiento con escasa planificación de las áreas urbanas, el almacenamiento de agua en recipientes en zonas donde la provisión es escasa o impredecible, y la gran producción de recipientes descartables que constituyen ambientes favorables para su desarrollo (Rodhain y Rosen, 1997; Ferreira y Chiaravalloti Neto, 2007; Marcondes et al., 2017). En la provincia de Buenos Aires, donde hace varios años se está estudiando en detalle la dinámica poblacional de la especie, las actividades de ovoposición de *Ae. aegypti* comienzan a tener su pico en diciembre cuando aumenta la humedad y la temperatura y comienzan las precipitaciones (Micieli et al., 2003). Además, los estadios inmaduros del mosquito pueden llegar a ser transportados pasivamente por

los seres humanos jugando un rol preponderante en la dispersión de esta especie (Huber et al., 2004; Harrington et al., 2005).

Características ambientales favorables para Aedes aegypti

Los sitios de cría (y por lo tanto de oviposición) de *Ae. aegypti* son fundamentalmente recipientes artificiales en ambientes urbanos que acumulan agua, como botellas en desuso, latas, neumáticos de automóviles, tanques de agua (Grech y Ludueña Almeida, 2016). Algunas plantas bromeliáceas y huecos de árboles constituyen hábitats larvales naturales (Mangudo et al., 2011, 2015). Se los puede encontrar con mayor frecuencia en sitios con poca exposición solar, con gran vegetación sombreada; los barrios sombreados y con vegetación son microhábitats favorables para la cría de *Aedes* (Vezzani et al., 2005).

Varios autores han sugerido una variabilidad geográfica en distintos aspectos del ciclo de vida de *Aedes aegypti*, como por ejemplo la supervivencia y la eclosión de los huevos (Trpis et al., 1972; Gillett et al., 1955), el tiempo de desarrollo y la supervivencia de los estadios inmaduros (Grech et al. 2010), o el tamaño y la supervivencia de los adultos (Mogi et al., 1996). En muchos casos esta variabilidad ha sido relacionada con una adaptación de las poblaciones a condiciones locales como la frecuencia de lluvias o el régimen de temperaturas. En cuanto a la temperatura óptima en la que se desarrolla esta especie, Beserra et al. (2006) indica que ronda entre 21 ° C y 29 ° C mientras que el estudio de Yang et al. (2009) concluyó que el rango de temperatura de 15 ° C a 30 ° C era adecuado para la supervivencia de los mosquitos adultos, el rango de 15 ° C a 35 ° C era óptimo para los estados inmaduros. Por otra parte, las diferencias diarias de temperatura pueden afectar su competencia para transmitir el virus en mosquitos infectados (Lambrechts et al., 2011; Carrington et al., 2013). Un estudio llevado a cabo por Farnesi et al. (2009) sugiere que las temperaturas inferiores a 16 ° C o muy altas a 36 ° C actúan como un factor limitante en el desarrollo y crecimiento de la población. En la ciudad de Buenos Aires análisis basados en simulaciones indicaron que tanto la temperatura como la mortalidad de los huevos contribuyen a las diferencias en la abundancia de población entre los sitios estudiados (De Majo et al., 2013) aunque la temperatura tiene un efecto mayor que la mortalidad, esto difiere con otros estudios llevados a cabo en zonas tropicales (Trpis et al., 1972; Russell et al., 2001). La disminución de la actividad de oviposición, que refleja el final de la temporada reproductiva, está estrechamente asociada con la disminución de la temperatura en Buenos Aires (Vezzani et al., 2004).

Ae. aegypti es considerada una especie sinantrópica debido a que prefiere alimentarse de sangre humana y se desarrolla principalmente en recipientes artificiales. En un contexto en el que no se producen cambios importantes en la inmunidad de la población humana, un aumento en la población de vectores y, por consiguiente, en el contacto de vector a humano, aumentará la transmisión del virus del dengue. Se sabe que los cambios en la densidad son importantes en la epidemiología de la enfermedad porque la relación vector-huésped es un factor determinante de la capacidad del vector de una población (Black y Moore, 1996). La implementación de medidas preventivas dirigidas a ubicaciones críticas en momentos específicos requiere herramientas y métodos de vigilancia de vectores eficientes lo suficientemente sensibles como para predecir o detectar en tiempo real el crecimiento repentino de la población de mosquitos.

Monitoreo y estimación del tamaño poblacional de *Aedes aegypti*

Los protocolos estandarizados de monitoreo de poblaciones de *Ae. aegypti* más frecuentemente usados se basan en índices aélicos centrados fundamentalmente en el muestreo de hábitats larvales y/o estados larvales (como los índices de Breteau, de vivienda y de contenedores) (Bowman et al., 2014). Otra estrategia que se considera sensible para detectar la presencia del vector en especial en áreas donde el nivel de infestación de *Ae. aegypti* es bajo es el uso de ovitrampas. Estos métodos no siempre son eficientes para estimar la abundancia de mosquitos adultos debido principalmente a dificultades para localizar todos los criaderos en un sitio, y a que las hembras pueden repartir sus huevos en varios criaderos (Focks et al., 2003). Los índices de pupas (similares a los aélicos) se consideran más precisos porque la mayoría llega a emerger como adultos, sin embargo, son demandantes en tiempo y presentan la misma limitación de detectabilidad de los criaderos (Padilla-Torres et al., 2013; Eiman et al., 2016).

Si bien tradicionalmente los índices aélicos se asociaron a niveles de riesgo de dengue, una revisión reciente de artículos que incluyeron de manera conjunta datos de vigilancia entomológica y reportes de número de casos de dengue, no evidenciaron asociaciones consistentes entre los índices del vector y los casos detectados (Bowman et al., 2014). Esto podría deberse en parte a los diseños de los estudios, a que la abundancia

de larvas no necesariamente refleja la abundancia de los adultos y a la baja detección de los criaderos (Padilla-Torres et al., 2013; Bowman et al., 2014).

A pesar de las limitaciones mencionadas, por su bajo costo y simpleza de operación, el uso de trampas de huevos para mosquitos para la vigilancia de vectores parece ser una tendencia actual en los países endémicos del dengue, ya que este método permite una mejor evaluación de las densidades de infestación que los métodos convencionales utilizados en la búsqueda de larvas (Ai-leen y Song, 2000; Braga et al., 2000; Polson et al., 2002; Morato et al., 2005). El hecho de que los programas a largo plazo y de alto costo para controlar la población de vectores del dengue no tengan éxito sugiere que la prevención y el control de la enfermedad requerirán nuevas tecnologías de vigilancia y control basadas en estudios de campo de la biología de la población y la distribución espacio-temporal del vector en su entorno natural.

***Aedes aegypti* en la provincia de Salta**

La provincia de Salta diferenciarse en cinco eco-regiones, que se localizan a lo largo de un gradiente de altura creciente, temperatura y precipitaciones decrecientes de este a oeste: a) Yunga: clima cálido, húmedo y subhúmedo, con precipitaciones anuales de 900-1000 mm, que ocurren principalmente en verano; b) Chaco seco: clima cálido subtropical, precipitaciones anuales de 500-700 mm; c) Monte de Sierras y Bolsones: clima subtropical-seco, con precipitaciones de 80-200 mm y una marcada amplitud térmica; d) Alto los Andes: integrada por las cumbres de los cordones montañosos de la cordillera de los Andes, presenta una gran amplitud térmica y precipitaciones de 100-200 mm anuales; e) Puna: clima frío y seco, con gran amplitud térmica diaria, y precipitaciones de 100-200 mm en verano. A su vez, las distintas regiones también difieren en cuanto a los aspectos culturales y socioeconómicos de sus habitantes (Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable y la Administración de Parques Nacionales, 1999), por lo tanto, dan lugar a diferentes condiciones que pueden limitar o favorecer la presencia de diferentes especies de mosquitos.

La información sobre la distribución y ecología poblacional de *Ae. aegypti* en la provincia de Salta es escasa y fragmentada, estando la mayoría de los estudios concentrados en unas pocas localidades cercanas a la frontera con Bolivia (ej. Estallo et

al., 2011; Mangudo et al., 2011, 2017). Esto pone de manifiesto la necesidad de realizar estudios que aporten información básica sobre estos aspectos y sobre la posible asociación con algunas variables ambientales demográficas y socioeconómicas.

Hipótesis y objetivos

OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de la tesis es estudiar la distribución y abundancia de *Aedes aegypti* en distintas eco regiones de la provincia de Salta y factores que la afectan, para obtener información útil en el diseño de estrategias de control de este vector y eventualmente de prevención del dengue y otras arbovirosis que transmite.

La tesis se organiza en cinco capítulos. Luego de la introducción general, cada uno de los tres objetivos específicos e hipótesis de la tesis se abordan en capítulos consecutivos y el último capítulo integra las conclusiones de la tesis.

OBJETIVOS ESPECIFICOS E HIPÓTESIS

Objetivo 1: Evaluar y comparar la selección de sustratos de oviposición por *Aedes aegypti* entre regiones biogeográficas contrastantes

Hipótesis: Las poblaciones de *Ae. aegypti* presentarán diferencias de respuesta al ambiente entre eco-regiones como adaptación a las condiciones de humedad y sequía de cada región. Siendo que diferentes sustratos de oviposición pueden variar en las condiciones que ofrecen para la supervivencia de los huevos (por ejemplo, reteniendo mejor la humedad), puede haber variaciones en la preferencia de oviposición por un tipo de sustrato relacionadas a la eco-región. Se predice que la preferencia o selección de sustrato será más evidente en ecorregiones menos húmedas.

Objetivo 2: Evaluar la presencia y abundancia relativa de las poblaciones de *Ae. aegypti* en localidades representativas de distintas eco regiones de la provincia de Salta

La hipótesis de trabajo es que, si bien *Aedes aegypti* es una especie marcadamente antrópica que aprovecha recursos provistos por las actividades humanas, las características ecoclimáticas de una región influyen en la dinámica poblacional y capacidad de persistencia del mosquito, y por lo tanto habrá diferencias entre eco-regiones en su presencia y abundancia relativa, estando la especie mayormente ausente en las eco-regiones de Altos Andes y Puna, y siendo más frecuente y abundante en localidades de Yunga.

Objetivo 3: Identificar las variables ambientales asociadas con la distribución de *Aedes aegypti* a diferentes escalas geográficas

Hipótesis: Las características bio-climáticas de una eco-región pueden ser alternativamente más favorables o perjudiciales para la persistencia de las poblaciones de *Ae. aegypti* (Carbajo et al. 2001). A su vez, las condiciones ambientales a escala local (que tienen que ver, por ejemplo, con la disponibilidad de refugios ante condiciones meteorológicas extremas o disponibilidad de hábitats larvales artificiales) afectan a las poblaciones del mosquito. Se espera que la presencia y abundancia del mosquito (indicada por la frecuencia de positividad de ovitrampas y por el número de huevos) sea mayor en ecorregiones con mayor humedad y vegetación. A nivel local, se espera que los efectos de la cobertura y uso de la tierra sobre la actividad del mosquito sean más evidentes en localidades de ecorregiones más áridas. En la región de Altos Andes y Puna, la presencia del vector (si se lo encuentra) estará asociada a sectores urbanizados con mayor cobertura de vegetación.

Capítulo II

Selección de sustrato de oviposición en laboratorio y a campo y su efecto sobre los patrones espaciales

INTRODUCCION

Las ovitrampas son una herramienta desarrollada para monitorear poblaciones de *Ae. aegypti* (eventualmente de *Aedes albopictus* y otras especies) y para evaluar las medidas de control (Rose, 2001). Consisten básicamente en recipientes artificiales, generalmente oscuros, con agua y provistos de un sustrato para la oviposición. Las modificaciones de la trampa se han centrado principalmente en la adición de atrayentes o, alternativamente, de ovicidas y / o insecticidas, o superficies pegajosas, cambiando la función de un sistema de vigilancia pasivo a un medio de control de la población (Zeichner y Perich, 1999; Perich et al., 2003; Ritchie et al., 2003; Facchinelli, 2007; Gopalakrishnan et al., 2012; Barrera et al., 2013). Las ovitrampas también se utilizan para recolectar huevos para otros fines, como estudios posteriores en laboratorio o campo de características de la población (Fischer et al., 2011; Maciel de Freitas et al., 2014).

Las ovitrampas son herramientas consideradas mucho más sensibles para el monitoreo del mosquito que las encuestas larvales (Braga et al., 2000; De Melo et al., 2012), y se interpreta que ofrecen una medida aproximada de la población adulta en un área determinada (Ai-leen y Song, 2000). Este método proporciona varias ventajas sobre otras debido a su bajo costo, alta sensibilidad, facilidad de manejo de campo, que permiten el funcionamiento por personal no calificado (Bellini et al., 1996; Carrieri et al., 2011). Son tan eficaces como las trampas adhesivas para detectar la presencia de *Ae. aegypti* (Chadee y Ritchie, 2010).

Las encuestas larvales son técnicas convencionales de vigilancia entomológica que se usan para elaborar una serie de índices diseñados para indicar la presencia o ausencia de larvas de *Ae. aegypti* (Breteau 1954; Tun-Lin et al., 1995; Focks y Chadee, 1997) como así también de pupas, en los índices pupales (Focks y Chadee, 1997). Básicamente consisten en la visita de un porcentaje variable de domicilios de una localidad, en los que se registran los recipientes que puedan contener agua, y los recipientes positivos, en donde se verifique la presencia de larvas o pupas de *Ae. aegypti*. Es decir, se registran todos los recipientes positivos para *Ae. aegypti*, del universo de viviendas evaluadas, y se los expresa como el número de recipientes positivos cada 100 viviendas inspeccionadas (índice de Breteau), como el porcentaje de viviendas infestadas con larvas o pupas (índice de viviendas), o como el porcentaje de recipientes de agua infestados con larvas o pupas (índice de recipientes (IR)), según de qué índice se trate (Tun-Lin et al., 1996; Focks, 2003; Sánchez et al., 2006). Estos índices son de valor a nivel operacional y pueden facilitar la determinación de la ecología local del vector y la medición del impacto de las intervenciones para el control de los recipientes que funcionan como criaderos (Focks, 2003; Masuh et al., 2003; Gürtler et al., 2009). A pesar de ello, y si bien los rangos para el índice de vivienda de 4 a 35 e índice de Breteau de 5 a 50 han sido asociados con el riesgo de brotes epidémicos de Dengue (Service, 1993), dichos índices son un indicativo deficiente de la producción de adultos (OPS, 1995) y de uso limitado a la hora de evaluar la abundancia del vector y el riesgo de transmisión de Dengue (Tun-Lin et al., 1996; Focks, 2003).

La observación de las larvas de *Ae. aegypti* es una técnica inexacta por varias razones, especialmente debido a la capacidad de las larvas de escapar rápidamente y su capacidad de permanecer sumergidas durante largos períodos (Clements, 1992). Otro inconveniente es la existencia de criaderos crípticos que pueden no ser detectados por los agentes que realizan las inspecciones. Por otro lado, las ovitrampas pueden ser herramientas mucho más sensibles para detectar la presencia del mosquito. En una revisión exhaustiva de los métodos utilizados para estudiar *Ae. aegypti*, Focks (2003) concluyeron que la ovitrampa es una excelente herramienta para detectar la presencia del vector y comparar las infestaciones entre diferentes años.

Las ovitrampas, tanto las de vigilancia como las letales, se asemejan a los criaderos utilizados por la especie *Ae. aegypti*, cuyos hábitats larvales son microambientes acuáticos tales como huecos de árboles, de rocas y otros pequeños recipientes naturales y/o recipientes artificiales (Hawley et al., 1988; Mangudo et al., 2011; Campos y Gleiser,

2016). Los huevos generalmente son depositados en las paredes del contenedor por encima de la línea de flotación. Una hembra de este vector puede distribuir sus huevos entre múltiples sitios larvales en un mismo ciclo gonadotrófico. Este comportamiento es conocido como “omisión de oviposición” (“skip oviposition”) y, se interpreta como una estrategia para reducir la competencia en hábitats larvales donde la sobrepoblación, nutrientes limitados, y riesgo de secado, entre otros factores, pueden ser un problema (Reiter, 2007). De hecho, hay pruebas de laboratorio y de campo que han demostrado que la mayoría de las hembras de *Ae. aegypti* oviponen en múltiples hábitats larvales siempre que estén disponibles (Ej. Rey y Connell, 2014; Abreu et al., 2015). No obstante, esta estrategia también implica un mayor gasto de energía por parte de las hembras y riesgo de morir entre oviposiciones, por lo que también hay evidencias de poblaciones o épocas del año en que no muestran este comportamiento (Harrington y Edman, 2001).

Una variedad de factores ambientales influye en el comportamiento de oviposición de *Ae. aegypti* (O’Gower, 1963; Rodríguez-Tovar et al., 2000; Harrington et al., 2008; Wong et al., 2011). En experimentos de laboratorio realizados con cepas Queensland de *Ae. aegypti* se observó que cuando se les proporcionaba opciones entre dos sitios de oviposición, las hembras depositaron el total de huevos en un solo recipiente en sitios con superficies rugosas mientras que las que lo hacían en superficies lisas oviponían en más recipientes. Al combinar humedad, estímulos visuales, olfativos y táctiles, el visual tuvo la mayor influencia en la actividad de los mosquitos, mientras que el olfativo fue el de menor influencia (O’Gower, 1963). Asimismo, en condiciones de laboratorio, además de superficies rugosas, se prefirieron los colores más oscuros (Fay y Perry, 1965). Sin embargo, en Cairns, Australia, ni la tasa de ovitrampas positivas ni la cantidad media de huevos difirieron entre los sustratos bajalengua y papel secante (Ritchie, 2001).

En el modelo de ovitrampa estándar, el recipiente de plástico negro con agua sostiene una superficie de sustrato de oviposición relativamente rugosa (depresor de lengua o papel de lija fino) (Hoel et al., 2011). Otros estudios han evaluado el papel secante (Steinly et al., 1991) y el papel de felpa (Kloter et al., 1983). En esta sección evaluamos la preferencia de las hembras por diferentes sustratos de oviposición en laboratorio y en el campo, en dos localidades ubicadas en regiones biogeográficas contrastantes de la provincia de Salta. Nuestra hipótesis de trabajo es que la preferencia de las hembras por un tipo de sustrato diferirá entre regiones biogeográficas, siendo más evidentes donde el

clima es más seco. Adicionalmente, para una de las localidades se exploró si el tipo de sustrato utilizado afectaba el patrón espacial observado de actividad de los mosquitos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Los ensayos se realizaron en dos localidades de la provincia de Salta, norte de Argentina, en Hipólito Yrigoyen ($23^{\circ} 14' 45''$ S, $64^{\circ} 16' 26''$ W) y Salta Capital ($22^{\circ} 14' 31.83''$ S $63^{\circ} 44' 6.57''$ W) (Figura 2.1). Hipólito Yrigoyen pertenece al departamento provincial de Orán. Se encuentra en la ecorregión de Yungas y se caracteriza por un clima cálido húmedo a subhúmedo, con precipitaciones anuales de 900-1000 mm, que ocurren principalmente en el verano. Es una ciudad de 10.196 habitantes, que colinda con cultivos de caña de azúcar (su principal producción agrícola) y parches de vegetación silvestres. Por otra parte, la ciudad de Salta tiene más de 554.125 habitantes (INDEC, 2010). El clima de la ciudad es de tipo Chaco subtropical seco, con precipitaciones de 500-700 mm y amplio rango de temperatura.

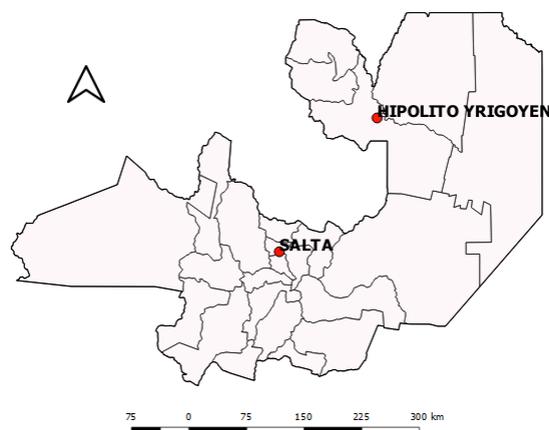


Figura 2. 1. Ubicación de las localidades donde se realizaron los ensayos de campo.

Muestreo de *Aedes aegypti*

Cada ovitrampa consistió en un frasco de plástico de 500 ml pintado externamente de negro con pintura de pizarrón, llenado hasta 2/3 de su volumen con agua corriente declorada (se usó declorador para peceras) y uno de 4 sustratos de oviposición: papel de felpa, papel secante, tela de algodón o bajalengua de madera. En cada recipiente se perforaron dos agujeros en cada vaso 4 cm por debajo del borde para que el exceso de agua de lluvia drenara (Figura 2.2).



Figura 2.2. Ovitrapas con sus respectivos sustratos, de izquierda a derecha: papel secante, tela de algodón, papel de felpa y bajalenguas de madera.

Las trampas se colocaron en los sitios de muestreo a razón de 4 ovitrapas por sitio (1 de cada tipo de sustrato), separadas entre sí por una distancia de hasta 10 cm entre trampas, y se retiraron al cabo de 1 semana. Los sustratos fueron recogidos y transferidos al laboratorio, dejados secar a la sombra y luego guardados en bolsa de celofán rotuladas hasta el recuento de los huevos bajo un microscopio estereoscópico.

Se utilizaron 220 ovitrapas en total, 55 ovitrapas fueron asignadas arbitrariamente a cada sustrato. Las trampas fueron establecidas en 35 sitios en la ciudad de Salta en marzo de 2014 y en 34 sitios en la localidad de Hipólito Yrigoyen en marzo de 2017, al aire libre en jardines o patios de residencias privadas, en lugares sombreados. Los sitios fueron distanciados aproximadamente 30 m (con edificios entre sitios) en Salta Capital y de 70 a 300 m en Hipólito Yrigoyen.

Estudios previos y actuales de mosquitos de contenedores y de huecos de árboles en la provincia de Salta (por ejemplo, Mangudo et al., 2011, 2018; Espinosa et al., 2016; José F. Gil comunicación personal) no han detectado la presencia de *Ae. albopictus*. No obstante, siguiendo recomendaciones de la OMS (Reiter y Nathan, 2001), algunos sustratos fueron sumergidos en agua para que los huevos eclosionen, las larvas criadas

hasta estadio cuarto para confirmar que fueran *Ae. aegypti* y descartar la presencia de *Ae. albopictus* en los sitios de estudio.

En algunos sitios, una o más trampas se perdieron o fueron dañadas. Para la coherencia de las comparaciones y para reducir el sesgo debido a la interferencia potencial entre las trampas, sólo se consideraron los sitios para los que las cuatro ovitrampas fueron recuperadas para el análisis de datos. Por lo tanto, hubo datos de 72 ovitrampas de Salta (de 18 sitios) y 132 ovitrampas de Hipólito Yrigoyen (de 32 sitios). Todos los sitios de muestreo fueron georreferenciados usando un equipo de GPS (Global Position System) o por fotointerpretación en Google Earth.

Evaluación de sustratos en condiciones controladas de laboratorio

Durante abril de 2017 se recogieron larvas con cucharones y pipetas de tres localidades distintas, San Ramón de la Nueva Orán, Hipólito Yrigoyen y Ciudad de Salta. Se buscaron gomerías para recolectar los individuos debido a que son lugares donde se encuentra una alta densidad de larvas. Las larvas fueron colocadas en frascos de vidrio rotulados y trasladadas al laboratorio en una conservadora para prevenir grandes variaciones de temperatura durante el viaje.

En el laboratorio las larvas fueron criadas a temperatura ambiente (media aproximadamente 28°C, rango 23 y 33°C) con un fotoperíodo de 12:12 horas, en recipientes de plástico de 0,5 l que contenían agua declorinada y se las alimentó con una mezcla de alimento balanceado para conejos molido y levadura virgen de cerveza en polvo (4:1). (Mundo Sano, 2005). A las pupas se las colocó en una jaula de vidrio de 30 cm x 25 cm con dos caras de tela, allí emergieron los adultos. Como fuente de energía y parte de la alimentación de los mosquitos adultos, se colocó una solución glucosada al 10 % (agua con azúcar) en torundas de algodón, que fueron cambiadas diariamente, ya que pueden ser una fuente de contaminación si se utilizan por más días, además de ser atractivos para insectos rastroso (Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud de México, 2015). Fueron alimentadas de esta manera, hasta que la mayoría de los ejemplares se convirtieron en adultos, posteriormente, se colocaron 5 hembras en cada jaula (10 jaulas) acompañadas de 2 a 5 machos. Para que las hembras se alimenten de una fuente sanguínea, se usaron roedores de la subfamilia Cricetinae, familia Cricetidae

(hámsters) que fueron anestesiados con una dosis correspondiente a su peso con Ketamina al 5% y Xilacina al 10%; la anestesia fue realizada por profesional veterinario (Vet. María Celia Mora). Los roedores permanecieron en el interior de la jaula durante 20 min (Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud de Mexico, 2015). Luego, en el interior de cada jaula, se colocaron 4 ovitrampas, cada una de las cuales contenía uno de los 4 tipos de sustrato (papel felpa, secante, bajalengua o tela). Cinco días después de la ingesta sanguínea, se retiraron los sustratos de oviposición y fueron contados los huevos bajo lupa estereoscópica.

Análisis de datos

Efectos de sustrato y localidad sobre la frecuencia de positividad de ovitrampas y número medio de huevos

Para los datos recolectados en campo, el porcentaje de trampas positivas fue comparado entre sustratos y localidades mediante regresión logística binaria (software R; R Development Core Team, 2017). La variable dependiente fue la presencia (positiva) o ausencia (negativa) de huevos en una trampa, los efectos fijos fueron el tipo de sustrato (papel de felpa, papel secante, tela de algodón o bajalengua de madera) y la localidad de muestreo (Hipólito Yrigoyen y ciudad de Salta). Los efectos de localidad y del tipo de sustrato sobre el número de huevos de *Ae. aegypti* detectados en campo se evaluaron usando modelos lineales generalizados y mixtos, con función de enlace binomial negativa (MLGM, Infostat versión 2017 con enlace en R). La variable dependiente fue el número de huevos por ovitrampa, los efectos fijos fueron el sustrato y la localidad, y el factor estocástico fue el sitio anidado en la localidad.

Para el ensayo en condiciones controladas de laboratorio, se evaluó el número de huevos y la positividad de los distintos sustratos, para hembras provenientes de las dos ecorregiones. Los datos fueron analizados usando modelos lineales generalizados y mixtos (software INFOSTAT, 2017), función de enlace binomial negativa. Los efectos fijos fueron localidad de procedencia de las hembras y sustrato y el efecto aleatorio fue la jaula. Se realizó el test de Fisher para evaluar las diferencias significativas entre los sustratos.

Patrón espacial

La información obtenida de las ovitrampas colocadas en la localidad de Hipólito Yrigoyen se usó además para evaluar si el tipo de sustrato utilizado afectaba el patrón espacial observado de actividad de los mosquitos. Para ello, para cada sustrato primero se midió la autocorrelación espacial de las trampas con el Índice global de Moran. Este indicador puede tomar valores desde -1 hasta 1 , donde un valor de “ 1 ” implica una autocorrelación espacial positiva perfecta (es decir, los valores altos o bien los valores bajos se agrupan espacialmente), un valor “ -1 ” indica una autocorrelación espacial negativa perfecta (alternan valores altos y bajos), mientras que un valor “ 0 ” indica un patrón espacial totalmente aleatorio (Fu et al., 2014). Luego, se usó el estadístico Índice de Moran local del software ARCGIS 10.3, que mide el grado de autocorrelación espacial en cada punto (localización) para evaluar si había agrupamientos o valores atípicos significativos de ovitrampas por número de huevos (Anselin, 1995; Harries, 2006; Fu et al., 2014).

RESULTADOS

Los modelos que mejor explicaron la frecuencia (proporción) de positividad de trampas y el número de huevos por ovitrampa colectados en campo incluyeron tanto localidad como tipo de sustrato (Tabla 2.1). La proporción de ovitrampas positivas fue alta en ambas localidades, excepto por las trampas con sustrato de papel secante. En Hipólito Yrigoyen se registró una proporción significativamente mayor de positivos ($p < 0,0002$), con un rango de valores comprendidos entre $0,79$ y $0,87$ ($20/24 \approx 0,83$ en tela de algodón, $21/24 \approx 0,87$ en bajalenguas de madera, $19/24 \approx 0,79$ en papel de felpa, $21/24 \approx 0,87$ in papel secante), mientras que se observó mayor variabilidad (pero en una muestra menor) en la ciudad de Salta ($11/17 \approx 0,65$ en tela de algodón, $8/17 \approx 0,47$ en bajalenguas de madera, $9/17 \approx 0,53$ en papel de felpa, $8/17 \approx 0,47$ en papel secante). Sin embargo, las diferencias en positividad entre sustratos no fueron estadísticamente significativas ($p = 0,94$).

Tabla 2.1. Ranking de modelos para proporción de trampas positivas y para número de huevos, de ensayos de campo y de laboratorio.

		Modelos	$\Delta AICc$	Localidad	Sustrato
Campo	Positividad	1	0	•	•
		2	12,59		•
		3	0,38	•	
	Numero de huevos	1	0	•	•
		2	10,67		•
		3	5	•	
Laboratorio	Positividad	1	2,67	•	•
		2	0,00		•
		3	6,61	•	
	Numero de huevos	1	5,19	•	•
		2	0		•
		3	5,7	•	

Como era esperado, un número significativamente más alto de huevos por trampa se colectaron en Hipólito Yrigoyen que en ciudad de Salta ($p = 0,0001$). Para ambas localidades hubo diferencias significativas entre sustratos ($p = 0,004$) (Figura 2.3). El mayor número de huevos fue depositado en papel felpa y en tela de algodón y el menor en papel de filtro. En tela de algodón se recolectaron significativamente más huevos que en el bajalenguas de madera en ambas localidades.

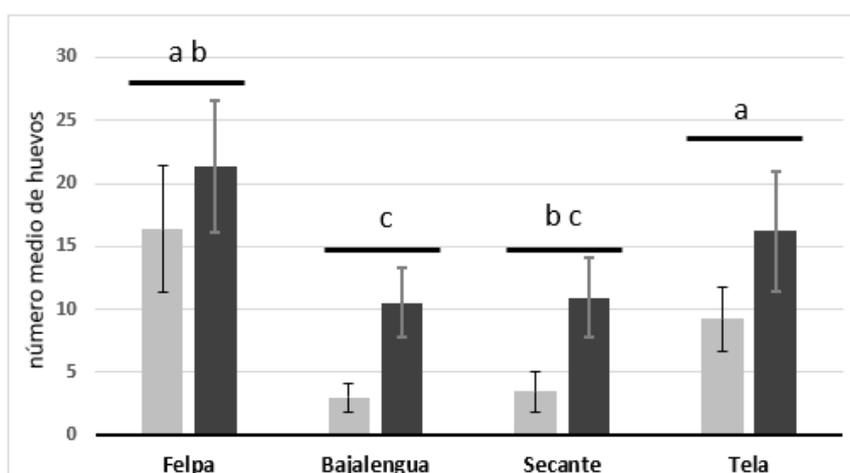


Figura 2.3. Número de huevos por ovitrampa (y sus correspondientes errores estándar) para cada sustrato y para ambas localidades. Para cada sustrato, las columnas oscuras

corresponden a Hipólito Yrigoyen y las grises claro a la ciudad de Salta. ^{a-c} Los sustratos que no comparten una letra son estadísticamente diferentes ($p < 0,05$)

Para los ensayos de laboratorio, para evaluar tanto la frecuencia de trampas positivas como el número de huevos por tipo de sustrato, se construyeron 3 modelos, uno que consideró sólo sustrato, sólo localidad o sustrato + localidad (Tabla 2.1). Para positividad de trampas, el mejor modelo sólo incluyó sustrato, aunque los efectos no fueron significativos ($p > 0,37$). Para número de huevos, el mejor modelo fue el que incluyó la variable sustrato, donde felpa fue significativamente mayor en número de huevos con respecto a los otros sustratos ($p = 0,02$). Los otros dos modelos fueron descartados, ya que sus $\Delta AICc$ fueron mayores a 3 (Tabla 2.1.; Figura 2.4).

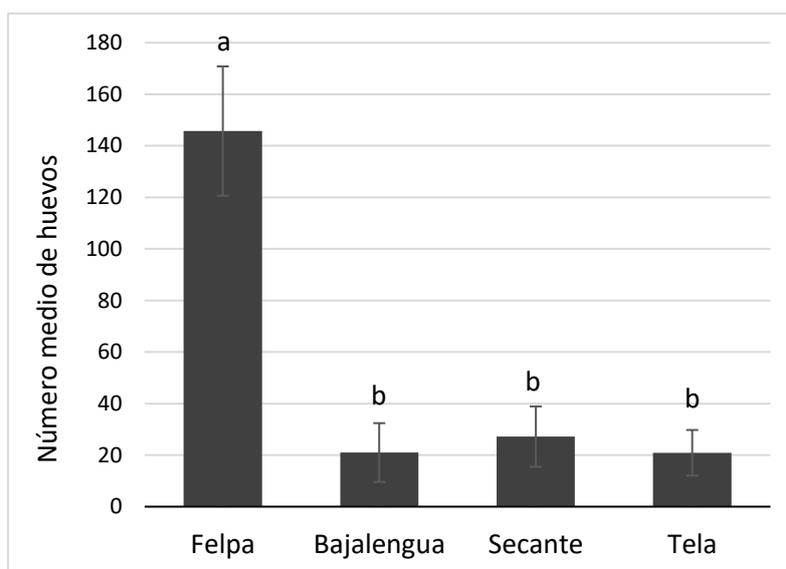


Figura 2.4. Número de huevos por ovitrampa (y sus correspondientes errores estándar) para cada sustrato, colocados en jaulas experimentales en las que se encontraban disponibles simultáneamente las cuatro opciones de sustrato. ^{a-c} Los sustratos que no comparten una letra son estadísticamente diferentes ($p < 0,05$).

Análisis de la variación espacial de Aedes aegypti

Los valores del índice de Morán global por sustrato y para el total de huevos fueron en general bajos y cercanos a cero, indicando un patrón espacial global aleatorio de los tamaños de

oviposturas (Tabla 2.2). Sólo para felpa el valor fue significativo, sugiriendo el agrupamiento de trampas con alto número de huevos o alternativamente con bajo número de huevos.

Tabla 2.2. Índices de Moran Globales estimados a partir del número de huevos por ovitrampa colectados para cada uno de los sustratos de oviposición

	Índice de Moran	Z	Valor de p
Tela	0,004	0,400	0,690
Papel felpa	0,222	2,777	0,005
Papel secante	0,039	0,756	0,450
Bajalengua	0,042	0,923	0,356
Total	0,130	1,754	0,079

La Figura 2.5 muestra análisis de indicadores locales de asociación espacial que usan el índice Moran local. Cuando se consideraron todas las ovitrampas sin discriminar por tipo de sustrato se encontró una marcada actividad de oviposición total (Alto agrupamiento: High-High). Los valores altos de un agrupamiento (“cluster”) fueron estadísticamente significativos al sur de la ciudad en un área que incluyó tres sitios de muestreo adyacentes ($p < 0,05$) (Fig. 2.5 A), es decir que esta zona mostró agrupamientos de sitios con alta oviposición. Para papel felpa el agrupamiento espacial incluyó los 3 sitios anteriores y dos más adyacentes (Fig. 2.5 B). Para bajalengua de madera, 3 sitios resultaron agrupados con elevada abundancia (de los cuales dos son coincidentes con papel felpa) mientras que un sitio fue clasificado como High-Low (HL) es decir que sus vecinos poseían valores más bajos comparativamente (Fig. 2.5 C). Esto también ocurrió para papel secante, pero a diferencia del anterior se detectaron sólo dos sitios agrupados, ambos coincidentes con papel felpa y un sitio con HL abundancia al sureste (Fig. 2.5 D). Mientas tanto, para tela no se observó agrupamiento de elevada oviposición y sólo se encontró un sitio significativo con HL abundancia en la zona norte ($p < 0,05$) (Figura 2.5 E). Un mapa de calor muestra una marcada oviposición en la zona sudoeste y sudeste de la localidad, con focos coincidentes con los sitios con magnitud estadísticamente significativa para I de Moran (Fig. 2.5 F).

La diferencia entre sustratos en la coincidencia del agrupamiento espacial muestra como los análisis espaciales pueden en algunos casos diferir según la herramienta de muestreo usada.

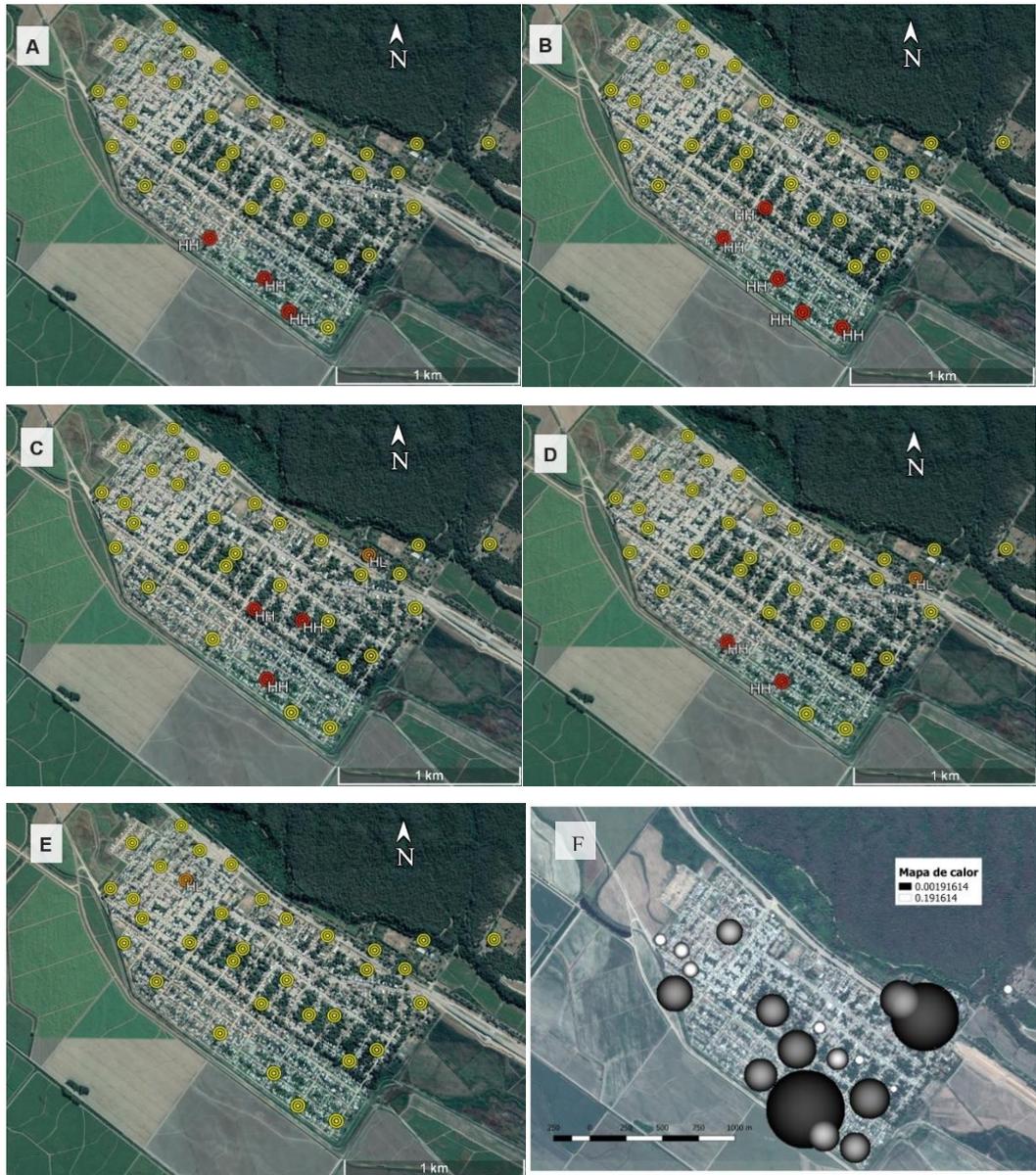


Figura 2.5. Mapas de análisis de agrupamientos espaciales del número de huevos por tipo de ovitrampa, basados en índices de Moran locales para: A. Total de ovitrampas, B. Felpa, C. Madera (bajalenguas), D. Papel secante, E. Tela, F. mapa de calor para el número de huevos total.

DISCUSIÓN

No encontramos efectos significativos del tipo de sustrato en la frecuencia de ovitrampas positivas para huevos de *Ae. aegypti*, indicando que todos ellos serían equivalentes para detectar la presencia del mosquito. Estos resultados son consistentes con un estudio de Lenhart et al. (2005) en Tamaulipas, México, donde el porcentaje de ovitrampas positivas fue similar en trampas colocadas al aire libre con sustrato de tela de algodón en comparación con las que tenían bajalenguas; sin embargo, estos autores observaron para las trampas colocadas en el interior de los domicilios, que el porcentaje de trampas positivas fue significativamente mayor para las que contenían el sustrato de tela de algodón en comparación con las que tenían al bajalengua.

Detectamos diferencias en el número de huevos depositados entre localidades y entre sustratos, pero no una interacción significativa entre estas variables. Abreu et al. (2015) hallaron que, incluso en condiciones idénticas, cuando varios sitios de oviposición están disponibles, uno de los sitios suele recibir la mayoría de los huevos. Nosotros observamos que, en ambas localidades, los números más altos se recolectaron en telas de algodón y sustratos de papel felpa, mientras que los números más bajos correspondieron al papel secante. Estos resultados indican que, en la provincia de Salta, aunque *Ae. aegypti* puede oviponer en diversos sustratos, pueden diferir en su preferencia de sustrato como lo sugieren las diferencias significativas en el número de huevos puestos. Las evaluaciones de campo en México comparando la oviposición en tiras de papel felpa roja (como la usada en nuestro estudio) y bajalengua colocados dentro de la misma trampa, mostraron un mayor número de huevos depositados en las tiras de papel felpa, incluso bajo exposiciones al sol contrastantes de las trampas (Rodríguez-Tovar et al., 2000). En estudios de campo en Iquitos, Perú, el revestimiento de contenedores con toalla de papel marrón texturizado incrementó los conteos de huevos en contenedores de plástico y metal, pero no en los de cemento, lo que sugiere que el material del recipiente y / o la textura influyen en la oviposición (Wong et al., 2011a).

Es probable que la mayor absorbencia de la tela de algodón y del papel de felpa dé como resultado una mayor área de sustrato húmedo, en comparación con la madera (bajalengua), por lo que serían mejores estimulantes de la oviposición. Aunque el color puede influir en la oviposición, siendo los colores más oscuros los preferidos (Frank,

1985), la textura puede haber prevalecido ya que la tela y el terciopelo tenían tonos contrastantes (crema y rojo, respectivamente). Consistentemente con esta observación, en un ensayo de campo cerrado en Tailandia, no se detectaron diferencias entre ovitrampas grises, marrones o negras en cuanto a la proporción de positivos o números de huevos que se encontraban en su interior (Harrington et al., 2008), quizás en nuestro trabajo, el color rojo pudo tener algún tipo de influencia en la elección del sustrato.

Debido al comportamiento de oviposición omitida de la hembra y la diversidad de sustratos que pueden usarse para depositar huevos, se deben mencionar algunas consideraciones. Es posible que el diseño usado en el que hubo una agrupación de las ovitrampas en cada sitio refleje más una competencia directa del sustrato que representativa de la aplicación real de una ovitrampa en rutinas de monitoreo, exagerando de este modo los efectos del tipo de sustrato en los conteos de huevos. Sería posible entonces que las diferencias observadas en la abundancia de huevos entre algunos de los tratamientos podrían haber sido insignificantes si las ovitrampas se hubieran espaciado aún más.

Si el objetivo del estudio es detectar la actividad de las hembras, la tela de algodón, seguida por el bajalengua, podrían ser las mejores opciones debido al bajo costo y a la facilidad de su reemplazo. Además, si el objetivo es maximizar el número de huevos recogidos, entonces la tela de algodón sería la mejor opción porque el papel de terciopelo es un 150% más caro. No recomendamos el papel secante como sustrato debido a la menor cantidad de huevos recolectados en este sustrato. Si los sustratos se reemplazan con poca frecuencia (por ejemplo, semanalmente), no recomendamos utilizar papel secante o papel felpa por razones prácticas relacionadas con la rotura del material cuando está húmedo (estos sustratos deben manipularse con cuidado cuando se recuperan para evitar que se desgarren). Los resultados no proporcionaron evidencia de que la preferencia del sustrato por la oviposición pueda diferir entre regiones geográficas.

En cuanto a la distribución espacial, en Hipólito Yrigoyen se observó una amplia presencia de *Ae. aegypti*, y la distribución de ovitrampas positivas fue similar entre los diferentes sustratos. Sin embargo, cuando se consideró el número de huevos, se detectaron algunas diferencias entre sustratos en los agrupamientos espaciales de trampas. El sustrato tela fue el único que no mostró agrupamiento significativo de la densidad de

huevos con respecto a los otros, sugiriendo que los análisis espaciales pueden, en algunos casos, diferir según la herramienta de muestreo usada.

CAPITULO III

Presencia de Aedes aegypti en eco-regiones de la provincia de Salta

INTRODUCCIÓN

En la provincia de Salta se pueden encontrar cinco eco-regiones que se diferencian por su fitogeografía, elevación y condiciones climáticas. Estas ecorregiones se localizan a lo largo de un gradiente de altura creciente, temperatura y precipitaciones decrecientes de este a oeste: Yungas, Chaco seco, Monte de Sierras y Bolsones, Altos Andes y Puna. Cabe señalar que las distintas regiones también difieren en cuanto a los aspectos culturales y socioeconómicos de sus habitantes, por lo tanto, dan lugar a diferentes condiciones que pueden limitar o favorecer la presencia de diferentes especies de mosquitos (Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable y la Administración de Parques Nacionales, 1999). Recientemente Arana et al. (2017) revisaron la clasificación de las provincias biogeográficas de Argentina basados en una combinación de criterios climáticos, geológicos y bióticos. Para la provincia de Salta los mayores cambios fueron la combinación de las ecorregiones de Punas y Altos Andes en Puna y una mayor continuidad de la ecorregión de Montes y Bolsones. Las ecorregiones o provincias a las que se asignaron las localidades muestreadas coincidieron en ambas clasificaciones (excepto San Antonio de Los Cobres y La Poma que pertenecen a Altos Andes según la clasificación de Burkart et al., 1999 y a Puna según Arana, 2017).

Los mosquitos tienen una amplia distribución a nivel mundial, no obstante, a nivel de especies particulares su ocurrencia está limitada por sus tolerancias a una variedad de factores ambientales, entre los que las condiciones climáticas son de particular relevancia (Schowalter, 2006). Como ocurre con los insectos en general, los tiempos de desarrollo de los distintos estadios larvales de *Ae. aegypti* son inversamente proporcionales al aumento de temperatura (Barrera et al., 2006). En los culícidos, la temperatura del agua en la que se desarrollan las larvas también afecta a la supervivencia de las etapas

inmaduras, el tamaño y longevidad del adulto emergente, la alimentación de sangre y la fecundidad (Ciota et al., 2014). La temperatura ambiente puede afectar la actividad de oviposición y la mortalidad de los huevos para las especies que oviponen en sustratos húmedos fuera del agua como *Ae. aegypti* (De Majo et al., 2013, 2017). Para *Ae. aegypti*, no sólo la temperatura sino también la humedad (Paul et al., 2018) son factores muy importantes en su proliferación, y podrían explicar diferencias regionales en la presencia del mosquito vector (Micieli y Campos, 2003). Asimismo, varios autores han sugerido una variabilidad geográfica en distintos aspectos del ciclo de vida de *Ae. aegypti*, como por ejemplo en la supervivencia y la eclosión de los huevos (Gillett, 1955; Trpis, 1972), el tiempo de desarrollo y la supervivencia de los estadios inmaduros (Grech, 2010), o el tamaño y la supervivencia de los adultos (Mogi et al., 1996). Esta variabilidad ha sido relacionada con una adaptación de las poblaciones a condiciones locales como la frecuencia de lluvias o el régimen de temperaturas (Sternberg y Thomas, 2014).

Valdéz Samorano (2009) realizó un estudio genético sobre las poblaciones de *Ae. aegypti* en las distintas ecorregiones de Bolivia y descubrió que había diferencias genéticas en las ecorregiones de Yungas, Llanos orientales y Chaco, aunque las poblaciones del mosquito eran morfológicamente similares, mostraban un débil flujo genético y una fuerte deriva genética. Se estima que la fitogeografía y factores climáticos podrían actuar como barreras naturales entre las poblaciones que residen en las distintas ecorregiones.

En Salta, la presencia de poblaciones de *Ae. aegypti* ha sido reportada solamente en algunas localidades que incluyen a Salta Capital (chaco) (Gil et al., 2015), Salvador Mazza Tartagal (transición chaco -yunga) (Micieli y Campos, 2003; Estallo et al., 2008), San Ramón de la Nueva Orán (Estallo et al., 2011; Mangudo et al., 2015, 2018) y Aguaray (yungas) (Mangudo et al., 2011; Micieli y Campos, 2003). Sin embargo, la epidemia de dengue del año 2009 afectó el 56% de los departamentos de la provincia y tuvo como epicentros a los departamentos de Orán (yungas) (Estallo et al., 2011; Gil et al., 2011, 2016), San Martín (transición chaco-yunga) y Rivadavia (chaco) (Gil et al., 2011). Cabe destacar que existieron casos de la enfermedad en los departamentos de Cafayate, La Viña (Monte de sierras y bolsones), Salta Capital, Rosario de la Frontera, Chicoana (chaco) y La Caldera (yungas), en los cuales no se había documentado la presencia de poblaciones de *Ae. aegypti* (Gil et al., 2011). Estos antecedentes muestran que el dengue puede llegar a localidades muy diversas dentro de la provincia, pertenecientes a diferentes

ecorregiones, aunque se desconoce si en algunas de estas localidades esos casos fueron autóctonos. Además, la información sobre la distribución y dinámica poblacional de *Ae. aegypti* en la provincia de Salta es escasa y fragmentada, poniendo de manifiesto la necesidad de realizar estudios que aporten información básica sobre la presencia del mosquito.

En este capítulo se evaluó la presencia y abundancia relativa de las poblaciones de *Ae. aegypti* en localidades representativas de distintas ecorregiones de la provincia de Salta. Se exploró a escala de localidad si las diferencias en la actividad de oviposición (como un indicador (“proxy”) de la abundancia relativa) estaban asociadas a la ecorregión o a variables ambientales meteorológicas o de vegetación para explicar diferencias en la abundancia relativa (o actividad de oviposición) del mosquito.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Las ecorregiones consideradas en este estudio fueron (Figura 3.1) (Burkart et al., 1999):

Altos Andes: Posee un clima frío, seco y gran amplitud térmica. Sus altas cumbres suelen tener nieves de manera permanente. Las precipitaciones oscilan entre 100 y 200 mm anuales. Se caracteriza por la presencia de una estepa gramínea o arbustiva con matas, también se encuentran leguminosas.

Puna: Presenta clima árido y frío, con temperaturas medias anuales inferiores a 8°C y con mínimas que llegan a -20°C. Las precipitaciones alcanzan 100 a 200 mm en verano.

Montes de Sierras y Bolsones: Posee clima subtropical seco. Las precipitaciones rondan entre 80 y 200 mm anuales. Las temperaturas oscilan entre 13,5°C y 17 °C, siendo el verano relativamente cálido y el resto del año es frío. Se caracteriza por tener cobertura de estepa arbustiva alta. En los flancos serranos de esta ecorregión la vegetación arbustiva se hace más baja y dispersa, en esta zona aparecen los cardones.

Yungas. El clima de esta ecorregión es cálido húmedo a subhúmedo, varía a medida que cambia la altitud, relieve y exposición de las laderas. Las precipitaciones anuales son de 900 a 1000 mm y ocurren generalmente en verano. Posee distintos pisos de vegetación

a lo largo de gradientes de elevación: selvas pedemontanas, montanas, bosques montanos y pastizales de altura.

Chaco Seco. El clima es continental, cálido y subtropical. En sectores de estas ecorregiones se alcanzan las máximas temperaturas nacionales. Las precipitaciones varían entre 500 y 700 mm anuales. Es caracterizado por el bosque xerófilo (quebrachales), aunque en algunos lugares pueden abundar bosques serranos, sabanas y pastizales.

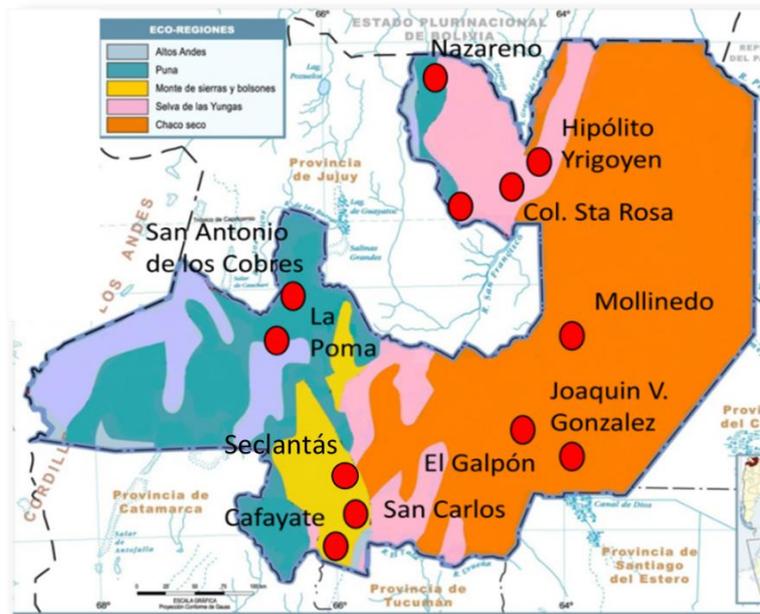


Figura 3.1. Ubicación geográfica de las ecorregiones de la provincia de Salta y de las localidades estudiadas. (mapoteca.educ.ar, Ministerio de Educación de la Nación Argentina).



Figura 3.2. Las imágenes muestran paisajes urbanos característicos de las ecorregiones.

Durante el año 2015, para cada una de las cinco eco-regiones fueron seleccionadas dos localidades en las que se contó con el apoyo voluntario de operarios del Programa Nacional de Vectores (jurisdicción NOA) y agentes sanitarios de la provincia de Salta para la operación de las ovitrampas, priorizando (cuando fue posible) aquellas en donde se registraron casos de dengue (Figura 3.1, Tabla 3.1). Con anticipación al inicio de la colecta de datos, realizamos talleres de capacitación a los voluntarios sobre el uso de las ovitrampas. Los muestreos durante el año 2016 se concretaron en 6 localidades correspondientes a las ecorregiones de chaco y yungas, ya que estas ecorregiones fueron positivas en el año 2015 y presentan marcados contrastes bioclimáticos (Figura 3.2, Tabla 3.2).

Tabla 3.1. Características de las localidades seleccionadas para el relevamiento de *Aedes aegypti* en cada ecorregión de la provincia de Salta*

Ecoregión	Localidad	Altitud msnm	Habitantes -2010	Superficie km ²	Hogares	Dengue**
YUNGAS	Colonia Santa Rosa	470	15.562	297	3.776	Si
	Hipólito Yrigoyen	285	10.196	309	2.670	Si
CHACO SECO	Joaquín V. González	366	13.376	10.403	4.988	Si
	Coronel Mollinedo	376	1.061			
	El Galpón	508	5.675	3.186	2.243	
PUNA	San Antonio de los Cobres	3.760	4.763	11.630	1.196	
	Nazareno	3.180	916	1.040	696	
ALTOS ANDES	La Poma	3.015	614	4.447	423	
MONTES DE SIERRAS	San Carlos	1.624	1.887	1.731	801	
	Cafayate	1.683	13.698	1.579	3.555	
BOLSONES	Seclantas	2.222	560	1.256	663	

*Datos estadísticos tomados de Dirección General de Estadísticas, 2017. Anuario estadístico año 2016: avance 2017 provincia de Salta. - 1a ed. adaptada. Ministerio de Jefatura de Gabinete de Ministros de la Provincia de Salta. <http://estadisticas.salta.gov.ar/web/archivos/anuarios/anuario2016-2017/anuario2016-2017.pdf>

**Antecedentes de dengue previos a 2015

Muestreo de Aedes aegypti

En cada localidad se instalaron ovitrampas siguiendo el diseño descrito en el Capítulo 2, utilizando lienzo de algodón como sustrato. Cada ovitrampa fue revisada y acondicionada con una frecuencia semanal para evitar el desarrollo de larvas en ellas, durante cuatro semanas consecutivas entre los meses de febrero y abril, momento en que se espera mayor actividad del mosquito en la provincia (Estallo et al., 2011; Mangudo et al., 2015). En cada oportunidad se retiró y reemplazó el sustrato, se lavaron las paredes del frasco, y también se renovó el agua. Los sustratos recolectados fueron dejados secar a la sombra, guardados en bolsa de celofán rotuladas y luego trasladados al laboratorio donde se llevó a cabo el conteo de huevos bajo lupa estereoscópica. Posteriormente, se tomaron muestras de huevos que fueron inducidos a eclosionar y las larvas se criaron en bandejas plásticas con una solución acuosa con levadura y comida para conejo molida (proporción 4:1 – Mundo Sano, 2005) hasta adultos para su confirmación taxonómica. Todos los sitios de muestreo fueron georreferenciados usando un equipo de GPS (Global Position System) o por fotointerpretación en Google Earth.

En cada localidad, un sitio de muestreo correspondió a una manzana, en donde se colocaron cinco ovitrampas; cada ovitrampa fue puesta en un domicilio y separadas entre

sí por una distancia de al menos 10 m (Tabla 3.2). Los sitios estuvieron separados por 100 a 500 m unos de otros. El número de datos recuperados por localidad no obstante fue variable por pérdidas o dificultades en la recuperación de algunas trampas, como se especifica en cada caso en la sección de resultados. Debido a inconvenientes para recuperar las muestras y/o mantener comunicación con los agentes de las localidades de Monte de Sierras y Bolsones, no se incluye información de la mayoría de las localidades de esta ecorregión.

Tabla 3.2. Localidades muestreadas con ovitrampas *Aedes aegypti* en cada ecorregión de la provincia de Salta

Ecoregión	Localidad	Campañas	Sitios	Trampas
YUNGAS	Colonia Santa Rosa	2015-2016	11	55
	Hipólito Yrigoyen	2015-2016	11	55
CHACO SECO	Joaquín V. González	2015-2016	11	55
	Coronel Mollinedo	2015-2016	5	17
	El Galpón	2016	7	35
ALTOS ANDES	San Antonio de los Cobres	2015	6	30
	La Poma	2015	2	10
PUNA	Nazareno	2015	3	15
MONTES DE SIERRAS Y BOLSONES	San Carlos	2016	3	15
	Cafayate	2015	11	55
	Seclantás	2015	3	15 Se perdió contacto con los operarios

Datos ambientales

Por un lado, se obtuvieron variables registradas por estaciones meteorológicas en terreno (datos cedidos por INTA) correspondientes a temperatura y humedades relativas máximas y mínimas semanales de la misma semana (primera), segunda y tercera semana previa a la recolección de las ovitrampas. Como fecha de referencia para los cálculos semanales acumulados, se consideró la fecha de recolección de la ovitrampa.

Por otro lado, se calcularon estimadores ambientales promedio para cada localidad a partir de imágenes captadas por el satélite TERRA, sensor MODIS. Para ello, primero se

delimitó el área correspondiente a cada localidad como la zona urbanizada en base a fotointerpretación de una imagen Quickbird (GoogleEarth) contemporánea a los muestreos (del período 2015-2016) (Figura 3.3). Con el software QGIS 2.18, se realizó la extracción de valores de NDVI (ver Capítulo 4) y de la banda LST (temperatura diurnas y nocturnas de la superficie de la tierra), perteneciente al producto MOD11A2.006, y emisividad, resolución de 1000 x 1000 m, con temporalidad de 8 días, generado por Google Earth Engine (<https://explorer.earthengine.google.com>). Las fechas de inicio de cada secuencia de días se detallan en el Anexo 3.1. (7 imágenes del año 2015 y 6 imágenes del año 2016). Al igual que para los datos extraídos de estaciones meteorológicas de INTA, se consideraron la primera, y la segunda y tercera semanas previas al día de recolección de las muestras siempre que se pudo.

Análisis de datos

Para las localidades en las que se detectó la presencia de *Ae. aegypti*, el efecto de la corrección y de variables ambientales sobre la actividad de oviposición del mosquito fue medido a través de la modelación de los datos colectados en las ovitrampas distribuidas en las localidades de estudio. Se analizaron dos variables respuesta: la positividad de cada ovitrampa, es decir, la presencia de huevos en la ovitrampa, y el número de huevos en cada ovitrampa. Las variables respuesta fueron modeladas a través de modelos lineales generalizados (GLM) con función de enlace (link) binomial cuando se trató de positividad de ovitrampa (variable binaria), o función de enlace binomial negativa para el número de huevos (variable de conteo; se descartó la distribución Poisson por la presencia de sobredispersión) (Software R 3.5.1; paquetes stats, MASS, AICmodavg).

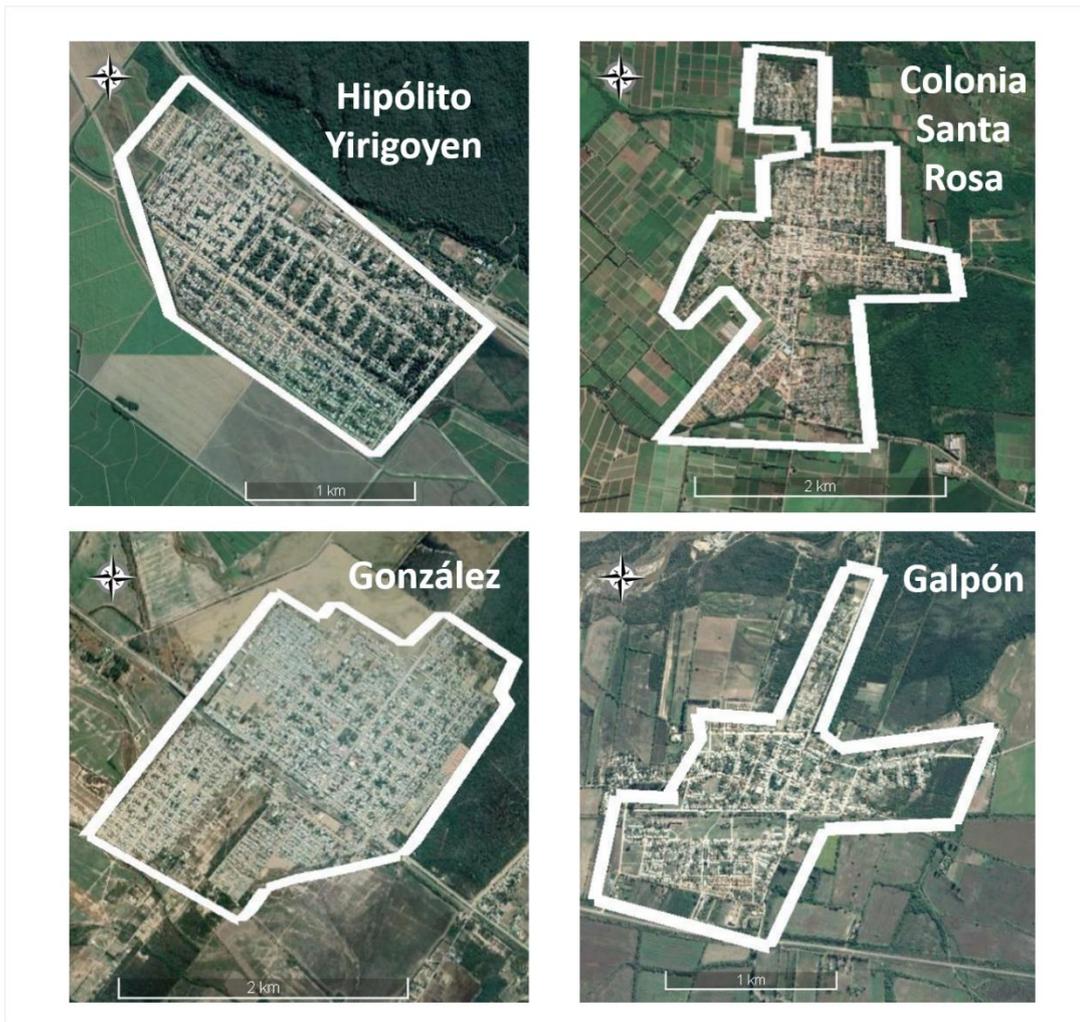


Figura 3.3. Perímetro de las localidades para las que se extrajeron estimadores ambientales promedio. Arriba localidades de Yungas, abajo, de Chaco seco.

Se construyeron 39 modelos para evaluar el efecto de las variables predictoras sobre las variables de respuestas (Anexos 3.2 y 3.3). Se usó la correlación de Pearson para elegir los factores y para evitar incluir variables correlacionadas. Las variables predictoras para los modelos fueron región biogeográfica (variable categórica), localidad (variable categórica), NDVI, temperatura de superficie diurna (T_d), temperatura de superficie nocturna (T_n), temperaturas máximas (T_{max}) y mínima (T_{min}) registradas en terreno (INTA), y humedad relativa ambiente (HR) de una, dos o tres semanas previas al retiro de la ovitrampas (variables continuas). El efecto de las variables predictoras sobre las variables respuesta se midió usando inferencia multimodelo. Para ello, primero se construyeron modelos que reflejaran diferentes hipótesis alternativas que representaran

la relación variable respuesta-variable/s predictor/s (Brito et al., 2017). Para identificar el o los modelos que mejor describieron los datos se usó el criterio de información de Akaike (AIC) (Anexo 3.4). Los modelos que no difirieron en más de 3 unidades de AIC fueron considerados los mejores, y se usaron para calcular promedios ponderados de los coeficientes, a través de los que se midió el efecto de cada predictor sobre la variable respuesta correspondiente.

Los valores medios de las variables ambientales consideradas en los modelos de positividad de ovitrampas y de abundancia de huevos para cada localidad se resumen en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Valores promedio \pm error estándar de las variables predictoras consideradas en los modelos.

	Ecorregiones			
	Chaco Seco		Yungas	
	Galpón	González	Hipólito Yrigoyen	Colonia Sta Rosa
NDVI	0,12	0,48	0,65	0,54
Td1	27,01 \pm 0,2	27,9 \pm 0,11	29 \pm 0,12	33,9 \pm 0,11
Td2	28,3 \pm 0,1	28,6 \pm 0,1	27,9 \pm 0,09	33,1 \pm 0,15
Td3	28,1 \pm 0,1	29,4 \pm 0,07	28,5 \pm 0,08	30,12 \pm 0,28
Tn1	17,3 \pm 0,1	18,4 \pm 0,1	22,01 \pm 0,1	18,7 \pm 0,13
Tn2	17,9 \pm 0,1	19,3 \pm 0,1	19,5 \pm 0,2	18,5 \pm 0,1
Tn3	18,9 \pm 0,2	19,9 \pm 0,1	24,9 \pm 1	18,2 \pm 0,07
HR1	81,5 \pm 0,5	81,3 \pm 0,2	83,9 \pm 0,09	81,7 \pm 0,18
HR2	80,7 \pm 0,5	81,7 \pm 0,3	83,5 \pm 0,1	81,5 \pm 0,18
HR3	81,4 \pm 0,5	80,8 \pm 0,3	83,1 \pm 0,1	80,6 \pm 0,4
Tmax1	27,9 \pm 0,2	27,3 \pm 0,2	29,1 \pm 0,1	29,7 \pm 0,18
Tmax2	27,9 \pm 0,2	28,1 \pm 0,1	30,2 \pm 0,1	31,2 \pm 0,16
Tmax3	28,1 \pm 0,3	29,6 \pm 0,2	30,5 \pm 0,1	31,3 \pm 0,28
Tmin1	17,7 \pm 0,1	17,3 \pm 0,09	20,3 \pm 0,1	20,9 \pm 0,17
Tmin2	17,3 \pm 0,1	17,6 \pm 0,1	21,1 \pm 0,1	21,4 \pm 0,07
Tmin3	18,4 \pm 0,1	19,3 \pm 0,1	21,6 \pm 0,08	21,5 \pm 0,12
N°de huevos	8,8 \pm 2	17,8 \pm 2,6	27,5 \pm 3,5	20,3 \pm 4,14

RESULTADOS

Presencia de *Aedes aegypti* en ecorregiones de Salta

En las localidades de Altos Andes (La Poma) y Puna (Nazareno y San Antonio de los

Cobres) no se detectó la presencia de *Ae. aegypti* con las ovitrampas empleadas (Tabla 3.4). Todas las localidades muestreadas de las ecorregiones chaco y yungas fueron positivas para la presencia de huevos. Por sus características morfológicas externas, la obtención de la especie desde la eclosión de muestras de huevos y en base a trabajos previos en ambientes urbanos de las yungas (ej. Estallo et al., 2011; Muttis et al., 2018) se asumió que todas las oviposturas eran de *Ae. aegypti*.

Tabla 3.4. Localidades muestreadas por ecorregión. La cuarta columna muestra el total de ovitrampas positivas en al menos una fecha sobre el total de ovitrampas recuperadas y la siguiente el número medio de huevos.

Ecorregiones	Año	Localidades	Total trampas positivas	Número medio de huevos***
YUNGAS	2016	Colonia Santa Rosa	13/27	4,2±1,8
	2015		48/71	26,5±5,5
	2016	Hipólito Yrigoyen	45/60	42,6±9,2
	2015		122/180	22,5±3,5
CHACO	2016	Mollinedo	41/86	21,5±6,6
	2015		12/48	2,7±1,4
	2016	Joaquín V. González	69/159	20,5±3,5
	2015		34/77	10,6±3,6
	2016	El Galpón	35/81	8,8±2
ALTOS ANDES	2015	San Antonio De Los Cobres	0/30	
	2015	La Poma	0/29	
PUNA	2015	Nazareno	0/30	
MONTES DE SIERRAS Y BOLSONES	2016	San Carlos	0/28	
	2015	Cafayate	*	

* Se procesaron muestras de Cafayate que fueron positivas para *Aedes aegypti*. Lamentablemente las muestras y planilla de registros se perdieron accidentalmente durante una mudanza del laboratorio o. **El número de ovitrampas del que finalmente se obtuvieron datos en algunos casos difiere del número de ovitrampas colocadas inicialmente (Tabla 3.2) debido a la pérdida o rotura recurrente de algunas trampas, en algunos casos asociada a campañas de descacharrado.

***Media \pm Error estandar.

Presencia de huevos en ovitrampas

Respecto a la frecuencia de detección del mosquito, es decir, la variable positividad de las ovitrampas, la mayoría de los modelos evaluados mostraron grandes diferencias de AIC ($100 <$) (Tabla 3.5). El mejor modelo (modelo 31, Tabla 3.5) contiene como factores a la ecorregión y las temperaturas nocturnas de la primera, segunda y tercera semana previas al día de colecta. El sucesivo modelo con menor ΔAIC ($\Delta AIC = 1,98$, modelo 17), incluyó las variables: ecorregión, NDVI y todas las temperaturas nocturnas, lo siguió en mayor valor el 32, que sólo presentaba las variables nocturnas ($\Delta AIC = 10,96$).

Tabla 3.5 Ranking de selección de modelos ($AIC_c \leq 3$) para proporción de trampas positivas. Segunda columna ΔAIC para presencia de huevos. Eco: ecorregión, Tn: temperatura nocturna. Los números son ordinales 1,2,3 corresponden al valor para las semanas previas a los días de colecta.

Modelos	ΔAIC	Eco	NDVI	Tn1	Tn2	Tn3
31	0,00	•		•	•	•
17	1,94	•	•	•	•	•

A partir del promedio ponderado de cada coeficiente/factor incluido en el conjunto de modelos, se determinó cuál fue el efecto que tuvo cada uno en la variable positividad de trampas, como se representa en la Figura 3.4. El único factor que tuvo efecto significativo sobre la presencia de huevos en las ovitrampas fue la Ecorregión, siendo mayor la frecuencia de positivos en yungas (Tabla 3.4). Los intervalos de confianza de las demás variables incluyeron el valor cero, de modo que su efecto fue nulo.

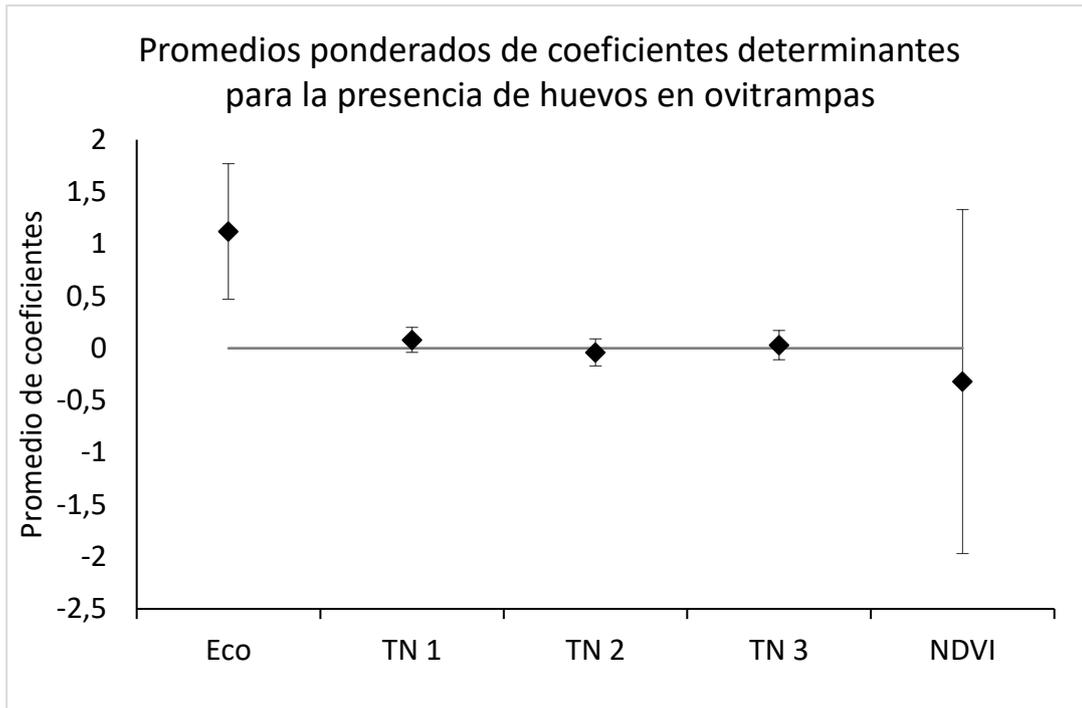


Figura 3.4. Efecto de variables predictivas sobre la presencia de huevos en las ovitrampas. Las barras verticales representan intervalos del 95% para los coeficientes. La ecorregión 0 es chaco.

BG: ecorregión, Lc: localidad, Td: temperatura diurna, Tn: temperatura nocturna, Tmax: Temperatura máxima, Tmin: Temperatura mínima. HR: humedad relativa. Los números son ordinales 1,2,3 corresponden al valor para las semanas previas a los días de colecta.

Número de huevos en ovitrampas

Entre los modelos evaluados para el número medio de huevos, el mejor incluyó los factores ecorregión, NDVI, temperatura nocturna de la primera, segunda y tercera semana (modelo 17) (Tabla 3.6). Los modelos que le siguieron incluían los factores NDVI y temperaturas nocturnas, todas pertenecientes a las tres semanas previas a los días de recolección, ($\Delta AIC= 1,21$, modelo 34). Los dos modelos que le siguieron tuvieron un valor de ΔAIC igual a 1,89, uno solamente contenía a NDVI (modelo 3) y el otro, ecorregión y las temperaturas nocturnas de las semanas previas a los días de recolección (modelo 31).

Tabla 3.6 Ranking de selección de modelos ($AICc \leq 3$) para número de huevos por trampa.

Segunda columna ΔAIC para número de huevos. Eco: ecorregión, Lc: localidad, Tn: temperatura nocturna. Los números son ordinales 1,2,3 corresponden al valor para las semanas previas a los días de colecta.

Modelos	ΔAIC	Eco	NDVI	Tn1	Tn2	Tn3
17	0,00	•	•	•	•	•
31	1,36	•		•	•	•
34	1,55		•			

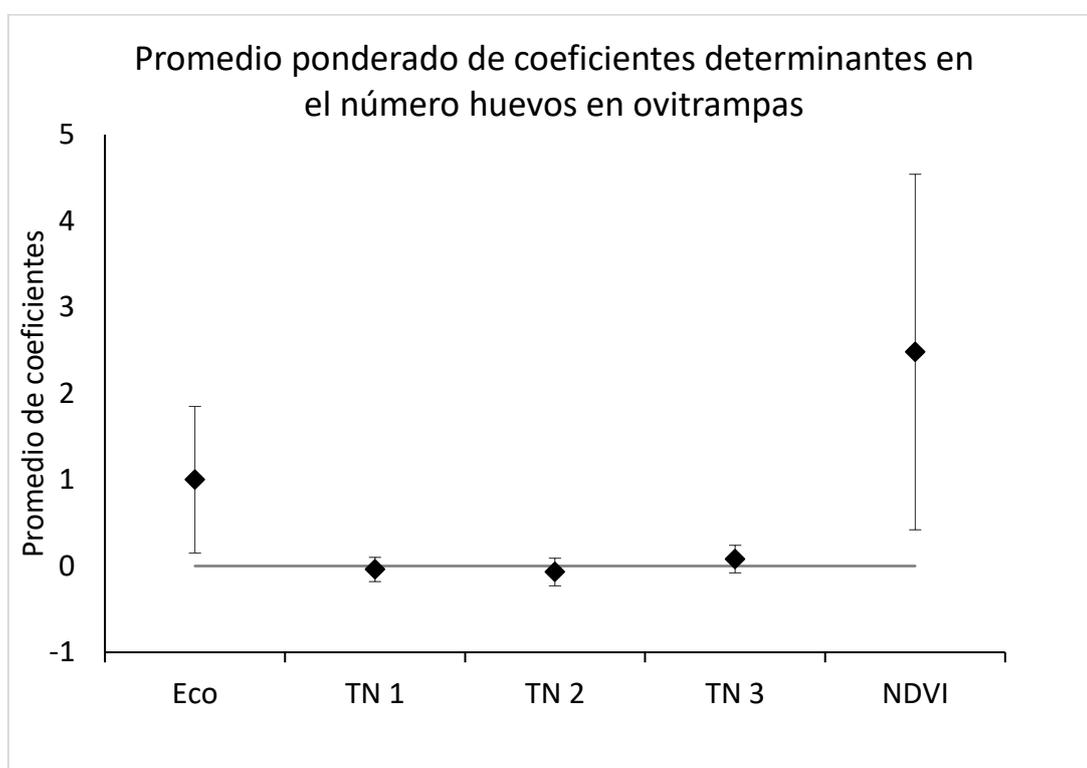


Figura 3.5. Efecto de variables predictivas sobre el número de huevos en las ovitrampas. Las barras verticales representan intervalos del 95% para los coeficientes

BG: ecorregión, Lc: localidad, Td: temperatura diurna, Tn: temperatura nocturna, Tmax: Temperatura máxima, Tmin: Temperatura mínima. HR: humedad relativa. Los números son ordinales 1,2,3 corresponden al valor para las semanas previas a los días de colecta.

Con el promedio ponderado de cada coeficiente/factor incluido en el conjunto de modelos, se determinó cual fue el efecto que tuvo cada uno en la variable respuesta y se representó en los Figura 3.5. Se pudo observar que para el numero de huevos, la ecorregión, la temperatura diurna de la primera semana y el NDVI tendrían efecto en dicha variable, ya que no incluyeron

en su intervalo de confianza al valor cero. Debido al peso de la variable ecorregión, se aplicaron modelos para saber la diferencia entre las ecorregiones, se encontró que Yungas es significativamente diferente para la positividad de ovitrampas ($p=1.06e-10$) y para el número de huevos ($p= 0,002$).

DISCUSIÓN

Los resultados confirmaron la presencia del mosquito en localidades de las Yungas (Colonia Santa Rosa e Hipólito Yrigoyen), en las de Chaco seco (Coronel Mollinedo, Joaquín V. González y el Galpón) y Montes de Sierras y Bolsones (sólo en Cafayate), ecorregiones con características climáticas contrastantes, entre ellas diferencias muy marcadas de humedad, uno de los factores ambientales principales para la proliferación de *Ae. aegypti* (Focks et al., 1993). En nuestro mejor conocimiento, esta sería la primera confirmación de la presencia de *Ae. aegypti* en las tres localidades de Chaco seco y en Cafayate. En esta última localidad se han registrado casos de dengue, pero no autóctonos.

No se detectó actividad del mosquito en las ecorregiones más secas de la provincia, Altos Andes (San Antonio de los Cobres, La Poma) ni en la Puna (Nazareno). Este resultado era esperable ya que algunos trabajos en regiones tropicales y subtropicales sugieren que la humedad relativa ambiente afecta la fecundidad, actividad de oviposición y supervivencia de las hembras (Canyon et al., 1999; Micieli y Campos, 2003). Además, siendo que estas tres localidades se encuentran por encima de los 3.000 msnm, en principio podría considerarse también una limitación de la elevación sobre la distribución del mosquito. Lozano-Fuentes et al. (2012) en México registraron como el máximo nivel de elevación donde ocurre *Ae. aegypti* alturas de 1.700 msnm, rara vez encontrando larvas a 2.130 msnm, alturas inferiores a las de las localidades estudiadas en Salta. Sin embargo, en el municipio de Bello, Colombia, el mosquito vector fue encontrado a 2.302 msnm e infecciones con el virus del dengue a 1.984 msnm (Ruiz-López, 2016), pero este municipio se caracteriza por tener temperatura y humedad alta a diferencia de lo que sucede en México y en las localidades que estudiamos en Salta. Además de las

características áridas que presentan las localidades donde no se encontró al mosquito vector, la escasa población humana en estas dos últimas ecorregiones, y en especial en la Puna, podría marcar un escenario muy poco probable de proliferación y persistencia para el mosquito. Por otro lado, las grandes dificultades de transporte (poca o nula presencia de carreteras asfaltadas, poca frecuencia de transporte masivos de pasajero o nula a esas zonas) dificultarían aún más su reintroducción o presencia, y en el caso de que lograra ser transportado a estas regiones, es difícil su establecimiento debido a las condiciones climáticas hostiles mencionadas anteriormente.

La frecuencia de positividad de ovitrampas y número de huevos fue significativamente superior en la región de las yungas comparada con el chaco seco, lo que podría ser una consecuencia de las diferencias en las condiciones ambientales. En este trabajo encontramos que el NDVI (Figura 3.5) tuvo efecto en los modelos con mejor ranking de Akaike para la variable de respuesta número de huevo. Esto podría deberse a que las yungas tendrían mayor vegetación o verdor, mayores condiciones de humedad y disponibilidad de refugios, que podrían favorecer el desarrollo y supervivencia de los mosquitos y la disponibilidad de hábitats larvales, incluyendo microhábitats naturales como huecos de árboles, que han mostrado ser productivos en algunas localidades de la región (Mangudo et al., 2011, 2015). Debido a la abundante y variada flora de las yungas y a las precipitaciones (Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable y la Administración de Parques Nacionales, 1999) las yungas presentan condiciones aptas para la formación de hábitat larvales naturales y refugios que pueden influir en la presencia del mosquito (Vezzani et al., 2001). En la ciudad de San Ramón de la Nueva Orán, localidad que se encuentra en la ecorregión de las Yungas, se encontró a *Ae. aegypti* con una alta frecuencia en los huecos de los árboles de la ciudad (Mangudo et al., 2015). Esto también podría explicar la mayor frecuencia de ovitrampas positivas y número medio de huevos por sitio en la región de las yungas comparada con el chaco seco, ya que podría estar ocurriendo que los huecos de árboles y otros ambientes crípticos similares sean hábitat reservorio desde donde recolonizar los recipientes artificiales cuando se interrumpe el control.

Otra variable ambiental que podría estar influyendo en la respuesta de la actividad de oviposición de *Ae. aegypti* es la temperatura, ya que los modelos que mejor explicaron la positividad de las ovitrampas incluyeron temperaturas nocturnas de las semanas previas a la colecta. Ya es sabido que las temperaturas son determinantes en los mosquitos e

influyen en su actividad, a mayor temperatura, menor actividad del mosquito, siendo temperaturas aproximadamente de 25°C en las que mayor actividad de oviposición realiza el vector (Costa et al., 2010). Más allá de las diferencias como respuesta inmediata a las condiciones meteorológicas, las poblaciones podrían presentar adaptaciones locales. En un estudio reciente, Muttis y colaboradores (2018), evaluaron algunos aspectos de historias de vida de la generación F1 de mosquitos provenientes de localidades en provincias con diferentes regímenes de variaciones de temperatura: Aguaray (Salta), La Plata (Buenos Aires) y Posadas e Iguazú (Misiones). Estos autores observaron que cuando las temperaturas bajan al menos un grado, se detectan cambios significativos en la fecundidad y en la ingesta de sangre. Encontraron a su vez que la respuesta a la temperatura puede depender de la región geográfica de origen de las poblaciones de *Ae. aegypti*. Observaron, por ejemplo, que las hembras de Iguazú mostraron menor supervivencia y periodos de cortos de oviposición con respecto al resto, mientras que las hembras de la Plata fueron más longevas. Una explicación de que exista este tipo de adaptaciones a las condiciones locales podría ser por los altos niveles de polimorfismo genético que muestran las poblaciones de mosquitos de Argentina (De Sousa et al., 2001; Albrieu-Llinás y Gardenal, 2011a).

Si bien no contamos con un registro formal de las actividades de prevención de dengue en la región para poder incluir estos datos en los análisis, a nivel anecdótico se debe mencionar que hubo diferencias entre las localidades. En las localidades de yungas y norte de Salta, observamos que las intervenciones en general son intensivas debido a que los casos de dengue son recurrentes mientras que, en las localidades de Chaco seco, los casos son esporádicos y no es algo primordial en la agenda de salud pública de los municipios. En el año 2016 Salta, como otras provincias del país, se enfrentaba a la más grande epidemia de dengue de la historia reciente argentina, por lo que se dedicó mucho esfuerzo por parte de las autoridades municipales para erradicar el mosquito en las localidades de Yungas mientras que en las de Chaco seco, se recurrieron a menor cantidad de tareas de control. Es posible que, de no haber existido estas diferencias de manejo, las diferencias entre las poblaciones de Chaco seco y Yunga fueran aún mayores a las evidenciadas.

En definitiva, las variaciones entre localidades se relacionarían más con sus características eco-climáticas (y reflejadas en las características de la vegetación, en el NDVI) que, con las variaciones meteorológicas más inmediatas, de las cuales las

temperaturas nocturnas asociadas a la ecorregión explicarían las variaciones en la actividad de oviposición.

CAPÍTULO IV

Factores del paisaje local asociados con la presencia de Aedes aegypti

INTRODUCCIÓN

Si bien las características climáticas de una eco-región pueden ser alternativamente más favorables o perjudiciales para la presencia y persistencia de las poblaciones de *Ae. aegypti*, considerar sólo variables meteorológicas usualmente no es suficiente para explicar los tiempos de desarrollo, comportamiento, supervivencia y variaciones locales en la distribución de los mosquitos (Carbajo et al., 2001; Fischer et al., 2011; Campbell et al., 2015; Gleiser, 2016; Capítulo 3 de esta tesis). Las características de cobertura del paisaje urbano pueden influir en la distribución y abundancia de diferentes mosquitos (Gleiser, 2016; Marcondes et al., 2017; Sallam et al., 2017) y afectar la disponibilidad y accesibilidad de huéspedes, con potenciales consecuencias sobre la epidemiología de los patógenos que ellos transmiten. *Aedes aegypti* suelen habitar en o alrededor de los domicilios, donde las condiciones propias del hábitat humano le brindan condiciones óptimas para el desarrollo de su vida, como la facilidad de acceder a fuente sanguínea para la maduración de sus huevos, ya que prefieren la sangre humana ante otros animales (Scott et al., 1993), lugares de reposo (Christophers, 1960) y una gran variedad de recipientes para oviposición y hábitat larval (Grech y Ludueña Almeida, 2016).

Los sensores remotos registran datos que permiten evaluar características de la superficie de la tierra. La teledetección realiza una importante contribución al documentar el cambio real en la cobertura del suelo a escalas espaciales regionales y globales desde mediados de la década del 70 (Achard et al., 2002; DeFries et al., 2002; Lambin et al., 2003). La interpretación de los patrones de uso, tonos, texturas, formas y la asociación de sitios derivan en información de la cobertura de la tierra, pero algunas actividades del hombre no son relacionadas directamente con la cobertura de la tierra, como por ejemplo las actividades de recreación, que corresponden al uso de la tierra (Anderson, 1976).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la teledetección en el último siglo han abierto nuevos caminos en estudios sobre entomología aplicada, facilitando a entomólogos y ecólogos el análisis de patrones espaciales complejos y contribuyendo a un mayor desarrollo tanto de la entomología teórica como de la aplicada (Hay, 1997; Cigliano y Torrusio, 2003; Jamison, 2015). Estas técnicas se han aplicado al estudio de numerosos campos tales como forestales, agronómicos, ecológicos y también epidemiológicos, en los que proporcionan información sobre los fenómenos a gran escala de la distribución de especies y condiciones ambientales adecuadas de interés, que no se podrían conocer de otra manera debido a los costos que conlleva realizar un estudio de esta magnitud en terreno (Beck, 2000; Gorla, 2002). Más aún, la tecnología geoespacial puede contribuir a una mejor comprensión de los múltiples factores involucrados en la transmisión de enfermedades al conectar la distribución de los vectores, hospedadores y el ambiente (Jamison, 2015).

Varios trabajos consideran ciertas características físicas de la urbanización, como la cobertura vegetal, cobertura y uso de la tierra y factores socioeconómicos como la densidad poblacional como elementos que pueden afectar la distribución de mosquitos en los centros urbanos como así también la dinámica de transmisión de enfermedades (Brown et al., 2008; Gleiser y Zalazar 2010; Hartfield et al., 2011; Estallo et al., 2012; Landau y van Leeuwen, 2012; Sarfraz et al., 2012; Sallam et al., 2017; Mangudo et al., 2018; Espinosa et al., 2018). Sin embargo, las variables relevantes difieren entre estudios, lo que podría en parte deberse al tipo de datos entomológicos colectados, y en parte a la influencia de otros factores vinculados a la actividad humana que podrían afectar la dinámica del mosquito. Por ejemplo, en Clorinda, ciudad ubicada en la ecorregión subtropical de Chaco húmedo, se encontró una variación estacional en la distribución espacial de recipientes positivos para larvas y/o pupas de *Ae. aegypti*. No obstante, el área que mostró mayores incrementos entre años en el número de casa positivas se caracterizó por distancias cortas a áreas construidas, y con baja cobertura y lejos de vegetación alta y cuerpos de agua, que además coincidía con proximidad a un cementerio y presencia de varias gomerías (Albrieu-Llinas et al., 2018). Por el contrario, Hayden et al. (2010) en Arizona, EE. UU., una región de clima árido, encontraron una asociación positiva entre la positividad de ovitrampas y una alta cobertura de vegetación. En Sao Paulo, Brasil, indirectamente la frecuencia de hábitats larvales se asoció a una mayor cobertura por superficies impermeables vs. vegetación, ya que los hábitats larvales fueron más

abundantes en sectores con mayor temperatura de superficie (pero también mayor vulnerabilidad social) (Azevedo, 2018). El fenómeno de islas de calor urbano se caracteriza justamente por un aumento de la producción antropogénica de calor asociada a la urbanización y el uso intensivo de materiales hechos por humanos, que interfieren con la dinámica del viento y la absorción y disipación de calor. Aun así, desde un punto de vista operativo, los predictores a escala macro-ambiental podrían permitir la identificación fácil y rápida de áreas más problemáticas aún en asentamientos humanos relativamente pequeños (Albrieu-Llinas et al., 2018).

En este capítulo se evaluaron asociaciones entre características de cobertura y uso de la tierra a escala local y la distribución de *Ae. aegypti* en localidades de las ecorregiones de Chaco seco y Yungas. En regiones donde habitualmente ocurren brotes de dengue, como el departamento salteño de Orán, la identificación de relaciones entre la distribución/actividad del mosquito y características de uso y/o cobertura de la tierra que puedan estimarse fácilmente desde sensores remotos de acceso abierto, como indicadores de zonas urbanas que serían más propicias para el desarrollo del vector, sería relevante a los fines de diseñar estrategias de control específicas que permitan obtener una mejor relación costo-beneficio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y muestreo de *Aedes aegypti*

Se evaluaron dos localidades de Yungas (Hipólito Yrigoyen y Colonia Santa Rosa) y dos localidades de Chaco seco (Galpón y Joaquín V. González) (Figura 4.1, ver detalles de estas localidades en Capítulo 3, Tablas 3.1 y 3.2), durante cuatro semanas entre los meses de febrero y marzo. En cada localidad se realizaron muestreos de *Ae. aegypti* con ovitrampas, como ya fue descripto en el capítulo 3.

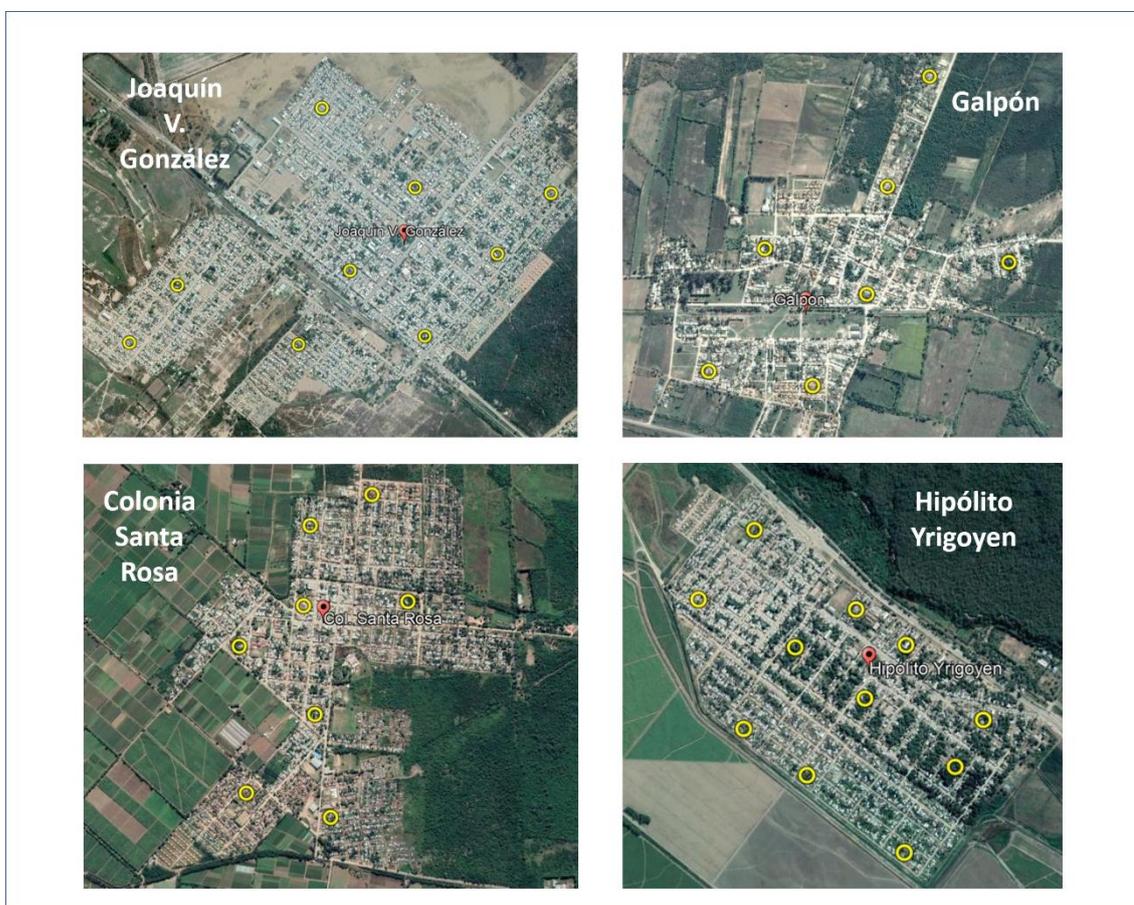


Figura 4.1. Sitios de muestreos. Arriba, localidades de Chaco seco. Abajo, localidades de Yungas.

Datos ambientales

Se estimaron para cada localidad las principales categorías de cobertura y uso del terreno, como se detalla en siguientes subsecciones. Para todos los análisis se usaron imágenes del satélite LandSat 8 del sensor Operational Land Imager (OLI) 8. Dichas imágenes tienen resoluciones espaciales pancromáticas de 15 m y multiespectrales de 30 m a lo largo de una franja de barrido de 185 km de ancho, proporcionando una resolución suficiente para distinguir características como centros urbanos, cultivos, bosques y otros usos del suelo. La resolución temporal de las imágenes es de 16 días (<https://landsat.gsfc.nasa.gov/operational-land-imager-oli/>). Se utilizaron imágenes de las fechas más próximas a los muestreos que estuvieran libres de nubes, correspondientes a

los días 12 de marzo de 2015 y 13 de marzo de 2016. Se realizaron correcciones atmosféricas mediante el método de Chavez en el complemento Semi Automatic Classification del Software QGIS version 2.18 (Congedo, 2015).

Cobertura de la tierra

Se definieron 3 categorías “macro” de cobertura de la tierra representadas en todas las localidades y que se consideró podrían afectar la presencia o actividad del mosquito (Figura 4.1):

- Vegetación: vegetación arbórea, arbustiva y herbácea
- Cobertura impermeable: construcciones varias (edificaciones, caminos, veredas y similares).
- Suelo desnudo: suelos sin vegetación por cosecha o por espacio recreativo (por ejemplo, canchas de futbol de tierra).

Se realizó una clasificación supervisada con el software QGIS 2.18, usando la función de distancia Mínima a la Media que se considera efectiva cuando los sitios de entrenamiento tienen variabilidad alta (Eastman, 2012) (módulo Semi Automatic Classification (SCP) de QGIS 2.18). Para ello se calcularon las firmas espectrales para las clases de cobertura del suelo teniendo en cuenta los valores de píxeles debajo de cada ROI (polígonos que incluyen píxeles característicos que permiten la definición de firmas espectrales características de las clases de cobertura del suelo). La delimitación de la cobertura de la tierra para dicha clasificación se basó en la interpretación visual del área con imágenes Quickbird (GoogleEarth) combinada con el conocimiento del terreno por parte de los miembros del grupo de investigación (Mausel et al.,1990).

Las bandas utilizadas fueron:

Banda 2 = Azul;

Banda 3= Verde;

Banda 4 = Rojo;

Banda 5 = Infrarrojo cercano

Banda 6 = Longitud de onda corta Infrarrojo 1;

Banda 7= Infrarrojo de longitud de onda corta 2.

Luego, se generaron áreas buffer de 100 y 200 m alrededor de cada sitio de muestreo, definido como el centro de la manzana donde se colocaron las ovitrampas, y se extrajo con el mismo software la información de los píxeles para calcular el área de cada una de las clases que contenía el buffer (herramienta Intersección) y estimar la proporción cubierta por cada categoría.

Uso de la tierra

Con respecto al uso de la tierra, se generaron capas vectoriales en el software QGIS 2.18 en base a fotointerpretación de las imágenes combinada con información de terreno y mapas del INDEC. Las categorías consideradas inicialmente fueron: residencial, comercial, cultivos, espacios públicos (escuelas, hospitales, municipalidad y espacios similares), y espacios verdes (espacio para distintas actividades recreativas que contienen vegetación). Dado que la frecuencia de algunas de estas categorías era baja (o ausente) en algunas localidades, los usos de la tierra se reagruparon en tres “macro” categorías:

- Residencial
- Uso social (que agrupó zonas comerciales y espacios públicos)
- Espacios verdes (que incluyó también cultivos)

Al igual que para cobertura, se generaron buffers de 100 y 200 metros alrededor de los sitios de muestreo, se calculó el área relativa (expresada como proporción del área buffer) de las distintas categorías dentro de cada uno de los buffers.

Estimación de la vegetación mediante el NDVI

A los fines de estudiar la posible asociación entre la abundancia de *Aedes aegypti* y la cantidad o calidad local de vegetación se obtuvo para el área de estudio el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) a partir de imágenes del satélite LandSat 8 con proyección POSGAR 2007 (<http://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/Posgar07>), correspondiente al mes de marzo de 2016 (software QGIS 2.18). Dichas imágenes fueron obtenidas a partir del catálogo de imágenes del Servicio Geológico de Estados Unidos (U.S. Geological Survey) (www.usgs.gov).

El índice normalizado de vegetación puede ser definido como un parámetro calculado

a partir de los valores de la reflectancia a distintas longitudes de onda, siendo particularmente sensible a la cubierta vegetal. Una cubierta vegetal en buen estado tiene una firma espectral que se caracteriza por el contraste entre la banda del rojo (entre 0,6 y 0,7 μm ; banda 4 en Landsat 8), la cual es absorbida en gran parte por las hojas y el infrarrojo cercano (entre 0,7 y 1,1 μm ; banda 5 en Landsat 8), que es reflejada en su mayoría. Esta cualidad de la vegetación permite valorarla cuantitativamente. Este índice se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{VIS}}{\text{NIR} + \text{VIS}}$$

Donde NIR es la reflectividad en el infrarrojo cercano y VIS es la reflectividad en el rojo. Las plantas absorben la radiación solar en la región espectral fotosintéticamente activa (especialmente el rojo visible), y dispersan la región del infrarrojo cercano, por lo que valores de NDVI cercanos a 1 indican un aumento de la biomasa verde y actividad fotosintética (Bubier et al., 1997). De este modo, el NDVI permite identificar la presencia de vegetación verde en la superficie y caracterizar su distribución espacial. El agua tiene reflectancia $R > \text{NIR}$, por lo tanto, valores negativos de NDVI. Los suelos desnudos y las nubes presentan valores similares de R y NIR, por lo que su NDVI es cercano a 0 (Chuvieco et al., 2008).

Una vez obtenido el NDVI para el área de estudio, se procedió a generar áreas buffer circulares de 100 y 200 m de radio, cuyos centros fueron los centros de las manzanas correspondientes a los sitios de muestreo. La figura 4.2 representa esquemáticamente una imagen ráster de NDVI y los círculos rojos representan las áreas buffer de 100 m de radio. Mediante una función del software QGIS 2.18, se extrajeron segmentos ráster circulares para luego obtener el promedio de las magnitudes de NDVI.

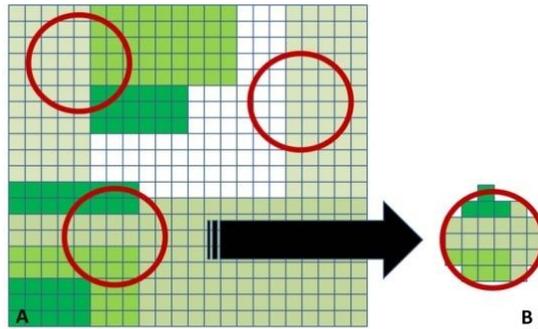


Figura 4.2. Representación del proceso de obtención del promedio de NDVI para cada sitio de muestreo. Los círculos rojos representan los buffers de 100 metros que tienen como centro a los sitios de muestreo con trampas CDC.

Estimación de la evapotranspiración de las plantas mediante el NDWI (índice de agua)

El índice de agua de diferencia normalizada (NDWI), hace referencia al contenido de agua presente en la cobertura vegetal a partir de la detección remota (Gao, 1996). Para estimar este índice se usaron las bandas 3 y 5 que corresponden al verde y al infrarrojo cercano respectivamente (Método de McFeeters, 1996).

$$\text{NDWI} = \frac{\text{G} + \text{NIR}}{\text{G} + \text{NIR}}$$

Donde G: reflectancia medida en la banda verde del espectro electromagnético, correspondiente a la Banda 3.

NIR: reflectancia medida en el infrarrojo cercano del espectro electromagnético, correspondiente a la Banda 5.

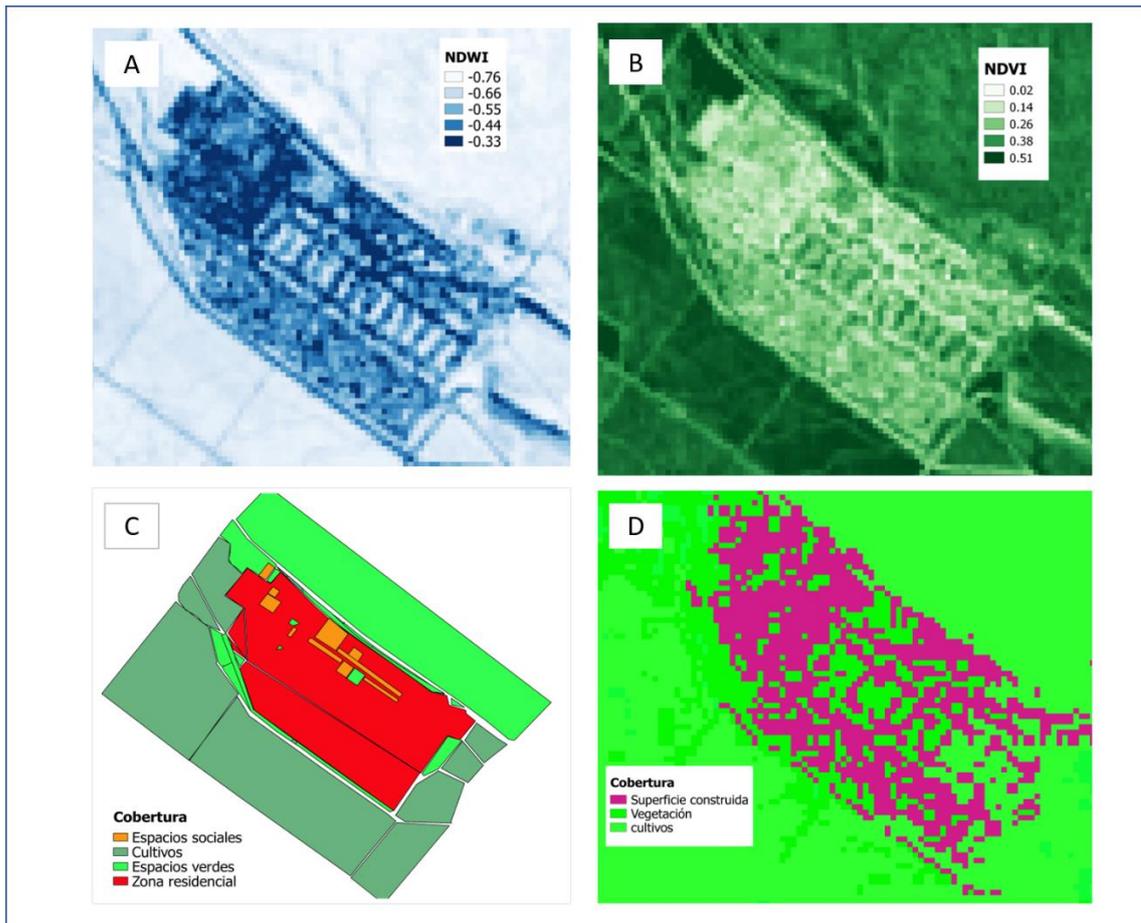


Figura 4.1: Mapas confeccionados como resultado del uso de herramientas de teledetección y de sistema de información geográfica con de imágenes Landsat 8 OLI. Localidad: Hipólito Yrigoyen. A: NDWI, B: NDVI, C: clasificación del uso de la tierra, D: clasificación de la cobertura de la tierra.

Análisis de datos

A los fines de analizar posibles relaciones entre índice de vegetación y agua, uso y cobertura de la tierra con el número de huevos y presencia de mosquitos, se construyeron modelos lineales generalizados y mixtos, usando como función de enlace la distribución binomial para la presencia de huevos y binomial negativa para el número de huevos. Como factor estocástico se incluyó el sitio. Se realizaron análisis de correlación entre la abundancia y las variables mencionadas anteriormente, para cada localidad estudiada, mediante el método de Spearman con el software INFOSTAT versión 2017 para descartar las variables correlacionadas para la construcción de los modelos. Mediante el criterio de información de Akaike (AIC) se escogieron los modelos que mejor describen los datos.

RESULTADOS

Se analizaron un total de 569 datos de ovitrampas de cuatro localidades, dos de la ecorregión Yungas (Colonia Santa Rosa e Hipólito Yrigoyen) y dos de Chaco (El Galpón y Joaquín V. González) (Tabla 4.1). Luego de considerar las correlaciones entre las variables independientes (Tabla 4.2), se confeccionaron 38 modelos que evaluaron las variables de respuesta “número de huevos” y “presencia de huevos” (Anexo 4.1), con respecto a las variables predictoras (ecorregión, localidad, cobertura de la tierra, uso de la tierra; Tabla 4.3). Se consideraron redundantes aquellas variables con coeficientes de correlación de Spearman $> 0,5$; se excluyeron de los modelos las variables NDWI (redundante con NDVI), NDVI de 200 m (para una mejor representación de las características de verdor más próximas a la ovitrampa), superficie verde (muy correlacionada con superficie construida) y superficie construida de buffer 100 m (correlacionada con buffer de 200 m). Tampoco se consideró la variable suelo desnudo por estar muy poco representada en los buffers de los sitios de muestreo. Se prefirió conservar la variable de cobertura de la tierra superficie construida en vez de verde ya que la primera minimiza construcciones parcialmente cubiertas por árboles y evidencia más claramente las superficies impermeables.

Tabla 4.1. Frecuencia de positividad de ovitrampas para la presencia de huevos de *Aedes aegypti* y valores promedio \pm error estándar del número de huevos por sitio de las localidades analizadas

Ecorregión	Localidad	Positividad ovitrampa	Número de huevos
Yungas	Hipólito Yrigoyen	0,67 \pm 0,04	25,94 \pm 5,87
	Colonia S Rosa	0,69 \pm 0,05	24,61 \pm 6,63
Chaco seco	J V González	0,42 \pm 0,04	19,99 \pm 0,42
	El Galpón	0,40 \pm 0,05	8,85 \pm 2,24

Tabla 4.2. Correlación de Spearman para variables locales

	ndvi_100	ndvi_200	ndwi_100	ndwi_200	sc_100	V_100	sc_200	V_200	es_100	ev_100	zr_100	ev_200	zr_200	es_200
ndvi_100	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,04	0,02	0,07	0,00
ndvi_200	0,79	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
ndwi_100	-0,85	-0,80	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,83	0,17	0,00	0,00	0,00
ndwi_200	-0,65	-0,88	0,87	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,87	0,00	0,00	0,00
sc_100	-0,47	-0,42	0,54	0,40	1,00	0,00	0,00	0,00	0,94	0,25	0,27	0,04	0,52	0,00
V_100	0,45	0,40	-0,57	-0,42	-0,97	1,00	0,00	0,00	0,17	0,01	0,48	0,07	0,48	0,00
sc_200	-0,44	-0,39	0,56	0,44	0,65	-0,58	1,00	0,00	0,11	0,19	0,70	0,23	0,00	0,02
V_200	0,39	0,31	-0,48	-0,33	-0,59	0,54	-0,91	1,00	0,94	0,00	0,16	0,31	0,00	0,50
es_100	-0,15	-0,29	0,06	0,16	0,00	0,06	0,07	0,00	1,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00
ev_100	0,03	0,23	-0,01	-0,19	0,05	-0,11	0,06	-0,14	-0,12	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
zr_100	-0,08	0,01	0,06	0,01	0,05	-0,03	-0,02	0,06	-0,59	-0,56	1,00	0,00	0,00	0,00
ev_200	0,10	0,32	-0,30	-0,50	0,08	-0,08	-0,05	-0,04	0,07	0,31	-0,18	1,00	0,00	0,18
zr_200	-0,08	-0,18	0,30	0,36	0,03	-0,03	0,20	-0,14	-0,25	-0,25	0,26	-0,63	1,00	0,00
es_200	-0,31	-0,46	0,32	0,39	0,17	-0,17	0,10	-0,03	0,71	0,13	-0,55	-0,06	-0,27	1,00

La variable de cobertura suelo desnudo fue excluida por su escasa representación en los sitios de muestreo.

Tabla 4.3. Valores promedio \pm error estándar por sitio de las variables predictoras consideradas en los modelos.

Ecorregión	Yungas		Chaco	
	H. Yrigoyen	Colonia SR	JV González	El Galpón
Cobertura de la tierra				
NDVI_100	0,46 \pm 0,01	0,36 \pm 0,01	0,34 \pm 0,01	0,41 \pm 0,01
NDVI_200	0,46 \pm 0,01	0,40 \pm 0,01	0,36 \pm 0,01	0,53 \pm 0,02
NDWI_100	-0,48 \pm 0,01	-0,42 \pm 0,01	-0,26 \pm 0,00	-0,47 \pm 0,01
NDWI_200	-0,48 \pm 0,01	-0,45 \pm 0,01	-0,27 \pm 0,00	-0,56 \pm 0,01
Sup. construida_100	0,55 \pm 0,03	0,53 \pm 0,05	0,78 \pm 0,04	0,76 \pm 0,03
Sup. construida_200	0,50 \pm 0,02	0,40 \pm 0,03	0,75 \pm 0,03	0,63 \pm 0,05
Sup. Verde_100	0,45 \pm 0,03	0,40 \pm 0,03	0,18 \pm 0,03	0,26 \pm 0,05
Sup. verde_200	0,48 \pm 0,02	0,54 \pm 0,02	0,24 \pm 0,03	0,26 \pm 0,04
Uso de la tierra				
Espacio social_100	0,07 \pm 0,02	0,13 \pm 0,04	0,07 \pm 0,03	0,03 \pm 0,01
Espacio social_200	0,07 \pm 0,02	0,14 \pm 0,03	0,02 \pm 0,01	0,01 \pm 0,01
Espacio verde_100	0,04 \pm 0,01	0,03 \pm 0,01	0,03 \pm 0,01	0,08 \pm 0,01
Espacio verde_200	0,04 \pm 0,01	0,06 \pm 0,02	0,02 \pm 0,01	0,30 \pm 0,03
Residencial_100	0,89 \pm 0,02	0,84 \pm 0,05	0,90 \pm 0,03	0,92 \pm 0,01
Residencial_200	0,85 \pm 0,02	0,66 \pm 0,05	0,94 \pm 0,01	0,70 \pm 0,03

Para la presencia de huevos (trampas positivas), los mejores modelos según el criterio de Akaike fueron: modelo 0, que incluía como única variable a ecorregión, seguido por el modelo 15 (Δ AIC=1,44) que incluyó las variables ecorregión, y NDVI en buffers de

100 m (de aquí en adelante NDVI100). El tercer modelo fue el 14 ($\Delta AIC=2,0$) cuyas variables fueron ecorregión y superficie construida para buffers de 200 m (Tabla 4.4).

Tabla 4.4. Ranking de selección de modelos ($AICc \leq 3$) para trampas positivas.

Modelos	$\Delta AICp$	Eco	NDVI 100	SC 200
0	0	•		
15	1,34	•	•	
14	1,7	•		•

Segunda columna: $\Delta AICp$ para la presencia de huevos. Eco: ecorregión, NDVI 100: índice de vegetación en áreas buffers de 100 m de radio, SC 200: superficie construida para buffers de 200 m.

Para el número de huevos, el modelo que mejor ajustó fue el 18, que consideraba la variable zona residencial en buffer de 200 m y localidad, en segundo lugar se ubicó el numero 36 ($\Delta AIC = 0,71$), con las variables ecorregión, localidad, zona residencial en buffers de 200 m y NDVI en buffers de 100 m; el modelo siguiente fue el 16 con $\Delta AIC = 1,53$ que incluyó ecorregión, localidad, zona residencial y espacios sociales en buffers de 200 m (Tabla 4.5). Los últimos modelos con $\Delta AIC < 3$ fueron el modelo 17 ($\Delta AIC = 2,01$) con las variables zona residencial y espacios verdes en buffers de 200 m y el modelo 33 ($\Delta AIC = 2,67$), que contempló ecorregión, localidad, NDVI en buffers de 100 m, zona residencial y espacios sociales para buffers de 200 m.

Tabla 4.5. Ranking de selección de modelos ($AICc \leq 3$) para número de huevos por ovitrampa.

Modelos	$\Delta AICn$	Eco	Lc	NDVI 100	ZR 200	ES 200	EV 200
18	0		•		•		
36	0,72	•	•	•	•		
16	1,5		•		•	•	
17	2,01				•		•
33	2,67	•	•	•	•	•	

Segunda columna: $\Delta AICn$ para el número de huevos. Eco: ecorregión, Lc: localidad, NDVI 100: índice de vegetación, ZR zona residencial, ES, espacios sociales y EV, espacios verdes. 100 y 200, respectivamente áreas buffer de 100 y 200 m de radio.

Se calcularon los promedios ponderados de los modelos y sus respectivos intervalos de confianza para conocer el efecto de las variables predictoras en las variables respuestas. Se observó que la variable que tuvo efecto en la presencia de huevos fue ecorregión (Figura 4.3), en cambio, para el número de huevos, las variables significativas fueron localidad y zona residencial de 200 m, esta última con efecto negativos (Figura 4.4).

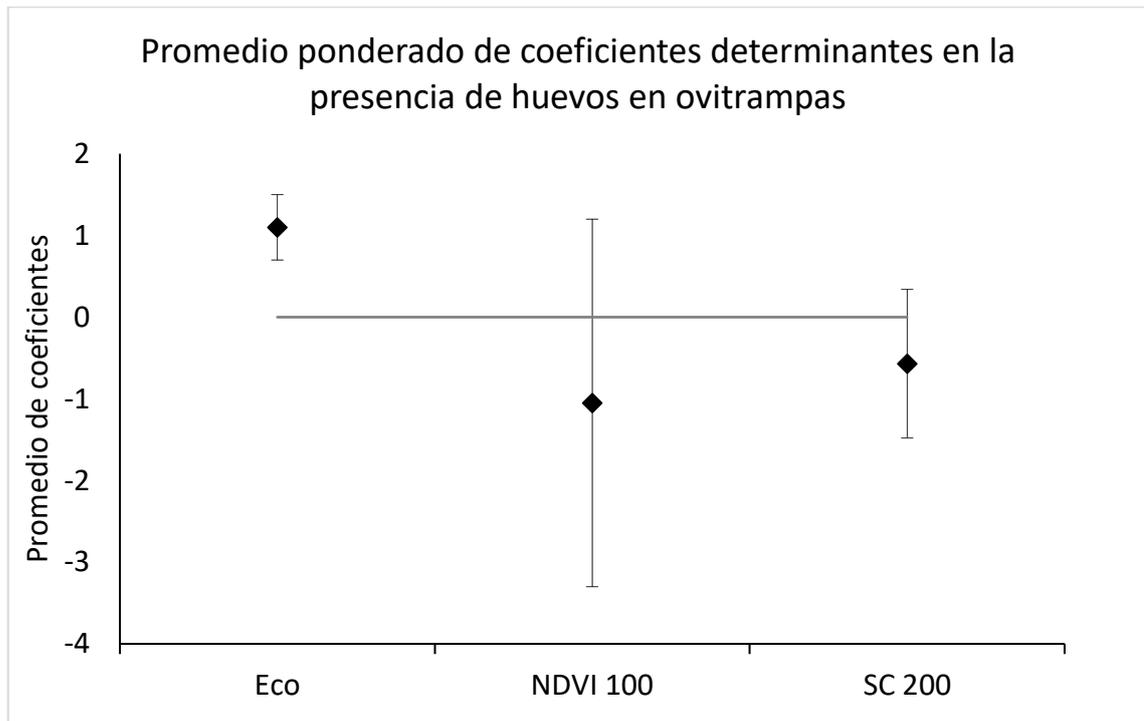


Figura 4.3: Efecto de variables predictivas sobre la presencia de huevos en las ovitrampas. Las barras verticales representan intervalos del 95% para los coeficientes

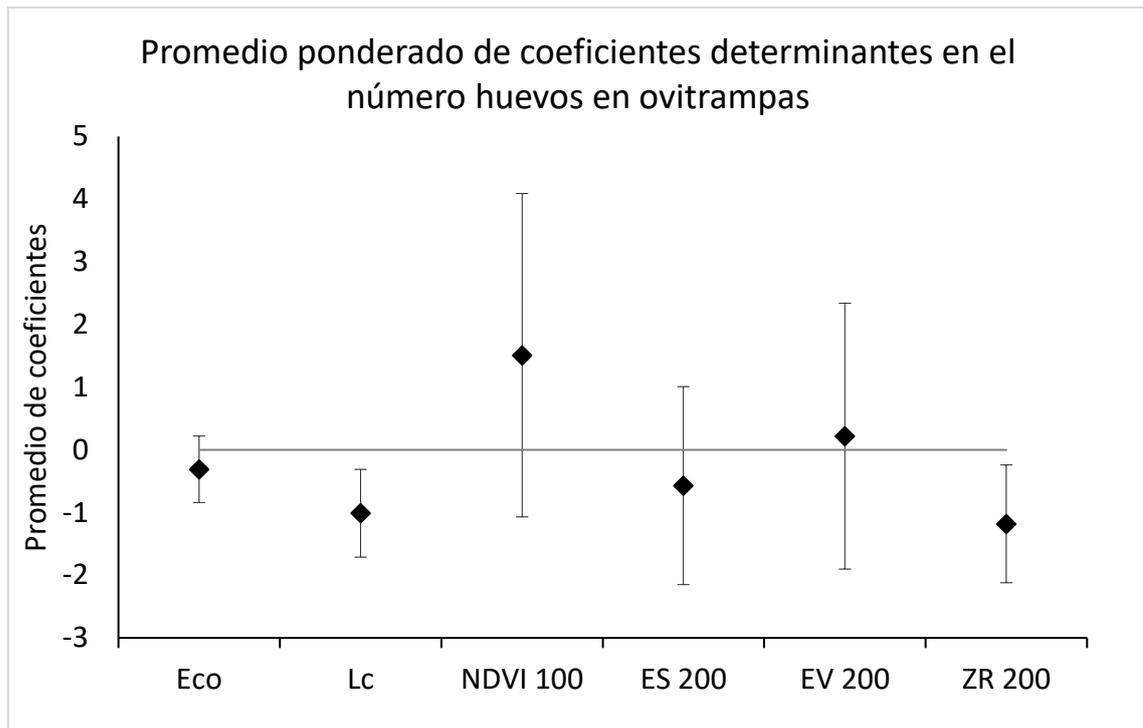


Figura 4.4: Efecto de variables predictivas sobre el número de huevos en las ovitrampas. Las barras verticales representan intervalos del 95% para los coeficientes

DISCUSIÓN

En este capítulo se evaluó la asociación entre variables de cobertura y uso de la tierra que podrían afectar a las poblaciones del mosquito y la actividad de *Ae. aegypti* en términos de positividad de trampas y número de huevos en los sitios de muestreo. Los resultados sugieren que la actividad de oviposición de las hembras en las localidades de chaso seco y yungas no es aleatoria, sino que depende de características locales del paisaje.

Como era de esperar, la comparación entre los factores ambientales mostró que las variables de cobertura superficie construida y superficie con vegetación se correlacionaron significativa y negativamente. Sin embargo, estas variables mostraron correlaciones pobres con las categorías de uso de la tierra, ya que no necesariamente son mutuamente excluyentes las superficies impermeables y la vegetación dentro de un tipo de uso. Por ejemplo, las zonas residenciales pueden contener parches de vegetación de

mayor o menor tamaño. La categoría de uso “Espacio verde” incluyó sectores con suelo desnudo, como canchas de fútbol.

En este estudio, la inferencia multimodelo indicó que la ecorregión es la principal variable explicativa de la presencia de huevos en las ovitrampas, ya que la inclusión del NDVI o de la superficie construida no mejoró significativamente el ajuste de los modelos. Las diferencias entre ecorregiones eran esperables por sus diferencias en características climáticas (y ver Capítulo 3). La falta de capacidad explicativa de las características del paisaje sobre la positividad de las trampas a nivel local podría explicarse por el comportamiento de oviposición de la hembra, que durante un ciclo gonadotrófico puede repartir sus huevos en distintos recipientes, sin importar la densidad de hembras. Este fenómeno es conocido como omisión de oviposición o “skip oviposition” (Mogi y Mokry, 1980; Chadee et al., 1990; Chadee y Corbet, 1993), una estrategia que permitiría evitar el hacinamiento larvario y por ende optimizar la disponibilidad de alimentos para el estadio larval en zonas donde son escasos los alimentos larvarios. Se considera por lo tanto que las ovitrampas son sensibles a la presencia del mosquito, pero no serían fiables como estimadores directos de su abundancia, porque la presencia de huevos en más de un recipiente podría deberse alternativamente a una o varias hembras. Además, la escasa disponibilidad de recipientes o la abundante disponibilidad podría estar afectando la frecuencia de positividad de las ovitrampas, ya que las hembras pueden poner todos sus huevos en un solo recipiente que podría no ser la ovitrampa (Chadee et al., 1990; Chadee y Corbet, 1993).

Por otra parte, la abundancia de huevos puede ser un indicador relativo de abundancia poblacional del mosquito. Esto se basaría en que, por un lado, no todas las hembras o poblaciones de *Ae. aegypti* hembras realizan omisión de oviposición (Harrington y Edman, 2001), y por otro, aun cuando varios recipientes están disponibles para oviponer en condiciones idénticas, usualmente uno de los recipientes recibe más huevos de una hembra (Abreu et al., 2015). Consistentemente, se detectaron efectos significativos de la localidad sobre el número de huevos. Los mayores números medios de huevos se registraron en las localidades de yungas (más húmedas), mientras que los menores números se obtuvieron en la localidad El Galpón de chaco seco (más áridas).

En cuanto a características locales, el número de huevos detectados en las ovitrampas estuvo relacionado con el tipo de uso de la tierra más que con la cobertura en sí, en áreas

de 200 m de radio alrededor del sitio. De hecho, tanto la importancia relativa de las variables como el promedio ponderado de los coeficientes estimados por los modelos sugieren que, además de la localidad, sólo la proporción de superficie cubierta por zonas residenciales tuvo un efecto significativo, y negativo, sobre el número de huevos. Esta covariable fue el factor común de los cinco modelos con mejor desempeño.

Otras variables de uso del terreno incluidas en algunos de los modelos (aunque no significativas) fueron espacios sociales (efecto negativo) y espacios verdes (positivo), mientras que el único estimador de cobertura del terreno incluido en los modelos mejor rankeados fue el NDVI, relacionado positivamente con la abundancia. Estos resultados sugieren que las actividades de los humanos sean posiblemente más importantes que la cobertura predominante en sí para la actividad y/o selección de sitios de oviposición de los mosquitos.

Las relaciones entre intensidad de urbanización y actividad o abundancia de *Ae. aegypti* muestra resultados variables en la literatura dependiendo, entre otros posibles factores, de la región geográfica donde se haya realizado el estudio o del método de muestreo de los mosquitos. En el Sur de Florida, Estados Unidos, muestreos con ovitrampas evidenciaron una relación negativa significativa entre la presencia de *Ae. aegypti* y zonas no construidas, aunque este contraste con nuestros resultados posiblemente se deba a la inclusión de ambientes rurales en sus muestreos (Rey et al., 2006). Los espacios verdes (amplios) en general se consideran pobres en cuanto a la disponibilidad de recipientes para oviposición, y además, la densidad poblacional de los mosquitos posiblemente sea más baja que en zonas construidas, ya que los mosquitos no se alejan mucho de sus fuentes sanguíneas, prefiriendo aquellos recipientes que están en los domicilios (Kittayapong y Strickman, 1993). Además, un estudio llevado a cabo en Brasil (David et al., 2009) que evaluó parámetros de historia de vida de *Ae. aegypti* en sitios con características urbanas contrastantes, demostró que la probabilidad de sobrevivida de hembras de *Ae. aegypti* fue mayor en zonas de bajos ingresos (favelas) asociadas a una menor cobertura vegetal y mayor densidad poblacional, comparadas con vecindarios de altos ingresos y zonas suburbanas, y que la tasa de dispersión fue menor en estas favelas.

En resumen, observamos que el número medio de huevos recolectados en sitios inmersos predominantemente en una matriz residencial fue menor que en aquellos sitios

en que el uso de la tierra fuera más heterogéneo. Es posible que la mayor heterogeneidad ambiental resulte en un mejor balance entre acceso a sangre humana (viviendas cercanas) y espacios verdes que podrían proveer refugio, nutrientes, hábitats larvales adecuados, que sitios con una mayor cobertura por construcciones (menor disponibilidad de hábitats larvales o hábitats larvales menos favorables) (Tabla 4.2).

Existen múltiples evidencias de que *Ae. aegypti* tiene una baja dispersión activa, por lo general dentro de un radio de 200 m (Ayala et al., 2018), aunque las hembras en estado de gravidez pueden llegar a desplazarse de 200 a 800 metros, primordialmente en búsqueda de sitios aptos para oviponer (Edman et al., 1998; Honorio et al., 2003). Es posible que en las localidades estudiadas no haya barreras relevantes para la dispersión ya que las separaciones físicas entre construcciones son precarias, la mayoría o bien consta de una cerca de madera que supera el metro de alto y con tablonces separados unos 5 cm unos de otros o bien carece de limitación física entre lotes. Esto les permitiría a las hembras de *Ae. aegypti* poner pequeños números de huevos en muchos sitios (Reiter, 1996), es decir podrían buscar sin inconvenientes sitios para oviponer en domicilios colindantes con otros elegidos como refugio.

En cuanto a las variables NDVI y NDWI, distintos autores usaron estas herramientas para predecir o identificar zonas con presencia de mosquitos (Brown et al., 2008; Arboleda et al., 2012; Estallo et al., 2012). Si bien estas variables no tuvieron un efecto significativo en este trabajo, ello podría deberse a que los jardines asociados a las viviendas son comunes, con presencia de vegetación tanto herbácea como arbustiva y arbórea, en la mayoría de las casas en las localidades estudiadas, proporcionando disponibilidad de sitios de refugio en todas las extensiones de las localidades. En cuanto a espacios sociales (zonas comerciales + institucionales) tampoco encontramos relación para ninguna de las variables de respuesta, contrario a lo observado por Reiter (2007), quién encontró que las zonas comerciales eran significativamente positivas para la presencia del vector en Volcano, Hawai. En este estudio hemos desestimado los datos referidos al suelo desnudo, ya que fue una variable relativamente poco representada o ausente de los sitios analizados. Sin embargo, en un estudio basado en relevamientos de larvas en Córdoba, la superficie cubierta por suelo desnudo junto con la intensidad de construcciones y distancia a red de agua potable fueron variables útiles para predecir la distribución espacial de los mosquitos (Rotela et al. 2017).

Capítulo V

Conclusiones generales

En ensayos de laboratorio y de campo las hembras colocaron huevos en cualquiera de los 4 tipos de sustratos ofrecidos en las ovitrampas, sugiriendo que los bajalenguas de madera, la tela, el papel secante y el papel de felpa son equivalente a los fines de detectar la presencia del mosquito por positividad de ovitrampa. La elección del material en ese caso para actividades de vigilancia deberá considerar en ese caso costos y durabilidad del material en campo.

En cuanto a número de huevos colocados, tanto en ensayos de campo como de laboratorio se detectaron diferencias en la preferencia de las hembras por los sustratos de oviposición. Mayores números fueron depositados en tela y papel de felpa, que fueron mejores que la madera y el papel de filtro si el objetivo es maximizar el número de huevos colectados. Contrariamente a lo planteado como hipótesis de trabajo, estas preferencias no variaron entre ecorregiones contrastantes como son las yungas y chaco.

Los patrones espaciales de actividad de oviposición mostraron algunas variaciones según el tipo de sustrato del que se obtuvieron los datos. Por lo tanto, el tipo de sustrato es relevante cuando los análisis espaciales (o eventualmente espacio-temporales) considerarán el número de huevos.

Si *Ae. aegypti* como otros insectos, son susceptibles a las características ecoclimáticas de una región, que pueden influir en su dinámica poblacional y capacidad de persistencia, los recursos provistos por las actividades humanas a esta especie marcadamente antrópica pueden favorecer su establecimiento en las localidades a las que es transportada por los humanos. Si bien se usó una herramienta de muestreo sensible a la presencia del mosquito en bajas densidades, y con un sustrato en que el número de huevos que colocan las hembras en promedio es mayor, no se logró detectar a *Ae. aegypti* en las eco-regiones más áridas de Altos Andes y Puna. Por el contrario, fue frecuente y abundante en localidades de Yunga.

En la provincia de Salta se sospechaba la presencia de *Ae. aegypti* más allá de yungas y la capital provincial, en localidades del interior provincial donde se habían registrado casos de dengue. Se confirmó por primera vez su presencia en las tres localidades de Chaco seco que fueron muestreadas, y en la ciudad de Cafayate de Montes de Sierra y Bolsones.

La comparación de localidades de chaco seco y yungas mostró una mayor frecuencia de trampas positivas en la ecorregión de yungas a pesar de la mayor frecuencia de intervenciones de control observada. A su vez, el número medio de huevos colocados por trampa fue mayor en yungas y relacionado positivamente con el NDVI (indicador de vegetación y humedad). De hecho, el modelo de número de huevos basado sólo en NDVI fue casi tan efectivo como otros modelos que consideraban además ecorregión y temperaturas nocturnas previas. La temperatura de la primera semana previa al día de colecta como así también las temperaturas nocturnas previas a las tres semanas previas al día de colecta y la ecorregión tuvieron influencia en la oviposición en Salta.

Más allá de las características eco-climáticas más favorables o perjudiciales para la dinámica o la persistencia de las poblaciones de *Ae. aegypti*, se detectaron efectos de condiciones ambientales a escala local relacionadas con la actividad de oviposición del mosquito. Interesantemente, covariables de uso de la tierra (que consideran directa o indirectamente las actividades humanas) y no de cobertura del terreno, contribuyeron a explicar las variaciones locales en el número medio de huevos colocados en las ovitrampas. En particular se encontró una relación negativa con la proporción de superficie de tipo residencial en un área de 200 m alrededor de los sitios de muestreo, un área representativa de las distancias de dispersión típicas de la especie en ambientes urbanos (cuando hay hábitats larvales y hospedadores accesibles).

Bibliografía

- Abad-Franch F., Zamora-Perea E., Ferraz G., Padilla-Torres S.D., Luz S.L.B. 2015. Mosquito-disseminated pyriproxyfen yields high breeding-site coverage and boosts juvenile mosquito mortality at the neighborhood scale. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 9(4): e0003702. DOI:10.1371/journal.pntd.0003702
- Abreu F.V.S, Morais M.M., Ribeiro S.P., Eiras A.E. 2015. Influence of breeding site availability on the oviposition behaviour of *Aedes aegypti*. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz* 110:669-676.
- Achard F., Eva H.D., Stibig H.J., Mayaux P., Gallego J., Richards T., Malingreau J. P. 2002. Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. *Science* 297(5583): 999-1002.
- Albrieu-Llinás G., Gardenal C.N. 2011a. Introduction of different lineages of *Aedes aegypti* in Argentina. *Journal of the American Mosquito Control Association* 27(4):429–432.
- Albrieu-Llinás G., Gardenal C.N. 2011b. Phylogeography of *Aedes aegypti* in Argentina: Long-distance colonization and rapid restoration of fragmented relicts after a continental control campaign. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases* 12(3):254–261.
- Albrieu-Llinás G., Espinosa M.O., Quaglia A., Abril M., Scavuzzo C.M. 2018. Urban environmental clustering to assess the spatial dynamics of *Aedes aegypti* breeding sites. *Geospatial health* 13(1):654.
- Almeida M.A.B.D., Santos E.D., Cardoso J.D.C., Fonseca D.F.D., Noll C.A., Silveira V.R., Maeda A.Y., [de Souza R.P.](#), [Kanamura C.](#), Brasil R.A. 2012. Yellow fever outbreak affecting *Alouatta* populations in southern Brazil (Rio Grande do Sul State), 2008–2009. *American Journal of Primatology* 74(1):68-76.
- Anderson J.R. 1976. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data (Vol. 964). US Government Printing Office.
- Anosike J. C., Nwoke B.E., Okere A.N., Oku E.E., Asor J.E., Emmy-Egbe I.O., Adimike D.A. 2007. Epidemiology of tree-hole breeding mosquitoes in the tropical rainforest of Imo State, south-east Nigeria. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 14(1):31.
- Anselin L. 1995. Local indicators of spatial association – LISA. *Geographical Analysis* 27:93–115.
- Arboleda S., Jaramillo N., Peterson A.T. 2012. Spatial and temporal dynamics of *Aedes aegypti* larval sites in Bello, Colombia. *Journal of Vector Ecology* 37 (1): 37-48.
- Arc Map 9.3 Arcview. Copyright 1999-2014. ESRI inc.
- Augier L. 1998. Presencia de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) en Tucumán, Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 57: 1-4.

- Avilés G., Paz M.V., Rangeon G., Ranaivoarisoa M., Verzeri N., Roginski S., Baroni P., Enria D., 2003. Laboratory surveillance of Dengue in Argentina, 1995-2001. *Emerging infectious diseases* 9(6):738–742.
- Ayala A.M. 2018. Estructura genética poblacional de *Aedes aegypti* en Córdoba y su relación con variables ambientales y epidemiológicas. Tesis Doctoral Ciencias Biológicas, FCEFyN, UNC
- Azevedo T.S., Bourke B.P., Piovezan R., Sallum M.A.M. 2018. The influence of urban heat islands and socioeconomic factors on the spatial distribution of *Aedes aegypti* larval habitats. *Geospatial Health* 13(1):179-187.
- Barrera R., Amador M., Clark G.C. 2006. Ecological factors influencing *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) productivity in artificial containers in Salinas, Puerto Rico. *Journal of Medical Entomology* 43(3):484–492.
- Barrera R., Mackay A.J., Amador M. 2013. A novel autocidal ovitrap for the surveillance and control of *Aedes aegypti*. *Journal of the American Mosquito Control Association* 29(3): 293-296.
- Beck L. 2000. Remote sensing and human health: New sensors and new opportunities. *Emerging Infectious Diseases* 6(3):217–27.
- Bejarano J.F.R. 1979. Estudio sobre la fiebre amarilla selvática en la República Argentina. Necesidad de una organización de lucha antiamarilíca. Subsecretaría de Medicina Sanitaria, y Dirección Nacional de Promoción y Protección de la Salud. Sector Educación para la Salud: 1–31.
- Bellini R., Carrieri M., Burgio G., Bacchi M. 1996. Efficacy of different ovitraps and binomial sampling in *Aedes albopictus* surveillance activity. *Journal of the American Mosquito Control Association* 12: 632-636.
- Bhatt S., Gething P.W., Brady O.J., Messina J.P., Farlow A.W., Moyes C.L., Drake J.M., Brownstein J., Hoen A.G., Sankoh O., Myers M.F., George D.B., Jaenisch T., Wint G.R.W., Simmons C.P., Scott T.W., Farrar J.J., Hay S.I. (2013). The global distribution and burden of dengue. *Nature* 496:504-507.
- Braga I.A., Castro G.A., Nelson M., Mello R.C.G., Bergamaschi D.P., Souza J.M.P. 2000. Comparação entre pesquisa larvária e armadilha de oviposição, para detecção de *Aedes aegypti*. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* 33(4):347-353.
- Brito R.N., Gorla D.E., Diotaiuti L., Gomes A.C.F., Souza R.C.M., Abad-Franch F. 2017. Drivers of house invasion by sylvatic Chagas disease vectors in the Amazon-Cerrado transition: A multi-year, state-wide assessment of municipality-aggregated surveillance data. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 11(11):e0006035
- Brooks D. 2018. Tropical and subtropical moist broadleaf forests. Central South America: Bolivia and Argentina. World Wildlife Fund (WWF). [Text article]. <https://www.worldwildlife.org/ecoregions/nt0165>
- Brown H., Diuk-Wasser M., Andreadis T., Fish D. 2008. Remotely-sensed vegetation indices identify mosquito clusters of West Nile Virus vectors in an urban landscape in the Northeastern United States. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases* 8(2):197–206.

- Brown J.E., Evans B., Zheng W., Abas V., Barrera-Martinez L., Egizi A., Zhao H., Caccone A., Powell J.R. 2013. Human impacts have shaped historical and recent evolution in *Aedes aegypti*, the dengue and yellow fever mosquito. *Evolution* 68(2):514-25.
- Brown J.E., McBride C.S., Johnson P., Ritchie S., Paupy C., Bossin H., Lutomiah J., Fernandez-Salas I., Ponlawat A., Cornel A.J., Black IV W.C., Gorrochotegui-Escalante N., Urdaneta-Marquez L., Sylla M., Slotman M., Murray K.O., Walker C., Powell J.R. 2011. Worldwide patterns of genetic differentiation imply multiple ‘domestications’ of *Aedes aegypti*, a major vector of human diseases. *Proceedings of the Royal Society B* 278:2446–2454.
- Bubier J.L., Rock B.N., Crill P.M. 1997. Spectral reflectance measurements of boreal wetland and forest mosses. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 102(D24):29483–94.
- Bureau Pan American Sanitary. 1994. Dengue and dengue hemorrhagic fever in the Americas: guidelines for prevention and control (No. 548). Pan American Health Organization.
- Burkart R., Bárbaro N.O., Sánchez R.O., Gómez D.A. 1999. Ecoregiones de la Argentina. Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable y la Administración de Parques Nacionales 1999. https://sib.gob.ar/archivos/Eco-Regiones_de_la_Argentina.pdf
- Burrough P.A. 1986. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Oxford.
- Cabrera A.L. 1971. Fitogeografía de la República Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 14:1-50.
- Campbell L.P., Luther C., Moo-Llanes D., Ramsey J. M., Danis-Lozano R., Peterson A.T. 2015. Climate change influences on global distributions of dengue and chikungunya virus vectors. *Philosophical Transactions of the Royal Society London B*. 370: 20140135. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2014.0135>.
- Campos R.E. 1993. Presencia de *Aedes (Stegomyia) aegypti* L. (Diptera: Culicidae) en la localidad de Quilmes (Buenos Aires, Argentina). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 52:36.
- Campos R.E., Gleiser R.M. 2016. Sección 3: Ecología. pp 83-155. En: Berón C., R.E. Campos, R.M. Gleiser, L.M. Díaz Nieto, O.D Salomón, N. Schweigmann. Investigaciones sobre mosquitos de Argentina. Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata. ISBN: 978-987-544-721-9
- Campos R.E., Macia A. 1996. Observaciones biológicas de una población natural de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) en la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 55:67-72.
- Canyon D.V., Hii J.L.K., Müller R. 1999. Adaptation of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) oviposition behavior in response to humidity and diet. *Journal of Insect Physiology* 45(10):959-964.
- Carbajo A., Schweigmann N., Curto de Casas S. 2001. Asociación espacial de *Aedes aegypti*, densidad de población humana, niveles de edificación y cobertura vegetal en Buenos Aires. Uso de GIS e imágenes satelitales. *Contribuciones Científicas* 2001, ISSN 0328-3194. pgs. 215-228. Puerto Madryn, GÆA Sociedad Argentina de Estudios Geográficos.
- Carcavallo R.U., Martínez A. 1968. Fiebre amarilla, vectores y cadena epidemiológica. *Comunicaciones Científicas - Entomoepidemiología de la República Argentina*, n. 13,

Tomo I, Investigaciones Científicas de las Fuerzas Armadas Argentinas, Argentina, p. 105-144.

- Carrieri M., Albieri A., Angelini P., Baldacchini F., Venturelli C., Zeo S.M., Bellini R. 2011. Surveillance of the chikungunya vector *Aedes albopictus* (Skuse) in Emilia-Romagna (northern Italy): Organizational and technical aspects of a large-scale monitoring system. *Journal of Vector Ecology* 36:108-116.
- Carrizo-Páez R.E., Carrizo Páez M.A., Murúa A.F. 2016. Primer registro de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) en San Juan, Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 75(1-2):93-95.
- Chadee D.D., Corbet P.S., Greenwood J.J.D. 1990. Egg-laying yellow fever mosquitoes avoid sites containing eggs laid by themselves or by conspecifics. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 57(3):295-98.
- Chadee D.D., Corbet P.S. 1993. The gonotrophic status and diel pattern of entry to outdoor oviposition sites of female *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae). *Annals of Tropical Medicine & Parasitology* 87(3):263-68.
- Chadee D.D., Lakhani A., Ramdath W.R., Persad R.C. 1993. Oviposition response of *Aedes aegypti* mosquitoes to different concentrations of hay infusion in Trinidad, West Indies. *Journal of the American Mosquito Control Association* 9:346-346.
- Chadee D.D., Ward R.A., Novak R.J. 1998. Natural habitats of *Aedes aegypti* in the Caribbean--a Review. *Journal of the American Mosquito Control Association* 14:5-11.
- Chadee D.D., Martinez R. 2000. Landing periodicity of *Aedes aegypti* with implications for dengue transmission in Trinidad, West Indies. *Journal of Vector Ecology* 25(2):158-163.
- Chadee D.D., Ritchie S.A. 2010. Efficacy of sticky and standard ovitraps for *Aedes aegypti* in Trinidad, West Indies. *Journal of Vector Ecology* 35(2):395-400.
- Christophers Sir S.R. 1960. *Aedes aegypti* (L.) the Yellow Fever mosquito; its life history, bionomics and structure. Ed. Cambridge University Press. Londres.
- Chuvieco Salinero E. 2008. Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio. Barcelona. Ed. Ariel.
- Cigliano M.M., Torrusio S. 2003. Sistemas de Información Geográfica y Teledetección en Entomología: Aplicación en tucuras y langostas (Orthoptera: Acridoidea). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 62(1-2):1-14.
- Ciota A.T., Matakchiero A.C., Kilpatrick A.M., Kramer L.D. 2014. The effect of temperature on life history traits of *Culex* Mosquitoes. *Journal of Medical Entomology* 51(1):55-62.
- Congedo L. 2015. Manual de Semi-Automatic Classification Plugin Versión 4.0. Pagina 199.
- Contigiani M.S., Diaz L.A., Spinsanti L.I., Tauro M.L. 2016, Capítulo 13: Arbovirus. Pp 157-178. En: Berón C., R.E. Campos, R.M. Gleiser, L.M. Díaz Nieto, O.D. Salomón, N. Schweigmann. Investigaciones sobre mosquitos de Argentina. Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata. pp 381. ISBN: 978-987-544-721-9.
- Costa E.A., Almeida E.M.P., Santos J.M., Correia C., Albuquerque C.M.R. 2010. Impact of small variations in temperature and humidity on the reproductive activity and survival of *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae). *Revista Brasileira de Entomologia* 54(3):488-93.

- Curto S., Bofia R., Carbajo A., Plastina R., Schweigmann N. 2002. Reinfestación del territorio argentino por *Aedes aegypti*. Distribución geográfica (1994-1999). Actualizaciones en Artropodología Sanitaria Argentina. Fundación Mundo Sano.
- Dans A.L., Dans L.F., Lansang M.A.D., Silvestre M.A.A., Guyatt G.H. 2018a. Controversy and debate on dengue vaccine series: Review of a licensed dengue vaccine: inappropriate subgroup analyses and selective reporting may cause harm in mass vaccination programs. *Journal of Clinical Epidemiology* 95 (2018) 137e139
- Dans A.L., Dans L.F., Lansang M.A.D., Silvestre M.A.A., Guyatt G.H. 2018b. Controversy and debate on dengue vaccine series - final response to review of a licensed dengue vaccine: inappropriate subgroup analyses and selective reporting may cause harm in mass vaccination programs. *Journal of Clinical Epidemiology* 95:137e139
- David M., Lourenço-de-Oliveira R., Freitas R.M. 2009. Container productivity, daily survival rates and dispersal of *Aedes aegypti* mosquitoes in a high-income dengue epidemic neighbourhood of Rio de Janeiro: Presumed influence of differential urban structure on mosquito biology. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 104(6):927–32.
- DeFries R.S., Houghton R.A., Hansen M.C., Field C.B., Skole D., Townshend J.P. 2002. Carbon emissions from tropical deforestation and regrowth based on satellite observations for the 1980s and 1990s. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99(22):14256–14261.
- De Majo M.S., Fischer S., Otero M., Schweigmann N. 2013. Effects of thermal heterogeneity and egg mortality on differences in the population dynamics of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) over short distances in temperate Argentina. *Journal of Medical Entomology* 50(3):543-551.
- De Majo M.S., Montini P., Fischer S. 2017. Egg hatching and survival of immature stages of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) under natural temperatura conditions during the cold season in Buenos Aires, Argentina. *Journal of Medical Entomology* 54(1):106-113
- De Melo D.P.O., Scherrer L.R., Eiras A.E. 2012. Dengue fever occurrence and vector detection by larval survey, ovitrap and MosquiTRAP: A Space-Time Clusters Analysis. *PLoS ONE* 7(7): e42125. doi:10.1371/journal.pone.0042125
- De Pietri D.E., García S., Rico O. 2008. Modelos geo-espaciales para la vigilancia local de la salud. *Revista Panamericana de Salud Pública* 23(6):394–402.
- De Sousa G.B., Avilés G., Gardenal C.N. 2000. Allozymic polymorphism in *Aedes aegypti* populations from Argentina. *Journal of the American Mosquito Control Association* 16(3):206–209.
- De Sousa G.B., Blanco A., Gardenal C.N. 2001. Genetic relationships among *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) populations from Argentina using random amplified polymorphic DNA polymerase chain reaction markers. *Journal of Medical Entomology* 38:371–375.
- Dekker T., Takken W., Carde R.T., 2001. Structure of host-odour plumes influences catch of *Anopheles gambiae* s.s. and *Aedes aegypti* in a dual-choice olfactometer. *Physiol Entomol* 26: 124–134.
- Secretaria de Saúde do Rio de Janeiro; Dengue: Dados Epidemiológicos. Rio de Janeiro: 2009. Disponível en: <http://www.saude.rio.rj.gov.br>.

- Diarrassouba S., Dossou-Yovo J. 1997. Rythme d'activité atypique chez *Aedes aegypti* en zone de savane sub-soudanienne de Côte d'Ivoire. Bulletin de la Société de pathologie exotique 90(5):361-363.
- Díaz L.A., Almirón W.R., Ludueña Almeida F., Spinsanti L.I. 2003. Vigilancia del virus. Encefalitis de San Luis y mosquitos (Diptera: Culicidae) en la Provincia de Córdoba, Argentina. Entomología y Vectores 10(4):551-566.
- Díaz L.A., Ré V., Almirón W.R., Farías A. 2006a. Genotype III Saint Louis encephalitis virus outbreak, Argentina, 2005. Emerging Infectious Diseases 12(11):1752-1754.
- Díaz L.A., Konigheim B.S., Aguilar J.J., Spinsanti L.I., Castillo C., Ortiz Bergia S., Zarco A., Villafañe N., Almirón W.R., Contigiani M.S. 2006b. Actividad del virus encefalitis San Luis (Flavivirus) en aves durante una epidemia de encefalitis en Córdoba, Argentina, 2005. Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana 3: 298.
- Díaz L.A. 2009. Patrones de actividad y estacionalidad del virus St. Louis Encephalitis en Córdoba, Argentina. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas - Universidad Nacional de Córdoba.
- Dominguez M.C., Ludueña Almeida F., Almirón W. 2000. Dinámica poblacional de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) en Córdoba capital. Revista de la Sociedad Entomológica Argentina 59:41-50.
- Eastman J.R. 2012. IDRISI Selva Manual. Clark labs-Clark University. Worcester, Mass. USA.
- Edman J.D., Scott T.W., Costero A., Morrison A.C., Harrington L.C., Clark G.G. 1998. *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) movement influenced by availability of oviposition sites. Journal of Medical Entomology 35(4):578-583.
- Eisen R.J., Eisen L. 2008. Spatial modeling of human risk of exposure to vector-borne pathogens based on epidemiological versus arthropod vector data. Journal of Medical Entomology 45:181-192.
- Epstein P.R. 1998. Global warming and vector-borne disease. Lancet 351(9117): 1737.
- Espinoza Gómez F., Hernández Suárez C.M., Coll Cárdenas R. 2001. Factores que modifican los índices larvarios de *Aedes aegypti* en Colima, México. Revista Panamericana de Salud Pública 10(1):6-12.
- Espinosa M., Weinberg D., Rotela C.H., Polop F., Abril M., Scavuzzo C.M. 2016. Temporal dynamics and spatial patterns of *Aedes aegypti* breeding sites, in the context of a dengue control program in Tartagal (Salta province, Argentina). PLoS neglected tropical diseases 10(5), e0004621.
- Estallo E.L., Lamfri M.A., Scavuzzo C.M., Ludueña Almeida F.F., Introini M.V., Zaidenberg M., Almirón W.R. 2008. Models for predicting *Aedes aegypti* larval indices based on satellite images and climatic variables. Journal of the American Mosquito Control Association 24(3):368-376.
- Estallo E.L., Ludueña-Almeida F., Scavuzzo C.M., Zaidenberg M., Introini M.V., Almirón W.R. 2011. Oviposición diaria de *Aedes aegypti* en Orán, Salta, Argentina. Revista de Saúde Pública 45:977-980.

- Estallo E.L., Ludueña-Almeida F., Visintin A.V., Scavuzzo C.M., Lamfri M.A., Introini M.V., 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.
- Estes J.E., Simonett D.S., 1975. Fundamentals of image interpretation. *Manual of Remote Sensing*. R.G. Reeves Editores. Falls Church, American Society of Photogrametry: 869-1076.
- Fay R.W., Perry A.S. 1965. Laboratory studies of ovipositional preferences of *Aedes aegypti*. *Mosquito News* 25(3): 276–281.
- Ferreira A., Chiaravalloti Neto F. 2007. Infestation of an urban area by *Aedes aegypti* and relation with socioeconomic levels. *Revista de Saúde Pública* 41: 915-22.
- Fischer S.C., Alem I.S., de Majo M.S., Campos R.E., Schweigmann N.J. 2011. Cold season mortality and hatching behavior of *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae) eggs in Buenos Aires City, Argentina. *Journal of Vector Ecology* 36(1):94–99.
- Fischer S.C., de Majo M.S., Quiroga L., Paez M., Schweigmann N.J. 2017. Long-Term spatio-Temporal dynamics of the mosquito *Aedes aegypti* in temperate Argentina. *Bulletin of Entomological Research* 107:225-233.
- Focks D.A. 2003. A review of entomological sampling methods and indicators for Dengue vectors. Geneva: World Health Organization, 2003. Disponible en: http://whqlibdoc.who.int/hq/2003/TDR_IDE_DEN_03.1.pdf
- Focks D.A., Haile D.G., Daniels E., Mount G.A., 1993. Dynamic life table model for *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae). Analysis of the literature and model development. *Journal of Medical Entomology* 30:1003–1017.
- Forattini O.P. 1996. *Culicidologia Médica: Identificação, Biologia, Epidemiologia* Vol. 2. Edusp.
- Frank R.H. 1985. *Choosing the Right Pond: Human Behavior and the Quest for Status*. Oxford University Press.
- Fu W.J., Jiang P.K., Zhou G.M., Zhao K.L. 2014. Using Moran's I and GIS to study the spatial pattern of forest litter carbon density in a subtropical region of southeastern China. *Biogeosciences* 11: 2401–2409.
- Gao Bo-cai. 1996. NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment* 58(3): 257–66.
- Gerberg E.J. 1979. *Manual for Mosquito Rearing and Experimental Techniques*. American Mosquito Control Association. Bulletin N° 5.
- Gil J.F., Chanampa M.M., Copa G.N., Oreste M.F., Gleiser R.M., Nasser J.R., Aparicio J.P. 2015. Distribución espacial de ovipostura de *Aedes (Stegomyia) aegypti* en la localidad de Güemes de la Provincia de Salta. VII Jornadas de Ciencias Naturales: Investigación, Tecnología y Extensión. V Jornadas de la Enseñanza de las Ciencias Naturales. I Jornadas de Unidad Integrada INTA-UNSa. 11-13 nov. Salta
- Gil J.F., Palacios M., Krolewiecki A.J., Cortada P., Flores R., Jaime C., Arias L., Villalpando C., Alberti DÁmato A.M., Nasser J.R., Aparicio J.P. 2016. Spatial spread of dengue in a non-endemic tropical city in northern Argentina. *Acta Tropica* 158:24-31.

- Gil J.F., Palacios M., Aparicio J.P., Mangudo C., Copa N., Villalpando C., Jaime C., Flores R., Arias L., Cortada P., Nasser J.R., Krolewiecki A.J. 2011. Dengue dynamics in the 2009 outbreak in Oran, Argentina: Implications for monitoring and control. The American Society of Tropical Medicine and Hygiene, 60 th Annual Meeting. Philadelphia.
- Gillett J.D. 1955. Variation in the hatching-response of *Aedes* eggs (Diptera: Culicidae). *Bulletin of Entomological Research* 46(2):241-254.
- Gleiser R., Gorla D., Ludueña Almeida F. 1997. Monitoring the abundance of *Aedes (Ochlerotatus) albifasciatus* (Macquart 1838) (Diptera: Culicidae) to the south of Mar Chiquita Lake, central Argentina, with the aid of remote sensing. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology* 91:917-926.
- Gleiser R.M., Zalazar L.P. 2010. Distribution of mosquitoes in relation to urban landscape characteristics. *Bulletin of Entomological Research* 100:153-158.
- Gleiser R.M. 2016. Geoprocessing and expected distribution of diseases (including deforestation, global warming and other changes). 37: 577-604. En: C. Brisola Marcondes. *Arthropod bone diseases* 1st ed. 645 p. Springer, Cham
- González C.R., Henry A., Reyes C., Aylwin M.P., Escobar D., Fernández J., Saldarriaga-Córdoba M. 2016. Reintroduction of the invasive mosquito *Aedes aegypti* (Linnaeus) (Diptera: Culicidae) in northern Chile. *IDEASIA* 34:49-53.
- Gopalakrishnan R., Das M., Baruah I., Veer V., Dutta P. 2012. Studies on the ovitraps baited with hay and leaf infusions for the surveillance of dengue vector, *Aedes albopictus* in northeastern India. *Tropical Biomedicine* 29:598–604.
- Gorla DE. 2002. Variables ambientales registradas por sensores remotos como indicadores de la distribución geográfica de *Triatoma infestans* (Heteroptera: Reduviidae). *Ecología Austral* 12(2):117–27.
- Grech M.G., Visintin A.V., Laurito M., Estallo E.L., Lorenzo P., Rocca I., Korin M., Goya F., Ludueña-Almeida F.F., Almirón W.R. 2012. New records of mosquito species (Diptera: Culicidae) from Neuquén and La Rioja provinces, Argentina. *Revista de Saúde Pública* 46:387-389.
- Grech M.G., Ludueña-Almeida F.F. 2016. Mosquitos que crían en microambientes acuáticos artificiales. En: Berón C., R.E. Campos, R.M. Gleiser, L.M. Díaz Nieto, O.D Salomón, N.J. Schweigmann. *Investigaciones sobre mosquitos de Argentina*. Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata. pp 381.
- Hadinegoro S.R.S., Arredondo-García J.L., Capeding M.R., Pallardy S., Noriega F., Bouckenough A. 2018. Controversy and debate on dengue vaccine series - paper 2: response to review of a licensed dengue vaccine: inappropriate subgroup analyses and selective reporting may cause harm in mass vaccination programs. *Journal of Clinical Epidemiology* 95:140e141.
- Halstead S.B. 2015. Reappearance of Chikungunya, formerly called dengue, in the Americas. *Emerging Infectious Diseases* 21:561.
- Harburguer L., Licastro S., Masuh H., Zerba E. 2016. Biological and chemical characterization of a new larvicide ovitrap made of plastic with pyriproxyfen incorporated for *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) control. *Journal of Medical Entomology* 53:647–652.

- Harrington L.C., Edman J.D. 2001. Indirect evidence against delayed "skip-oviposition" behavior by *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Thailand. *Journal of Medical Entomology* 38(5):641-5.
- Harrington L.C., Ponlawat A., Edman J.D., Scott T.W., Vermeulen F. 2008. Influence of container size, location, and time of day on oviposition patterns of the dengue vector, *Aedes aegypti*, in Thailand. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases* 8(3):415- 286 423.
- Hartfield K.A., Landau K.I., van Leeuwen W.J.D. 2011. Fusion of High Resolution Aerial Multispectral and LiDAR Data: Land cover in the context of urban mosquito habitat. *Remote Sensing* 3(11): 2364–2383.
- Hawley W.A. 1988. The biology of *Aedes albopictus*. *Journal of the American Mosquito Control Association Suppl.* 1988 Dic; 1 (): 1-39.
- Hay S.I., Packer M.J., Rogers D.J. 1997. The impact of remote sensing on the study and control of invertebrate intermediate hosts and vectors for disease. *International Journal of Remote Sensing* 18(14):2899–2930.
- Hoel D.F., Obenauer P.J., Clark M., Smith R., Hughes T.H., Larson R.T., Diclaros J.W., Allan S.A. 2011. Efficacy of ovitrap colors and patterns for attracting *Aedes albopictus* at suburban field sites in north-central Florida. *Journal of the American Mosquito Control Association* 27:245-51.
- Holzmann I., Agostini I., Areta J.I., Ferreyra H., Beldomenico P., Di Bitetti M.S. 2010. Impact of yellow fever outbreaks on two howler monkey species (*Alouatta guariba clamitans* and *A. caraya*) in Misiones, Argentina. *American Journal of Primatology: Official Journal of the American Society of Primatologists* 72(6):475-480.
- Jamison A., Tuttle E., Jensen R., Bierly G., Gonser R. 2015. Spatial ecology, landscapes, and the geography of vector-borne disease: A multi-disciplinary review. *Applied Geography* 63:418-426.
- Kantor I.N. 2018. Dengue, Zika, Chikungunya y el desarrollo de vacunas. *Medicina (Buenos Aires)* 78(1).
- Kittayapong, Pattamaporn, Strickman D. 1993. Distribution of container-inhabiting *Aedes* larvae (Diptera: Culicidae) at a dengue focus in Thailand. *Journal of Medical Entomology* 30(3): 601–606.
- Kloter K.O., Bowman D.D., Carroll M.K. 1983. Evaluation of some ovitrap materials used for *Aedes aegypti* surveillance. *Mosquito News* 43:438–441.
- Lambin E.F., Geist H., Lepers E. 2003. Dynamics of land use and cover change in tropical regions. *Annual Review of Environment and Resources* . 28: 205–241.
- Lambrechts L., Paaijmans K.P., Fansiri T., Carrington L.B., Kramer L.D., Thomas M.B., Scott T.W. 2011. Impact of daily temperature fluctuations on dengue virus transmission by *Aedes aegypti*. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(18):7460-7465.
- Landau K.I., van Leeuwen W.J.D. 2012. Fine scale spatial urban land cover factors associated with adult mosquito abundance and risk in Tucson, Arizona. *Journal of Vector Ecology* 37(2):407–18.
- Lenhart A., Walle M., Cedillo H., Kroeger A. 2005. Building a better ovitrap for detecting *Aedes aegypti* oviposition. *Acta Tropica* 96:56-59.

- Leparc-Goffart I., Nougairède A., Cassadou S., Prat C., de Lamballerie X. 2014. Chikungunya in the Americas. *Lancet* 383: 514 (14) 296 60185-9.
- Lozano-Fuentes S., Hayden M.H., Welsh-Rodriguez C., Ochoa-Martinez C., Tapia-Santos B., Kobylinski K.C., Uejio C.K., Zielinski-Gutierrez E., Monache L.D., Monaghan A.J., Steinhoff D.F., Eisen L. 2012. The dengue virus mosquito vector *Aedes aegypti* at high elevation in México. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 87(5):902-909.
- Maciel-de-Freitas R., Avendanho F.C., Santos R., Sylvestre G., Araújo S.C., Lima J.B., Martins A.J., Coelho G.E., Valle D. 2014. Undesirable consequences of insecticide resistance following *Aedes aegypti* control activities due to a dengue outbreak. *PLoS ONE* 9(3): e92424.
- Madeira N.G., Macharelli C.A., Carvalho L.R. 2002. Variation of the oviposition preferences of *Aedes aegypti* in function of substratum and humidity. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz* 97:415-420.
- Maguñá Vargas C., Pitsfil M.C. 2015. Presence of autochthonous cases of chikungunya virus infection in Peru. *Revista Medica Herediana* 26:202-203.
- Mangudo C., Aparicio J.P., Gleiser R.M. 2011. Tree holes as larval habitats for *Aedes aegypti* in public areas in Aguaray, Salta province, Argentina. *Journal of Vector Ecology* 36(1): 227-230.
- Mangudo C., Aparicio J.P., Gleiser R.M. 2015. Tree holes as larval habitats for *Aedes aegypti* in urban, suburban and forest habitats in a dengue affected area. *Bulletin of Entomological Research* 105(6):679–84.
- Mangudo C., Aparicio J.P., Rossi G.C., Gleiser R.M. 2018. Tree hole mosquito species composition and relative abundances differ between urban and adjacent forest habitats in northwestern Argentina. *Bulletin of Entomological Research* 108(2):203-212.
- Marcondes C.B., Contigiani M., Gleiser R.M. 2017. Emergent and reemergent arboviruses in South America and the Caribbean: why so many and why now? *Journal of Medical Entomology* 54:509–532.
- Martínez Colindres D., Fernand E.A. 2012. Organización de una colonia de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) para estudios de resistencia a pesticidas. *Revista Portal de la Ciencia* 2 <https://www.researchgate.net/publication/273449592>
- Mausel P.W. 1990. Optimum band selection for supervised classification of multispectral data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 56:55–60.
- McFeeters S.K. 1996. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing* 17:1425–1432.
- Mieli M.V., Campos R.E. 2003. Oviposition activity and seasonal pattern of a population of *Aedes (Stegomyia) aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) in subtropical Argentina. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz* 98(5): 659-663.
- Ministerio de Salud de la Nación Argentina [Internet]. 2016. Boletín Integrado de Vigilancia. N°310 – EW 52 http://www.msal.gob.ar/images/stories/boletines/boletin_integrado_vigilancia_N341319-SE52.pdf

- Ministerio de Salud de Bolivia [Internet]. 2016. Programa Nacional de Prevención y Control de Dengue-Chikungunya-Zika. Situación epidemiológica semana 1 -22 2016. [accedido Junio 16, 2017] <http://www.abi.bo/abi/?i=321263>
- Ministerio de Salud de la Nación Argentina. Boletín Integrado de Vigilancia. N°310 – SE 20 [Internet] [accedido mayo 2016]. <http://www.msal.gob.ar/index.php/home/boletin-integrado-de-vigilancia?start=40>
- Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social de Paraguay [Internet] [accedido Junio 16, 2017] <http://www.mspbs.gov.py/v3/se-suman-8-nuevos-casos-autoctonos-de-chikungunya-en-paraguay/>
- Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social de Paraguay <http://www.mspbs.gov.py/v3/se-suman-8-nuevos-casos-autoctonos-de-chikungunya325en-paraguay/>
- Mogi M., Mokry J. 1980. Distribution of *Wyeomyia smithii* (Diptera, Culicidae) eggs in pitcher plants in Newfoundland, Canada. *Tropical Medicine* 22(1):1–12.
- Mogi M., Miyagi I., Abadi K., Syafruddin. 1996. Inter-and intraspecific variation in resistance to desiccation by adult *Aedes (Stegomyia)* spp. (Diptera: Culicidae) from Indonesia. *Journal of Medical Entomology* 33(1):53-57.
- Moore M., Sylla M., Goss L., Burugu M.W., Sang R., Kamau L.W., ... Black W.C. 2013. Dual African origins of global *Aedes aegypti* s.l populations revealed by mitochondrial DNA. *PLoS neglected tropical diseases* 7(4), e2175.
- Mundo Sano. 2005. Protocolo para determinar la susceptibilidad o resistencia a insecticidas de mosquitos de la especie *Aedes aegypti*, 2005
- Muttis E., Balsalobre A., Chuchuy A., Mangudo C., Ciota A.T., Kramer L.D., Micieli M.V. 2018. Factors related to *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) populations and temperature determine differences on life-history traits with regional implications in disease transmission. *Journal of Medical Entomology* 55(5):1105–1112.
- O’Gower A.K. 1963. Environmental stimuli and the oviposition behaviour of *Aedes aegypti* var. *queenslandis* Theobald (Diptera, Culicidae). *Animal Behaviour* 11(1):189–97.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2015. Cases of chikungunya fever in the Americas. *Epidemiological Week / EW* 39 http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&task=doc_download&Ite366mid=270&gid=31054&lang=en.
- Organización Mundial de la Salud. 2016. Fiebre chikungunya-Argentina. Brote epidémico. <http://www.who.int/csr/don/14-march-2016-chikungunya-argentina/es/>
- Organización Mundial de la Salud. 2018. Dengue vaccine: WHO position paper – September 2018. *World Health Organization weekly epidemiological record* 36(93):457–476.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 2018. Workshop on Chikungunya vaccines, Delhi, Feb5-6, 2018. https://www.who.int/immunization/research/meetings_workshops/28_Kang_Chikungunya.pdf
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). 2016. Fiebre chikungunya — Argentina Brote epidémico 14 de marzo de 2016 <https://www.who.int/csr/don/14-march-2016-chikungunya-argentina/es/>

- Organización Panamericana de la Salud. 2010. Organización Mundial de la Salud Dengue: Guías para el diagnóstico, tratamiento, prevención y control La Paz. Bolivia. OPS/OMS.
- Oria G.I., Stein M., Gorodner J.O. 1999. Nuevos aportes en mosquitos (Diptera: Culicidae) de Resistencia, Chaco. Boletn del Instituto de Medicina Regional XX:65-67.
- Otero M., Solari H.S., Schweigmann N.J. 2006. A stochastic population dynamics model for *Aedes aegypti*: Formulation and application to a city with temperate climate. Bulletin of Mathematical Biology 68(8):1945–1974.
- PAHO (Pan American Health Organization / World Health Organization). 2016. Communicable Diseases and Health Analysis. Health Situation in the Americas: Core Indicators 2016. Washington, D.C., United States of America [Internet]. [accedida enero 2017] <http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/31289/CoreIndicators2016-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Paul K.K., Dhar-Chowdhury P., Haque E., Al-Amin H.M., Goswami D.R., Kafi M.A.H., Drobot M.A., Lindsay L.R., Ahsan G.U., Brooks W.A. 2018. Risk factors for the presence of dengue vector mosquitoes, and determinants of their prevalence and larval site selection in Dhaka, Bangladesh. PLoSOne 13(6): e0199457.
- Pereira-Lima E.P., Goulart M.O.F., Rolim Neto M.L. 2015. Meta-analysis of studies on chemical, physical and biological agents in the control of *Aedes aegypti*. BMC Public Health 15:858.
- Perich M.J., Davila T., Turner A., Garcia A., Nelson M. 2000. Behavior of resisting *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) and its relations to ultra-low volume adulticide efficacy in Panama city. Journal of Medical Entomology 37:541-546.
- Perich M.J., Kardec A., Braga I.A., Portal I.F., Burge R., Zeichner B.C., Brogdon W.A., Wirtz R.A. 2003. Field evaluation of a lethal ovitrap against dengue vectors in Brazil. Medical and Veterinary Entomology 17:205–210.
- Powell J.R., Tabachnick W.J. 2013. History of domestication and spread of *Aedes aegypti* - A Review. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 108:11–17.
- R Core Team. 2013. R: A language and environment for statistical computing. RFoundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>
- Reiter P. 1996. Oviposition and dispersion of *Aedes aegypti* in an urban environment. Bulletin de la Societe de pathologie exotique 89(2):120–122.
- Reiter P., Nathan M.B. 2001. Guidelines for assessing the efficacy of insecticidal space sprays for control of the dengue vector *Aedes aegypti*. Strategy Development and Monitoring for Parasitic Diseases and Vector Control Team. Geneva: World Health Organization. <http://www.who.int/iris/handle/10665/67047>
- Reiter M.E., LaPointe D.A. 2007. Landscape factors influencing the spatial distribution and abundance of mosquito vector *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) in a mixed residential-agricultural community in Hawai'i. Journal of Medical Entomology 44(5):861–868.
- Rey J.R., Nishimura N., Wagner B., Braks M.A., O'Connell S.M., Lounibos L.P. 2006. Habitat segregation of mosquito arbovirus vectors in South Florida. Journal of Medical Entomology 43(6): 1134–1141.

- Rey J.R., O'Connell S.M. 2014. Oviposition by *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*: Influence of congeners and of oviposition site characteristics. *Journal of Vector Ecology* 39(1): 190–196.
- Rios-González C, Escobar-Salinas J. 2016. Reflections on Zika infection in Paraguay. *Revista Chilena de Infectología* 33:240-241.
- Ritchie S.A. 2001. Effect of some animal feeds and oviposition substrates on *Aedes* oviposition in ovitraps in Cairns, Australia. *Journal of the American Mosquito Control Association* 11(3):206-208.
- Ritchie S., Long S. 2003. Does S-methoprene affect oviposition by *Aedes aegypti* in an ovitrap? *Journal of the American Mosquito Control Association* 19: 170-171
- Rondan Dueñas J.C., Albrieu Llinás G., Panzetta-Dutari G.M., Gardenal C.N. 2009. Two different routes of colonization of *Aedes aegypti* in Argentina from neighboring countries. *Journal of Medical Entomology* 46(6):1344-1355.
- Rodríguez-Tovar M.L., Badii M.H., Olson J.K., Flores-Suárez A. 2000. Oviposition preference of *Aedes aegypti* (L) in artificial containers in Nuevo Leon, Mexico. *Southwestern Entomologist* 25:55-58.
- Rose RI. 2001. Pesticides and public health: integrated methods of mosquito management. *Emerging Infectious Diseases* 7:17-23.
- Rossi G.C., Lestani E.A., D'Oria J.M. 2006. Nuevos registros y distribución de mosquitos de la Argentina (Diptera: Culicidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 65(3–4): 51–56.
- Rotela C., Fouque F., Lamfri M., Sabatier P., Introini V., Zaidenberg M., Scavuzzo M.C. 2007. Space–time analysis of the dengue spreading dynamics in the 2004 Tartagal outbreak, Northern Argentina. *Acta Tropica* 103:1-13.
- Rotela C., Lopez L., Frías Céspedes M., Barbas G., Lighezzolo A., Porcasi X., Lanfri M.A., Scavuzzo C.M., Gorla D.E. 2017. Analytical report of the 2016 dengue outbreak in Córdoba city, Argentina. *Geospatial Health* 12(564):226-236.
- Ruiz-López F., González-Mazo A., Vélez-Mira A., Gómez G.F., Zuleta L., Uribe S., Vélez-Bernal I.D. 2016. Presence of *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus, 1762) and its natural infection with dengue virus at unrecorded heights in Colombia. *Biomédica* 36(2):303-308.
- Sanofi Pasteur. 2018. Dengvaxia® vaccine approved for prevention of dengue in Europe. 19 de diciembre 2018. <https://www.sanofipasteur.com/en/media-room/press-releases/dengvaxia-vaccine-approved-for-prevention-of-dengue-in-europe> Sanofi updates information on dengue vaccine. <http://mediaroom.sanofi.com/sanofi-updates-information-on-denguevaccine/>. Accedido 1 diciembre 1, 2017
- Sarfraz M.S., Tripathi N.K., Tipdecho T., Thongbu T., Kerdtong P., Souris M. 2012. Analyzing the spatio-temporal relationship between dengue vector larval density and land-use using factor analysis and spatial ring mapping. *BMC public health* 12(1):853.
- Schowalter T.D. 2006. Responses to Abiotic Conditions. 17-52. En: *Insect Ecology, Second Edition: An Ecosystem Approach*. 574 pp. Academic Press

- Scott T.W., Chow E., Strickman D., Kittayapong P., Wirtz R.A., Lorenz L.H., Edman J.D. 1993. Blood-feeding patterns of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) collected in a rural Thai Village. *Journal of Medical Entomology* 30(5):922–27.
- Seijo A. 2009. Dengue 2009: Cronología de una epidemia. *Archivo Argentino de Pediatría* 107: 387:391.
- Stein M., Oria G.I., Almirón W.R. 2002. Principales criaderos para *Aedes aegypti* y culícidos asociados, Argentina. *Revista de Saúde Pública* 36:627-630.
- Steinly B.A., Novak R.J., Webb D.W. 1991. A new method for monitoring mosquito oviposition in artificial and natural containers. *Journal of the American Mosquito Control Association* 7:649-650.
- Sternberg E.D., Thomas M.B. 2014. Local adaptation to temperature and the implications for vector-borne diseases. *Trends in Parasitology* 30(3):115–22.
- Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud - Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades -Dirección de Enfermedades Transmitidas por Vector. Guía para la instalación y mantenimiento del insectario de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). Mexico, 2015.
- Trpis M. 1972. Dry season survival of *Aedes aegypti* eggs in various breeding sites in the Dar Es Salaam Area, Tanzania. *Bulletin of the World Health Organization* 47(3): 433.
- Turell M.J., Dohm D.J., Sardelis M.R., Oguinn M.L., Andreadis T.G., Blow J.A. 2005. An update on the potential of north American mosquitoes (Diptera: Culicidae) to transmit West Nile virus. *Journal of Medical Entomology* 42(1):57-62.
- Valdéz Zamorano N.G. 2009) Caracterización morfológica y genética de poblaciones urbanas y rurales de *Aedes (Stegomyia) aegypti* L. (Diptera - Culicidae) ubicadas en localidades endémicas de dengue en Bolivia. Santa Cruz de la Sierra (BOL); La Paz: UAGRM; IRD, 100 p. multigr. Tesis de grado: Licenciado en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno. 2009.
- Velo E., Kadriaj P., Mersini K., Shukullari A., Manxhari B., Simaku A., Hoxha A., Caputo B., Bolzoni L., Rosà R., Bino S., Reiter P., Torre A. 2016. Enhancement of *Aedes albopictus* collections by ovitrap and sticky adult trap. *Parasites & Vectors* 9:223.
- Vezzani D., Carbajo A.E. 2008a. *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*, and Dengue in Argentina: Current knowledge and future directions. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 103(1): 66–74.
- Vezzani D., Schweigmann N.J. 2002. Suitability of containers from different sources as breeding sites of *Aedes aegypti* (L.) in a cemetery of Buenos Aires City, Argentina. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 97(6): 789–792.
- 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): 467–71.
- Weaver S.C., Charlier C., Vasilakis N., Lecuit M. 2018. Zika, Chikungunya, and Other Emerging Vector-Borne Viral Diseases. *Annual Review of Medicine* 69:395–408.
- Wong J., Astete H., Morrison A.C., Scott T.W. 2011a. Sampling considerations for designing *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) oviposition studies in Iquitos, Peru: substrate

preference, diurnal periodicity, and gonotrophic cycle length. *Journal of Medical Entomology* 48(1):45–52.

Wong J., Stoddard S.T., Astete H., Morrison A.C., Scott T.W. 2011b. Oviposition site selection by the dengue vector *Aedes aegypti* and its implications for dengue control. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 5(4): e1015.

Zanotti G., De Majo M.S., Alem I., Schweigmann N.J., Campos R.E., Fischer S. 2015. New records of *Aedes aegypti* at the southern limit of its distribution in Buenos Aires province, Argentina. *Journal of Vector Ecology* 40:408-411.

Zeichner B.C., Perich M.J. 1999. Laboratory testing of a lethal ovitrap for *Aedes aegypti*. *Medical & Veterinary Entomology* 13(3):234-8.

Agradecimientos

Al Instituto de Investigación en Energía No Convencional por brindar su espacio físico para el desarrollo de esta investigación.

A la Agencia Nacional de Promoción científica y tecnológica que financió este trabajo a través del PICT 2476 -2014.

Al Consejo de Investigación la Universidad Nacional de Salta

A la Dra Gleiser por su calidez humana, empatía, por ser un gran apoyo moral y académico a lo largo de la ejecución de esta tesis doctoral y a su familia, por permitirme alojarme en su casa.

Al Dr. Juan Pablo Aparicio por sus consejos y acompañamiento.

Al Dr Mario Zaidenberg y al equipo de Control de Vectores, región NOA dependiente del Ministerio de Salud de la Nación por la colaboración en parte de la colecta de datos.

Al Sr. Cirilo Eugenio Tolaba, agente sanitario de Nazareno, que colaboró en la colocación de las trampas y en la recolección de las mismas.

A Maria Celia Mora por su colaboración en la manipulación de roedores en el laboratorio.

A Carlos Enriquez, Javier Gutierrez y Soledad Hodi por colaborar en la colecta de trampas.

A Andres y Lisandro Bañagasta, Agustina y Marina Castaño por la compañía desinteresada y necesaria en cada muestreo.

A a mi mamá Margarita, a mi hermana Romina e hija Sofía y sobre todo a Él, por amor incondicional y por sus constantes motivaciones brindadas siempre que se presentaron escollos en el camino.

A Zulma Rivero por su gran cariño y por alojarme en su casa durante mis estadías en Córdoba para el desarrollo de esta tesis.

Al personal administrativo del Doctorado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Córdoba y especialmente a Laura Guzmán por su excelente predisposición y colaboración en todos los pasos burocráticos para finalizar esta tesis.

Anexos

Anexo 2. Scripts para el análisis de huevos en laboratorio.

```
library(readxl)
huevos_lab <- read_excel("C:/Users/HP/Desktop/ARCHIVOS_R/huevos_lab.xlsx",
                        col_types = c("numeric", "numeric", "numeric",
                                      "numeric", "text", "text", "numeric",
                                      "numeric"), na = "null")

library("AICcmodavg")
library("stats")
library("MASS")
attach(huevos_lab)
head(huevos_lab)

cor(na.omit(tmodis)) #modif CALCULO DE LA VARIANZA
hist(n_huevos) #modif HISTOGRAMA
mean(na.omit(n_huevos))
#modif MEDIA
sd(na.omit(n_huevos))^2 #modif DESVIO ESTANDAR
length(na.omit(n_huevos)) #modif
(53.7^2)/(5151.703 - 53.7) #CALCULO DE THETA
dbn=rnegbin(40,mu=53.7,theta=0.5656509)
hist(dbn)
jaula=as.factor(jaula)

#=====

m11= glm.nb(n_huevos~ localidad)
summary(m11)
m21= glm.nb(n_huevos~ sustrato)
summary(m21)
m31= glm.nb(n_huevos~ localidad + sustrato)
summary(m31)

m11c<-glm.convert(m11)
m21c<-glm.convert(m21)
m31c<-glm.convert(m31)

Cand.models <- list(m11c,m21c,m31c)

Modnames <- c("m11","m21","m31")
print(aictab(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, second.ord = TRUE),
      digits = 3)
```

Anexo 3.1 Fechas de las imágenes tomadas por el Satélite Terra, sensor Modis para las localidades muestreadas

Localidades	Fechas
Hipólito Yrigoyen	10/2/2015
	18/2/2015
	6/3/2015
Colonia Santa Rosa	14/3/2015
	22/3/2015
Coronel Mollinedo	30/3/2015
	7/4/2015
Joaquín V. González	26/2/2016
	5/3/2016
El Galpón	13/3/2016
	18/2/2016
	10/2/2016
	2/2/2016

Anexo 3.2 Correlaciones de Spearman para las variables ecoclimáticas. En negrita los valores de R mayores a 0,50 con $p \leq 0$

	NDVI	Td1	Td2	Td3	Tn1	Tn2	Tn3	HR1	HR2	HR3	Tmax1	Tmax2	Tmax3	Tmin1	Tmin2	Tmin3
NDVI	1	0	0	0	0	0	0,15	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0
Td1	0,39	1	0,46	0,02	0	0	0	0,28	0	0	0	0	0	0	0	0,01
Td2	-0,13	-0,03	1	0,05	0,02	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0
Td3	-0,12	-0,09	0,08	1	0	0	0	0	0,45	0	0	0	0	0,45	0,13	0
Tn1	0,68	0,32	-0,1	-0,49	1	0,02	0,19	0	0	0	0,7	0	0,14	0	0	0
Tn2	0,24	-0,27	0,64	-0,17	0,11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tn3	0,07	-0,16	-0,46	0,42	-0,07	-0,21	1	0	0	0,33	0,09	0	0	0,09	0	0,55
HR1	0,41	0,04	0,11	-0,21	0,34	0,31	-0,33	1	0,11	0	0	0	0	0,17	0	0
HR2	0,4	-0,23	-0,11	0,03	0,15	0,17	0,4	-0,06	1	0	0,96	0	0	0,13	0,3	0
HR3	0,25	0,25	-0,46	-0,34	0,26	-0,23	-0,05	0,24	-0,23	1	0,17	0	0	0	0	0
Tmax1	0,11	0,18	-0,2	0,13	-0,02	-0,44	0,08	-0,43	0	-0,05	1	0,87	0,01	0	0	0
Tmax2	0,39	0,43	0,21	-0,35	0,23	0,23	-0,51	0,52	-0,42	0,15	0,01	1	0,02	0	0	0
Tmax3	0,21	-0,14	0,38	0,31	0,06	0,52	0,28	-0,14	0,28	-0,62	0,1	0,09	1	0,05	0	0
Tmin1	0,53	0,43	-0,29	-0,03	0,26	-0,38	-0,08	0,05	-0,06	0,36	0,74	0,39	-0,07	1	0	0
Tmin2	0,64	0,37	0,33	-0,06	0,44	0,31	-0,32	0,33	0,04	-0,16	0,29	0,64	0,47	0,53	1	0
Tmin3	0,58	0,1	0,27	0,13	0,39	0,48	-0,03	0,23	0,12	-0,3	0,16	0,46	0,77	0,33	0,79	1

Anexo 3.3. Ranking de modelos para la presencia de huevos según su ΔAIC

Modelos	ΔAIC	Eco	Lc	NDVI	Td1	Td2	Td3	Tn1	Tn2	Tn3	Tmax1	Tmax2	Tmax3	Tmin1	Tmin2	Tmin3	HR1	HR2	HR3
17	0,00	•		•				•	•	•									
31	1,36	•						•	•	•									
34	1,55			•															
32	11,54							•	•	•									
27	855,85	•					•												
30	857,45		•							•									
33	857,85			•						•									
23	863,10	•	•	•			•			•			•			•			•
9	865,61									•									
29	1134,37		•						•										
26	1136,64	•				•													
8	1144,26								•										
16	1876,99			•	•	•	•												
28	2070,62		•					•											
25	2072,37	•						•											
7	2072,56							•											
20	2076,54	•	•	•				•			•							•	
22	2080,34	•	•	•	•			•			•					•		•	
21	2153,32	•	•	•		•						•			•				•
5	2159,81					•													
6	2197,02						•												
18	2440,79	•		•														•	•
19	2442,25	•		•						•	•	•							•
3	2443,86			•															
2	2446,91		•																
10	2448,57										•								
1	2449,33	•																	
13	2449,33															•			
4	2449,74				•														
14	2450,76															•			
11	2452,39											•							
15	2456,10																		
24	2457,66																	•	
12	2458,14												•						

Eco: ecorregión, Lc: localidad, NDVI: índice de vegetación de diferencias normalizadas, Td: temperatura diurna, Tn: temperatura nocturna, Tmax: temperatura máxima, Tmin: temperatura mínima; HR: humedad relativa ambiente. Los números son ordinales 1,2,3 corresponden al valor para las semanas previas a los días de colecta.

Anexo 3.4. Ranking de modelos para el número de huevos según su ΔAIC

Modelos	ΔAIC	Eco	Lc	NDVI	Td1	Td2	Td3	Tn1	Tn2	Tn3	Tmax1	Tmax2	Tmax3	Tmin1	Tmin2	Tmin3	HR1	HR2	HR3
31	0,00	•						•	•	•									
17	1,94	•		•				•	•	•									
32	11,02							•	•	•									
27	198,89	•					•												
30	202,96		•							•									
23	204,37	•	•	•			•			•			•			•			•
33	213,19			•						•									
9	221,99									•									
26	235,13	•				•													
29	238,17		•						•										
8	262,98								•										
25	358,32	•						•											
28	362,18		•					•											
20	363,23	•	•	•				•			•							•	
22	366,00	•	•	•	•			•			•			•				•	
16	367,42			•	•	•	•												
7	370,81							•											
21	406,49	•	•	•		•						•				•			•
5	444,04					•													
18	461,08	•		•														•	•
6	466,55						•											•	•
19	467,04	•		•						•	•	•							
2	467,68		•																
1	467,79	•																	
14	478,93														•				
13	482,04													•					
3	482,75			•															
34	482,75			•															
15	485,14																		
11	494,42											•							
4	496,69				•														
10	497,03										•								
12	508,21												•						
24	510,95																	•	

Eco: ecorregión, Lc: localidad, NDVI: índice de vegetación de diferencias normalizadas, Td: temperatura diurna, Tn: temperatura nocturna, Tmax: temperatura máxima, Tmin: temperatura mínima; HR: humedad relativa ambiente. Los números son ordinales 1,2,3 corresponden al valor para las semanas previas a los días de colecta.

Anexo 3.5: Scripts de modelos para presencia de huevos

x: Variable explicativa incluida en el modelo; BG: ecorregión, Lc: localidad, NDVI: índice de vegetación de diferencias normalizadas, Td: temperatura diurna, Tn: temperatura nocturna, Tmax: temperatura máxima, Tmin: temperatura mínima; HR: humedad relativa ambiente. Los números son ordinales 1,2,3 corresponden al valor para las semanas previas a los días de colecta.

```
library(readxl)
base_integral <- read_excel("C:/Users/HP/Desktop/base_integral.xlsx",
  sheet = "datos todo", col_types = c("text",
    "numeric", "numeric", "text", "text",
    "numeric", "numeric", "numeric",
    "numeric"), na = "null")
```

```

library("AICcmodavg")
library("stats")
library("MASS")
attach(base_integral)
head(base_integral)

m01= glm(Opos~1, family= binomial, data= base_integral)
m11= glm(Opos~BG, family= binomial, data= base_integral)
m21= glm(Opos~Lc,family= binomial, data= base_integral)
m31= glm(Opos~NDVI, family= binomial, data= base_integral)
m41= glm(Opos~Td1, family= binomial, data= base_integral)
m51= glm(Opos~Td2, family= binomial, data= base_integral)
m61= glm(Opos~Td3, family= binomial, data= base_integral)
m71= glm(Opos~Tn1, family= binomial, data= base_integral)
m81= glm(Opos~Tn2, family= binomial, data= base_integral)
m91= glm(Opos~Tn3, family= binomial, data= base_integral)
m101= glm(Opos~Tmax1, family= binomial, data= base_integral)
m111= glm(Opos~Tmax2, family= binomial, data= base_integral)
m121= glm(Opos~Tmax3, family= binomial, data= base_integral)
m131=glm(Opos~Tmin1, family= binomial, data= base_integral)
m141= glm(Opos~Tmin2, family= binomial, data= base_integral)
m151=glm(Opos~Tmin3, family= binomial, data= base_integral)
m161= glm(Opos~NDVI_max + Td1 +Td2+Td3, family= binomial, data= base_integral)
m171=glm(Opos~BG+NDVI+Tn1+Tn2+Tn3, family= binomial, data= base_integral)
m181=glm(Opos~BG+NDVI+HR1+HR2+HR3, family= binomial, data= base_integral)
m191=glm(Opos~BG+NDVI+Tmax1+Tmax2, family= binomial, data= base_integral)
m201=glm(Opos~BG+Lc+NDVI+Tn1+HR1+Tmax1, family= binomial, data= base_integral)
m211=glm(Opos~BG+Lc+NDVI+Td2+HR2+Tmax2+Tmin2, family= binomial, data= base_integral)
m221=glm(Opos~BG+Lc+NDVI+Td1+Tn1+HR1+Tmax1+Tmin1, family= binomial, data= base_integral)
m231=glm(Opos~BG+Lc+NDVI+Td3+Tn3+HR3+Tmax3+Tmin3, family= binomial, data= base_integral)
m241= glm(Opos~HR1,family= binomial, data= base_integral)
m251= glm(Opos~BG+Tn1,family= binomial, data= base_integral)
m261= glm(Opos~BG+Tn2,family= binomial, data= base_integral)
m271= glm(Opos~BG+Tn3,family= binomial, data= base_integral)
m281= glm(Opos~Lc+Tn1,family= binomial, data= base_integral)
m291= glm(Opos~Lc+Tn2,family= binomial, data= base_integral)
m301= glm(Opos~Lc+Tn3,family= binomial, data= base_integral)
m311=glm(Opos~BG+Tn1+Tn2+Tn3,family= binomial, data= base_integral)
m321=glm(Opos~Tn1+Tn2+Tn3, family= binomial, data= base_integral)
m331=glm(Opos~NDVI_max+Tn3, family= binomial, data= base_integral)
m341=glm(Opos~NDVI_max, family= binomial, data= base_integral)

#m8. con nro ad en la trap pegajosa mas cercana
#m9. con nro hembras en la trap peg mas cercana

Cand.models
list(m01,m11,m21,m31,m41,m51,m61,m71,m81,m91,m101,m111,m121,m131,m141,m151,m161,m171,m181,m191,
m201,m211,m221,m231,m241,m251,m261,m271,m281,m291,m301,m311,m321,m331,m341)
Modnames
c("m01","m11","m21","m31","m41","m51","m61","m71","m81","m91","m101","m111","m121","m131","m141","m
151","m161","m171","m181","m191","m201","m211","m221","m231","m241","m251","m261","m271","m281","m
291","m301","m311","m321","m331","m341")

#second.ord=TRUE calcula AICc
print(aictab(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, second.ord = TRUE), digits = 3)

#Model-averaged estimates with unconditional 95% CIs
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "BGy")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "Lch")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "Td1")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "Td2")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "Td3")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "Tn1")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "Tn2")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "Tn3")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "NDVI")

```

```

modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "Tmax1")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "Tmax2")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "Tmax3")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "Tmin1")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "Tmin2")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "Tmin3")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "HR1")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "HR2")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "HR3")

```

Anexo 3.6: Scripts de modelos para presencia de huevos

x: Variable explicativa incluida en el modelo; BG: ecorregión, Lc: localidad, NDVI: índice de vegetación de diferencias normalizadas, Td: temperatura diurna, Tn: temperatura nocturna, Tmax: temperatura máxima, Tmin: temperatura mínima; HR: humedad relativa ambiente. Los números son ordinales 1,2,3 corresponden al valor para las semanas previas a los días de colecta.

```

base_integral <- read_excel("C:/Users/HP/Desktop/base_integral.xlsx",
  sheet = "datos todo", col_types = c("text",
    "numeric", "numeric", "text", "text",
    "numeric", "numeric", "numeric",
    "numeric"), na = "null")

```

```

library("AICcmodavg")
library("stats")
library("MASS")
attach(base_integral)
head(base_integral)
tmodis=cbind(Td1,Td2,Td3,Tn1,Tn2,Tn3) #c bind combina columnas y filas
tinta=cbind(Tmax1,Tmax2,Tmax3,Tmin1,Tmin2,Tmin3)
hinta=cbind(HR1,HR2,HR3)
pairs(tmodis)
pairs(tinta)
pairs(hinta)
cor(na.omit(tmodis)) #modif CALCULO DE LA VARIANZA
hist(NumH) #modif HISTOGRAMA
mean(na.omit(NumH)) #modif MEDIA
sd(na.omit(NumH))^2 #modif DESVIO ESTANDAR
length(na.omit(NumH)) #modif
(20.25997^2)/(1970.021 - 20.25997) Cálculo de Theta
dbn=rnegbin(675,mu=20.25997,theta=0.21)
hist(dbn)

#=====

#modelos variables climaticas - Conjunto 1
m1= glm.nb(NumH~BG)
m2= glm.nb(NumH~ Lc)

```

```

m3= glm.nb(NumH~ NDVI)
m4= glm.nb(NumH~ Td1)
m5= glm.nb(NumH~ Td2)
m6= glm.nb(NumH~ Td3)
m7= glm.nb(NumH~ Tn1)
m8= glm.nb(NumH~ Tn2)
m9= glm.nb(NumH~ Tn3)
m10= glm.nb(NumH~ Tmax1)
m11= glm.nb(NumH~ Tmax2)
m12= glm.nb(NumH~ Tmax3)
m13= glm.nb(NumH~ Tmin1)
m14= glm.nb(NumH~ Tmin2)
m15= glm.nb(NumH~ Tmin3)
m16= glm.nb(NumH~ NDVI_max+Td1+Td2+Td3)
m17= glm.nb(NumH~ BG+NDVI+Tn1+Tn2+Tn3)
m18= glm.nb(NumH~ BG+NDVI+HR1+HR2+HR3)
m19= glm.nb(NumH~ BG+NDVI+Tmax1+Tmax2)
m20= glm.nb(NumH~ BG+Lc+NDVI+Tn1+HR1+Tmax1)
m21= glm.nb(NumH~ BG+Lc+NDVI+Td2+HR2+Tmax2+Tmin2)
m22= glm.nb(NumH~ BG+Lc+NDVI+Td1+Tn1+HR1+Tmax1+Tmin1)
m23= glm.nb(NumH~ BG+Lc+NDVI+Td3+Tn3+HR3+Tmax3+Tmin3)
m24= glm.nb(NumH~ HR1)
m25= glm.nb(NumH~ BG+Tn1)
m26= glm.nb(NumH~ BG+Tn2)
m27= glm.nb(NumH~ BG+Tn3)
m28= glm.nb(NumH~ Lc+Tn1)
m29= glm.nb(NumH~ Lc+Tn2)
m30= glm.nb(NumH~ Lc+Tn3)
m31= glm.nb(NumH~ BG+Tn1+Tn2+Tn3)
m32= glm.nb(NumH~ Tn1+Tn2+Tn3)
m33= glm.nb(NumH~ NDVI+Tn3)
m34= glm.nb(NumH~ NDVI+Tn1+Tn2+Tn3)

```

```
#glm convert, para poder pedir la tabla aictab
```

```
#conjunto 1
```

```

m0c<-glm.convert(m0)
m1c<-glm.convert(m1)
m2c<-glm.convert(m2)
m3c<-glm.convert(m3)
m4c<-glm.convert(m4)
m5c<-glm.convert(m5)
m6c<-glm.convert(m6)
m7c<-glm.convert(m7)
m8c<-glm.convert(m8)
m9c<-glm.convert(m9)
m10c<-glm.convert(m10)
m11c<-glm.convert(m11)
m12c<-glm.convert(m12)
m13c<-glm.convert(m13)
m14c<-glm.convert(m14)
m15c<-glm.convert(m15)
m16c<-glm.convert(m16)
m17c<-glm.convert(m17)
m18c<-glm.convert(m18)
m19c<-glm.convert(m19)
m20c<-glm.convert(m20)
m21c<-glm.convert(m21)
m22c<-glm.convert(m22)
m23c<-glm.convert(m23)
m24c<-glm.convert(m24)

```

```

m25c<-glm.convert(m25)
m26c<-glm.convert(m26)
m27c<-glm.convert(m27)
m28c<-glm.convert(m28)
m29c<-glm.convert(m29)
m30c<-glm.convert(m30)
m31c<-glm.convert(m31)
m32c<-glm.convert(m32)
m33c<-glm.convert(m33)
m34c<-glm.convert(m34)

Cand.models <-
list(m1c,m2c,m3c,m4c,m5c,m6c,m7c,m8c,m9c,m10c,m11c,m12c,m13c,m14c,m15c,m16c,m17c,m18c,m
19c,m20c,m21c,m22c,m23c,m24c,m25c,m26c,m27c,m28c,m29c,m30c,m31c,m32c,m33c,m34c)

Modnames <-
c("m1","m2","m3","m4","m5","m6","m7","m8","m9","m10","m11","m12","m13","m14","m15","m16","
m17","m18","m19","m20","m21","m22","m23","m24","m25","m26","m27","m28","m29","m30","m31",
"m32","m33","m34")

#second.ord=TRUE calcula AICc
print(aictab(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, second.ord = TRUE), digits = 3)

#Model-averaged estimates with unconditional 95% CIs
#Intercept=modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "(Intercept)")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "BGy")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "Lch")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "Td1")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "Td2")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "Td3")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "Tn1")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "Tn2")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "Tn3")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "NDVI")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "Tmax1")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "Tmax2")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "Tmax3")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "Tmin1")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "Tmin2")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "Tmin3")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "HR1")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "HR2")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "HR3")

```

Anexo 4.1. Ranking de modelos para la presencia de huevos según su ΔAIC

Modelos	ΔAIC	Eco	Lc	ndvi_100	sc_100	V_100	sc_200	V_200	es_100	ev_100	zr_100	ev_200	zr_200	es_200
0	0,00		*											
15	1,44	*		*										
14	2,01	*					*							
13	3,32	*		*	*									
1	3,55		*											
21	4,29											*		
19	4,74						*							
18	4,86												*	
28	5,56	*	*						*		*			
38	5,76	*	*									*		
20	5,84						*					*		
35	6,08	*	*	*							*			
17	6,17		*									*	*	
29	6,42	*	*										*	*
16	6,42	*	*										*	*
36	6,57	*	*	*						*				
34	6,80	*	*	*					*		*			
26	6,93	*	*	*					*	*	*			
25	6,93	*	*	*					*	*	*			
33	7,60	*	*	*									*	
22	7,89		*									*	*	*
30	8,20	*	*	*					*	*	*			
32	8,77	*	*	*								*	*	*
23	8,97		*		*				*	*	*			
31	9,36	*	*	*			*					*	*	*
27	9,53	*	*				*					*	*	*

Eco: ecorregión, Lc: localidad, V: vegetación, SC: superficie construida, V: vegetación
 ES: espacios sociales, ZR: zonas residenciales, EV 100: espacios verdes, EV: espacios
 verdes

Anexo 4.2. Ranking de modelos para el número de huevos según su ΔAIC

Modelos	ΔAIC	Eco	Lc	rdvi_10l	sc_100	sc_200	es_100	ev_100	zr_100	ev_200	zr_200	es_200
18	0,00										•	
36	0,72	•	•	•				•				
16	1,53	•	•								•	•
17	2,01		•						•	•		
33	2,67	•	•	•							•	
22	3,55		•						•	•	•	
19	3,90					•						
1	3,99		•									
27	4,04	•	•			•			•	•	•	
32	8,77	•	•	•					•	•	•	
38	4,79	•	•						•			
21	4,84								•			
35	5,13	•	•	•					•			
20	5,27					•				•		
31	6,00	•	•	•		•				•	•	•
34	6,38	•	•	•			•		•			
12	6,62	•	•	•		•				•	•	•
9	6,98							•				
28	7,45		•								•	•
10	7,55								•			
4	7,69					•						
0	7,87	•										
3	8,01				•							
8	8,44										•	
26	9,51	•		•								
21	9,65	•	•	•							•	
15	9,76	•		•								
7	10,26								•			
11	10,40	•	•	•			•	•	•			
5	10,58						•					
6	10,60											•

Eco: ecorregión, Lc: localidad, V: vegetación, SC: superficie construida, V: vegetación
 ES: espacios sociales, ZR: zonas residenciales, EV 100: espacios verdes, EV: espacios verdes

Anexo 4.3: Scripts de modelos para presencia de huevos

```
loc_integral0 <- read_excel("C:/Users/HP/Desktop/loc_integral0.xlsx",
  col_types = c("numeric", "numeric", "text",
    "numeric", "numeric", "numeric",
    "text", "numeric", "numeric", "numeric",
    "numeric", "numeric", "numeric",
    "numeric", "numeric", "numeric",
    "numeric", "numeric", "numeric",
    "numeric", "numeric"), na = "null")

library("AICcmodavg")

#Presencia/ ausencia huevos
m00= glm(pos~1, family= binomial(link="logit"), data= loc_integral0)
```

```

m0= glm(pos~eco, family= binomial(link="logit"), data= loc_integral0)
m1= glm(pos~localidad,family= binomial(link="logit"), data= loc_integral0)
m2= glm(pos~ndvi_100, family= binomial(link="logit"), data= loc_integral0)
m3= glm(pos~sc_100, family= binomial(link="logit"), data= loc_integral0)
m4= glm(pos~sc_200, family= binomial(link="logit"), data= loc_integral0)
m5= glm(pos~es_100, family= binomial(link="logit"), data= loc_integral0)
m6= glm(pos~es_200, family= binomial(link="logit"), data= loc_integral0)
m7= glm(pos~zr_100, family= binomial(link="logit"), data= loc_integral0)
m8= glm(pos~zr_200, family= binomial(link="logit"), data= loc_integral0)
m9= glm(pos~ev_100, family= binomial(link="logit"), data= loc_integral0)
m10= glm(pos~ev_200, family= binomial(link="logit"), data= loc_integral0)
m11= glm(pos~ ev_100+zr_100+es_100, family= binomial(link="logit"), data=
loc_integral0)
m12= glm(pos~ ev_200+zr_200+es_200, family= binomial(link="logit"), data=
loc_integral0)
m13= glm(pos~ eco+ndvi_100+sc_100, family= binomial(link="logit"), data=
loc_integral0)
m14= glm(pos~ eco+ndvi_100+sc_200, family= binomial(link="logit"), data=
loc_integral0)
m15= glm(pos~ eco+ndvi_100, family= binomial(link="logit"), data=
loc_integral0)
m16= glm(pos~ localidad+es_200+zr_200, family= binomial(link="logit"), data=
loc_integral0)
m17= glm(pos~ localidad+zr_200+ev_200, family= binomial(link="logit"), data=
loc_integral0)
m18= glm(pos~ localidad+zr_200, family= binomial(link="logit"), data=
loc_integral0)
m19= glm(pos~ localidad+sc_200, family= binomial(link="logit"), data=
loc_integral0)
m20= glm(pos~ localidad+sc_200+ev_200, family= binomial(link="logit"), data=
loc_integral0)
m21= glm(pos~ localidad+ev_200, family= binomial(link="logit"), data=
loc_integral0)
m22= glm(pos~ localidad+ev_200+zr_200+es_200, family= binomial(link="logit"),
data= loc_integral0)
m23= glm(pos~ localidad+sc_100+ev_100+zr_100+es_100, family=
binomial(link="logit"), data= loc_integral0)
m24= glm(pos~ localidad+sc_200+ev_200+zr_200+es_200, family=
binomial(link="logit"), data= loc_integral0)
m25= glm(pos~ localidad+ev_100+zr_100+es_100, family= binomial(link="logit"),
data= loc_integral0)
m26= glm(pos~ eco+localidad+ev_100+zr_100+es_100, family=
binomial(link="logit"), data= loc_integral0)
m27= glm(pos~ eco+localidad+sc_200+ev_200+zr_200+es_200, family=
binomial(link="logit"), data= loc_integral0)
m28= glm(pos~ eco+localidad+zr_100+es_100, family= binomial(link="logit"),
data= loc_integral0)
m29= glm(pos~ eco+localidad+zr_200+es_200, family= binomial(link="logit"),
data= loc_integral0)

```

```

m30= glm(pos~ eco+localidad+ndvi_100+ev_100+zr_100+es_100, family=
binomial(link="logit"), data= loc_integral0)
m31= glm(pos~ eco+localidad+ndvi_100+sc_200+ev_200+zr_200+es_200, family=
binomial(link="logit"), data= loc_integral0)
m32= glm(pos~ eco+localidad+ndvi_100+ev_200+zr_200+es_200, family=
binomial(link="logit"), data= loc_integral0)
m33= glm(pos~ eco+localidad+ndvi_100+zr_200+es_200, family=
binomial(link="logit"), data= loc_integral0)
m34= glm(pos~ eco+localidad+ndvi_100+zr_100+es_100, family=
binomial(link="logit"), data= loc_integral0)
m35= glm(pos~ eco+localidad+ndvi_100+zr_100, family= binomial(link="logit"),
data= loc_integral0)
m36= glm(pos~ eco+localidad+ndvi_100+zr_200, family= binomial(link="logit"),
data= loc_integral0)
m37= glm(pos~ eco+localidad+ndvi_100+ev_100, family= binomial(link="logit"),
data= loc_integral0)
m38= glm(pos~ eco+localidad+ndvi_100+ev_200, family= binomial(link="logit"),
data= loc_integral0)

```

```

#m8. con nro ad en la trap pegajosa mas cercana
#m8. con nro ad en la trap pegajosa mas cercana
#m8. con nro ad en la trap pegajosa mas cercana
#m9. con nro hembras en la trap peg mas cercana

```

```

summary(m00)
summary(m0)
summary(m1)
summary(m2)
summary(m3)
summary(m4)
summary(m5)
summary(m6)
summary(m7)
summary(m8)
summary(m9)
summary(m10)
summary(m11)
summary(m12)
summary(m13)
summary(m14)
summary(m15)
summary(m16)
summary(m17)
summary(m18)
summary(m19)
summary(m20)
summary(m21)
summary(m22)
summary(m23)
summary(m24)
summary(m25)

```

```

summary(m26)
summary(m27)
summary(m28)
summary(m29)
summary(m30)
summary(m31)
summary(m32)
summary(m33)
summary(m34)
summary(m35)
summary(m36)
summary(m37)
summary(m38)

```

```

Cand.models <-
list(m00,m0,m1,m2,m3,m4,m5,m6,m7,m8,m9,m10,m11,m12,m13,m14,m15,m16,m17,
m18,m19,m20,m21,m22,m23,m24,m25,m26,m27,m28,m29,m30,m31,m32,m33,m34,m
35,m36,m38)
Modnames <-
c("m00","m0","m1","m2","m3","m4","m5","m6","m7","m8","m9","m10","m11","m12"
,"m13","m14","m15","m16","m17","m18","m19","m20","m21","m22","m23","m24","
m25","m26","m27","m28","m29","m30","m31","m32","m33","m34","m35","m36","m3
8")

```

```

#second.ord=TRUE calcula AICc
print(aictab(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, second.ord = TRUE),
digits = 3)
#que variables hay y cuales no hay en la
#lista de modelos

```

```

#Model-averaged estimates with unconditional 95% CIs
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "localidadg")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "ecoy")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "ndvi_100")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "sc_100")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "sc_200")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "V_100")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "V_200")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "es_100")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "es_200")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "ev_100")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "ev_200")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "zr_100")
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "zr_200")

```

Anexo 4.4.: Scripts de modelos para número de huevos

Eco: ecorregión, Lc: localidad, V: vegetación, SC: superficie construida, V: vegetación ES: espacios sociales, ZR: zonas residenciales, EV 100: espacios verdes, EV: espacios verdes.

```
loc_integral0 <- read_excel("C:/Users/HP/Desktop/loc_integral0.xlsx",
  col_types = c("numeric", "numeric", "text",
    "numeric", "numeric", "numeric",
    "text", "numeric", "numeric", "numeric",
    "numeric", "numeric", "numeric",
    "numeric", "numeric", "numeric",
    "numeric", "numeric", "numeric",
    "numeric", "numeric"), na = "null")

library("AICcmodavg")
library("stats")
library("MASS")
attach(loc_integral0)
head(loc_integral0)
pairs(ndvi)
pairs(ndwi)
pairs(cobertura)
pairs(uso)
cor(na.omit(tmodis)) #modif CALCULO DE LA VARIANZA
hist(nhuevos) #modif HISTOGRAMA
mean(na.omit(nhuevos)) #modif MEDIA
sd(na.omit(nhuevos))^2 #modif DESVIO ESTANDA
length(na.omit(nhuevos)) #modif
( 19.43257^2)/(1738.586 - 19.43257) #CALCULO DE THETA
dbn=rnegbin(571,mu= 19.43257,theta=0.22)
hist(dbn)
SITIO=as.factor(SITIO)

#=====
m011=glm.nb(nhuevos~ eco)
m111= glm.nb(nhuevos~ localidad)
m211= glm.nb(nhuevos~ ndvi_100)
m311= glm.nb(nhuevos~ sc_100)
m411= glm.nb(nhuevos~ sc_200)
m511= glm.nb(nhuevos~ es_100)
m611= glm.nb(nhuevos~es_200)
m711= glm.nb(nhuevos~zr_100)
m811= glm.nb(nhuevos~zr_200)
m9011= glm.nb(nhuevos~ev_100)
m1011= glm.nb(nhuevos~ev_200)
m1111= glm.nb(nhuevos~ eco+localidad+ndvi_100+ev_100+zr_100+es_100)
m1211= glm.nb(nhuevos~ eco+localidad+ndvi_100+sc_200+ev_200+zr_200+es_200)
m1311= glm.nb(nhuevos~ eco+localidad+ndvi_100+ev_100+zr_100+es_100)
m1411= glm.nb(nhuevos~ eco+localidad+ndvi_100+zr_200+es_200)
m1511= glm.nb(nhuevos~ eco+localidad+ndvi_100+zr_100+es_100)
m1611= glm.nb(nhuevos~ eco+localidad+ndvi_100+zr_200+es_200)
m1711= glm.nb(nhuevos~ eco+localidad+ndvi_100+zr_100+es_100)
m1911= glm.nb(nhuevos~ eco+localidad+ndvi_100+zr_200+es_200)
```

```

m2011= glm.nb(nhuevos~ eco+localidad+ndvi_100+zr_100)
m2111= glm.nb(nhuevos~ eco+localidad+ndvi_100+zr_200)
m2211= glm.nb(nhuevos~ eco+localidad+ndvi_100+ev_100)
m2311= glm.nb(nhuevos~ eco+localidad+ndvi_100+ev_200)
m2411= glm.nb(nhuevos~ eco+ndvi_100+sc_100)
m2511= glm.nb(nhuevos~ eco+ndvi_100+sc_200)
m2611= glm.nb(nhuevos~ eco+ndvi_100)
m2711= glm.nb(nhuevos~ localidad+es_200+zr_200)
m2811= glm.nb(nhuevos~ localidad+zr_200+ev_200)
m2911= glm.nb(nhuevos~ localidad+zr_200)
m3011= glm.nb(nhuevos~ localidad+sc_200)
m3111= glm.nb(nhuevos~ localidad+sc_200+ev_200)
m3211= glm.nb(nhuevos~ localidad+sc_200)
m3311= glm.nb(nhuevos~ localidad+ev_200)
m3411= glm.nb(nhuevos~ eco+localidad+ev_100+zr_100+es_100)
m3511= glm.nb(nhuevos~ eco+localidad+sc_200+ev_200+zr_200+es_200)
m3611= glm.nb(nhuevos~ eco+localidad+ev_100+zr_100+es_100)
m3711= glm.nb(nhuevos~ eco+localidad+zr_100+es_100)
m3811= glm.nb(nhuevos~ eco+localidad+zr_200+es_200)
m3911= glm.nb(nhuevos~ localidad+sc_100+ev_100+zr_100+es_100)
m4011= glm.nb(nhuevos~ localidad+sc_200+ev_200+zr_200+es_200)
m4111= glm.nb(nhuevos~ localidad+ev_100+zr_100+es_100)
m4211= glm.nb(nhuevos~ ev_100+zr_100+es_100)
m4311= glm.nb(nhuevos~ eco+localidad+sc_200+ev_200+zr_200+es_200)
#glm convert, para poder pedir la tabla aictab
#conjunto 1

```

```

m011c<-glm.convert(m011)
m111c<-glm.convert(m111)
m211c<-glm.convert(m211)
m311c<-glm.convert(m311)
m411c<-glm.convert(m411)
m511c<-glm.convert(m511)
m611c<-glm.convert(m611)
m711c<-glm.convert(m711)
m811c<-glm.convert(m811)
m911c<-glm.convert(m911)
m1011c<-glm.convert(m1011)
m1111c<-glm.convert(m1111)
m1211c<-glm.convert(m1211)
m1311c<-glm.convert(m1311)
m1411c<-glm.convert(m1411)
m1511c<-glm.convert(m1511)
m1611c<-glm.convert(m1611)
m1711c<-glm.convert(m1711)
m1811c<-glm.convert(m1811)
m1911c<-glm.convert(m1911)
m2011c<-glm.convert(m2011)
m2111c<-glm.convert(m2111)
m2211c<-glm.convert(m2211)
m2311c<-glm.convert(m2311)
m2411c<-glm.convert(m2411)
m2511c<-glm.convert(m2511)
m2611c<-glm.convert(m2611)
m2711c<-glm.convert(m2711)

```

```

m2811c<-glm.convert(m2811)
m2911c<-glm.convert(m2911)
m3011c<-glm.convert(m3011)
m3111c<-glm.convert(m3111)
m3211c<-glm.convert(m3211)
m3311c<-glm.convert(m3311)
m3411c<-glm.convert(m3411)
m3511c<-glm.convert(m3511)
m3611c<-glm.convert(m3611)
m3711c<-glm.convert(m3711)
m3811c<-glm.convert(m3811)
m3911c<-glm.convert(m3911)
m4011c<-glm.convert(m4011)
m4111c<-glm.convert(m4111)
m4211c<-glm.convert(m4211)
m4311c<-glm.convert(m4311)
m4411c<-glm.convert(m4411)
m4511c<-glm.convert(m4511)

```

```
Cand.models <-
```

```

list(m011c,m111c,m211c,m311c,m411c,m511c,m611c,m711c,m811c,m911c,m1011c,m1111c,
m1211c,m1311c,m1411c,m1511c,m1611c,m1711c,m1811c,m1911c,m2011c,m2111c,m2211c,
m2311c,m2411c,m2511c,m2611c,m2711c,m2811c,m2911c,m3011c,m3111c,m3211c,m3311c,
m3411c,m3511c,m3611c,m3711c,m3811c,m3911c,m4011c,m4111c,m4211c,m4311c,m4411c,
m4511c)

```

```
Modnames <-
```

```

c("m011","m111","m211","m311","m411","m511","m611","m711","m811","m911","m1011",
"m1111","m1211","m1311","m1411","m1511","m1611","m1711","m1811","m1911","m2011",
"m2111","m2211","m2311","m2411","m2511","m2611","m2711","m2811","m2911","m3011",
"m3111","m3211","m3311","m3411","m3511","m3611","m3711","m3811","m3911","m4011",
"m4111","m4211","m4311","m4411","m4511")

```

```
#second.ord=TRUE calcula AICc
```

```
print(aictab(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, second.ord = TRUE), digits = 3)
```

```
#second.ord=TRUE calcula AICc
```

```
print(aictab(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, second.ord = TRUE), digits = 3)
```

```
#Model-averaged estimates with unconditional 95% CIs
```

```
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "localidadg")
```

```
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "ecoy")
```

```
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "ndvi_100")
```

```
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "sc_100")
```

```
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "sc_200")
```

```
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "es_100")
```

```
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "es_200")
```

```
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "ev_100")
```

```
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "ev_200")
```

```
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "zr_100")
```

```
modavg(cand.set = Cand.models, modnames = Modnames, parm = "zr_200")
```