

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES

Trabajo de Fin de Carrera Titulado:

“RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.”

Realizado por:

ANDRÉS DAVID VÉLEZ CASTRO

Director del proyecto:

MSc. José Salazar

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERO AMBIENTAL

Quito, 18 de Octubre 2019

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, **ANDRÉS DAVID VÉLEZ CASTRO**, con cédula de identidad # 1718131384, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



FIRMA
1718131384

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

“RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.”

Realizado por:

ANDRÉS DAVID VÉLEZ CASTRO

como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERO AMBIENTAL

ha sido dirigido por el profesor

JOSÉ SALAZAR

quien considera que constituye un trabajo original de su autor



FIRMA

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

JUAN CARLOS NAVARRO

JOSÉ RUBÉN RAMÍREZ

Después de revisar el trabajo presentado,

lo han calificado como apto para su defensa oral ante

el tribunal examinador



FIRMA

FIRMA

Quito, 30 de agosto de 2019

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

El presente Trabajo de Fin de Carrera ha sido realizado dentro del Programa de Investigación de la Universidad Internacional SEK denominado:

**PATRONES EVOLUTIVOS, ECO-EPIDEMIOLÓGICOS Y DIAGNÓSTICO IN
SILICO DE ENFERMEDADES EMERGENTES**

Perteneciente a la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales.

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

DEDICATORIA

A mis padres por su arduo esfuerzo y apoyo incondicional durante estos cinco años.

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

AGRADECIMIENTO

Gracias UISEK, por permitirme realizar y culminar mis estudios.

A José Salazar por haber impartido enseñanzas durante la etapa universitaria, siendo guía clave en la elaboración del presente proyecto.

Al decano Juan Carlos Navarro, por ser partícipe y colaborador del presente proyecto.

A José Ramírez, pilar fundamental dentro del proyecto al brindar cátedra de manera excepcional y ser partícipe del presente trabajo.

A mis abuelos Jaime Castro y Guillermina Carrión, por su incondicional apoyo para que logre finalizar los estudios.

Mi querida hermana Valeria, por ayudarme a concluir mi carrera y jamás dejar de creer en mí, brindándome sustento incondicional.

A mi madre Elizabeth, por aconsejarme y abrirme los ojos durante circunstancias negativas donde todo se veía tenue.

A mi padre, Nelson Vélez por el sacrificio brindado durante estos cinco años. Por aquellos sabios consejos que lograban mantener mi calma. Por demostrarme que el esfuerzo es la principal herramienta para alcanzar el éxito. Lo hicimos, mejor amigo.

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL
SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA
PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

Para someter a:

To be submitted:

**RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL
SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA
PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.”**

Andrés Vélez¹, José Salazar^{1*}

¹ Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales,
Quito, Ecuador.

*AUTOR DE CORRESPONDENCIA: MSc José Salazar,
Universidad Internacional SEK,
Facultad de Ciencias Ambientales y Naturales, Quito, Ecuador.
Teléfono:xxxxxxx; email: jose.salazar@uisek.edu.ec

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

Resumen

Las enfermedades transmitidas a través de vectores, son sinónimo constante de amenaza en contra de la salud pública de los habitantes, especialmente sobre locaciones geográficas donde existen las condiciones apropiadas para su asentamiento. La presente investigación se efectúa sobre la provincia de Esmeraldas, al noroccidente del Ecuador, lugar donde en 2018 la incidencia del arbovirus Dengue tuvo registros elevados de casos presentados. La temperatura atmosférica es considerada como un parámetro meteorológico esencial para permitir al vector ubicarse sobre superficies adecuadas, por lo tanto, también representa un limitante en casos de que la misma no favorezca, siendo determinante sobre cada fase de su ciclo vital. El objetivo de la presente investigación es hallar zonas incidentes para el vector transmisor, mediante el uso de imágenes satelitales e información concerniente al mismo, además de asociar la temperatura atmosférica directamente frente a los casos de Dengue. Para obtener los datos atmosféricos se utilizaron dos fuentes satelitales, encargadas de obtener dos registros cada ocho días. La información fue recolectada y posteriormente colocada sobre el software ArcGis para graficar y obtener mapas cartográficos, indicando la incidencia térmica dentro de la provincia. Temperaturas máximas y mínimas, intervalos térmicos existentes entre las mismas, registros anuales según cada cantón de la provincia, y los valores máximos y mínimos acumulados fueron calculados con el fin de asociarlos frente al apareamiento del vector en dicha zona durante 2018. Finalmente, se concluye en que los datos térmicos de la provincia, favorecen mayormente a la presencia del vector, sin embargo, no es posible asociar de manera directa o inversamente proporcional la temperatura con los casos de dengue presentados. Esto debido a que el vector pese a presentar inconsistencias o retrasos en cada una de sus fases de crecimiento, de igual forma obtiene compensaciones las cuales regularmente se dan durante la noche, equilibrando los requisitos térmicos establecidos al brindar temperaturas óptimas para el beneficio del vector. La excesiva nubosidad sobre la provincia presenta carencia de datos durante gran parte del año, siendo uno de los principales limitantes realizado sobre el presente estudio.

Palabras clave: Enfermedades emergentes, vectores, arbovirus, gradientes térmicos.

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

Abstract

Diseases transmitted through vectors are a constant threat to the public health of the inhabitants, especially in geographical locations where the appropriate conditions for settlement exist. The present investigation is carried out in the province of Esmeraldas, northwest of Ecuador, where in 2018 the incidence of the arbovirus Dengue had high records of cases presented. Atmospheric temperature is considered an essential meteorological parameter to allow the vector to be located on adequate surfaces, therefore, it also represents a limiting factor in cases where it does not favor, being a determining factor in each phase of its life cycle. The objective of the present investigation is to find incident zones for the transmitter vector, by means of the use of satellite images and information concerning the same one, besides associating the atmospheric temperature directly in front of the cases of Dengue. To obtain the atmospheric data, two satellite sources were used, in charge of obtaining two records every eight days. The information was collected and later placed on ArcGis software to graph and obtain cartographic maps, indicating the thermal incidence within the province. Maximum and minimum temperatures, thermal intervals between them, annual records for each canton of the province, and the maximum and minimum accumulated values were calculated in order to associate them with the appearance of the vector in that area during 2018. Finally, it is concluded that the thermal data of the province favor the presence of the vector, however, it is not possible to associate directly or inversely proportional the temperature with the cases of dengue presented. This is due to the fact that the vector, in spite of presenting inconsistencies or delays in each of its growth phases, also obtains compensations which regularly occur during the night, balancing the thermal requirements established by providing optimal temperatures for the benefit of the vector. The excessive cloud cover over the province presents a lack of data during most of the year, being one of the main limitations carried out on the present study.

Keywords: Emerging diseases, vectors, arboviruses, thermal gradients.

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

Introducción

Las enfermedades infecciosas emergentes y reemergentes representan una amenaza global al influenciar de manera negativa sobre la salud pública (Cohen, 1998). Varias son las posibles fuentes de transmisión para adquirir una de estas enfermedades, condiciones higiénicas paupérrimas, generación de criaderos artificiales favorables para el vector, incremento de zonas rurales y urbanas, entre otras. A lo largo del presente estudio las enfermedades transmitidas por artrópodos, centrados sobre *Aedes aegypti* (Del Carpio, 2017). Existe una extensa y variada cantidad de vectores capaces de disipar enfermedades emergente; sin embargo, dengue representa una especial amenaza dentro de los arbovirus al presentar un 40% de la totalidad del planeta viviendo en zonas de transmisión (Arredondo-García, Méndez-Herrera, & Medina-Cortina, 2016). Virus como la fiebre amarilla, Virus del Nilo Occidental, Malaria, Chikungunya, Dengue, son enfermedades transmitidas por mosquitos de distinto orden y familia (Coto & Tito, 2010). El Dengue y su vector transmisor *Aedes aegypti* serán los protagonistas a ser analizados frente a los intervalos de temperatura que pueden resistir dentro de delimitada zona geográfica, donde el vector ha tenido una incidencia significativa (WHO, 2014). Los intervalos de temperatura permiten determinar los valores óptimos para que el vector pueda desarrollarse y esparcirse, estos serán obtenidos a partir de imágenes satelitales y su adaptación sobre un software capaz de publicar información geográfica (Eisen & Lozano-Fuentes, 2009).

Cerca del 70 % de Ecuador es considerado un lugar con características favorables para la reproducción del vector transmisor del Dengue, por cumplir con requerimientos tanto geográficos como meteorológicos, así como poseer escasez de apropiadas condiciones higiénicas que permiten prosperar al mismo. (Ministerio de Salud Pública, 2012). Ecuador yace sobre un amplio gradiente altitudinal, el cual va desde los cero metros de altitud hasta sobrepasar los 6000m (provincia de Chimborazo) (INOCAR, 2012). Se estima que el vector es capaz de adaptarse en regiones de hasta 2.302 msnm (Cabezas et al., 2017). Las temperaturas a nivel nacional, poseen un amplio rango de diferencia, yendo desde los nueve grados aproximadamente hasta alcanzar el umbral de los treinta grados Celsius (INAMHI, 2014). Para que el vector pueda diseminarse asegurando la supervivencia de todas las etapas del insecto, la temperatura debe encontrarse ente 26 y 28 grados Centígrados (Benítez, Cortés, Martínez, García, & Díaz, 2018).

El evidente cambio climático ha sido uno de los motivos por el cual el vector es capaz de reproducirse en lugares donde con anterioridad no se presentaba (Bhatt et al., 2013). Esto junto con el hecho de que en la actualidad el vector se presenta una mayor frecuencia en asentamientos humanos, crea una situación de riesgo para los lugares que cumplen con las condiciones idóneas para su reproducción al proveer de recipientes artificiales idóneos para su reproducción (Sánchez, 2013). En el presente estudio se analizará la temperatura atmosférica como determinante en cuanto a los casos de dengue presentados en cierto territorio, en este caso dentro de la provincia de Esmeraldas, Ecuador.

Apropiadamente, se debe entender la transmisión del Dengue como una arbovirosis de la familia *flaviviridae*, es decir se trata de un flavivirus cuyas partículas virales contienen ARN de cadena simple de un diámetro oscilante entre los 40 y 50 nm (Sanchez, s. f.). Se trata de una enfermedad emergente transmitida por arbovirus hematófagos, es decir por virus transmitidos por artrópodos hacia humanos mediante la picadura y extracción

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

de sangre, a la vez que sitúan sus huevos dentro la misma (Del Carpio, 2017). Dentro del Ecuador, se presentaron los primeros casos de esta enfermedad (considerando sus cuatro serotipos) a finales de los años 90s y desde aquel entonces se produjeron brotes en sitios tropicales y subtropicales de la nación (INHMT - s.f.).

Aedes aegypti es uno de los principales vectores transmisores de enfermedades a nivel mundial, al difundir el Dengue dentro de zonas tropicales (Martínez, 2008). Con tan solo un poco más de cinco milímetros, este mosquito es responsable de propagar dengue, fiebre amarilla, zika, y chikungunya (Universidad San Francisco de Quito, 2016). Dicho vector tiende a habitar viviendas domiciliarias, por lo que las tasas más elevadas de propagación e infección ocurren en zonas cercanas de asentamientos humanos (López-Latorre & Neira, 2016). El flavivirus es un arbovirus perteneciente al orden *Diptera* dentro de la familia *Culicidae*.

El vector transmisor logra desarrollar su estado de mosquito después de atravesar tres etapas previas. La primera etapa consiste en la colocación de huevos por parte del mosquito hembra, se colocan alrededor de 50 y 200 huevos por cada camada cuyo tamaño no sobrepasa los 0.8 milímetros (CDC, 2010). La coloración de los huevos varía en este proceso: al inicio, tras su expulsión poseen un tono blanquecino casi transparente, el cual oscurece con el pasar de los días hasta adquirir una coloración negra oscura (Christophers, 1960). Los huevos son depositados sobre la superficie del agua, donde pueden mantenerse durante periodos indefinidos sin eclosionar hasta encontrar las condiciones apropiadas para realizarlo (Bond et al, 1970). Los huevos de *Aedes aegypti* poseen una considerable resistencia sobre altas temperaturas e inclusive pueden mantenerse inactivas por períodos de hasta doce meses; por otro lado, la eclosión se efectúa cuando el embrión completó su desarrollo (dos a tres días en óptimas condiciones) y además el nivel de agua cubrió por completo los huevos, por lo general se realiza de manera progresiva y continua para asegurar una distribución futura de la especie (Nelson, 1986).

Tras eclosionar los huevos se transforman en larvas, formas acuáticas con cabeza y tórax ovalados y nueve abdómenes bien segmentados (Domínguez, 2000). El vector es capaz de sobrevivir en el agua gracias a que en su segmento posterior o anal posee cuatro branquias para una regulación osmótica y un sifón corto el cual le permite respirar en la atmósfera, se desplaza de manera casi vertical en forma serpenteante (Rueda, Patel, Axtell, & Stinner, 1990). La larva atraviesa cuatro instantes previos a su desarrollo en pupa o crisálida. El primero se da en al momento de salir expulsado del huevo, al primer o segundo día se dará una muda de piel trascendental para su crecimiento (Tun-Lin, Burkot, & Kay, 2000). De manera inmediata tras la muda, se presenta el segundo instante donde la cabeza y el sifón de la larva presentan carencia de color además de ser blandos y suaves, con el pasar de los días y el desarrollo en sí del espécimen tanto la cabeza como el sifón adquieren un color más oscuro y un fortalecimiento externo. Durante el tercer instante tanto la cabeza como el sifón conservarán su actual tamaño, sin embargo el tórax y el abdomen crecerán considerablemente. Finalmente la supervivencia de la larva reside sobre la cantidad de alimento que pueda obtener, la temperatura y la densidad larval encontrada en la fuente (MSAL, 2016). Todo este proceso se efectúa alrededor de seis y ocho días.

Es importante mencionar que estos organismos son fotosensibles, por lo que las larvas se dirigen al fondo de la superficie (Nelson, 1986). Es fundamental hacer hincapié sobre

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

la etapa larval, crítica para el desarrollo y sobrevivencia del vector. Existen óptimas condiciones, donde a partir del período de eclosión hasta su transformación a crisálida tarda entre cinco y siete días, dependiente de la temperatura atmosférica la cual debe encontrarse entre 25°C y 29°C; sin embargo, el tiempo regular es de siete a catorce días (MSAL, 2016). Las larvas son incapaces de sobrevivir en temperaturas inferiores a 10°C o que sobrepasen los 35°C, a partir de una temperatura menor a 13°C se interrumpe la pupación (Willat, 2013).

La transformación a pupa se realiza únicamente con el fin de convertir el organismo en adulto mediante una metamorfosis, en esta etapa no es necesaria la alimentación y la movilidad es escasa (Rueda et al., 1990). En el tórax presentan un par de tubos respiratorios que rompen el contacto del agua y penetran la superficie para respirar, en su parte posterior posee dos aletas para agilizar su movilidad en el agua (MSAL, 2016). Las pupas o crisálidas reaccionan únicamente a estímulos externos ya que se mantienen a flote en la superficie del agua, la flotabilidad favorecerá la emergencia del mosquito adulto (Quishpe-Petrel, 2014). Esta etapa dura de uno a tres días en óptimas condiciones y puede prolongarse en caso de serias amenazas externas o cambios que permitan desarrollarse con normalidad (Graystock et al, 2013).

Finalmente, el mosquito adulto originado tras la etapa de crisálida, sale y se mantiene estático por algunas horas hasta que su exoesqueleto y alas se hayan fortalecido y endurecido lo suficiente (MSAL, 2016). Esta fase se caracteriza por ser aquella en donde se efectúa la reproducción intraespecie entre hembra y macho, cada uno posee sus diferencias morfológicas y sexuales (Rueda et al., 1990). Tanto la hembra como el macho pueden ser fitófagos, sin embargo la hembra es al mismo tiempo hematófaga ya que necesita de las proteínas existentes en la sangre humana por lo que opta por consumirla (Willat, 2013). La reproducción entre ambos se lleva a cabo máximo 24 horas después de su salida (tras el endurecimiento), durante el mismo período de tiempo la hembra puede buscar su primera fuente sanguínea de alimento (Nelson, 1986).

La duración total del ciclo depende de las condiciones atmosféricas además de las ya mencionadas, por lo general tarde entre siete y catorce días (Quishpe-Petrel, 2014). En condiciones de laboratorio tanto la hembra como el macho pueden llegar a sobrevivir un par de meses; no obstante, en la naturaleza la hembra presenta su porcentaje de mortalidad más elevado al cabo de los 30 días, mientras que el macho tan solo posee una esperanza de vida de siete días (MSAL, 2016).

La complejidad de esta enfermedad reside en que existen cuatro serotipos diferenciables de Dengue (Serotipo Dengue 1, 2, 3 & 4), donde los serotipos 2 y 3 son aquellos casos de mayor amenaza para el portador del virus ya que presentan un número de fallecidos y heridos de gravedad más extenso que los otros serotipos restantes (Martínez, 2008).

Dentro del Ecuador existe una segregación de los casos documentados en base al grado de significancia que presenta la enfermedad, Dengue sin signos de alarma (DSSA), Dengue con signos de alarma (DCSA) y Dengue grave (DG) (Ministerio de Salud Pública, 2018). Cuatro han sido los serotipos identificados y distribuidos a nivel nacional, DEN 1, DEN 2, DEN 3, DEN 4 (Organización Panamericana de la Salud, 2007).

El vector transmite la enfermedad al picar a una persona infectada con el virus, acarreado el mismo y diseminándolo sobre huéspedes sanos. Tras hallarse en un nuevo

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

individuo, la enfermedad evoluciona presentando tres fases: fase febril, fase crítica y la fase de convalecencia o recuperación (OMS, 2010). Tal y como se menciona con anterioridad, existe una clasificatoria basada en su grado de afección al paciente; sin embargo, en todas ellas se presenta la etapa febril (38 °C - 40 °C) la cual dura de dos a siete días acorde el paciente (MSAL, 2013). Los casos que repercuten una mayor severidad sobre el individuo, son generados y detectados durante los últimos instantes de la fase febril. En la misma, la temperatura del huésped disminuye trayendo consigo la etapa crítica, caracterizada por un fuerte dolor abdominal, hemorragias graves en mucosas, sangramiento de encías, vómitos persistentes, respiración acelerada, fatiga excesiva y comprometer seriamente órganos (hepatomegalia) (OMS, 2019). La etapa crítica se caracteriza por extravasar el plasma sanguíneo, es decir, el escape de líquidos intravasculares hacia espacios extravasculares, lo que podría ocasionar un shock hipovolémico (taquicardia, piel fría, pulso débil, hipertensión) (Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases & World Health Organization, 2009). Finalmente la etapa de recuperación aparecerá sobre aquellos pacientes que lograron atravesar las dificultades clínicas discutidas, durante esta etapa es importante vigilar a aquellos pacientes que tengan dificultades en el manejo de líquidos (insuficiencia renal crónica, insuficiencia cardíaca, pacientes ancianos) y mantener contacto con especialistas médicos (OMS, 2019).

Como previamente se ha reconocido, el vector necesita de condiciones higiénicas favorables a su desarrollo (Lagrotta, Silva, & Souza-Santos, 2008). Lugares con problemas de recolección y acumulación de residuos, escasez de un adecuado sistema de agua potable, donde los vectores encuentran en pocos milímetros de agua un nicho artificial para colocar sus huevos (Unicef, 2016). El crecimiento sin precedente de la población nacional, asociado a la exponencial y desmesurada expansión urbanística, ha creado las condiciones ideales para el asentamiento y difusión de enfermedades emergentes (Benítez-Leite et al, 2010).

Los casos de infección por dengue presentados dentro de la provincia de Esmeraldas, reflejan un total de 148 casos hasta la semana 31 del año 2018, donde hubo presencia de los tres tipos de dengue previamente detallados, 141 casos de DSSA, 6 casos de DCSA y un caso de DG (Ministerio de Salud Pública, 2018). En estas instancias es importante recalcar que el vector es capaz de adaptarse y sobrevivir en casi cualquier medio que le provea de agua limpia empozada inclusive neumáticos, cocos, ostras, macetas, tarros de almacenamiento y sistemas de refrigeración, motivo por el cual fácilmente encuentra mencionadas condiciones dentro de Esmeraldas (WHO, 2014).

La temperatura atmosférica podría entenderse de manera sencilla como la asignación de un valor cuantificable de manera convencional a todo aquello que denominamos coloquialmente como frío y calor (PUCC, 2001). No obstante, desde un punto de vista más objetivo podemos relacionarla como una magnitud cuya rapidez de movimiento de partículas constituyen la materia, a mayor agitación de partículas entonces mayor será el valor de temperatura (Rodríguez, Capa, & Lozano, 2004). En la provincia de Esmeraldas, se presentaron temperaturas medias comprendidas entre los 26 y 27 grados centígrados, valores máximos que alcanzaron los 31 grados centígrados y temperaturas mínimas que descendieron hasta los nueve y diez grados Celsius (Meteored, 2018).

Si consideramos la temperatura óptima de transmisión alrededor de los 29 grados centígrados, es conveniente para el vector que existan variaciones térmicas sobre un

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

rango cercano a la misma, así puede desenvolverse de mejor manera el vector (German, Espinosa, Abril, & Scavuzzo, 2018). El rango de temperatura diurna o DTR, indica el grado de variación de la temperatura en determinada zona y en limitado tiempo (Lambrechts et al., 2011). Un elevado DTR prolonga el tiempo de desarrollo inmaduro, reduce la supervivencia larvaria y disminuye el rendimiento reproductivo de la hembra adulta; mientras que, un corto DTR es más conveniente para la supervivencia del vector (Carrington, Seifert, Willits, Lambrechts, & Scott, 2013).

Ahora es coherente asociar la variación de la temperatura atmosférica frente a los casos de dengue, para ello se analizará la capacidad vectorial de respuesta del *Aedes aegypti* (Carrington, Armijos, Lambrechts, & Scott, 2013). Dicha capacidad vectorial evalúa la habilidad de un vector para transmitir enfermedades sobre diversas especies tomando en cuenta las interacciones a las que esté destinada el vector (López-Latorre & Neira, 2016). Existen estudios o modelos comparativos entre el desarrollo y propagación vectorial frente a la incidencia de temperatura, donde temperaturas muy altas o muy bajas reducen la capacidad vectorial del mismo (Liu-Helmersson, Stenlund, Wilder-Smith, & Rocklöv, 2014).

Entre las metodologías de mayor relevancia, se encuentran las imágenes e información tomada de fuentes satelitales con el fin de obtener datos precisos en menor tiempo sobre determinada zona geográfica (De La Rocque, Michel, Plazanet, & Pin, 2004). Las imágenes satelitales poseen tanto sus ventajas como sus limitantes. De manera positiva pueden ser adquiridas de manera gratuita en el sitio web de la NASA tras solo suscribirse proporcionando datos personales e información referente al uso de las imágenes. Las mediciones son llevadas a cabo mediante sensores hallados sobre satélites encargados de cuantificar parámetros de distinta índole sobre condiciones específicas, como altura, periodicidad de tiempo, entre otros. Su descarga es mucho más simple y rápida que otras metodologías. Al ser información satelital se recopila información con una elevada precisión, además de poder acceder a zonas de limitado acceso. Por otro lado, uno de los limitantes de mayor significancia es la nubosidad, al momento de la medición satelital, la presencia de nubes puede obstaculizar los valores obtenidos ya que es incapaz de medir a través de las mismas. La zona escogida se caracteriza por ser la provincia con mayor nubosidad en todo el territorio ecuatoriano.

El sensor MODIS, por sus siglas en inglés Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer, cuenta con varios productos disponibles para obtener datos de relevancia respecto a la propagación y surgimiento del vector en determinadas zonas. Estos productos son obtenidos del Sistema de Observación de la Tierra por los satélites Terra y Aqua pertenecientes a la NASA (Earth Observing System Terra and Aqua satellites) (Anyamba et al., 2014).

El principal limitante del presente estudio, reside sobre la presencia de nubes que se encuentran ocupando el cielo (Eisen & Lozano-Fuentes, 2009). La nubosidad no es más que ello, la cantidad de cielo acaparada por las partículas nubosas de agua (Mondini et al., 2009). Estas se distribuyen en determinada localidad, considerando variables como topografía, altitud y distancia de la línea costera. El Ecuador posee un alto contenido de nubosidad debido a que se encuentra en la zona ecuatorial, por ejemplo la Costa posee una nubosidad considerable, pero menor a la de la Sierra, sin embargo en la región litoral, encontramos la provincia estudiada en el presente caso como aquella donde la nubosidad presenta las expresiones de mayor valor (Coronel, Sánchez, Serpa, Bacuilima, & Peñarreta, 2017).

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

Es fundamental en el presente estudio, determinar si la temperatura del aire es un parámetro significativo para el desarrollo del vector, influenciando sobre la diseminación del mismo y por ende reflejando un incremento en los casos de infectados. Por lo tanto, se ha planteado como hipótesis alternativa el hecho de considerar a la temperatura como un parámetro directamente proporcional al incremento de los casos de dengue presentados en la zona, es decir, frente a un aumento de la temperatura atmosférica los casos de infección incrementan su extensión.

Es el primer estudio realizado con estas características dentro la provincia de Esmeraldas, el cual implica determinar la temperatura atmosférica de la zona, los intervalos fluctuantes sobre la misma además de indicar los cantones de mayor riesgo, y con los datos máximos y mínimos correspondientes. Se podrían realizar planes estratégicos dentro de la provincia sobre aquellas zonas de mayor vulnerabilidad, basándose en los resultados de incidencia obtenidos.

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

Métodos

Área de estudio

La presente investigación se basará en información recopilada sobre la provincia de Esmeraldas, Ecuador (0.9592° N; 79.654° O) (GeoDatos, 2019). Ubicada en la zona noroccidental del país, cuenta con una extensión próxima a 16132.23 km² y una población cercana a 534092 habitantes (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010). La provincia se encuentra conformada por siete cantones: Esmeraldas, San Lorenzo, Eloy Alfaro, Muisne, Quinindé, Atacames y Río Verde (Ministerio de Coordinación de Desarrollo Social, 2007).

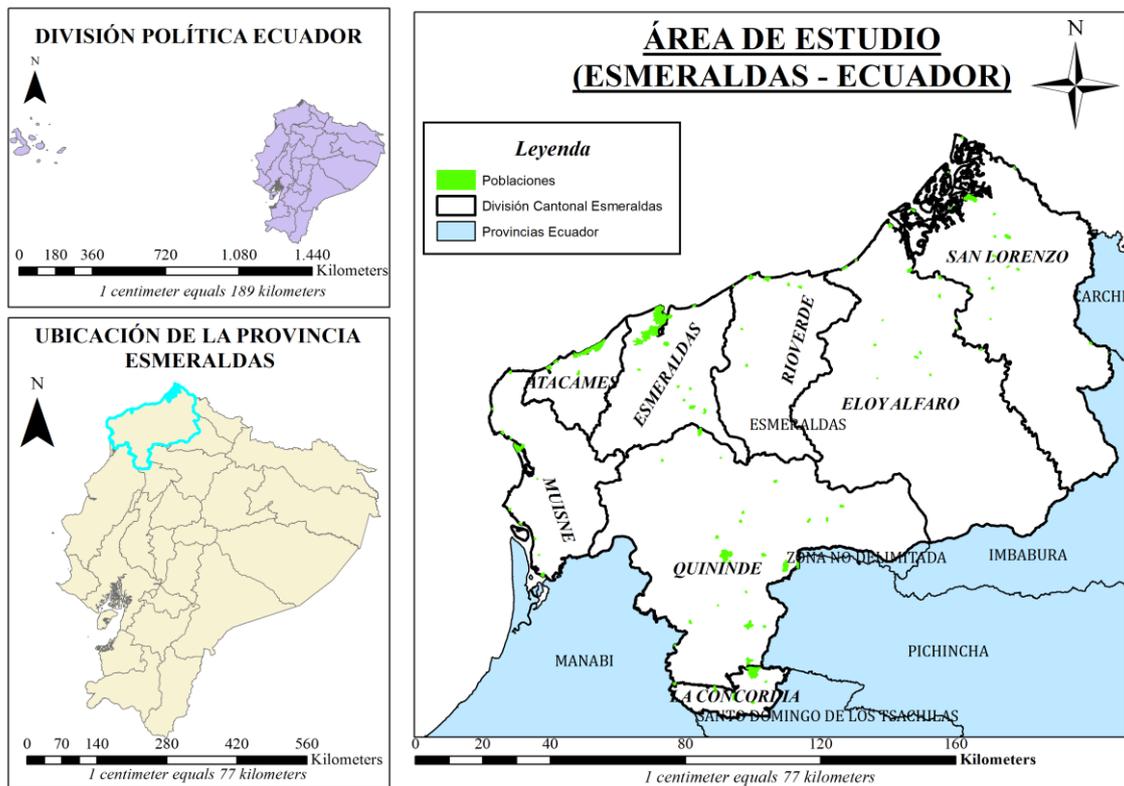


Figura 1. Ubicación de Esmeraldas dentro de Ecuador.

Fuente: Vélez, 2019. (Creado con ArcGis)

La figura 1 ubica el sitio de interés, plasmado en tres situaciones. En primer lugar, sobre la esquina superior izquierda se grafica la división política ecuatoriana, la cual acoge la provincia de interés. A continuación, bajo esta figura se observa la ubicación específica de la provincia frente a las demás. Finalmente la ilustración de mayor tamaño segrega conforme a cada cantón de interés, siendo siete aquellos limitantes dentro de Esmeraldas. (De izq. A der. Muisne, Atacames, Esmeraldas, Quinindé. Río Verde, Eloy Alfaro y San Lorenzo).

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

Obtención de información

En primer lugar, se descargaron archivos de tipo shapefile del portal web del SNI o Sistema Nacional de Información, los archivos abarcan la división provincial del Ecuador donde se aisló respectivamente la provincia de Esmeraldas. Los archivos tipo shape, serán la base para elaborar los mapas de interés, desde el área de estudio hasta para el análisis individual de imágenes satelitales. Los mapas son elaborados en *ArcGis ArcMap* versión 10.3

Los datos relacionados a los infectados por dengue se obtuvieron del Ministerio de Salud, específicamente de su sitio web dentro del año 2018. Dentro del mismo documento la información se encuentra segregada en base a los tres tipos de dengue especificados dentro del Marco Teórico.

La procedencia de las imágenes satelitales pertenece al sensor MODIS por sus siglas en inglés *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*, se encuentra a bordo de los satélites Terra o EOS-AM (lanzado diciembre 1999) y Aqua o EOS-PM (lanzado mayo 2002) (Garcia-Mora, Mas, 2018). Los productos MODIS de LST son almacenados en formato HDF-EOS, *Hierarchical Data Format & Earth Observing System* respectivamente.

Para descargar las imágenes satelitales, primero se tuvo que considerar en específico el producto a obtener, en este caso será LST o *Land Surface Temperature* cuyos datos son obtenidos en el sitio electrónico <https://modis.gsfc.nasa.gov>, dicho link pertenece al sitio oficial de MODIS el cual se ejecuta en conjunto con la plataforma virtual de la NASA.

Previo a realizar la descarga se procede a determinar el modelo de LST deseado. Las opciones son diversas desde datos obtenidos de manera diaria a distintas distancias, hasta valores que son obtenidos cada ocho o dieciséis días. En este caso se utilizarán los datos MOD11A2 y MYD11A2 (TERRA y AQUA), de igual manera del sitio <https://modis.gsfc.nasa.gov>, donde mediante un enlace directo se trasladada al sitio <https://lpdaac.usgs.gov> donde están las especificaciones de cada dato deseado. Estos modelos captan información de temperatura a una distancia de un kilómetro desde la superficie con una periodicidad de ocho días.

Procesamiento de información

La elaboración de mapas, transformación y validación de información son ejecutadas con el software *ArcGis ver. 10.3* y *ArcGis Pro*. Este software, permite aplicar una gran cantidad y variedad de Sistemas de Información Geográfica. *ArcGis*, utiliza modelos en base a los datos SIG proporcionados, existen herramientas para todo tipo de actividades, desde administración de datos, análisis estadísticos, análisis geográficos, e inclusive se pueden elaborar productos o elementos de un modelo (ESRI, 2002). El programa incluye varias herramientas de utilidad y para todo tipo de objetivo, entre una de las herramientas georreferenciales más utilizada se encuentra *Clip*, esta herramienta permite recopilar información deseada sobre un determinado territorio, en otras palabras recorta los requisitos deseados sobre el área de influencia o estudio.

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

Una vez descargadas las imágenes, procedemos a introducirlas dentro del software ArcGis. Las imágenes deben acogerse al área de estudio, y considerando que la superficie de la imagen abarca una extensión mayor a la deseada, es necesario aislar las imágenes descargas netamente en la zona problema. Para ello se utiliza una herramienta de geoprocésamiento denominada *Clip*, la cual es capaz de pegar los datos deseados dentro de un área específica, en este caso Esmeraldas. Una vez realizados esto con los 184 datos de LST requeridos, se procede a corregir los datos multiplicándolos por el factor escalar de 0.02 para obtener los valores en grados Kelvin, finalmente se concluirá transformando los valores a grados Celsius. Esto se realiza con la herramienta *Raster Calculator*, disponible en el *Arctool Box* de ArcGis, donde la fórmula utilizada fue la siguiente:

$$\text{Float}(\text{Float}(\text{Imagen No } \dots \times 0.02) - 273.15)$$

Como se menciona esto permitirá corregir y transformar los datos de temperatura, una vez realizado ello podemos representar las temperaturas máximas y mínimas en cada zona, dividiéndola por cantones. Para ello colocamos toda la información dentro de *ArcMap* y procedemos a representarlo en forma de mapa. Se obtendrá un total de 96 imágenes para el 2018, donde solo se incluirán las más significativas dentro de resultados.

Posterior a la obtención de imágenes con la temperatura en grados Centígrados, se determinan Intervalos de temperatura semanales durante el 2018, aproximadamente de seis a diez datos por cada mes (dependiendo de las fechas en las que se obtuvieron los datos, tanto en Aqua como en Terra). Es importante mencionar que dichos intervalos son obtenidos siguiendo y tomando en cuenta dos consideraciones. La primera son los valores de temperatura obtenidos, se comparan los valores de ambos satélites y elegimos aquellos cuyos valores máximos y mínimos indiquen un gradiente más amplio de temperatura. La segunda consideración es la fecha, procedemos a comparar las imágenes Aqua y Terra basándonos en el día y mes en el que se obtuvo la imagen satelital. Por lo general la fecha de los datos descargados no difiere en los datos de Aqua o Terra; sin embargo, existen días que únicamente fueron registradas en el satélite Terra y viceversa. Como ejemplo en el mes de Noviembre de 2018 se obtuvieron diez datos, cuatro pertenecen a las mismas fechas en los dos satélites y una fecha solo fue registrada por el satélite Terra. Finalmente, tras considerar lo anteriormente dicho, se procede a utilizar la *Raster Calculator*, con ella realizaremos una simple operación de resta dos veces (día y noche). Los datos seleccionados por cada mes son restados entre sí para obtener así los intervalos deseados, en total se calcularon 96 datos en un total de 48 fechas.

A continuación, se accede al geo portal del Instituto Nacional de Estadísticos y Censos. Específicamente se busca información dentro de “Geodatabase Nacional SHP/GDB”, aquí se nos solicitará información personal para el registro y se escoge el tipo de archivo a descargar, en esta ocasión se optó por “Geodatabase Versión III Ajustada” por ser la opción más actual. Dentro de aquel archivo encontramos diversos shapes con información, en el presente caso solo consideramos el archivo que contiene información sobre Áreas Manzaneadas. Al ser un archivo de cobertura nacional, es necesario ajustarlo en referencia a la provincia de Esmeraldas y por ello se utiliza la herramienta *Clip* de nuevo, esta vez con el archivo de áreas manzaneadas y el shape de la provincia. El paso final será convertir este shape con su componente en un archivo de puntos, se utiliza *Feature to point*, esta herramienta es capaz de crear un shape de puntos a partir

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

de información representativa en el archivo de referencia, en este caso el shape de áreas manzaneadas.

Una vez generado el shape de puntos, se lo utiliza para extraer los valores hallados en la información satelital recopilada. Para ello la herramienta *Extract values to points*, es la indicada, con ella es posible registrar los valores de temperatura de las imágenes dentro de la tabla de atributos del elemento generado. La información utilizada comprende desde las 184 imágenes satelitales, tanto Aqua como Terra para día y para noche, además de los intervalos de temperatura posteriormente obtenidos, en total se comprenden 280 imágenes sometidas por este proceso. Todos los datos calculados serán ordenados acuerdo a su satélite de origen, fecha y tiempo durante el cual se realizó la medición. La información dentro de la tabla de atributos es exportada a Excel donde se la visualizará en base a la clasificación ya explicada y se analizará la información para asociarla con el surgimiento de vectores.

La información recopilada en Excel permite segregar los datos obtenidos acorde a localidades específicas. En el presente estudio visualizaremos estos resultados de manera individual por cada cantón, es decir, cuatro mapas de temperatura fueron obtenidos por cada cantón de interés respondiendo a cada etapa de desarrollo del vector. Por lo tanto, un total de 28 imágenes fueron generadas, de las cuales tan solo cuatro se introdujeron en el presente estudio con el fin de sintetizar la investigación; sin embargo, el análisis inducido acoge lo sucedido en los 28 casos, es decir para cada etapa del vector y sobre los siete cantones.

Recapitulando, se obtuvo información de cinco cantones, una cabecera cantonal y una cabecera parroquial. Esmeraldas, Atacames, Rio Verde, San Lorenzo y Eloy Alfaro fueron los cantones con información completa encontrada, Rosa Zarate, cabecera cantonal de Quininde y finalmente San Gregorio cabecera parroquial de Muisne. Los valores respectivos a temperaturas máximas y mínimas serán colocados a continuación. Estos datos se encuentran divididos acorde a la etapa del día en la que se tomó el registro de temperatura y además según el satélite que realizó la medida.

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

Resultados

Para analizar los resultados expuestos, se realizó la *tabla 1* donde se colocaron los valores de temperaturas máximos y mínimos requeridos por el vector para desarrollarse de manera óptima. De igual manera, se incluye la temperatura de inhibición, la cual retrasará o mantendrá en un período latencia al vector (según la fase en la que se encuentre) alargando el proceso de cambio del mismo. La información recopilada se basa en fuentes científicas y en artículos previamente existentes donde se detalla el ciclo biológico del vector transmisor

Tabla 1. Temperatura máxima, mínima y de inhibición correspondientes al vector transmisor.

Etapa	T. Max °C	T. Min °C	T. inhibición °C	FUENTE
Huevos	30*	24**	10-13***	*/**(Nelson, 1986); ***(Christophers 1960) & (Bond et al, 1970)
Larva	29*	25**	T < 14 ó > 33***	*(MSAL, 2016); ***(Rueda et al, 1990); ***(Tun Lin et al, 2000) & (Domínguez, 2000)
Pupa	29*	25**	T < 14 ó > 34***	*/**MSAL 16; ***(Rueda et al, 1990)
Adulto	30*	25**	T > 36***	*/**Nelson 86; ***(Rueda et al, 1990)

Fuente: Elaboración propia, recopilación de varios autores.

Ahora, los datos referentes a las temperaturas máximas y mínimas sobre la provincia de interés, serán expuestos conforme a su satélite de origen y la hora del día acontecida.

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS EN ESMERALDAS 2018

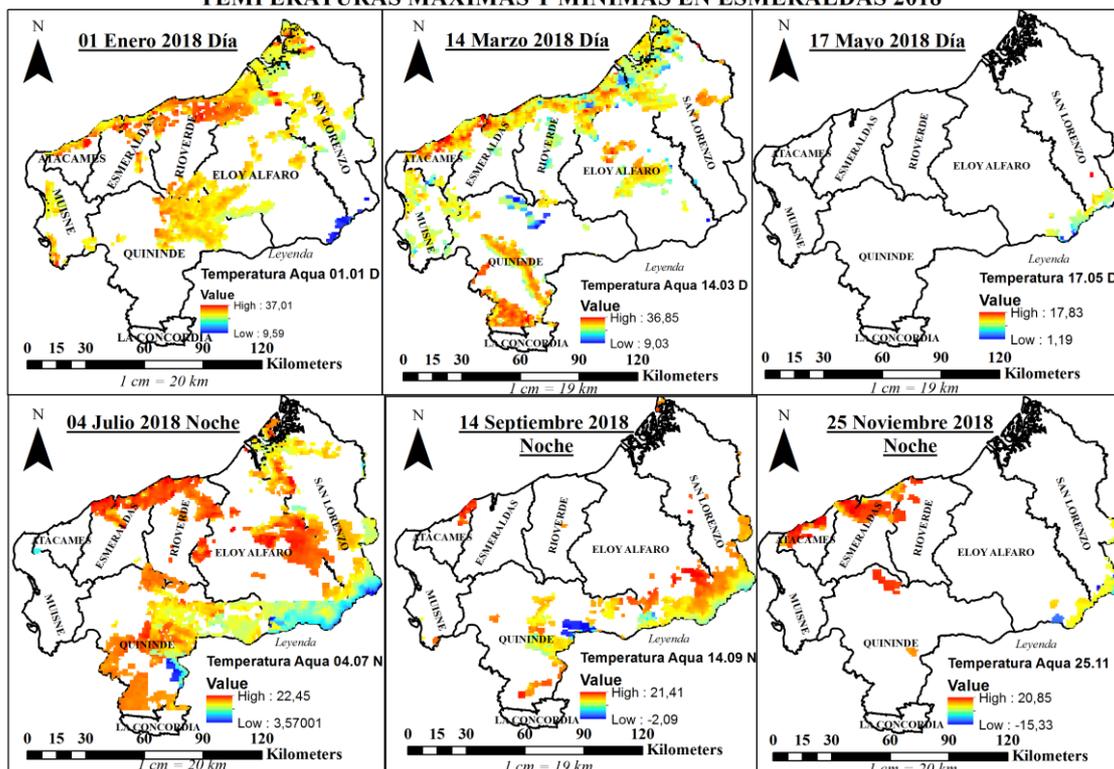


Figura 2. Datos de temperatura captados por el satélite Aqua para cada cantón durante 2018. (Fila superior representa al horario matutino mientras que, la Fila inferior acoge lo sucedido durante la noche).

Fuente: Vélez, 2019. (Creado con ArcGis).

La *figura 2*, ilustra a seis meses del año 2018 con sus correspondientes valores de temperaturas máximas y mínimas según el mes que corresponda. En la fila superior, tal como se describe acontecen valores de temperatura medrados durante el día, en su mayoría los datos responden en base a lo esperado por la temporada. No obstante, de igual manera existen datos medidos que responden de manera contraria a lo esperado, alterando de manera leve el comportamiento promedio posteriormente analizado. El vector, merodeador diurno, en el mayor de los casos puede diseminarse libremente, especialmente sobre aquellas zonas próximas a las costas y sobre las ciudades que otorguen las facilidades higiénicas para su sobrevivencia. Por otra parte, lo acontecido durante la noche se ve reflejado en la fila inferior de la figura. Sobre la misma, se observan comportamiento un tanto irregulares el primer tercio del año, al ilustrar temperaturas elevadas en dicho período donde usualmente se registran los valores de menor índole. El vector pese a encontrarse con limitantes durante la noche, estos no representan una amenaza sustancial que impida al vector continuar desarrollándose; contrariamente, el mismo continuó con su desarrollo y crecimiento de las etapas acuáticas y de desarrollo del mosquito.

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS EN ESMERALDAS 2018

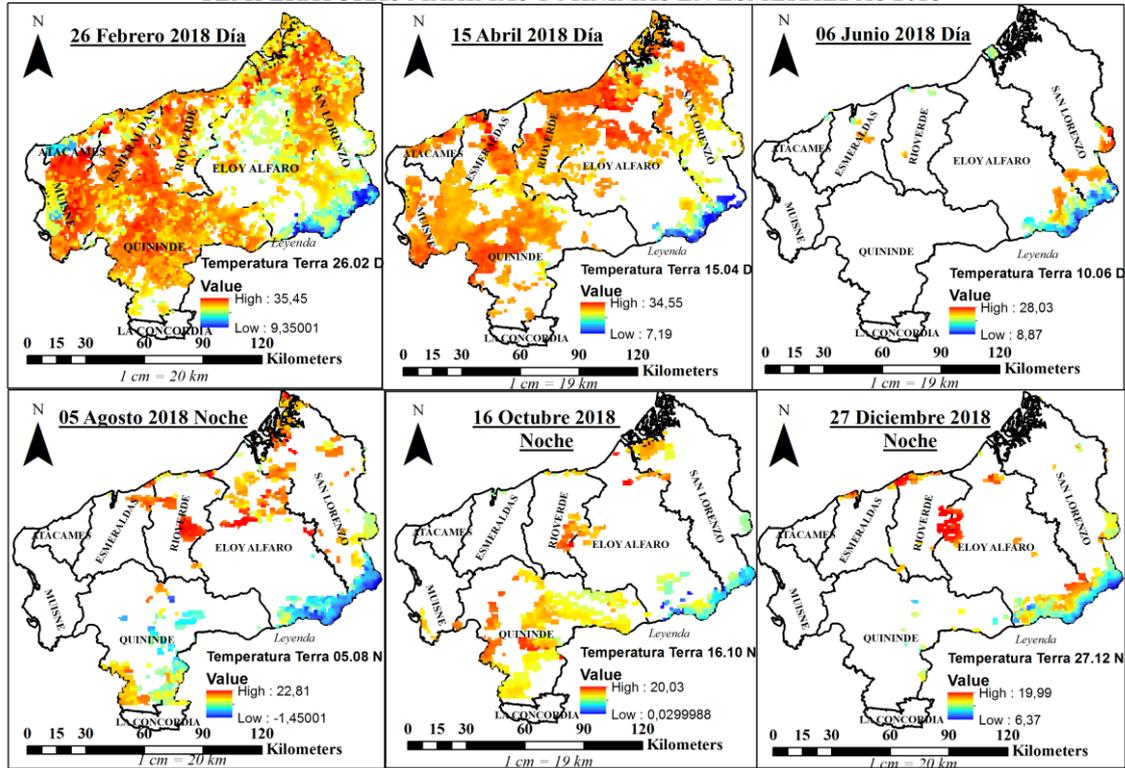


Figura 3. Datos de temperatura captados por el satélite Terra para cada cantón durante 2018. (Fila superior representa al horario matutino mientras que, la Fila inferior acoge lo sucedido durante la noche).

Fuente: Vélez, 2019. (Creado con ArcGis).

Para adentrarse en lo sucedido sobre la *figura 3*, es indispensable mencionar que la misma responde a los registros efectivizados por satélite Terra. El mismo, capta con mayor frecuencia durante los primeros cuatro meses del año, además de agosto y septiembre como excepciones, el resto de meses en su mayoría se ven afligidos por nubosidad durante la captación de datos. La abundante presencia de nubes fue más evidente en el presente satélite, específicamente sobre el horario nocturno. De manera similar, se segrega lo sucedido en el día y durante la noche, en la fila superior e inferior según corresponda. El vector encontrará facilidades que agilicen su esparcimiento durante el primer trimestre del año. Sin embargo, durante la noche el vector se enfrentará a limitantes que demorarán su transformación, pero no inhibirán completamente el crecimiento del mismo.

En referencia a los intervalos de temperatura, los mismos se resumieron sobre la *figura 4*, donde se representa cada dos meses la diferencia térmica que conforman cada uno de los gradientes de interés.

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

INTERVALOS DE TEMPERATURA SOBRE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS 2018

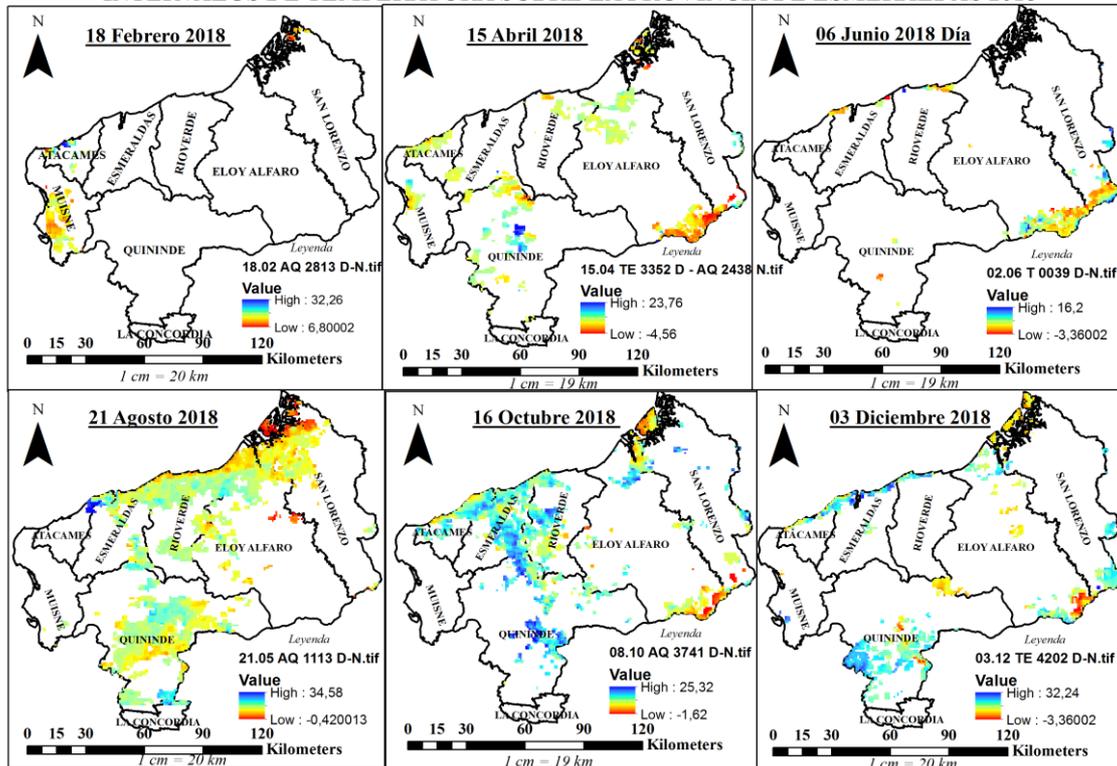


Figura 4. Intervalos de temperatura acogidos durante seis meses del 2018 según cada cantón de la provincia de Esmeraldas. (Color azul representa una mayor variación térmica. Color rojo o mayor tendencia al mismo, indica valores de temperatura sin mayor variabilidad entre los mismos).

Fuente: Vélez, 2019. (Creado con ArcGis).

Los gradientes térmicos existentes entre los datos recogidos, aparecen sobre la *figura 4*. Las zonas de color azul son aquellas que favorecen a los humanos, es decir, los lugares donde la temperatura sufre oscilaciones de mayor medida entre los datos existentes. Contrario a ellos, aquellas zonas verdes y cuya tendencia es naranja representan las zonas más peligrosas para los asentamientos humanos. Sobre la presente figura es imprescindible considerar que las zonas marcadas de azul, pese a ser aquellas con repercusiones negativas sobre el vector, no son sinónimo de extinción o desaparición del espécimen. Es decir, en aquellas zonas tonalidad azul, la persistencia del vector sobrepasó las limitaciones térmicas otorgadas por el vector; sin embargo, no fueron un limitante directo para que los casos confirmados por el Ministerio de Salud Pública del Ecuador continúe recibiendo registros de infectados con la algún serotipo del virus de interés.

Los datos se tabularon y se ordenaron considerando la hora de día, mas no los satélites implicados en la medida. Es decir, se clasificaron valores máximos para el día y para la noche, considerando los datos entre ambos satélites; lo mismo aconteció con los registros mínimos o de menor valor. Gracias a este evento previamente descrito, es

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

posible obtener datos acumulados de manera mensual, comparados con los estadísticos de media y mediana para complementar el mismo.

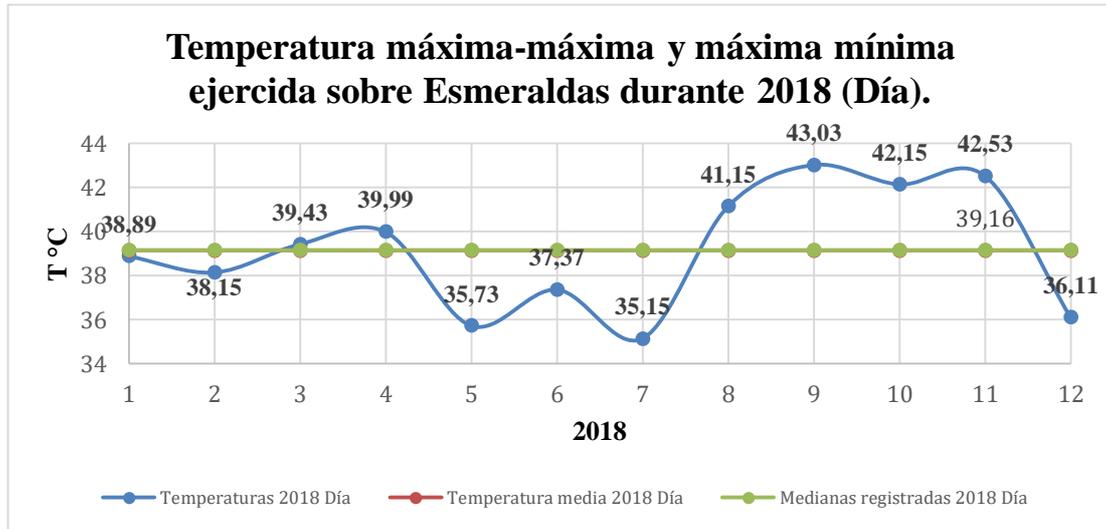


Figura 5. Temperatura máxima-máxima y máxima-mínima registrada sobre la provincia de Esmeraldas durante el 2018, horario matutino.

Partiendo por la *figura 5*, se pueden presencias de color azul los valores registrados por los satélites en horas de la mañana dentro de la provincia. La presente imagen expone de color verde a las medianas registras sobre el mismo año, mientras la línea roja indica la temperatura media durante el 2018. Se observa una diferencia casi insignificante entre ellas, pues discrepan menos de 0.1 °C. La tendencia de los datos obtenidos es presentar sus máximas expresiones desde agosto a noviembre, contrastando con los meses de diciembre hasta septiembre donde priman temperaturas inferiores. Finalizando el análisis visual, se registra como temperatura máxima-máxima los 43.03 °C y en 35.15°C la temperatura máxima-mínima durante el horario matinal de Esmeraldas. Entre las misma se forma un gradiente de 8 °C aproximadamente.

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

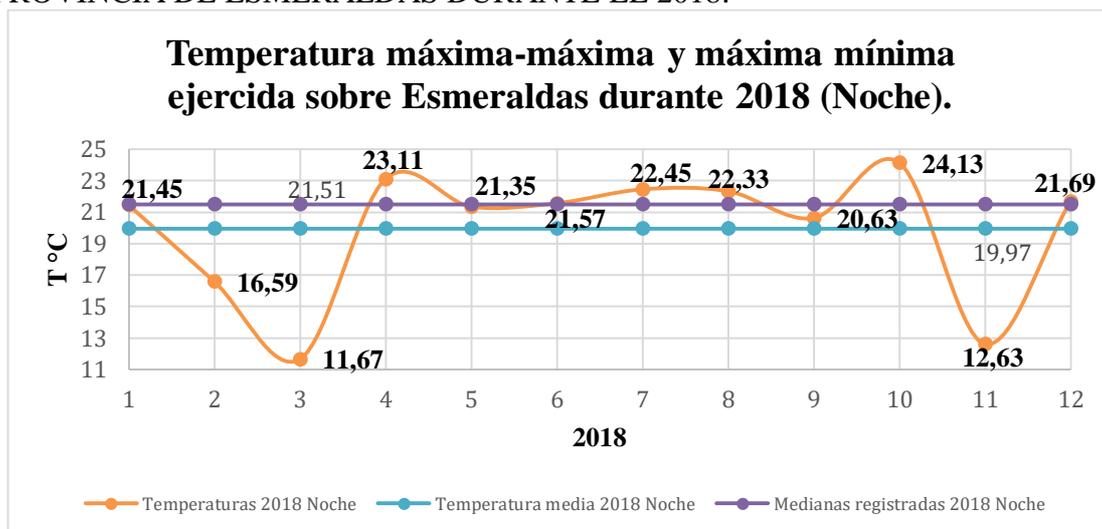


Figura 6. Temperatura máxima-máxima y máxima-mínima registrada sobre la provincia de Esmeraldas durante el 2018, horario nocturno.

La *figura 6* señala las temperaturas máximas-máximas y máximas-mínimas de Esmeraldas en horario nocturno. De color naranja, se encuentran los datos recopilados a en 2018, los mismos presentan una tendencia de temperaturas sumamente bajas de noviembre a marzo, sufriendo un incremento durante abril hasta el mes de octubre. En el presente caso, la diferencia entre las paralelas de media y mediana respectivamente, no supera los 1.50 °C. Este valor aparece gracias a la inestabilidad térmica dentro de la zona, se ocasionan descompensaciones evidenciadas en la diferencia dada entre dichas medidas. Como valor máximo-máximo al mes de octubre con 24.13 °C, por otra parte, la temperatura máxima-mínima apuntada pertenece a marzo, con una cifra de 11.67 °C. El intervalo existente entre estas temperaturas responde cerca de los 13 °C.

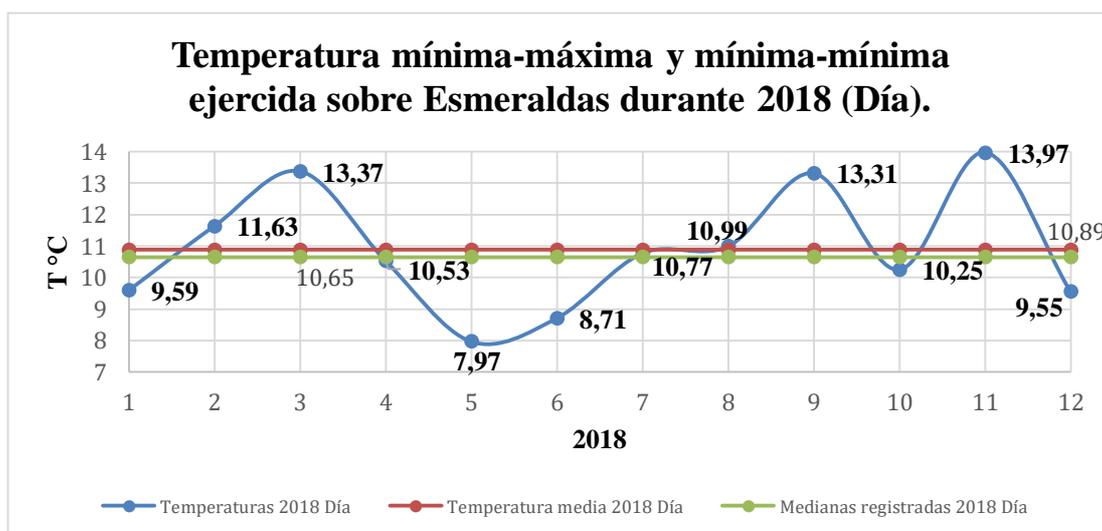


Figura 7. Temperatura mínima-máxima y mínima-mínima registrada sobre la provincia de Esmeraldas durante el 2018, horario matutino.

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

Sobre la *figura 7* se exponen los datos de 2018 recopilados por los sensores Aqua y Terra dentro de la provincia de Esmeraldas, dichos datos térmicos fueron captados en horas de la mañana. De manera clara, observamos como la línea azul tiende a ser inestable, sufriendo de altos y bajos como hemos visto en las figuras hasta ahora. El período donde se presenta las máximas temperaturas empieza en septiembre y finaliza en mediados de marzo acorde a la gráfica, del lado contrario, desde abril hasta agosto los valores de menor valor son expuestos. Los datos de media y mediana se encuentran representados por una línea roja y otra verde según corresponda. Estos datos se encuentran muy cercanos entre sí, cerca de $0.25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Noviembre, registra la temperatura mínima-máxima de $13.97\text{ }^{\circ}\text{C}$ sobre Esmeraldas, sin embargo, la temperatura mínima-mínima aparece en el mes de mayo, con un valor de $7.97\text{ }^{\circ}\text{C}$. Existe un intervalo térmico de $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ sobre dichos valores.

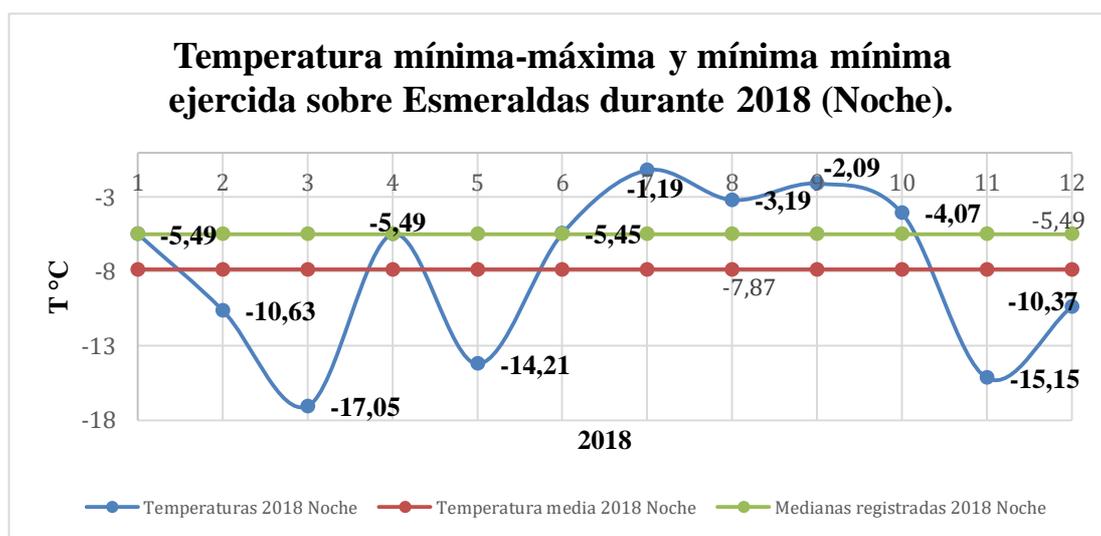


Figura 8. Temperatura mínima-máxima y mínima-mínima registrada sobre la provincia de Esmeraldas durante el 2018, horario nocturno.

Finalmente con la *figura 8*, culmina con los registros térmicos del presente estudio. Sobre la presente ilustración se visualiza de tonalidad azul las temperaturas medidas por los sensores, de color verde hallamos las medianas de los valores, y por último de color rojo se encuentra la media obtenida a partir de las ya mencionadas temperaturas. Inicialmente observamos que a partir de junio hasta octubre a los valores más incrementados, complementando la anualidad, los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo, registraron los datos de menor expresión sobre el pasado año. La paralela verde se encuentra alrededor de $2.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ distante de aquella línea roja, posiblemente originado en la fluctuación a la que tiende la curva azul. Como temperatura mínima-máxima apuntamos aquella acontecida en julio de 2018, con un valor de $-1.19\text{ }^{\circ}\text{C}$, contrariamente tenemos la temperatura mínima-mínima, donde marzo presentó condiciones atmosféricas de $-17.05\text{ }^{\circ}\text{C}$. La presente figura presentó el gradiente más amplio entre las ilustraciones de este tipo (*figs.5-8*), con un valor cercano a los $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ bajo cero, un valor relevante para impedir el desarrollo del vector dentro de la provincia.

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

Finiquitando los resultados obtenidos, se presentan los valores máximos y mínimos para cada una de las etapas del ciclo biológico del vector, según cada cantón de la provincia. Es por ello, que al considerar los siete cantones y las cuatro etapas del ciclo de vida del vector, se obtuvo un total de 28 figuras, de las cuales se omiten la mayoría y tan solo se consideran aquellas con un rasgo de autenticidad o alguna peculiaridad que se dé a notar. En total se colocan cuatro figuras, una por cada etapa, en diversos cantones.

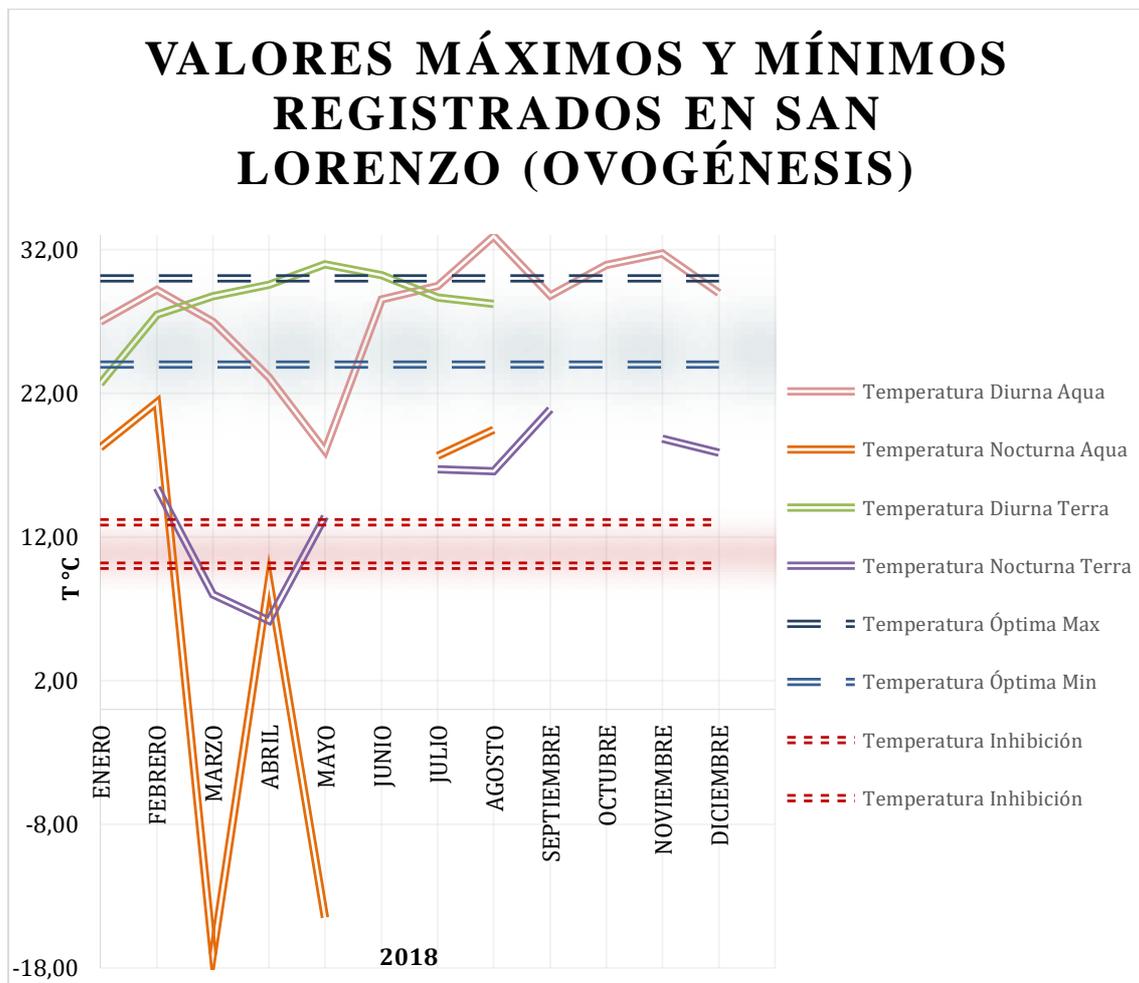


Figura 9. Datos de temperatura sobre el cantón San Lorenzo, captados durante 2018 por los satélites Terra y Aqua.

Partiendo por el cantón con mayor proximidad a la región Sierra, encontramos a San Lorenzo, sobre el mismo se describe lo acontecido durante el 2018 tal como la *figura 9* plantea. Aquellos espacios vacíos responden a datos no captados, y por ende blancos, durante el momento de mesura debido a la presencia de nubes sobre la misma. Sobre la presente figura se plantean cuatro situaciones, dos por cada satélite (Aqua o Terra) y otras dos acorde al período del día (mañana o noche). Complementando a los cuatro datos previamente mencionados, la temperatura de inhibición sobre la presente fase de desarrollo y la temperatura óptima sobre la influencia del vector se añaden. Las temperaturas diurnas captadas por los dos satélites dentro de los valores óptimos para el vector acogen la mayoría de los meses del 2018, y aquellos que no se encuentran

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

próximos a estos valores e inclusive sin llegar cerca a los valores de inhibición. Mientras la temperatura de inhibición acoge de igual forma a dos datos, uno por satélite, en esta circunstancia las eventualidades ocurren durante los primeros cinco meses del 2018. Reforzando este hecho, de igual manera tuvieron lugar los registros de menor valor durante el pasado año, durante el cual el vector sufrió severas inhibiciones e incluso una leve disminución de aquellos vectores en situación de desarrollo. Este acontecimiento mencionado posiblemente responda debido a la proximidad del cantón con la serranía ecuatoriana.

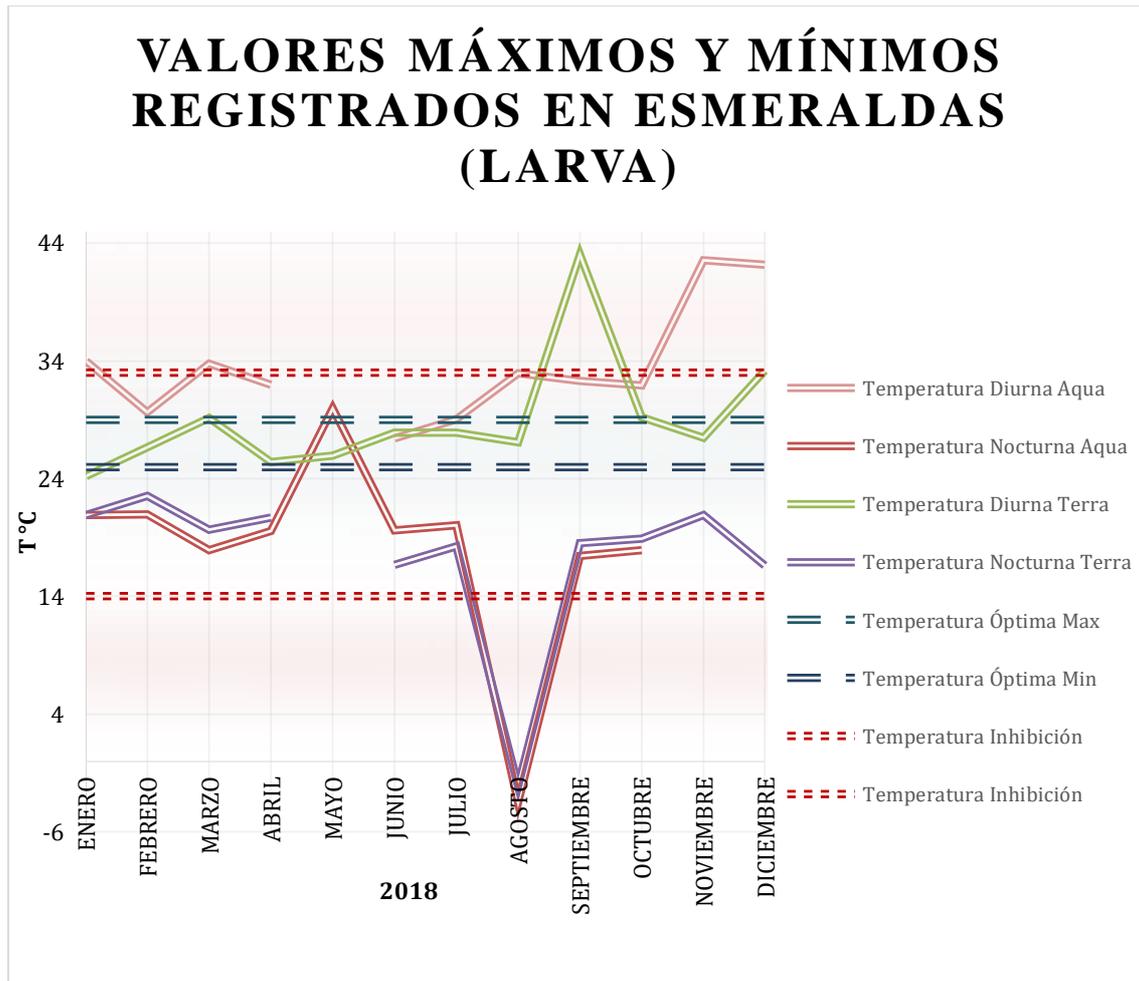


Figura 10. Datos de temperatura sobre el cantón Esmeraldas, captados durante 2018 por los satélites Terra y Aqua.

La capital provincial representa lo sucedido dentro de la *figura 10*, esta vez sobre la siguiente fase del vector, la etapa larval. La figura posee la peculiaridad de presentar dos curvas casi similares durante los meses de julio hasta septiembre, donde los valores medidos durante noche coinciden notablemente en más de un punto. Estas dos últimas curvas mencionadas, al igual sobrepasaron la temperatura de inhibición planteada. Este suceso probablemente ocasionó un número considerable de bajas en cuanto al previo número de larvas al ser esta fase sensible a los cambios abruptos de temperatura. La presente figura de igual forma obtuvo datos que sobrepasaron la temperatura de

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

inhibición máxima o de mayor valor. Ambos satélites captaron este suceso desde septiembre hasta noviembre de 2018, con la diferencia de presentar aumentos bruscos de temperatura, repercutiendo aún más sobre la densidad poblacional del vector. Como beneficio para el vector tres de cuatro curvas captaron temperaturas favorables para el vector, no obstante, una de ellas capta la atención en mayor medida al haber captado datos durante casi todo el 2018, exceptuando aquel trimestre donde la curva sobrepasa estas medidas de mayor beneficio.

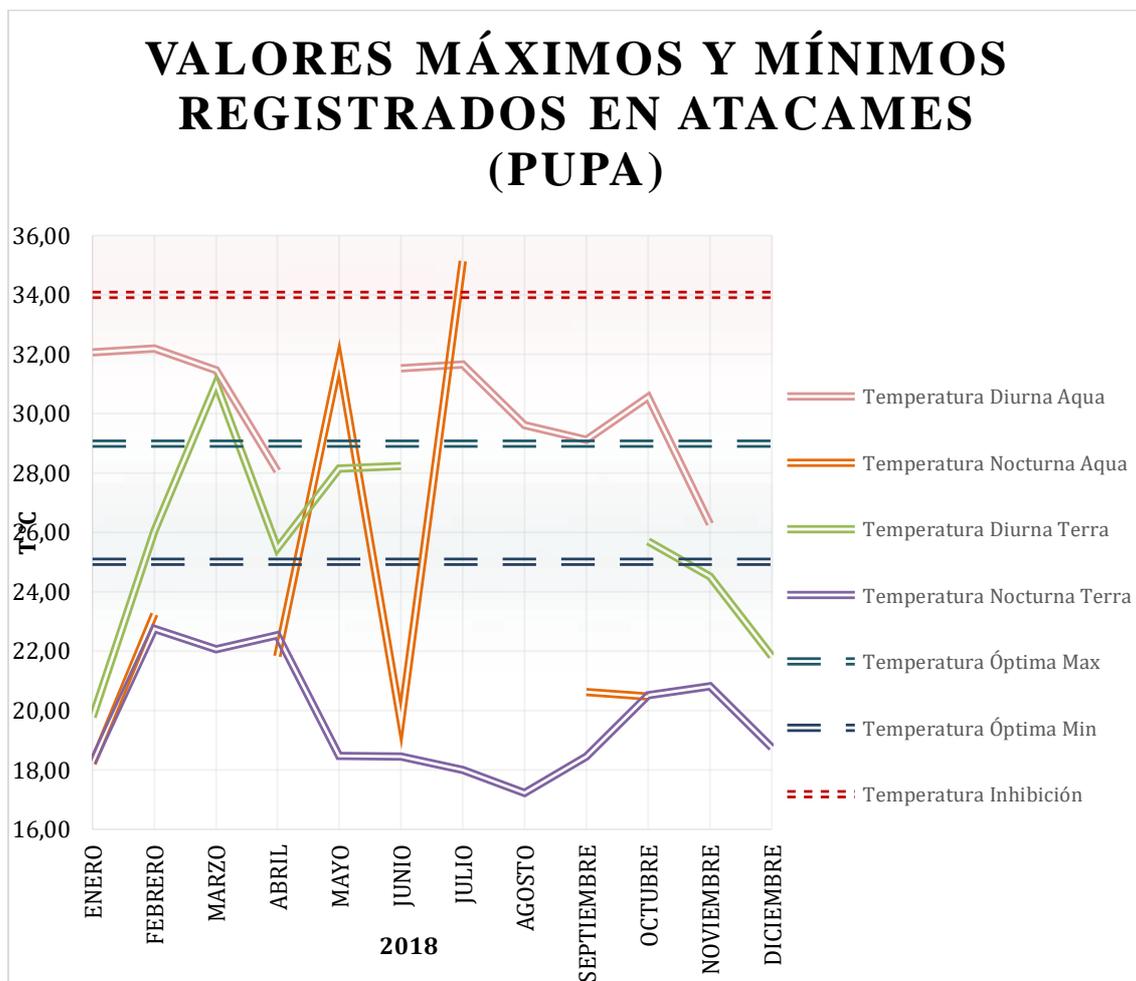


Figura 11. Datos de temperatura sobre el cantón Atacames, captados durante 2018 por los satélites Terra y Aqua.

Después de Esmeraldas, Atacames representa a la urbe o cantón en este caso, con mayor desarrollo y expansión urbana, incrementando el rango de dispersión del vector sobre esta zona. La pupa al ser considerada la fase de mayor resistencia, al permanecer estáticas además de no necesitar alimento para concluir su desarrollo, es por ello que tan solo un mes registró sobrepasar la temperatura de inhibición (temperatura nocturna Aqua en Julio). Este evento probablemente ni siquiera ocasionó pérdidas del vector, asegurando un mayor número de vectores adultos. Por otra parte, la temperatura óptima para el vector acoge tres medidas, las dos temperaturas diurnas junto al registro

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

nocturno del satélite Aqua. Con lo previamente mencionado, es casi un hecho que las crisálidas formadas seguramente se convirtieron en adultos dentro del presente cantón.

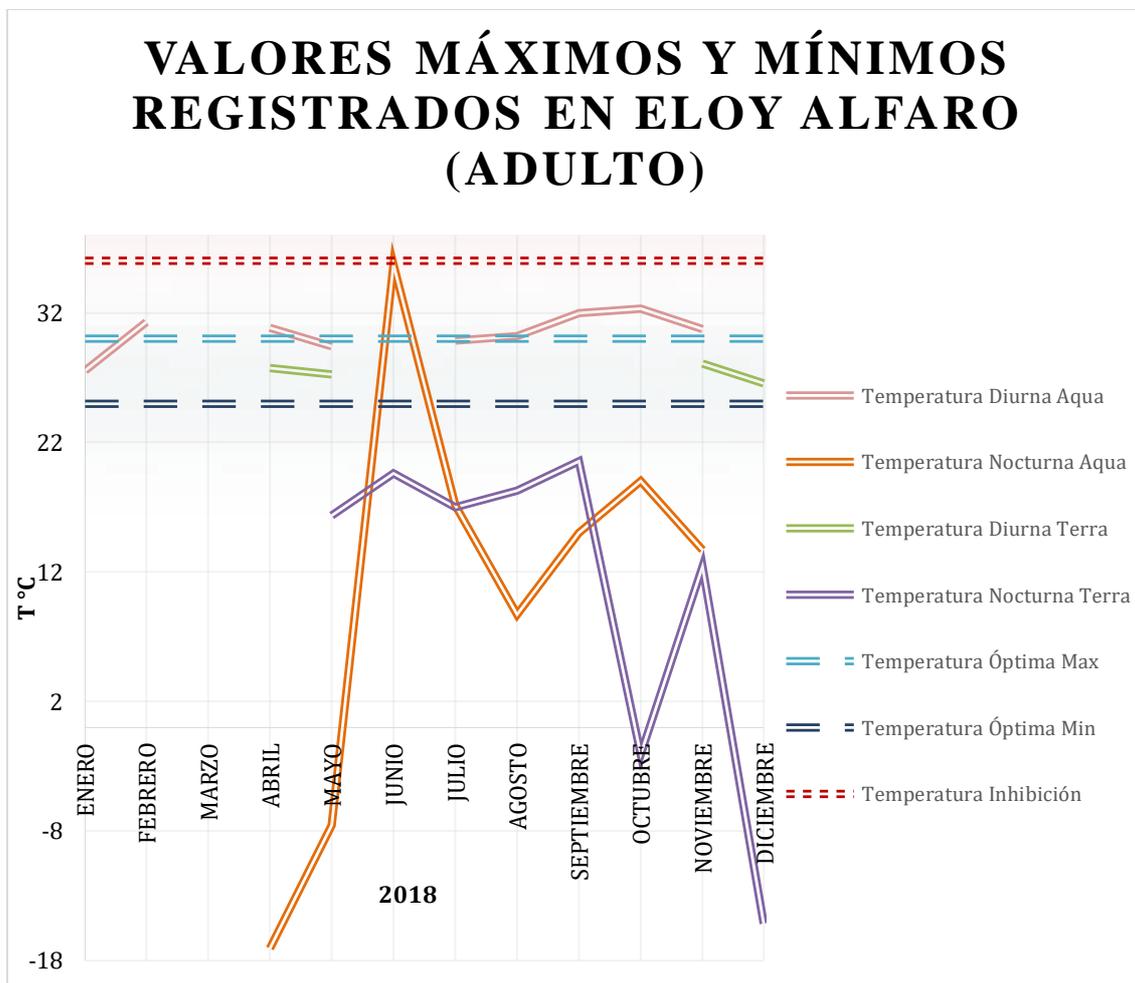


Figura 12. Datos de temperatura sobre el cantón Eloy Alfaro, captados durante 2018 por los satélites Terra y Aqua.

Concluyendo los resultados expuestos dentro del presente estudio, la *figura 12* representa al cantón Eloy Alfaro y el desarrollo del vector adulto. Partiendo por la temperatura de inhibición, al igual que en el caso anterior, solo una curva con un mes sobrepasando los límites establecidos, siendo la curva nocturna del satélite Aqua durante el mes de Junio. Contrario a lo mencionado, la temperatura óptima benefició a tres curvas de manera ligera, temperaturas diurnas y temperatura Aqua nocturna. Es por ello, que el mosquito probablemente logró adaptarse a las condiciones estimadas en su entorno y realizar la ovoposición para asegurar su existencia a futuro.

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

Discusión

Previo a exponer la respectiva discusión sobre cada etapa de desarrollo del vector sobre determinadas zonas de peligro dentro de la provincia, es factible considerar el ciclo vital del vector, mismo que tarda entre 21 y 45 días aproximadamente, según sea el caso. Ya que *Aedes aegypti* posee las condiciones climatológicas adecuadas para su diseminación durante todo el año, es importante tomar en cuenta un desarrollo a futuro. Es decir, tras la ovoposición realizada sobre determinado mes, no será hasta 15 o 21 días después que el vector se convierta en adulto, etapa en la cual el mismo es capaz de dispersar el virus Dengue.

La zona del Ecuador comprende clima tropicales y sub tropicales, con temperaturas promedio entre 24 y 25 °C, normalmente presenta oscilaciones durante las diferentes temporalidades del año, decayendo alrededor de los 20°C e incrementando hasta los 30 o 31 °C. Tal como ocurre en el estudio de (Lagrotta et al., 2008), el presente análisis denota la incidencia del virus sobre zonas tropicales, implicando ser una seria amenaza hacia la salud pública de determinado lugar, resultados que se replican dentro de Esmeraldas al portar características idóneas para el establecimiento del vector. De manera similar pero complementaria, (Liu-Helmersson et al., 2014), plantean el rango de dispersión diurno o DTR como parámetro esencial en su análisis adicionalmente a la temperatura atmosférica inherente sobre aquella zona tropical. Este DTR se asemeja a los intervalos térmicos obtenidos con los datos de temperatura, es decir ambos son gradientes medidos en base a la diferencia existencial entre eventos térmicos registrados, sin embargo, es importante considerar que el presente estudio considera lo acontecido cada ocho días y no diariamente.

Pese a que el presente estudio no realizó muestreos o capturó especímenes, el mismo contempla gradientes térmicos durante la etapa nocturna, mas no solo durante el día tal como ocurre con el DTR. Los intervalos de temperatura comprendieron resultados de diferente carácter, alejados y cercanos entre ellos. (Carrington, Seifert, et al., 2013), plantean que una variación diaria de 18 °C repercutirá en por lo menos un día más de desarrollo del espécimen. Contrariamente a ello, cuando el valor de DTR oscila en mínima medida, el mismo permite una mejor proyección infecciosa del vector. El presente estudio concuerda con (Lambrechts et al., 2011), haciendo hincapié sobre la importancia del DTR, considerando otros aspectos de mayor o igual relevancia para el desarrollo del vector, como el período de incubación extrínseco omitido en el presente estudio. Es por ello que, durante el presente análisis se han considerado varios intervalos que contemplan lo ocurrido durante horas de la noche, ya que pese a que la transmisión se realiza de manera diurna, el crecimiento no se detiene y puede verse amenazado o favorecido por las condiciones brindadas en determinado momento.

Es importante rescatar el hecho de que los intervalos de temperatura siguen una misma tendencia en la mayoría de sus imágenes. Los resultados obtenidos demuestran en la zona este del cantón San Lorenzo y en suroriente de Eloy Alfaro, la prevalencia de temperaturas con bajas fluctuaciones entre ellas en comparación a los cantones restantes. Este hecho acontece debido a la cercanía de los lugares descritos con la Cordillera de los Andes y su ubicación dentro de la Sierra ecuatoriana, donde la temperatura se mantiene en niveles mínimos (hablando dentro de Esmeraldas). En

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

contraste a ello, las zonas con los eventos de mayor temperatura registrados se ubican dentro de los siete cantones, a excepción de las dos zonas previamente descritas.

Las locaciones de mayor crecimiento y expansión urbanística, representan lugares de mayor amenaza en cuanto a la transmisión de la enfermedad. Esto conlleva un problema de mayor profundidad y complejidad, al influenciar de igual manera aspectos sociales, culturales, educativos y similares, tal como (Benitez-Leite et al., 2010) determina las costumbres sociales de la zona impactan de manera positiva o negativa sobre la misma. Otros autores como (Cohen, 1998) y (Cabezas et al., 2017) de igual manera aseguran que las correctas prácticas de higiene repercuten de manera inmediata y positiva sobre la incidencia del vector, disminuyen los posibles focos de infección.

Una vez el vector logra adaptarse a las condiciones atmosféricas brindadas, el asentamiento del mismo dependerá de varios factores, en el presente caso la temperatura atmosférica que rodea al mismo. Varios autores e investigadores han publicado documentos cuya información referente a la temperatura atmosférica que requiere el vector, depende de otras circunstancias y eventos que se dan. Por ejemplo, (Liu-Helmersson et al., 2014) establece que aquellos vectores sometidos a temperaturas promedio entre los 29 °C pues incrementarán el potencial transmisor del virus, mientras que si las temperatura sobrepasan este valor, el vector sufrirá descompensaciones que limitarán y reducirán su potencial. Por otro lado, (es de los escasos trabajos donde la temperatura ejercida ocasionará una anulación o muerte, en este caso de los huevos del vector en temperaturas promedio inferiores a 10 °C. El vector de igual manera presenta un aceleramiento de su envejecimiento sobre temperaturas superiores a 31 °C, brindado menor período de tiempo para que el vector logre diseminarse; mientras, por otro lado en temperaturas oscilantes alrededor de 21 °C otorgan mayor tiempo para asegurar la extensión del vector y por ende una mayor probabilidad de acarreamiento del virus. La presente investigación acoge temperaturas de tipo máximo y mínimo, donde mayormente los casos presentaron la tendencia regular de mantener las temperaturas máximas y mínimas acorde a la estacionalidad marcada (Temperaturas máximas: Agosto – Noviembre; Temperaturas mínimas: Enero – Marzo). El presente estudio obtiene el valor máximo registrado en finales de Septiembre y su contraparte (temperatura mínima) ocurrió durante Marzo de 2018, complementando lo anteriormente mencionado respecto al patrón climático presentado el pasado año.

En cuanto a limitantes o factores inhibidores para cada una de las diferentes etapas, el presente estudio pese a registrar temperaturas bajo cero, (probablemente el desarrollo del vector anule su desarrollo), se imposibilita aseverar con seguridad este hecho ya que no se efectuaron trampas o se realizó monitoreo alguno. (Rueda et al., 1990) establece mediante el uso de ovitrampas una temperatura fluctuante entre 15 y 20 °C encargada de ralentizar la maduración del vector, sin embargo en el presente estudio otras variables físicas son consideradas. Autores como (De Majo et al., 2016), (Bond et al., 1970) y (Jakob and Bevier, 1969) concuerdan con las temperaturas de inhibición durante la ovogénesis tal como se cita en la *tabla 1*, en el presente caso los investigadores sitúan el valor inhibidor en temperaturas próximas a los 12 °C y 10 °C respectivamente. Contrariamente a ello estudios como los de (Christophers, 1960) contradicen lo previamente mencionado y obtienen resultados similares a los autores (Bar-Zeev, 1958) y (Tun-Lin et al., 2000).

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

La etapa larval al presentar fotosensibilidad, responde de manera desfavorable al vector frente a drásticos y/o abruptos cambios de temperatura, hecho que se puede asegurar comprobando como la presente fase registra las condiciones más estrictas para sobrevivir recopiladas sobre la *tabla 1*. Estas condiciones implican una posible inhibición de la presente fase durante la presentación de eventos de carácter extremo, especialmente sobre Esmeraldas y Atacames siendo los sitios de mayor urbanismo y por ende representado fuentes propagadoras del vector. Por una parte Esmeraldas es la ciudad con el mayor número de casos registrados el pasado año y Atacames ocupa el segundo lugar dentro de la provincia. (Ministerio de Salud Pública, 2018). (KASAP, 1978) ahonda sobre la sensibilidad del vector a dichos cambios tal como realizaron (Lounibos et al., 2002) de manera semejante tras monitorear y muestrear los especímenes de interés. Un estudio realizado por (Domínguez, 2000) plantea la temperatura de 12.82 °C como umbral para el desarrollo de las etapas pre adultas, acogiendo ovogénesis, larva y pupa bajo esta especificación mencionada. De esta manera, se puede asegurar que la prevalencia del vector se mantendrá sobre la provincia de estudio, considerando únicamente la temperatura atmosférica de la zona más no otras variables implicadas; sin embargo, durante la presentación de eventos de carácter mínimo en horario nocturno, las condiciones atmosféricas llegan a exigir al vector pudiendo anular la presente fase, especialmente de enero hacia abril donde la mayoría de estos eventos fueron mesurados.

Al omitir variables de diferente índole en el presente trabajo, el enfoque se centra en conocer si la temperatura atmosférica de la zona es suficiente para deducir o arraigar la misma con los casos de Dengue presentados. Esmeraldas es conocida como una de las provincias más cálidas del territorio ecuatoriano, durante el 2018 no sería la excepción pues la recopilación de eventos máximos registrados en este estudio conllevan una grave amenaza sobre el vector al incrementar en exceso la temperatura atmosférica. Otros estudios como el de (Quishpe-Petrel, 2014) consideran la humedad relativa como parámetro clave para establecer 25 °C como la temperatura de mejor respuesta sobre el vector sobre determinado sitio, resultando en una extensa mortalidad del mismo entre 46 y 55 días. Por otra parte, (Johansson, Dominici, & Glass, 2009) señalan la relación existente entre la temperatura atmosférica, las precipitaciones y la transmisión del virus Dengue, enfatizando sobre la precipitación la cual incrementa proporcionalmente a los casos virales presentados. Las variables físicas no son las únicas que repercuten de manera positiva o negativa sobre el vector, un estudio realizado por (Guindo-Coulibaly et al., 2018) considera aspectos ecológicos, etológicos, psicológicos e inclusive genéticos para el desarrollo ideal del vector.

Tal como se ha mencionado, los siete cantones conformantes de la provincia posibilitan la existencia del vector en su territorio. Al desconocer con certeza si el vector se encuentra en un entorno cercano al nuestro, lo mejor es evitar su proliferación e identificar la zonas de mayor riesgo tal como (Fernández, 2016) recomienda actuar frente a la falta de certeza. Las zonas vulnerables se ubican en gran parte del terreno provincial, exceptuando los cantones limitantes con la región Sierra, donde dichas condiciones disminuyen la tasa de transmisión. Anteriormente se mencionó a Esmeraldas y Atacames como los sitios de mayor éxito para desarrollo del vector, sin embargo los cantones restantes al incrementar su número de habitantes de igual manera

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

ejercen una mayor carga de desechos generados, siendo esto positivo para el vector al contar con una mayor cantidad de posibilidades en donde situar los huevos y empezar con el ciclo vital. Los datos del pasado año sobre los casos de virus Dengue notificados no contemplan los siete cantones de interés, excluyen a cinco cantones donde en años y décadas pasadas se presentaron casos del virus de interés.

Conclusiones

La provincia de Esmeraldas durante 2018 consigue seguir la tendencia regular en cuanto a los datos de temperatura captados, correspondiendo en su mayoría un comportamiento normal sobre dicha zona. Tan solo dos de sus siete cantones (San Lorenzo y Eloy Alfaro) presentan zonas con valores irregulares o fuera de lo común, asociado a su cercanía con accidentes geográficos y localidades de elevada altitud. En los cinco cantones restantes, pese a prevalecer temperaturas favorables para el desarrollo del vector, muchas de ellas en lugar de otorgar beneficio tan solo acortaran el tiempo de vida del vector, pues al sobrepasar los 35 °C por lo general anulan la competitividad del vector ocasionándole envejecer con mayor rapidez.

Un DTR que no sobrepase los 8 °C de oscilación es más favorable hacia el vector y su incidencia, contrario a lo que ocurre si este valor supera la temperatura especificada. El DTR o rango de transmisión diurno no es suficientes para aseverar o comprobar la existencia del vector sobre determinados límites geográficos. El mismo considera variaciones durante horario diurno y no durante la noche, donde el desarrollo de cada etapa continúa ejecutándose y asegurando la transformación de una etapa pre madura a la siguiente.

Los gráficos de intervalos representan la extensión o totalidad del gradiente entre las temperaturas que lo conforman. Por lo tanto las zonas que presentan una mayor factibilidad para el vector, son aquellas en las que existen fluctuaciones medias o cortas y se encuentran sobre los cantones previamente citados. Los cantones Eloy Alfaro y San Lorenzo son aquellos en donde las oscilaciones de temperaturas variaron en un grado intermedio, probablemente por hallarse cerca de la Sierra ecuatoriana contrastado con el hecho de ser parte de las provincias más cálidas a nivel nacional. Adicionalmente, es importante mencionar que el cantón Río Verde captó el intervalo de mayor diferencia durante Octubre del pasado año, presentado temperaturas en su mayoría óptimas hacia el vector.

La recopilación bibliográfica conformante de la *tabla 1* plantea las condiciones necesarias para que el vector sea capaz de desenvolverse de manera adecuada, de igual manera considera valores inhibidores que retrasarán el tiempo de maduración según sea la fase. Pese a que autores como (Benítez et al., 2018) consideran 21 °C como el mejor registro para que el vector se disemine, esta realidad refleja lo acontecido en sitios donde la temperatura atmosférica difiere la presente zona problema siendo su promedio inferior al de Esmeraldas. Es por ello que para la elaboración de la *tabla 1* se consideraron sitios e información acorde al lugar de estudio.

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

Si bien las posibles referencias con estudios similares son vastos y tratan sobre diversos campos aplicativos, durante el presente trabajo no es posible asegurar con certeza que la disminución térmica en determinado sitio se relaciona con un decrecimiento en los casos de infección presentados. Para poder complementar el presente estudio es necesario muestrear y monitorear especímenes en cada una de sus fases de desarrollo para posterior comparación con los datos de temperatura reflejados sobre el sitio de interés. Este método complementa el estudio al arraigar de manera directa los casos de dengue presentados, frente a la temperatura atmosférica de la zona y su posterior comparación con el número de individuos restantes.

Sin embargo, los datos de temperatura representan una mayor amenaza hacia el vector de enero hasta abril, con especial énfasis dentro de la fase larval por presentar mayor sensibilidad a cambios repentinos y significantes. Este evento tuvo lugar dentro de los cantones Eloy Alfaro y San Lorenzo, en las zonas colindantes con la Sierra. De manera contraria, aquellas condiciones donde el vector se beneficia, parte desde junio hasta noviembre aproximadamente del pasado año, sobre todo en las zonas de Atacames, Esmeraldas y Eloy Alfaro. Es importante mencionar que se presentaron irregularidades y datos fuera del sesgo común, todo el tiempo, siendo una variable normal en el presente estudio. Pues octubre pese a hallarse sobre los meses de mayor contribución para la diseminación del vector (debido a la época de verano), sobre el mismo se registró la diferencia más extensa dentro del cantón Río Verde. Mientras que, San Gregorio, cabecera parroquial de Muisne, registró la menor diferencia en marzo, mes durante el cual las temperaturas mínimas aparecen.

Los datos reflejados por el Ministerio de Salud Pública del Ecuador, incluyen la información de tan solo dos de siete cantones, siendo estos dos las urbes de mayor desarrollo dentro de la provincia. Por lo tanto, los esfuerzos para controlar y disminuir los casos presentados de Dengue deben tomar mayor fuerza dentro de Esmeraldas y Atacames respectivamente, al ser los principales centros de actividad humana dentro de la provincia. Toda la provincia esmeraldeña tiende a manifestar valores de temperatura agradables para el vector, sin embargo los datos reflejados por el Ministerio de Salud Pública y los mapas realizados sobre los lugares más vulnerables, concluyen en que estas dos urbes serán el principal punto de origen del vector. No solo por el hecho de contar con mayor desarrollo urbanístico, sino por contar con las poblaciones de mayor número en ambos casos.

Los gradientes térmicos analizados en el presente estudio presentan oscilaciones marcadas, las cuales pueden percibirse como beneficio para los humanos, no obstante este suceso ocurre sobre temperaturas en las cuales el vector es capaz de desenvolverse. Es por ello que, dentro de los intervalos de temperatura, pese a existir superficies sin mayor fluctuación no son el único evento térmico que se debe tomar en cuenta, ya que las temperaturas máximas y mínimas ejercidas sobre la misma zona serán quienes marcan la diferencia entre si el vector puede desarrollarse con libertad o bajo condiciones un tanto desfavorable para el mismo.

Varios autores consideran aspectos además de la temperatura, y otras variables físicas con el fin de asociar de manera más precisa la incidencia del virus dentro de la zona

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

problema. Humedad relativa, precipitaciones diarias, ángulo de zenit, altitud (m.s.n.m.) del punto de interés, son algunas de las variables extras consideradas fundamentales para predecir el comportamiento de *Aedes aegypti*. Sin embargo, variables de diferente índole también se consideran, además de aspectos ecológicos es posible asociar la aparición del virus por motivos culturales y sociales. De igual manera se puede observar la etología presentada por el vector, la genética presentada por el vector, e inclusive variables de tipo psicosocial que afectarán al mismo. Es por ello, que la ejecución del presente estudio, concluye en que la temperatura atmosférica no es directa ni inversamente proporcional a la presencia de dengue sobre la zona. La temperatura tan solo es un parámetro, de los tantos requeridos por *Aedes aegypti* para desarrollarse bajo mejores y más ágiles condiciones.

La incidencia de la temperatura brinda condiciones favorables o no hacia el vector, sin embargo, durante el presente estudio, limitantes como la nubosidad durante medida de datos, repercuten sobre una baja recolección de datos, disminuyendo la eficiencia de los registros captados a cierta hora. Por lo tanto, es importante mencionar que gran parte de los datos poseen su fuente de información satélite Aqua (01h30 am & 13h30 pm), por otro lado Terra presentó una toma de datos inferior al otro satélite. De esta manera se concluye que durante el período nocturno (22h30 pm) y durante doce horas después (10h30 am) la presencia de nubosidad supera a aquellos niveles presentados sobre el satélite restante.

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

Literatura citada

- Arredondo-García, J., Méndez-Herrera, A., & Medina-Cortina, H. (2016). Arbovirus en Latinoamérica. *Acta Pediátrica de México*, 37(2), 111. <https://doi.org/10.18233/APM37No2pp111-131>
- Bar-Zeev, M. (1958). The Effect of Temperature on the Growth Rate and Survival of the Immature Stages of *Aedes aegypti* (L.). *Bulletin of Entomological Research*, 49(1), 157-163. <https://doi.org/10.1017/S0007485300053499>
- Benítez, Y. M., Cortés, K. J. M., Martínez, E. G., García, V. H. P., & Díaz, Á. L. M. (2018). *Influencia de la temperatura ambiental en el mosquito Aedes spp y la transmisión del virus del dengue*. 9.
- Benitez-Leite et al—2010 -*Conocimientos, actitudes y prácticas acerca del dengue en Asuncion.pdf*. (s. f.).
- Bhatt, S., Gething, P. W., Brady, O. J., Messina, J. P., Farlow, A. W., Moyes, C. L., ... Hay, S. I. (2013). The global distribution and burden of dengue. *Nature*, 496(7446), 504-507. <https://doi.org/10.1038/nature12060>
- Bond et al—1970—*Environmental influences on the viability of overwintering Aedes aegypti (L.) egg.pdf*. (s. f.).
- Cabezas, L., Cabanzo, W., Santa, F., Olano, V. A., Sarmiento, D., Vargas, S., ... Matiz, M. I. (2017). *Distribución espacial de Aedes aegypti (Diptera: Culicidae) en el área rural de dos municipios de Cundinamarca, Colombia*. 9.
- Carrington, L. B., Armijos, M. V., Lambrechts, L., & Scott, T. W. (2013). Fluctuations at a Low Mean Temperature Accelerate Dengue Virus Transmission by *Aedes aegypti*. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 7(4), e2190. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0002190>

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

Carrington, L. B., Seifert, S. N., Willits, N. H., Lambrechts, L., & Scott, T. W. (2013).

Large Diurnal Temperature Fluctuations Negatively Influence *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) Life-History Traits. *Journal of Medical Entomology*, 50(1), 43-51. <https://doi.org/10.1603/ME11242>

CDC - 2010—*Ciclo de vida.pdf*. (s. f.).

Christophers, S. R. (1960). *Aedes aegypti: The yellow fever mosquito*. CUP Archive.

Cohen, M. L. (1998). Resurgent and emergent disease in a changing world. *British Medical Bulletin*, 54(3), 523-532. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.bmb.a011707>

Coordenadas geográficas de Esmeraldas, Ecuador—Latitud y longitud. (s. f.). Recuperado 11 de junio de 2019, de <https://www.geodatos.net/coordenadas/ecuador/esmeraldas>

Coronel, R. G., Sanchez, J., Serpa, D., Bacuilima, A., & Peñarreta, L. (2017). *CORRELACIÓN ENTRE IMÁGENES SATELITALES DE NUBOSIDAD Y PRECIPITACIÓN*. 8.

Coto, H., & Tito, E. D. (2010). *Directrices para la prevención y control de Aedes aegypti*. 78.

De Majo et al—2016—*Egg hatching and survival of inmatures stages of aegypti under natural temperature conditions during cold season.pdf*. (s. f.).

Del Carpio—2017—*Arbovirus emergentes.pdf*. (s. f.).

Dominguez, M - 2000—*Dinámica poblacional de Aed Aegypti en Cordoba.pdf*. (s. f.).

Ecuador. Organización panamericana de la salud. (2007). *La equidad en la mira: La salud pública en Ecuador durante las últimas décadas*. Quito: Noción.

Eisen, L., & Lozano-Fuentes, S. (2009). Use of Mapping and Spatial and Space-Time Modeling Approaches in Operational Control of *Aedes aegypti* and Dengue.

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

PLoS Neglected Tropical Diseases, 3(4), e411.

<https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0000411>

ESRI - 2002—ArcGis Support.pdf. (s. f.).

Fernandez, C. C. (2016). *PAPEL VECTORIAL DEL MOSQUITO AEDES*. 23.

Garcia-Mora, Mas—2018—Presentacion del Sensor MODIS.pdf. (s. f.).

German, A., Espinosa, M. O., Abril, M., & Scavuzzo, C. M. (2018). Exploring satellite based temporal forecast modelling of *Aedes aegypti* oviposition from an operational perspective. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 11, 231-240. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2018.07.006>

Graystock et al—2013—Emerging Danger. Deadly effects of an emergent parasite.pdf. (s. f.).

Guindo-Coulibaly et al. - 2018—Biology of two larval morphological phenotypes of .pdf. (s. f.).

INAMHI - 2014—Anurio Metereologico.pdf. (s. f.).

INHMT - s.f. - Investigacion de arbovirus de importancia epidemiologica en Ecuador.pdf. (s. f.).

INOCAR - 2012—Informacion general Ecuador.pdf. (s. f.).

Instituto Nacional de Estadisticas y Censos—2010—Fasciculo Esmeraldas.pdf. (s. f.).

Jakob and Bevier—1969—Applications of ovitraps in U.S. Aedes aegypti eradication program.pdf. (s. f.).

Johansson, M. A., Dominici, F., & Glass, G. E. (2009). Local and Global Effects of Climate on Dengue Transmission in Puerto Rico. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 3(2), e382. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0000382>

KASAP, M - 1978—Response of the larvae and pupae of aedes aegypti, anopheles stephensi and culex.pdf. (s. f.).

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

- Lagrotta, M. T. F., Silva, W. da C., & Souza-Santos, R. (2008). Identification of key areas for *Aedes aegypti* control through geoprocessing in Nova Iguaçu, Rio de Janeiro State, Brazil. *Cadernos de Saúde Pública*, 24(1), 70-80.
<https://doi.org/10.1590/S0102-311X2008000100007>
- 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.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1101377108>
- Liu-Helmersson, J., Stenlund, H., Wilder-Smith, A., & Rocklöv, J. (2014). Vectorial Capacity of *Aedes aegypti*: Effects of Temperature and Implications for Global Dengue Epidemic Potential. *PLoS ONE*, 9(3), e89783.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0089783>
- López-Latorre, M., & Neira, M. (2016). Influencia del cambio climático en la biología de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) mosquito transmisor de arbovirosis humanas. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, 37(2).
<https://doi.org/10.26807/remcb.v37i2.2>
- Lounibos, L. P., Suárez, S., Menéndez, Z., Nishimura, N., Escher, R. L., O'Connell, S. M., & Rey, J. R. (2002). Does temperature affect the outcome of larval competition between *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*? *Journal of Vector Ecology*, 10.
- Meteored. (2018). Histórico del Tiempo en Esmeraldas—[Meteored.com.ec](http://meteored.com.ec). Recuperado 8 de junio de 2019, de [Meteored.com.ec](http://meteored.com.ec) | [Meteored website](http://meteored.com.ec):
https://www.meteored.com.ec/tiempo-en_Esmeraldas-America+Sur-Ecuador-Esmeraldas--1-20222.html

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

Ministerio de Coordinación de Desarrollo Social—2007—Ventana Regional de Esmeraldas.pdf. (s. f.).

Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (2012, 27). Boletín epidemiológico de Dengue No. 24. Recuperado 11 de mayo de 2019, de <https://www.salud.gob.ec/boletin-epidemiologico-de-dengue-no-24-27-de-junio-de-2012/>

Mondini, A., Bronzoni, R. V. de M., Nunes, S. H. P., Chiaravalloti Neto, F., Massad, E., Alonso, W. J., ... Nogueira, M. L. (2009). Spatio-Temporal Tracking and Phylodynamics of an Urban Dengue 3 Outbreak in São Paulo, Brazil. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 3(5), e448. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0000448>

MSAL - 2013—Enfermedades infecciosas. Dengue.pdf. (s. f.).

MSAL - 2016—Directrices para la prevención y control de Aedes aegypti.pdf. (s. f.).

MSP - 2018—Dengue semana 31- 2018.pdf. (s. f.).

Nelson, M. - 1986—Biology And Ecology A Aeg..pdf. (s. f.).

OMS. (2019, abril 15). Dengue y dengue grave. Recuperado 10 de septiembre de 2019, de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>

PUCC - 2001—Fisica 2.pdf. (s. f.). Recuperado de http://www7.uc.cl/sw_educ/educacion/grecia/plano/html/pdfs/cra/fisica/NM2/R F2C001.pdf

Quishpe-Petrel, E. - 2014—Ciclo biológico y Tabla de Vida de Aedes aegypti, en Trujillo Peru.pdf. (s. f.).

Rodríguez, R., Capa, B., & Lozano, A. (2004). *Meteorología y climatología: Unidad didáctica: Semana de la Ciencia y la Tecnología 2004*. Madrid: Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología.

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

Rueda, L. M., Patel, K. J., Axtell, R. C., & Stinner, R. E. (1990). Temperature-

Dependent Development and Survival Rates of *Culex quinquefasciatus* and *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology*, 27(5), 892-898. <https://doi.org/10.1093/jmedent/27.5.892>

Sanchez, J. D., & <https://www.facebook.com/pahowho>. (2010). OPS/OMS | Dengue:

Información general. Recuperado 22 de julio de 2019, de Pan American Health Organization / World Health Organization website: https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=4493:2010-informacion-general-dengue&Itemid=40232&lang=es

Sanchez—2013—Incidencia vectorial y determinación cuantitativa de Aedes aegypti en Guayaquil.pdf. (s. f.).

Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases, & World Health Organization (Eds.). (2009). *Dengue: Guidelines for diagnosis, treatment, prevention, and control* (New ed). Geneva: TDR : World Health Organization.

Tun-Lin, W., Burkot, T. R., & Kay, B. H. (2000). Effects of temperature and larval diet on development rates and survival of the dengue vector *Aedes aegypti* in north Queensland, Australia. *Medical and Veterinary Entomology*, 14(1), 31-37. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2915.2000.00207.x>

Unicef—2016—Control del vector aedes aegypti y medidas preventivas en el contexto del Zika.pdf. (s. f.).

WHO - 2014—A brief guide to emerging infectious diseases and zoonoses.pdf. (s. f.).

Willat, G. - 2013—Vigilancia y control A aeg.pdf. (s. f.).

RELEVANCIA DE LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA FRENTE AL SURGIMIENTO DE ENFERMEDADES EMERGENTES DENTRO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS DURANTE EL 2018.

Anexos