



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN,  
INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA  
DE TECNOLOGÍA**

**CENTRO DE POSGRADOS**

**MAESTRÍA EN SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE MAGISTER EN SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL**

**TEMA: ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIACIONES DE  
PRECIPITACIONES E ÍNDICE DE VEGETACIÓN SOBRE LA  
DISTRIBUCIÓN ESPACIO – TEMPORAL DE ENFERMEDADES  
TRANSMITIDAS POR AEDES AEGYPTI EN MANABÍ**

**AUTOR: JARAMILLO CASTELO, CAROLINA ALEXANDRA**

**DIRECTORA: PhD. QUENTIN, EMMANUELLE**

**SANGOLQUÍ**

**2018**



## VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

### CENTRO DE POSGRADOS

#### CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, *“ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIACIONES DE PRECIPITACIONES E ÍNDICE DE VEGETACIÓN SOBRE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIO – TEMPORAL DE ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR AEDES AEGYPTI EN MANABÍ”* fue realizado por la señorita *Jaramillo Castelo, Carolina Alexandra*, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, julio de 2018

Una firma manuscrita en azul que dice 'ME Quentin'.

PhD. Emmanuelle Quentin

C.C.: 1191738108



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y  
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA**

**CENTRO DE POSGRADOS**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, *Jaramillo Castelo, Carolina Alexandra*, portadora de la cédula de ciudadanía n° 1721102729, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: *Análisis de correlación entre las variaciones de precipitaciones e índice de vegetación sobre la distribución espacio – temporal de enfermedades transmitidas por Aedes aegypti en Manabí* es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente, el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, julio de 2018

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir "Carolina Jaramillo Castelo".

---

Carolina Alexandra Jaramillo Castelo

C.C.: 1721102729



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y  
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA  
CENTRO DE POSGRADOS**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Jaramillo Castelo, Carolina Alexandra**, con C.C. n° 1721102729 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Análisis de correlación entre las variaciones de precipitaciones e índice de vegetación sobre la distribución espacio – temporal de enfermedades transmitidas por *Aedes aegypti* en Manabí** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, julio de 2018

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir 'Jaramillo'.

---

Carolina Alexandra Jaramillo Castelo

C.C.: 1721102729

## DEDICATORIA

A mi familia...

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi padre, Eduardo, por ayudarme en esta etapa de mi vida de todas las formas posibles, por su apoyo, su iniciativa, su paciencia y dedicación hacia mí.

A mi madre, María Eugenia, por sus opiniones profesionales, por brindarme su cariño y afecto.

A mi hermano, Santiago, por sus aportes y consejos brindados.

A una persona especial, Freddy, por compartir su conocimiento, por brindar su apoyo incondicional, por darme las fuerzas necesarias para seguir adelante en momentos difíciles, por su ayuda frente a las adversidades y por su amor.

A mi amigo, Mario Cruz, por su guía en este período académico.

A mi directora Emmanuelle por su conocimiento, paciencia y dedicación.

Carolina A. Jaramillo

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN .....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ACRÓNIMOS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xiv
 CAPÍTULO I	
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.1. Introducción y Antecedentes .....	1
1.2. Proyectos complementarios o relacionados.....	2
1.3. Justificación e importancia del proyecto .....	8
1.4. Problema de investigación.....	11
1.4.1. Desarrollo del problema .....	11
1.4.2. Planteamiento del problema .....	12
1.5. Objetivos.....	13
1.5.1. Objetivo General .....	13

1.5.2. Objetivos específicos.....	14
1.6. Alcance y Factibilidad .....	14
1.7. Metas y productos entregables.....	15
CAPÍTULO II	
2. MARCO REFERENCIAL .....	16
2.1. Estado del arte a nivel local .....	16
2.2. Marco Teórico.....	18
2.3. Marco Conceptual.....	36
2.4. Marco Jurídico .....	39
CAPÍTULO III	
3. METODOLOGÍA.....	42
3.1. Definición del área de estudio .....	43
3.2. Recopilación de datos .....	43
3.2.1. Imágenes satelitales.....	43
3.2.2. Bases de datos epidemiológicos .....	44
3.3. Preparación y análisis de datos .....	44
3.3.1. Base de Datos de SIVE-Alerta Ministerio de Salud Pública.....	44
3.3.2. Espacialización de ETV por el vector <i>Aedes aegypti</i> .....	48
3.3.3. Cubos espacio temporales .....	50
3.3.4. Correlación de variables .....	56
CAPÍTULO IV	
4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	59
4.1. Resultados.....	59

4.1.1. Importación de imágenes satelitales de precipitación e índice de vegetación.....	59
4.1.3. Correlación entre las variables .....	77
4.1.4. Análisis de correlación .....	86
4.1.5. Análisis de tendencia estacional – STA .....	91
CAPÍTULO V	
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	105
5.1. Conclusiones.....	105
5.2 Recomendaciones .....	107
BIBLIOGRAFÍA.....	109

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> <i>Total de casos de Dengue, Fiebre Chikungunya y Zika 1994-2017 en Manabí.....</i>	29
<b>Tabla 2</b> <i>Características de las imágenes satelitales CMORPH y MODIS.....</i>	43
<b>Tabla 3</b> <i>Características de los datos epidemiológicos.....</i>	44
<b>Tabla 4</b> <i>Casos de ETV por año y por mes.....</i>	67
<b>Tabla 5</b> <i>Resultados de pendiente, intersección, Ry <math>R^2</math> para la generación del modelo.....</i>	93
<b>Tabla 6</b> <i>Casos de ETV, por cantón, generados por modelo predictivo.....</i>	96
<b>Tabla 7</b> <i>Comprobación de casos de ETV, por cantón, generados por modelo predictivo versus la notificación en el SIVE-Alerta.....</i>	96

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Mapa de distribución reportada y potencial para la fiebre del Dengue en el mundo .....	19
<b>Figura 2</b>	Ciclo de vida del vector Aedes Aegypti .....	19
<b>Figura 3</b>	Mosquito Aedes aegypti – hembra etapa adulta .....	21
<b>Figura 4</b>	Perfiles epidemiológicos de la provincia de Manabí 1994-2017.....	29
<b>Figura 5</b>	Precipitación diaria enero de 2009; fecha: 20/06/2009 .....	32
<b>Figura 6</b>	Índice de vegetación EVI, imagen del sensor MODIS del Ecuador continental.....	33
<b>Figura 7</b>	Modelos de datos espacial raster .....	35
<b>Figura 8</b>	Polígono de coordenadas de la provincia de Manabí .....	43
<b>Figura 9</b>	Importación de datos desde bases externas, *.xls hacia Microsoft Access .....	45
<b>Figura 10</b>	Selección de los libros de la base de datos .....	45
<b>Figura 11</b>	Formato de caldas para la base de datos en Microsoft Access .....	46
<b>Figura 12</b>	Bases de datos para realizar el diseño de consulta .....	46
<b>Figura 13</b>	Creación de el campo “Categoría” en la base de códigos CIE 10 .....	47
<b>Figura 14</b>	Diseño de consulta de la base de datos de ETV .....	47
<b>Figura 15</b>	Módulo para mapas desagregados .....	48
<b>Figura 16</b>	Herramienta Extract del programa TerrSet.....	50
<b>Figura 17</b>	Herrameinta para realizar el cubo espacio temporal en TerrSet.....	50
<b>Figura 18</b>	Módulo Earth Trends Modeler .....	51
<b>Figura 19</b>	Creación de la serie de tiempo.....	52
<b>Figura 20</b>	Cubo de información con las series de tiempo .....	52
<b>Figura 21</b>	Generación de los perfiles lineares de las variables .....	53

<b>Figura 22</b> Importación de imágenes satelitales .....	54
<b>Figura 23</b> Importación de la imagen CMORPH hacia formato raster .....	55
<b>Figura 24</b> Generación de modelo lineal para obtener el R y R <sup>2</sup> .....	56
<b>Figura 25</b> Herramienta STA – Análisis de tendencia estacional.....	57
<b>Figura 26</b> Herramienta de modelación lineal – software TerrSet .....	58
<b>Figura 27</b> Herramienta Calculadora de imágenes – software TerrSet .....	58
<b>Figura 28</b> Imagen CMORPH de Precipitación en mm del año 2013, semana epidemiológica 29, provincia de Manabí .....	59
<b>Figura 29</b> Imagen CMORPH de Precipitación en mm del año 2014, semana epidemiológica 09, provincia de Manabí .....	60
<b>Figura 30</b> Imagen CMORPH de Precipitación en mm del año 2015, semana epidemiológica 09, provincia de Manabí .....	60
<b>Figura 31</b> Imagen CMORPH de Precipitación en mm del año 2016, semana epidemiológica 09, provincia de Manabí .....	61
<b>Figura 32</b> Imagen CMORPH de Precipitación en mm del año 2017, semana epidemiológica 09, provincia de Manabí .....	61
<b>Figura 33</b> Imagen MODIS de Índice de Vegetación, del 26 de febrero de 2013, provincia de Manabí .....	62
<b>Figura 34</b> Imagen MODIS de Índice de Vegetación de fecha 26 de febrero de 2014, provincia de Manabí .....	62
<b>Figura 35</b> Imagen MODIS de Índice de Vegetación de fecha 26 de febrero de 2015, provincia de Manabí .....	63

<b>Figura 36</b> Imagen MODIS de Índice de Vegetación de fecha 26 de febrero de 2016, provincia de Manabí .....	63
<b>Figura 37</b> Imagen MODIS de Índice de Vegetación de fecha 26 de febrero de 2017, provincia de Manabí .....	64
<b>Figura 38</b> Imagen de espacialización de ETV, semana epidemiológica 19, año 2013, provincia de Manabí .....	64
<b>Figura 39</b> Imagen de espacialización de ETV, semana epidemiológica 19, año 2014, provincia de Manabí .....	65
<b>Figura 40</b> Imagen de espacialización de ETV, semana epidemiológica 19, año 2015, provincia de Manabí .....	65
<b>Figura 41</b> Imagen de espacialización ETV, semana epidemiológica 19, año 2016, provincia de Manabí .....	66
<b>Figura 42</b> Imagen de espacialización de ETV, semana epidemiológica 16, año 2017, provincia de Manabí .....	66
<b>Figura 43</b> Línea de tendencia de los casos de ETV 2013 .....	68
<b>Figura 44</b> Línea de tendencia de los casos de ETV 2014 .....	69
<b>Figura 45</b> Línea de tendencia de los casos de ETV 2015 .....	70
<b>Figura 46</b> Línea de tendencia de los casos de ETV 2016 .....	71
<b>Figura 47</b> Línea de tendencia de los casos de ETV 2017 .....	72
<b>Figura 48</b> Cubo de informaciójn y línea de tendencia de precipitaciones del año 2013.....	73
<b>Figura 49</b> Cubo de informaciójn y línea de tendencia de precipitaciones del año 2014.....	73
<b>Figura 50</b> Cubo de informaciójn y línea de tendencia de precipitaciones del año 2015.....	73
<b>Figura 51</b> Cubo de informaciójn y línea de tendencia de precipitaciones del año 2016.....	74

<b>Figura 52</b> Cubo de informaci3n y lnea de tendencia de precipitaciones del a1o 2017.....	74
<b>Figura 53</b> Comportamiento del ndice de vegetaci3n del a1o 2013.....	75
<b>Figura 54</b> Comportamiento del ndice de vegetaci3n del a1o 2014.....	75
<b>Figura 55</b> Comportamiento del ndice de vegetaci3n del a1o 2015.....	76
<b>Figura 56</b> Comportamiento del ndice de vegetaci3n del a1o 2016.....	76
<b>Figura 57</b> Comportamiento del ndice de vegetaci3n del a1o 2017.....	77
<b>Figura 58</b> Comportamiento de la precipitaci3n (verde) vs casos de ETV (azul) del a1o 2013 ....	77
<b>Figura 59</b> Comportamiento de la precipitaci3n (verde) vs casos de ETV (azul) del a1o 2014 ....	78
<b>Figura 60</b> Comportamiento de la precipitaci3n (verde) vs casos de ETV (azul) del a1o 2015 ....	79
<b>Figura 61</b> Comportamiento de la precipitaci3n (verde) vs casos de ETV (azul) del a1o 2016 ....	79
<b>Figura 62</b> Comportamiento de la precipitaci3n (verde) vs casos de ETV (azul) del a1o 2017 ....	80
<b>Figura 63</b> Comportamiento del ndice de vegetaci3n (verde) vs casos de ETV (azul) del a1o 2013.....	81
<b>Figura 64</b> Comportamiento del ndice de vegetaci3n (verde) vs casos de ETV (azul) del a1o 2014.....	81
<b>Figura 65</b> Comportamiento del ndice de vegetaci3n (verde) vs casos de ETV (azul) del a1o 2015.....	82
<b>Figura 66</b> Comportamiento del ndice de vegetaci3n (verde) vs casos de ETV (azul) del a1o 2016.....	82
<b>Figura 67</b> Comportamiento del ndice de vegetaci3n (verde) vs casos de ETV (azul) del a1o 2017.....	83
<b>Figura 68</b> Comportamiento del ndice de vegetaci3n (azul) vs la precipitaci3n (verde) del a1o 2013.....	84

<b>Figura 69</b> Comportamiento del índice de vegetación (azul) vs la precipitación (verde) del año 2014.....	84
<b>Figura 70</b> Comportamiento del índice de vegetación (azul) vs la precipitación (verde) del año 2015 .....	85
<b>Figura 71</b> Comportamiento del índice de vegetación (azul) vs la precipitación (verde) del año 2016 .....	85
<b>Figura 72</b> Comportamiento del índice de vegetación (azul) vs la precipitación (verde) del año 2017 .....	86
<b>Figura 73</b> Coeficiente de correlación y de determinación precipitación – casos ETV año 2013 ( $R - R^2$ ).....	87
<b>Figura 74</b> Coeficiente de correlación y de determinación precipitación-casos ETV año 2014 ....	87
<b>Figura 75</b> Coeficiente de correlación y de determinación precipitación-casos ETV año 2015 ....	88
<b>Figura 76</b> Coeficiente de correlación y de determinación precipitación-casos ETV año 2016 ....	88
<b>Figura 77</b> Coeficiente de correlación y de determinación precipitación-casos ETV año 2017 ....	89
<b>Figura 78</b> Coeficiente de correlación y de determinación índice de vegetación – casos ETV año 2013 .....	89
<b>Figura 79</b> Coeficiente de correlación y de determinación índice de vegetación – casos ETV año 2014 .....	90
<b>Figura 80</b> Coeficiente de correlación y de determinación índice de vegetación – casos ETV año 2015 .....	90
<b>Figura 81</b> Coeficiente de correlación y de determinación índice de vegetación – casos ETV año 2016 .....	91
<b>Figura 82</b> Análisis de tendencia estacional de precipitación 2013-2016 .....	91

<b>Figura 83</b> Análisis de tendencia estacional de índice de vegetación 2013-2016 .....	92
<b>Figura 84</b> Modelo de incidencia de casos de ETV en Manabí para la SE 12 año 2017 .....	95
<b>Figura 85</b> Parroquias de la provincia de Manabí .....	98

## ACRÓNIMOS

ETV: Enfermedades de transmisión vectorial.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

OPS: Organización Panamericana de la Salud.

MPS: Ministerio de Salud Pública del Ecuador.

INSPI: Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública – Dr. Leopoldo Izquieta Pérez.

SIVE-Alerta: Sistema de Vigilancia Epidemiológica.

EPISIG: Plataforma integrada de Epidemiología, Geomática, Bioinformática y Bioestadística.

ETM: Earth Trends Modeler, (Tendencia de modelamiento terrestre).

EVI: Enhanced Vegetation Index- Índice de Vegetación Mejorado.

## RESUMEN

Las enfermedades vectoriales transmitidas por *Aedes aegypti*, como el Dengue, Chikungunya y Zika, son unas de las más extendidas en el Ecuador y constituyen uno de los mayores retos de la salud pública. La distribución de estas enfermedades está determinada por una dinámica de factores medioambientales y sociales. En la Región Costa del Ecuador, el número de casos de enfermedades vectoriales por *Aedes aegypti* ha aumentado sostenidamente durante los últimos años debido al incremento de varios factores que afectan de forma directa en la incidencia de casos de enfermedades vectoriales. La provincia de Manabí es una zona endémica de enfermedades transmitidas por el vector *Aedes aegypti*, con una alta incidencia de casos, debido a las precipitaciones en la zona y la vegetación que presenta generan focos de crecimiento de vectores, y con el aumento de la población se altera el perfil epidemiológico del sector. La determinación de la relación existente entre enfermedades vectoriales con la precipitación e índice de vegetación permitirá conocer cómo afecta una variable sobre otra; mediante la generación de un modelo predictivo de incidencia de casos permitirá una mejora en la planificación de actividades en el Sistema de Vigilancia Epidemiológica y Control Vectorial de la provincia.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **PRECIPITACIÓN**
- **ENFERMEDADES VECTORIALES**
- **DESAGREGACIÓN**
- **CUBOS ESPACIO-TEMPORALES**
- ***AEDES AEGYPTI***

## ABSTRACT

Vector-borne diseases transmitted by *Aedes aegypti* are among the most widespread at the Ecuador and constitute one of the major public health challenges. In the Coastal Region of Ecuador, the number of cases of vector diseases by *Aedes aegypti* has increased steadily in recent years due to the increase in several factors that directly affect the incidence of vector diseases. The province of Manabí is an endemic area of diseases transmitted by vectors, with a high incidence of cases, due to the precipitations of the zone and the vegetation that it presents, they generate vectors growth centers, and with the increase of the population it is altered the epidemiological profile of the sector. The determination of the relationship between vector diseases with precipitation and vegetation index will allow knowing how one variable affects another, by generating a predictive model of incidence of cases will allow an improvement in the planning of activities in the Epidemiological Surveillance System and Vector Control of the province.

### KEYWORDS:

- **PRECIPITATION**
- **VECTORIAL DISEASES**
- **DISAGGREGATION**
- **TEMPORARY SPACE CUBES**
- ***Aedes aegypti***

# CAPÍTULO I

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Introducción y Antecedentes

Las enfermedades transmitidas por vectores (ETV) son unos de los principales problemas de salud en el mundo. (OMS, 2017) La Organización Mundial de la Salud - OMS estima que 80 millones de personas se infectan cada año, además 550 mil enfermos requieren hospitalización, 20 mil mueren, más de 2.500 millones de personas están en riesgo de contagio y más de 100 países tienen transmisión de tipo endémica. Se prevé que para el año 2085 el cambio climático pondrá a 3.500 millones de personas en riesgo. (Ministerio de Salud de la Nación - Argentina, 2016)

Los cambios demográficos dan por resultado un crecimiento desordenado de las urbes, con el aumento del uso de recipientes plásticos y el mal manejo de desechos sólidos incrementa el número de criaderos del vector, por lo tanto, aumenta el riesgo de contraer ETV. (Ministerio de Salud de la Nación - Argentina, 2016)

Por otro lado, la capacidad de adaptación del vector, el uso exagerado de insecticidas, el cambio climático y la circulación de varios serotipos de virus en Latinoamérica y Centroamérica afectan de manera directa a la población y a los servicios de salud pública. (Ministerio de Salud de la Nación - Argentina, 2016)

Los fenómenos derivados del calentamiento global producen cambios de temperatura y humedad, cuyas consecuencias afectan la incidencia de ETV tanto en las zonas urbanas como en

las zonas rurales. (Ministerio de Salud de la Nación - Argentina, 2016) Estos aspectos requieren mayores esfuerzos entre todos los actores sociales de cada país. El período de transmisión de este tipo de enfermedades es un aspecto a considerar teniendo en cuenta que los vectores se han adaptado para lograr sobrevivir en épocas lluviosas y en períodos de sequía. El clima es una variable determinante en el ciclo de vida de los vectores, el entorno físico modifica el clima a nivel local y como resultado se generan microclimas donde los vectores pueden aprovechar las ventajas a su favor. (Ministerio de Salud de la Nación - Argentina, 2016)

Por lo anteriormente mencionado, se hace prioritario el desarrollo de estrategias de control en campo, que incluye la participación de la comunidad en riesgo según los grados de transmisión, como lo son condiciones sociales, ambientales, movilidad humana, condiciones del agua, períodos del año, niveles de infestación, notificaciones desde los establecimientos de salud, entre otros; con el fin de incrementar la eficacia de las intervenciones vectoriales para evitar, limitar o controlar las poblaciones de vectores. (Ministerio de Salud de la Nación - Argentina, 2016)

## **1.2. Proyectos complementarios o relacionados**

Este proyecto está relacionado o es complementario de:

- CAMBIO CLIMÁTICO Y ENFERMEDADES INFECCIOSAS. UN NUEVO ESCENARIO EPIDEMIOLÓGICO, realizado por: Jaime Cerda L.; Gonzalo Valdivia C.; M. Teresa Valenzuela B; Jairo Venegas L. con el auspicio de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Medicina Departamento de Salud Pública (GVC), el Programa de Especialidad en Salud Pública (JCL), la Universidad de los Andes Facultad de Medicina Departamento de Salud Pública y Epidemiología (MTVB) y la Universidad de Chile Facultad de Medicina Escuela de Salud Pública Programa de Doctorado en Salud Pública (JVL)

En este estudio se plantea que la temperatura está incrementándose, con un aumento promedio de 1,0 ° C - 3,5 ° C para el año 2100. Las consecuencias pronosticadas son diversas y dañinas para la salud humana. Para contrarrestar estas consecuencias se generan escenarios epidemiológicos. Con el fin de demostrar cambios en la dinámica de los vectores. Adicional se comentan desafíos pendientes, entre los cuales se destaca la importancia de incorporar los profesionales expertos en enfermedades tropicales para que laboren en el sector de la salud nacional. (Cerde, Valdivia, Teresa, & Jairo)

- DENGUE Y FIEBRE HEMORRÁGICA DEL DENGUE, UN PROBLEMA DE SALUD MUNDIAL, realizado por: Canals Lambarri; Mauricio; Cattan E Ehrenfeld, Mildred

En este estudio menciona que desde los años 1600 y 1700, el Dengue se ha considerado la enfermedad viral transmitida por mosquitos de mayor importancia médica. Debido a la importancia a nivel mundial y particularmente en el continente americano, se hizo necesaria la búsqueda de una solución inmediata para abordar el desarrollo de la enfermedad.

En esta investigación se presentó una actualización del tema en aspectos importantes como: el espectro clínico de la enfermedad, las características del agente etiológico y los mecanismos inmunopatogénicos que tienen lugar en su interacción con el huésped. (Lambarri, Cattan, & Ehrenfeld)

- IMPORTANCIA DE LOS FLOREROS COMO CRIADEROS DE *Aedes Aegypti* EN TRES CEMENTERIOS DEL ESTADO TRUJILLO, VENEZUELA, realizado por: Castillo, Carmen; Brown, Eric Castillo, Luis; Caprazo, Melina; Sánchez, Libert; auspiciado por la Universidad de Los Andes. Núcleo “Rafael Rangel”

En este estudio se menciona que el *Aedes aegypti* es una especie bien adaptada a condiciones en sitios de cría artificiales. Los sitios públicos, como los cementerios representan criaderos

potenciales. Para formular la importancia de los floreros en los cementerios como criaderos de *Aedes aegypti*, se realizó un estudio en tres cementerios del estado Trujillo, Venezuela. Se inspeccionaron 478 tumbas, para un total de 537 floreros con agua de los cuales 218 (41%) resultaron positivos para formas inmaduras de mosquitos. Además, recolectaron un total de 2.040 larvas y 942 pupas, de las cuales el 72% (677/942) fueron identificadas como *Aedes aegypti* en laboratorio. De los mosquitos adultos identificados como *Aedes aegypti* el 51% fueron hembras y el 49% machos. Esto resalta la necesidad de incluir en los programas de control vectorial, programas de educación comunitaria.

Se realizaron talleres con el apoyo de las Alcaldía de los municipios de Pampán y Pampanito, a través de las Vocerías de Salud, para explicar la importancia de la implementación de la Ordenanza Municipal que prohíbe el uso de agua en los envases floreros de los cementerios y promover el uso de arena húmeda para colocar las flores. (Castillo, Brown, Castillo , Caprazo, & Sánchez)

- *AEDES AEGYPTI* EN EL ÁREA RURAL: IMPLICACIONES EN SALUD PÚBLICA, realizado por: Víctor Alberto Olano; Investigador Emérito, Instituto Nacional de Salud, Bogotá, D.C., Colombia con el auspicio del Instituto de Salud y Ambiente, Universidad El Bosque, Bogotá, D.C., Colombia

En esta investigación se menciona que el mosquito *Aedes aegypti* es considerado como el vector primario de los virus del Dengue, Chikungunya, Zika y de la Fiebre Amarilla en el continente americano. El papel de *Aedes aegypti* como transmisor de enfermedades al hombre fue demostrado por el médico estadounidense Walter Reed en 1901, confirmando la hipótesis planteada por el médico Carlos Finlay en el sentido de que *Aedes aegypti* era el vector de la fiebre amarilla. (Olano)

- ANÁLISIS DE CAMBIO DEL USO DEL SUELO EN EL ESTADO DE MÉXICO MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y TÉCNICAS DE REGRESIÓN MULTIVARIANTES. UNA APROXIMACIÓN A LOS PROCESOS DE DEFORESTACIÓN realizado por: Noel Bonfilio Pineda Jaimes; Joaquín Bosque Sendra; Montserrat Gómez Delgado; Wenceslao Plata Rocha

El estudio tuvo como objetivo describir los cambios en la cobertura y uso del suelo en el Estado de México en el período 1993-2002. Se calcularon los cambios, intercambios y transiciones que afectan la pérdida de la cobertura vegetal, se aplicaron métodos de regresión multi variantes para explicar las posibles causas que provocan este proceso de deforestación. Se demostró que las categorías de bosque tienen cambios netos bajos, pero valores de intercambio altos. Las transiciones entre categorías revelan una dinámica de perturbación–recuperación forestal. Los modelos de regresión lineal múltiple señalan que los factores demográficos a nivel municipal son los que más inciden en la pérdida del bosque. Estos modelos explican que la mayor pérdida ocurre en zonas boscosas cercanas a las zonas agrícolas; y las zonas con alta fragilidad ecológica son las que presentan mayor susceptibilidad a ser deforestadas. (Bonfilio, Pineda, Bosque, Gómez, & Plata Rocha, 2002)

- FACTORES ECOLÓGICOS ASOCIADOS CON LA PRESENCIA DE LARVAS DE *Aedes Aegypti* EN ZONAS DE ALTA INFESTACIÓN DEL MUNICIPIO PLAYA, CIUDAD DE LA HABANA, CUBA, realizado por: Juan Andrés Bisset Lazcano; María del Carmen Marquetti; Reina Portillo; María Magdalena Rodríguez; Silvia Suárez; Maureen Leyva

En este estudio los principales objetivos fueron: identificar los factores ecológicos locales que podrían incidir en la mayor infestación vectorial con *Aedes aegypti* observada en cuatro áreas de salud urbanas de ciudad de La Habana, Cuba, así como los tipos de depósitos con mayor número

de larvas. La metodología utilizada fue descriptiva. Se verificó cuatro áreas de salud de los municipios de Playa, Ciudad de La Habana y Cuba; seleccionadas por la presencia reiterada del vector del Dengue en el año 2003. Entre abril de 2004 y marzo de 2005 se inspeccionaron todos los locales de las manzanas seleccionadas. Se caracterizaron los depósitos existentes con agua y los factores ecológicos observados. Se contaron las larvas y pupas de mosquitos en cada depósito. La identificación taxonómica de las pupas se realizó con microscopio estereoscópico. Como resultado se identificó que los depósitos en que se encontraron larvas y pupas de *Aedes aegypti* fueron los tanques bajos y los pequeños depósitos artificiales. En tres de las áreas estudiadas la mayor cantidad de pupas se encontró en los tanques bajos, de los cuales 90,9 por ciento se encontraban destapados o tapados parcialmente, mientras que en el área restante los pequeños depósitos artificiales fueron los más frecuentes. Se encontró correlación entre el número de depósitos infestados en las viviendas con la presencia de patio, de sombra parcial, de vegetación y de árboles, así como con la mala higiene.

Como conclusión se obtuvo que los depósitos artificiales, especialmente los tanques bajos y los recipientes pequeños, son los criaderos más frecuentes de *Aedes aegypti*, por lo que constituyen un factor de riesgo de infestación con ese vector. (Bisset, y otros)

- EFFECT OF TEMPERATURE ON THE VECTOR EFFICIENCY OF *Aedes aegypti* FOR DENGUE 2 VIRUS, auspiciado por: The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene y realizado por: Douglas M. Watts Donald S. Burke; Bruce A. Harrison; Richard E. Whitmire; Ananda Nisalak

El estudio concluyó que el efecto de la temperatura sobre la capacidad del *Aedes aegypti* para transmitir el virus del Dengue a monos rhesus se evaluó como una posible explicación de la variación estacional en la incidencia de la fiebre hemorrágica del Dengue en Bangkok, Tailandia.

En dos experimentos de laboratorio, una cepa Bangkok de *Aedes aegypti* se permitió alimentarse de monos virémicos infectados con el virus del Dengue. Los mosquitos se separaron en dos grupos y se mantuvieron a temperaturas constantes. Las tasas de infección y transmisión de virus se determinaron para *Aedes aegypti* a intervalos de cuatro a siete días durante un período de incubación de 25 días. Los resultados del primer experimento para mosquitos infectados con una dosis baja de virus y mantenidos a 20, 24, 26 y 30 ° C, indicaron que la tasa de infección oscilaba entre el 25% y el 75% dependiendo del período de incubación. Sin embargo, el virus se transmitió a los monos sólo por *Aedes aegypti* retenido a 30 ° C durante 25 días. En el segundo experimento, la tasa de infección de *Aedes aegypti* que ingería una dosis viral más alta, y se incubó a 26, 30, 32 y 35 ° C osciló entre 67% y 95%. El virus se transmitió a los monos sólo por mosquitos mantenidos a  $\geq 30$  ° C. El período de incubación extrínseca fue de 12 días para los mosquitos a 30 ° C, y se redujo a siete días para los mosquitos incubados a 32 ° C y 35 ° C. Estos resultados implican que las variaciones inducidas por la temperatura en la eficiencia del vector de *Aedes aegypti* puede ser un determinante significativo en el patrón cíclico anual de las epidemias de fiebre hemorrágica por Dengue en Bangkok. (Watts, Burke, Harrison, Whitmire, & Nisalak)

- ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL DEL DENGUE Y DEL *Aedes aegypti* EN LAS AMÉRICAS, publicado en la Revista Cubana de Medicina Tropical y realizado por: Rodolfo Rodríguez Cruz

En la investigación y de acuerdo con la OMS, dos quintas partes de la población mundial vive en riesgo de ser infectada por Dengue y más de 100 países han sido afectados por epidemias de Dengue o Dengue Hemorrágico. El 95% de los casos son infantes; las tasas de ataque llegan hasta 64 por 1000 habitantes. El control de la enfermedad es costoso y las epidemias ocasionan un impacto negativo en el desarrollo socioeconómico de los países. El Dengue y el Dengue

Hemorrágico vienen constituyendo un problema grave para los países del continente americano. Aún más alarmante resulta la emergencia del Dengue Hemorrágico observada a partir de la epidemia de Cuba en 1981 y su extensión gradual a otros países de la Región. Las actividades específicas por parte de los servicios de salud y los programas de control se ven obstaculizados por la influencia de factores económicos, políticos, sociales y administrativos.

Existe una falta de aplicación en el terreno de la prioridad oficial de la prevención y el control del Dengue. Las actividades de control del vector no cuentan con sostenibilidad, lo cual se relaciona con la carencia de institucionalización de programas, falta de integración intrasectorial e intersectorial, y de participación comunitaria. La mayoría de los programas se han incorporado dentro del Ministerio de Salud como servicio de *Aedes aegypti* y Fiebre Amarilla o combinados con el Servicio de Malaria o servicio de control de vectores. Existe poca capacitación del personal de los programas y ninguna investigación operacional. (Rodríguez)

### **1.3. Justificación e importancia del proyecto**

Las enfermedades transmitidas por vectores son trastornos causados por agentes patógenos que afectan al ser humano. En todo el mundo se registran cada año más de 1000 millones de casos y más de un millón de defunciones como consecuencia de enfermedades transmitidas por vectores, tales como el Paludismo, Dengue, Chikungunya, Leishmaniosis, Fiebre Amarilla, Zika entre otras. (OMS/OPS, 2016)

La distribución de estas enfermedades está determinada por una compleja dinámica de factores medioambientales y sociales; los desplazamientos, el comercio, la urbanización no planificada, los problemas medioambientales, intensas precipitaciones, además del cambio climático, están influyendo considerablemente en la transmisión de enfermedades. (OMS/OPS, 2016)

Uno de los principales factores que afectan al crecimiento de vectores es la precipitación. (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2011-2013) El cambio en esta variable produce variaciones de temperatura y fomenta el crecimiento de la vegetación. Esto incide en el crecimiento de vectores (mosquitos) transmisores de enfermedades vectoriales. Por lo tanto la información climática se puede utilizar para vigilar y predecir de una manera aproximada y a largo plazo la distribución y las tendencias de enfermedades variables en función del clima. (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2011-2013)

En el Ecuador las enfermedades transmitidas por vectores constituyen una de las causas más frecuentes de mortalidad, morbilidad y alto impacto económico en el territorio y con la influencia de los cambios demográficos, socio económico y ambiental se ve alterado el perfil epidemiológico del país, incrementando la incidencia de varias enfermedades vectoriales re-emergentes. (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2016)

En el país el ente rector encargado de la vigilancia epidemiológica y control de enfermedades es el Ministerio de Salud Pública (MSP). Esta entidad entrena personal médico para la notificación de casos sospechosos de enfermedades vectoriales, su recopilación a nivel nacional, el cierre de caso individual y su análisis para una posterior generación de la gaceta epidemiológica. (Ministerio de Salud Pública, 2017) Aun cuando el MSP debe recopilar esta información, no cuenta con un histórico validado de enfermedades de transmisión vectorial, solamente a partir de la creación del SIVE-Alerta en el año 2013, el cual es un programa que recopila información de enfermedades de vigilancia epidemiológica a nivel de establecimientos de salud en todo el país, el histórico de registros se cuenta desde marzo de 2013 hasta la actualidad reportado por semana epidemiológica. (Ministerio de Salud Pública, 2017)

Esta carencia de datos históricos ha generado interés en realizar estudios acerca de enfermedades vectoriales, que son las que año a año generan problemas sociales y económicos en las provincias costeras y amazónicas. El INSPI - Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública ha realizado varias investigaciones utilizando el registro de enfermedades desde el 2013, combina factores climáticos y sociales y se obtiene productos como: sitios de riesgo de Dengue a nivel nacional, distribución espacial del vector *Aedes aegypti*, simulación de distribución espacial del mismo vector con el uso de datos climáticos del Fenómeno de El Niño y enfermedades infecciosas relacionadas con el clima y condiciones de vivienda, entre otros. (EPISIG-INSPI, 2017)

Según los datos que presenta el SIVE-Alerta, en la zona costera en especial las provincias de Manabí y Esmeraldas son las que presentan los mayores índices de incidencia de casos de enfermedades vectoriales transmitidas por *Aedes aegypti*. (Ministerio de Salud Pública, 2017) La zona de estudio seleccionada es la provincia de Manabí por tener los más altos índices y tasas de Dengue, Fiebre Chikungunya y Zika en los dos últimos años. (Ministerio de Salud Pública, 2017)

Con este antecedente y en referencia al corto número de investigaciones relacionadas a enfermedades transmitidas por el vector *Aedes aegypti* en el Ecuador, se ve la necesidad de realizar un estudio que relacione, no solo factores climáticos como la precipitación sino también factores ambientales como la vegetación, que es de suma importancia en el ciclo de reproducción del vector, debido a que genera un ambiente húmedo, cálido y puede formar cavidades o sitios donde al agua se acumule como agujeros de tronco de árboles, bromeliáceas, plantas de bambú, entre otros.

Por tal razón la pertinencia de realizar este tipo de investigación permitirá obtener la relación entre la incidencia de enfermedades vectoriales transmitidas por *Aedes aegypti* con la precipitación y el índice de vegetación de la provincia de Manabí; insumo con el cual se generará un modelo de predictivo de incidencia de casos, con el fin planificar de una forma eficiente el control vectorial en el sector afectado, realizar campañas de prevención en el primer nivel de atención en salud, programas de gestión en ambiente y salud y proyectos de gestión de riesgos en salud para la población vulnerable.

#### **1.4. Problema de investigación**

##### **1.4.1. Desarrollo del problema**

El Ecuador es un país endémico de enfermedades tropicales transmitidas por vectores, las más recurrentes son las transmitidas por el vector *Aedes aegypti*, como lo son el Dengue, la Fiebre Chikungunya y Zika. (Ministerio de Salud Pública, 2017) Una de las provincias a nivel nacional con mayor índice de enfermedades vectoriales es Manabí, de acuerdo a las gacetas epidemiológicas emitidas por el MSP. (Ministerio de Salud Pública, 2017) Éste índice se ve afectado no solo por la presencia del virus en los vectores sino por varios parámetros ambientales que influyen en el hábitat y ciclo de vida del mosquito. Los parámetros naturales que tiene relevancia son la precipitación y la vegetación, además de otros antrópicos que tienen injerencia en el nicho ecológico del vector por la presencia de asentamientos humanos. (Ministerio de Salud Pública, 2017) Las precipitaciones y la presencia de vegetación tienen roles de gran importancia en el proceso de reproducción del mosquito ya que buscan sitios donde el agua se empoce, ya sean de forma artificial como cualquier tipo de contenedor, llantas, vasijas y de forma natural en plantas como bromelias, bananeras y matorrales a ras de suelo; y como fuente de alimentación

para el mosquito macho que se nutre del néctar de las flores. (Ministerio de Salud Pública, 2017) Todo esto provoca que el número de individuos crezca de una manera acelerada, y si éste es infectado por el virus incide directamente en el incremento de enfermedades vectoriales en las poblaciones aledañas a los nichos del mosquito.

#### **1.4.2. Planteamiento del problema**

La provincia de Manabí ha presentado en los últimos años un incremento de enfermedades transmitidas por el vector *Aedes aegypti*, en especial Fiebre Chikungunya y Zika, además de la presencia continua del Dengue según las gacetas epidemiológicas del MSP; y sumado a la falta de medidas de prevención pre y post estación lluviosa, además de la carencia de fumigaciones en las casas en las zonas rurales que se encuentran cercanas a zonas de vegetación propia del lugar. (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2016) Todo esto conlleva a que pueda existir un incremento de casos de enfermedades vectoriales transmitidas por *Aedes aegypti* en la población de Manabí. (Ministerio de Salud Pública, 2017)

El Ecuador cuenta con varios estudios previos realizados por el INSPI, donde se ha investigado acerca del análisis espacio-temporal de enfermedades infecciosas asociadas con variables de clima y condiciones de vivienda, además de un estudio de simulación de distribución de la especie de *Aedes aegypti* en base a datos climáticos y un estudio de modelación de sitios con riesgo de Dengue a nivel nacional. (EPISIG-INSPI, 2017)

Por lo anteriormente expuesto, se denota por parte de la academia el interés y desarrollo investigativo acerca de las enfermedades vectoriales especialmente las relacionadas con variables climáticas, pero todavía no se cuenta con un estudio que compare año a año el número de casos de enfermedades vectoriales con el aumento o disminución de la precipitación y el índice de

vegetación del sector para lograr comprobar un modelo predictivo de incidencia de casos y proporcionar un insumo clave para realizar una mejora en la planificación en los procesos de control vectorial.

Por lo tanto, es de importancia realizar un estudio que compare estas dos variables (precipitación, índice de vegetación) y que permita visibilizar si existe una correlación entre ellas con el número de casos de enfermedades vectoriales por *Aedes aegypti* de cada año, con el fin de generar un modelo predictivo que muestre los posibles casos de enfermedades vectoriales en la zona de estudio.

### **1.4.3. Formulación del problema a resolver**

¿Cómo la precipitación y la presencia de vegetación en la provincia de Manabí afectan en la incidencia de casos de enfermedades vectoriales transmitidas por *Aedes aegypti*?

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

Comprobar la correlación entre la incidencia de casos ETV del vector *Aedes aegypti* con la precipitación e índice de vegetación mediante el análisis de datos proporcionados por el sistema SIVE-Alerta desde marzo de 2013 hasta marzo de 2017 y un estudio de cubos espacio temporales de precipitación e índice de vegetación, con el fin de utilizar un modelo predictivo de incidencia de casos ETV en la provincia de Manabí, que sirva de insumo para la planificación del control vectorial de la zona.

### 1.5.2. Objetivos específicos

- Realizar un análisis de los datos de casos de ETV, precipitación e índice de vegetación de la zona de estudio, mediante la generación de cubos espacio-temporales a fin de obtener series de tiempo desde marzo de 2013 a marzo de 2017.
- Determinar la correlación entre casos de ETV, precipitación e índice de vegetación mediante al análisis de las series de tiempo y coeficientes de correlación de las variables, a fin de establecer la relación entre las variables.
- Utilizar el modelo predictivo de casos de ETV del INSPI, en función de la precipitación e índice de vegetación, a fin de proporcionar un insumo para la planificación en el control vectorial en la provincia de Manabí.

### 1.6. Alcance y Factibilidad

Este estudio pretende generar nuevos aportes e información a los conocimientos existentes sobre las enfermedades vectoriales transmitidas por *Aedes aegypti* y su correlación entre dos variables como lo es la precipitación y la vegetación, las cuales son factores primordiales para el crecimiento y desarrollo del mosquito con el fin de determinar cómo éstas inciden en el aumento o disminución de enfermedades vectoriales.

Debido al alcance de esta investigación, a la información bibliográfica y a los datos generados por la autora en varios períodos, se consideró viable la ejecución de esta investigación y su culminación en el tiempo previsto. Los beneficiarios directos son la población de la provincia el MSP y el INSPI.

### **1.7. Metas y productos entregables**

a) Cubos de información espacio-temporales de precipitación, índice de vegetación y casos de ETV de la provincia de Manabí.

b) Mapas de correlación y determinación ( $R$  y  $R^2$ ) entre precipitación, índice de vegetación con los casos de enfermedades de transmisión vectorial de los años 2013 al 2017 en formato A3 en extensión.\*pdf. (Anexos)

c) Modelo de incidencia de número de casos de enfermedades vectoriales en al área de estudio.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO REFERENCIAL

#### 2.1. Estado del arte a nivel local

El INSPI mediante la plataforma EPISIG recopila, estructura, analiza, modela y presenta resultados relacionados con la salud. Por medio de investigaciones se analiza y se verifica el potencial de estudio de enfermedades vectoriales; en tal virtud, el INSPI cuenta con un grupo de profesionales entre ellos, epidemiólogos, geomáticos, matemáticos e informáticos, para dedicarse al análisis de datos con las medidas de calidad requeridas. (EPISIG-INSPI, 2017)

Entre los proyectos a nivel nacional sobre enfermedades vectoriales se encuentran: “Análisis espacio-temporal de enfermedades infecciosas asociadas con variables relacionadas con el clima y las condiciones de vivienda en Ecuador”, expuesto en el congreso ECOHEALTH en Montreal Canadá en el año 2014, trabajado en conjunto con la Universidad de las Américas. En el cual se estructuró mediante un Sistema de Información Geográfica las relaciones del medio ambiente, vivienda y salud en Ecuador, con el fin de explorar la relación espacial entre las enfermedades infecciosas y los posibles determinantes. (EPISIG-INSPI, 2017)

Adicional trabajaron otro proyecto: Simulación de la distribución espacial de *Aedes aegypti* en Ecuador continental con base en datos climáticos del último evento de El Niño y de escenarios de cambio climático, en conjunto con la Universidad de las Américas, el trabajo se presentó en las XXXIX Jornadas Nacionales de Biología, Manta-Ecuador en el año 2015. (EPISIG-INSPI, 2017)

Otra investigación realizada es la modelación de los sitios con riesgo de Dengue en el Ecuador usando técnicas de máxima entropía, en conjunto con la Universidad Central del Ecuador en

marzo de 2016. Se utilizó un aprendizaje de máquina, para modelar el Dengue en el territorio nacional. Estimando la distribución de probabilidad de la enfermedad o de riesgo de contagio en cualquier lugar. (EPISIG-INSPI, 2017)

Uno de los estudios que facilitó información para la vigilancia epidemiológica es “Modelación de la distribución espacial de *Aedes aegypti* en Ecuador continental para apoyar en la prevención del Dengue y del Chikungunya” (EPISIG-INSPI, 2017), en el cual se generó un modelo de distribución espacial del mosquito *Aedes aegypti* e incorporó puntos de presencia del vector, variables ambientales y socioeconómicas en relación con la ecología del mosquito, con el fin de focalizar los lugares donde se deben aplicar medidas de vigilancia y control. (EPISIG-INSPI, 2017)

En noviembre de 2016 se inició el proyecto “Evaluación de la dinámica de transmisión del virus Zika y estrategias de mitigación”, realizado con el auspicio de Canadian Institutes of Health Research (CIHR/IRSC), el proyecto involucra a Colombia, Ecuador, Argentina y Canadá y durará tres años (hasta 2019).

El objetivo de este proyecto es la caracterización de la dinámica ecológica de transmisión de Zika y el diseño de estrategias de intervención mediante estudios de campo para caracterizar las poblaciones del vector y la dinámica de transmisión con el uso de índices entomológicos, tasa de picadura; predicción de áreas de más alto riesgo y el desarrollo de un modelo informático de simulación para comparar la predicción de costo-efectividad de estrategias de intervención integradas. (EPISIG-INSPI, 2017)

Un complemento a los estudios anteriores es el proyecto llamado “Sistema nacional de vigilancia y alerta temprana para el control del vector de Dengue y Fiebre Amarilla (fase 1)”, con la colaboración de la Universidad de las Américas, los objetivos de este estudio fueron

determinar la distribución temporal y espacial de *Aedes aegypti* a nivel nacional e identificar los factores biológicos y de riesgo para determinar la capacidad vectorial de *Aedes aegypti*; además de verificar el estatus de infección, serotipos del virus del Dengue y la variabilidad genética intra específica de *Aedes aegypti*.(EPISIG-INSPI, 2017)

## **2.2. Marco Teórico**

Para comprender la investigación se toma en cuenta ciertas definiciones y conceptos para el desarrollo de la misma, como: entomología del vector *Aedes aegypti*, su ciclo de vida, los factores ambientales relacionados con el vector, epidemiología de las enfermedades vectoriales, funcionamiento del sistema integrado de vigilancia epidemiológica, el perfil epidemiológico de la provincia de Manabí, la teledetección y su aporte en las investigaciones de enfermedades vectoriales, el uso de imágenes satelitales de precipitación y vegetación, software para gestión de bases de datos y análisis de imágenes satelitales para generación de cartografía.

El vector *Aedes aegypti* es un mosquito originario de África y que actualmente se lo puede encontrar en las zonas tropicales y subtropicales del planeta. Este mosquito se caracteriza por sus marcas blancas en el dorso, su hábitat está asociado al entorno antrópico, la urbes o comunidades, es decir ecosistemas artificiales, que son propicios para su desarrollo, pero también pueden desarrollarse en ambientes naturales si la población de la especie se ve afectada. (Ministerio de Salud de la Nación - Argentina, 2016)

El vector usualmente no se aleja de los lugares de ovoposición que pueden ser cualquier tipo de recipiente ya sean llantas, frascos, vasijas o en cavidades de árboles, bromeliáceas, plantas de bambú, entre otros. Pero en ecosistemas antrópicas pueden volar de uno a dos kilómetros. El horario de picadura de este mosquito es en horas de la mañana y al atardecer y solamente la

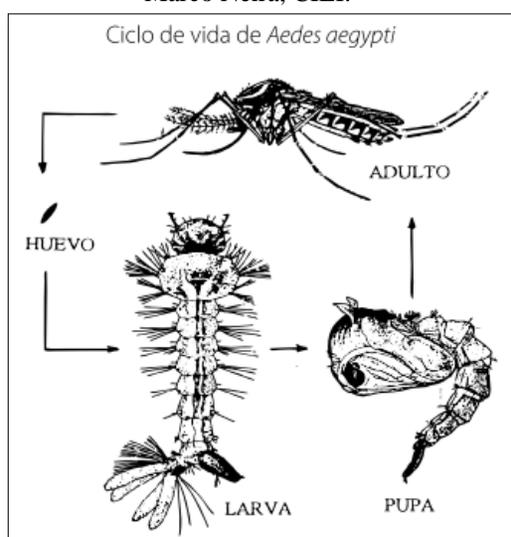
hembra puede transmitir el virus; la especie puede llegar a vivir hasta 40 días. (Ministerio de Salud de la Nación - Argentina, 2016)

Como segundo concepto se desarrollará la entomología del vector *Aedes aegypti*, su distribución a nivel global, según la OMS, se distribuye entre los 35° latitud norte y 35° latitud sur, la altitud máxima de presencia del mosquito es de hasta los 1200 msnm, como se observa en la Figura 1. (OMS, 2010)



**Figura 1** Mapa de distribución reportada y potencial para la fiebre del Dengue en el mundo

Fuente: (OMS, 2010). Modificaciones y Traducción al español:  
Marco Neira, CIEI.



**Figura 2** Ciclo de vida del vector *Aedes Aegypti*

Fuente: (Ministerio de Salud de la Nación - Argentina, 2016)

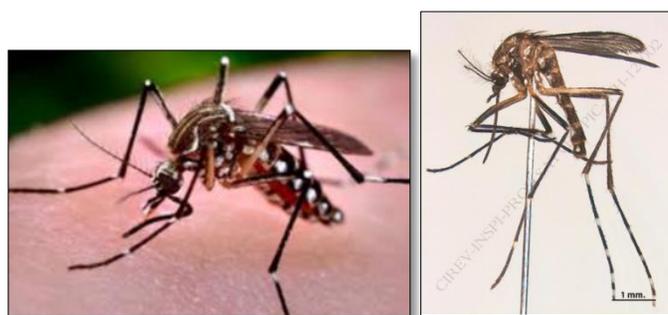
Un aspecto importante del vector es su ciclo de vida (ver Figura 2) ya que el mosquito presenta una metamorfosis, es decir que todas las formas a partir del huevo son diferentes al mosquito adulto. (Ministerio de Salud de la Nación - Argentina, 2016) Su desarrollo se divide en cuatro fases:

La primera donde las hembras después de una alimentación colocan entre 50 y 150 huevos (de coloración blanca casi transparente y con el contacto del oxígeno se tornan oscuros) en las paredes de cualquier recipiente o cavidad natural sobre el nivel del agua, para que los huevos sean humedecidos e inundados poco a poco y eclosionen. Estos huevos pueden sobrevivir en períodos secos por varios meses hasta que las condiciones de humedad del entorno sean las apropiadas. Los sitios, horarios y épocas en que la hembra pone los huevos podrían corresponder a patrones de comportamiento previsibles, útiles para definir acciones de prevención. (Ministerio de Salud de la Nación - Argentina, 2016)

Cuando los huevos eclosionan se forman larvarias, acuáticas, nadadoras de respiración aérea. Reposan verticalmente en el agua. Esta fase es el período de mayor alimentación, crecimiento y vulnerabilidad en el ciclo de vida de *Aedes aegypti*. El desarrollo de la larva depende de la temperatura, agua, número de larvas presentes en el recipiente. La temperatura juega un rol muy importante ya que se desarrollan de 7 a 14 días y las larvas no pueden vivir en temperaturas menores a 10°C o más de 45°C, a los 13° se interrumpe el desarrollo de la siguiente fase, la pupa. (Ministerio de Salud de la Nación - Argentina, 2016)

En la siguiente fase, que dura de uno a tres días, las pupas no se alimentan ni se mueven, están en reposo porque modifican sus características físicas para ser adulto.

La última fase es el adulto con alas, a las 24 horas de salir del estado de pupa los mosquitos se aparean. Estos mosquitos tienen dimorfismo sexual, es decir se puede identificar al macho y a la hembra por sus antenas. Las hembras, que son las únicas que pueden picar, se alimentan de la sangre de los seres humanos, los persiguen por sus olores y gases emitidos. Los machos tienen un promedio de vida de una semana y las hembras de un mes a 40 días. Cada hembra puede poner hasta 700 huevos en su vida. (Ministerio de Salud de la Nación - Argentina, 2016)



**Figura 3** Mosquito *Aedes aegypti* – hembra etapa adulta

Fuente: (Ministerio de Salud de la Nación - Argentina, 2016)

El conocer el ciclo de vida del vector influye en la planificación del control vectorial, ayudará en el modelo de predicción de incidencia de casos de enfermedades vectoriales que se va a generar, para determinar el tiempo desde la puesta de los huevos hasta el adulto y acceder al territorio en un tiempo más preciso.

Una vez identificado el ciclo de vida del vector es necesario comprender qué enfermedades puede transmitir y sus afectaciones. (Ministerio de Salud de la Nación - Argentina, 2016)

El Dengue es una enfermedad viral que se transmite por medio de un mosquito, *Aedes aegypti*, no solamente en el Ecuador sino a nivel mundial. Existen cuatro serotipos que provocan el Dengue y su inmunidad después de la infección. Una de las formas más graves es el Dengue Hemorrágico, el cual necesita hospitalización y puede llegar a ser mortal. (OMS-Dengue, 2017)

La Fiebre Chikungunya es otra enfermedad tropical vírica poco documentada, en el Ecuador apareció en el año 2014, así como el Dengue no tiene vacuna ni medicación y su principal característica es el dolor articular por meses e incluso años. (OMS-Chikungunya, 2017)

Zika es un flavivirus transmitido por mosquitos que se identificó por vez primera en Macacos (Uganda, 1947) y se extendió en las zonas tropicales del planeta. El primer gran brote se registró en la Isla de Yap (Estados Federados de Micronesia) en 2007. En julio de 2015 Brasil notificó una asociación entre la infección por el virus de Zika y el síndrome de Guillain-Barré, y en octubre del mismo año su asociación con la microcefalia. En el año 2016 se presenta en el Ecuador. El período de incubación no está claro. Los síntomas son similares a los del Dengue. (OMS-Zika, 2017)

La vigilancia de estas enfermedades se la ejecuta desde el MSP, y cuenta con un Sistema Integrado de Vigilancia Epidemiológica (SIVE) con cinco subsistemas (alerta, programas, hospital, mortalidad evitable y comunitaria) que se encargan de notificar los casos sospechosos de todos los eventos de importancia en salud pública, sean o no emergencias sanitarias y los casos confirmados de eventos en vigilancia. (Ministerio de Salud de la Nación - Argentina, 2016)

A partir del 2013 se implementa el Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública del Ecuador, sistema online donado por la Organización Panamericana de la Salud de Ecuador (OPS), para el registro de eventos individual, grupal y registro de brotes. Lo que servirá como insumo técnico para la espacialización de casos y creación del modelo predictivo de incidencia de casos. Uno de los productos del sistema de vigilancia es el perfil epidemiológico, el cual muestra el índice, tasa y número de casos de enfermedades en un territorio. (Ministerio de Salud de la Nación - Argentina, 2016)

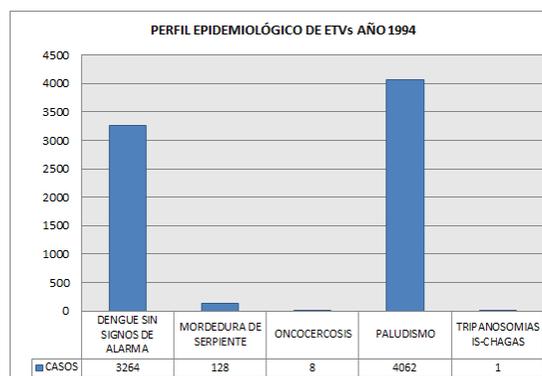
Para poder analizar las acciones epidemiológicas se debe agrupar los eventos en un período de tiempo que se maneje mundialmente. Dicho período es la semana epidemiológica, la cual facilita la comparación de varios eventos a nivel regional, y a su vez la división del año en semanas epidemiológicas se denomina calendario epidemiológico. (Ministerio de Salud Pública de Uruguay, 2017)

Para establecer el inicio de las semanas epidemiológicas uno, se selecciona el primer sábado de enero que incluya cuatro o más días precedentes del mes de enero, sin importar si la semana empieza en diciembre. (Ministerio de Salud Pública de Uruguay, 2017)

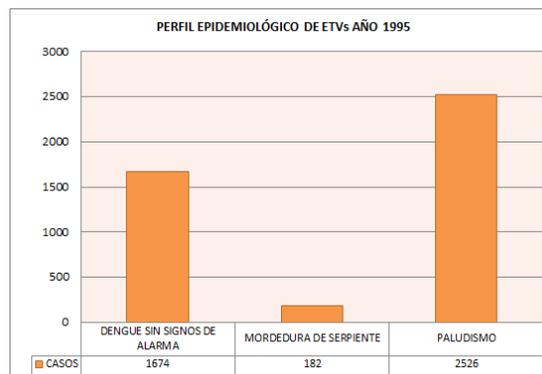
A continuación, se muestra el perfil epidemiológico de la provincia de Manabí de enfermedades transmitidas por vectores desde el año 1994 hasta marzo de 2017; se toma en cuenta que desde 1994 hasta 2012 solamente se cuenta con los totales por año de casos por enfermedad, y desde el 2013 se encuentran dentro del sistema SIVE-Alerta en el repositorio de la OPS con todas las variables anteriormente descritas.

A continuación, se describe el perfil epidemiológico de ETV desde 1994 hasta 2017 presentes en la provincia de Manabí:

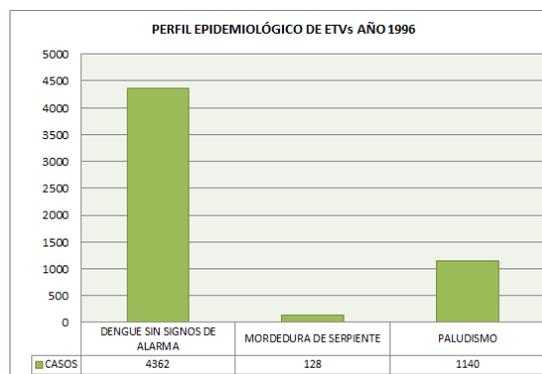
AÑO	ENFERMEDAD TRANSMITIDA POR VECTOR	CASOS
1994	DENGUE SIN SIGNOS DE ALARMA	3264
	MORDEDURA DE SERPIENTE	128
	ONCOCERCOSIS	8
	PALUDISMO	4062
	TRIPANOSOMIASIS-CHAGAS	1



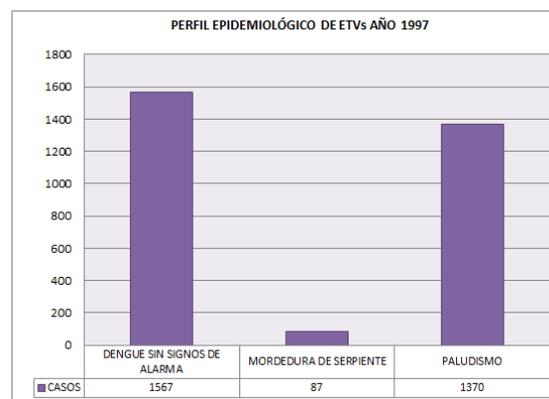
AÑO	ENFERMEDAD TRANSMITIDA POR VECTOR	CASOS
1995	DENGUE SIN SIGNOS DE ALARMA	1674
	MORDEDURA DE SERPIENTE	182
	PALUDISMO	2526



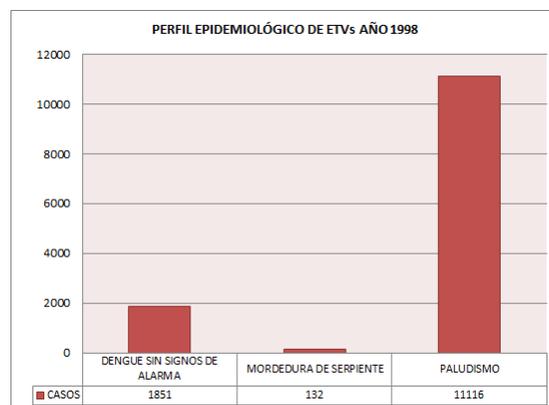
AÑO	ENFERMEDAD TRANSMITIDA POR VECTOR	CASOS
1996	DENGUE SIN SIGNOS DE ALARMA	4362
	MORDEDURA DE SERPIENTE	128
	PALUDISMO	1140



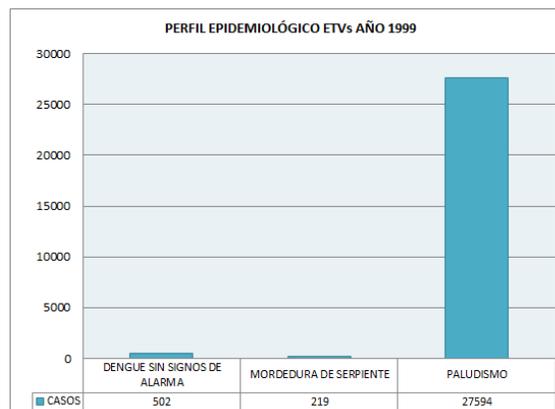
AÑO	ENFERMEDAD TRANSMITIDA POR VECTOR	CASOS
1997	DENGUE SIN SIGNOS DE ALARMA	1567
	MORDEDURA DE SERPIENTE	87
	PALUDISMO	1370



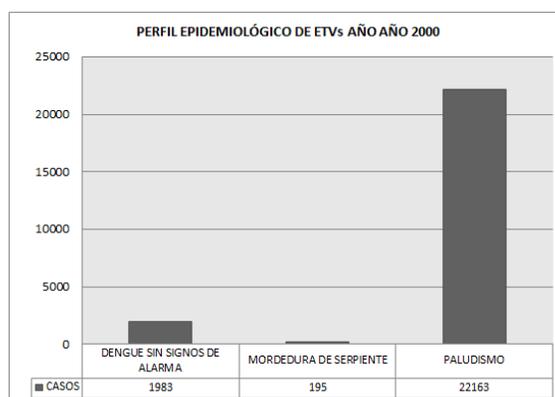
AÑO	ENFERMEDAD TRANSMITIDA POR VECTOR	CASOS
1998	DENGUE SIN SIGNOS DE ALARMA	1851
	MORDEDURA DE SERPIENTE	132
	PALUDISMO	11116



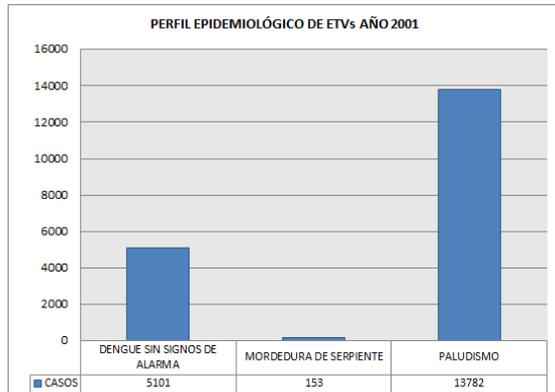
AÑO	ENFERMEDAD TRANSMITIDA POR VECTOR	CASOS
1999	DENGUE SIN SIGNOS DE ALARMA	502
	MORDEDURA DE SERPIENTE	219
	PALUDISMO	27594



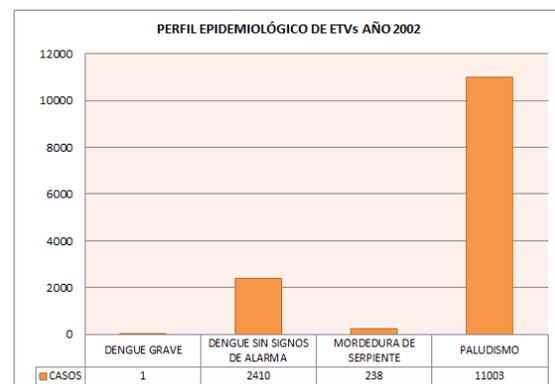
AÑO	ENFERMEDAD TRANSMITIDA POR VECTOR	CASOS
2000	DENGUE SIN SIGNOS DE ALARMA	1983
	MORDEDURA DE SERPIENTE	195
	PALUDISMO	22163



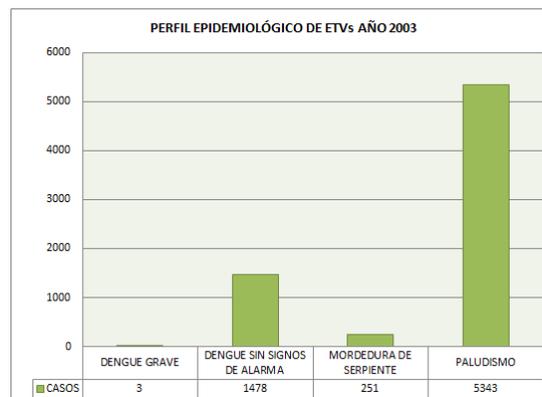
AÑO	ENFERMEDAD TRANSMITIDA POR VECTOR	CASOS
2001	DENGUE SIN SIGNOS DE ALARMA	5101
	MORDEDURA DE SERPIENTE	153
	PALUDISMO	13782



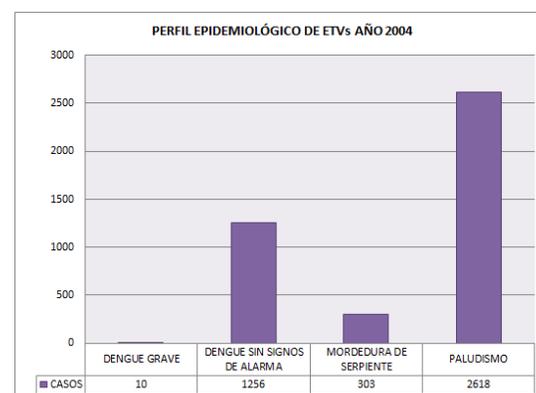
AÑO	ENFERMEDAD TRANSMITIDA POR VECTOR	CASOS
2002	DENGUE GRAVE	1
	DENGUE SIN SIGNOS DE ALARMA	2410
	MORDEDURA DE SERPIENTE	238
	PALUDISMO	11003



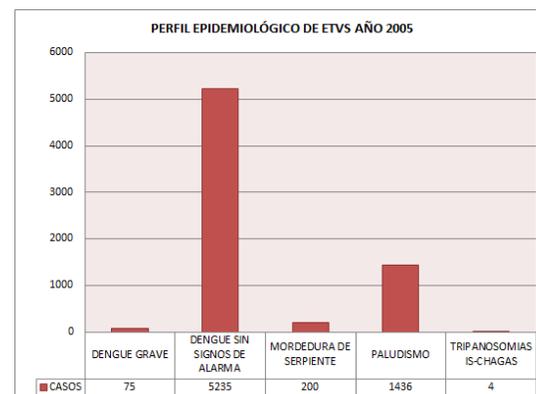
AÑO	ENFERMEDAD TRANSMITIDA POR VECTOR	CASOS
2003	DENGUE GRAVE	3
	DENGUE SIN SIGNOS DE ALARMA	1478
	MORDEDURA DE SERPIENTE	251
	PALUDISMO	5343



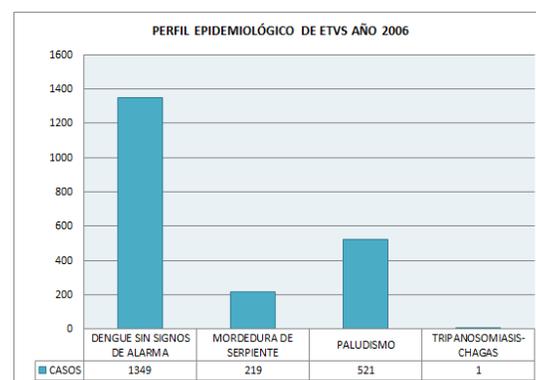
AÑO	ENFERMEDAD TRANSMITIDA POR VECTOR	CASOS
2004	DENGUE GRAVE	10
	DENGUE SIN SIGNOS DE ALARMA	1256
	MORDEDURA DE SERPIENTE	303
	PALUDISMO	2618



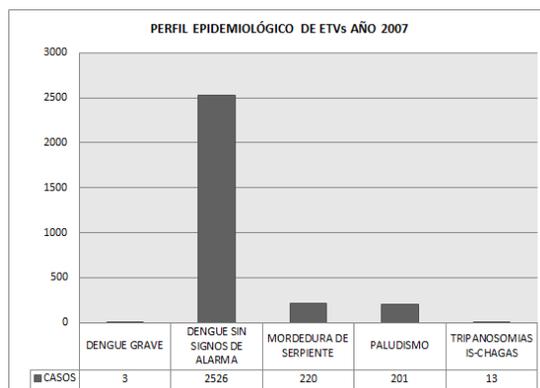
AÑO	ENFERMEDAD TRANSMITIDA POR VECTOR	CASOS
2005	DENGUE GRAVE	75
	DENGUE SIN SIGNOS DE ALARMA	5235
	MORDEDURA DE SERPIENTE	200
	PALUDISMO	1436
	TRIPANOSOMIASIS-CHAGAS	4



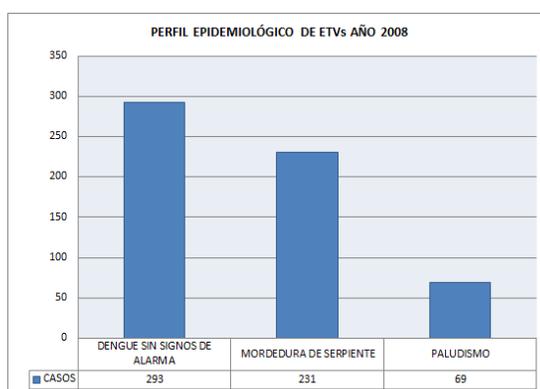
AÑO	ENFERMEDAD TRANSMITIDA POR VECTOR	CASOS
2006	DENGUE SIN SIGNOS DE ALARMA	1349
	MORDEDURA DE SERPIENTE	219
	PALUDISMO	521
	TRIPANOSOMIASIS-CHAGAS	1



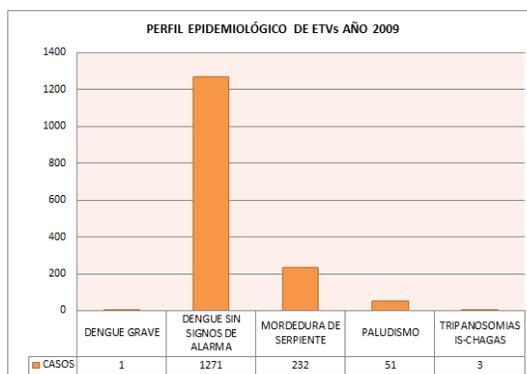
AÑO	ENFERMEDAD TRANSMITIDA POR VECTOR	CASOS
2007	DENGUE GRAVE	3
	DENGUE SIN SIGNOS DE ALARMA	2526
	MORDEDURA DE SERPIENTE	220
	PALUDISMO	201
	TRIPANOSOMIASIS-CHAGAS	13



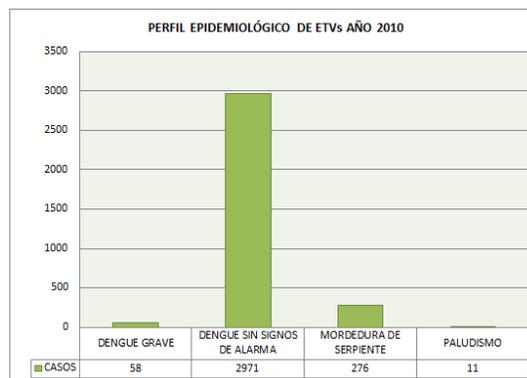
AÑO	ENFERMEDAD TRANSMITIDA POR VECTOR	CASOS
2008	DENGUE SIN SIGNOS DE ALARMA	293
	MORDEDURA DE SERPIENTE	231
	PALUDISMO	69



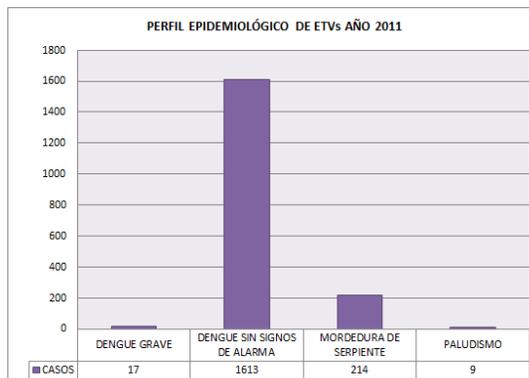
AÑO	ENFERMEDAD TRANSMITIDA POR VECTOR	CASOS
2009	DENGUE GRAVE	1
	DENGUE SIN SIGNOS DE ALARMA	1271
	MORDEDURA DE SERPIENTE	232
	PALUDISMO	51
	TRIPANOSOMIASIS-CHAGAS	3



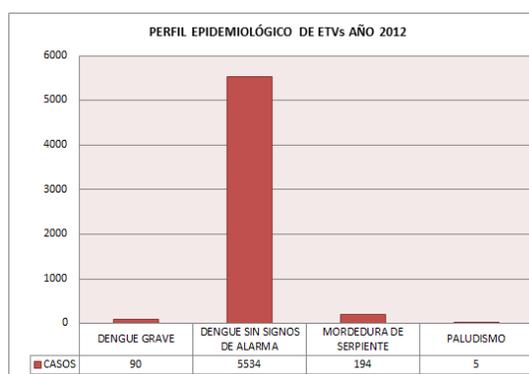
AÑO	ENFERMEDAD TRANSMITIDA POR VECTOR	CASOS
2010	DENGUE GRAVE	58
	DENGUE SIN SIGNOS DE ALARMA	2971
	MORDEDURA DE SERPIENTE	276
	PALUDISMO	11



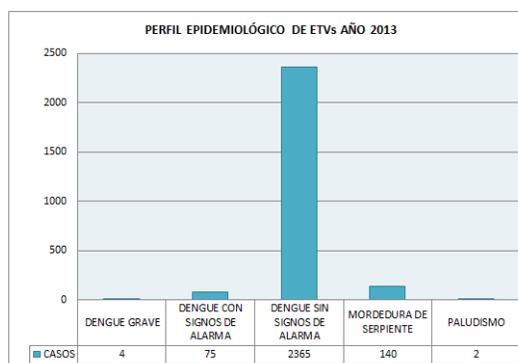
AÑO	ENFERMEDAD TRANSMITIDA POR VECTOR	CASOS
2011	DENGUE GRAVE	17
	DENGUE SIN SIGNOS DE ALARMA	1613
	MORDEDURA DE SERPIENTE	214
	PALUDISMO	9



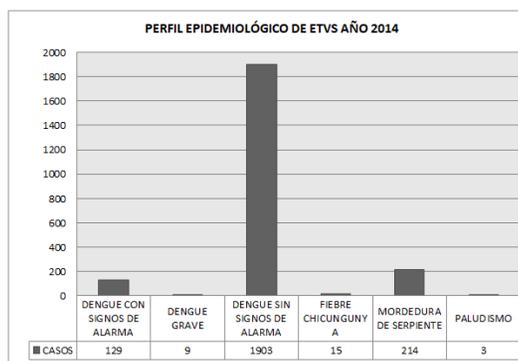
AÑO	ENFERMEDAD TRANSMITIDA POR VECTOR	CASOS
2012	DENGUE GRAVE	90
	DENGUE SIN SIGNOS DE ALARMA	5534
	MORDEDURA DE SERPIENTE	194
	PALUDISMO	5



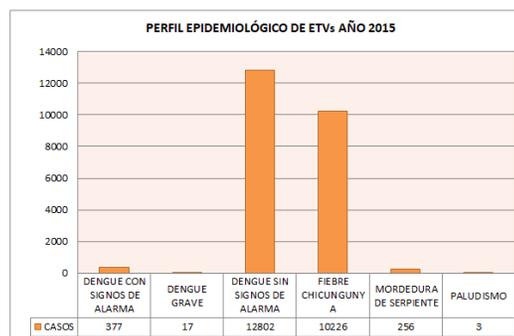
AÑO	ENFERMEDAD TRANSMITIDA POR VECTOR	CASOS
2013	DENGUE GRAVE	4
	DENGUE CON SIGNOS DE ALARMA	75
	DENGUE SIN SIGNOS DE ALARMA	2365
	MORDEDURA DE SERPIENTE	140
	PALUDISMO	2



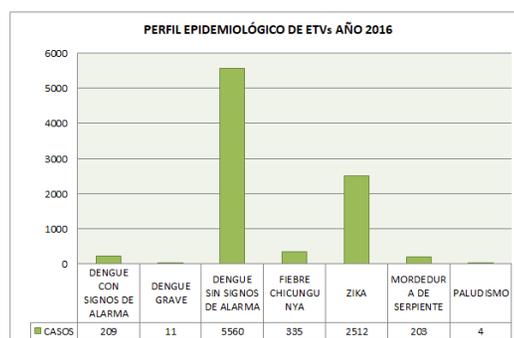
AÑO	ENFERMEDAD TRANSMITIDA POR VECTOR	CASOS
2014	DENGUE CON SIGNOS DE ALARMA	129
	DENGUE GRAVE	9
	DENGUE SIN SIGNOS DE ALARMA	1903
	FIEBRE CHICUNGUNYA	15
	MORDEDURA DE SERPIENTE	214
	PALUDISMO	3



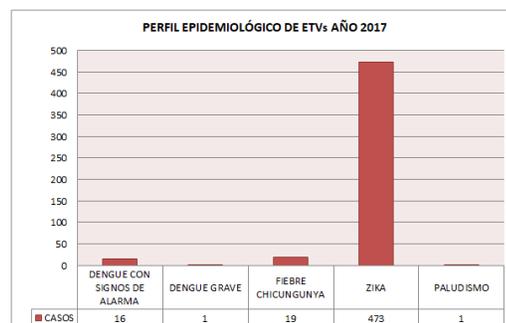
AÑO	ENFERMEDAD TRANSMITIDA POR VECTOR	CASOS
2015	DENGUE CON SIGNOS DE ALARMA	377
	DENGUE GRAVE	17
	DENGUE SIN SIGNOS DE ALARMA	12802
	FIEBRE CHICUNGUNYA	10226
	MORDEDURA DE SERPIENTE	256
	PALUDISMO	3



AÑO	ENFERMEDAD TRANSMITIDA POR VECTOR	CASOS
2016	DENGUE CON SIGNOS DE ALARMA	209
	DENGUE GRAVE	11
	DENGUE SIN SIGNOS DE ALARMA	5560
	FIEBRE CHICUNGUNYA	335
	ZIKA	2512
	MORDEDURA DE SERPIENTE	203
	PALUDISMO	4



AÑO	ENFERMEDAD TRANSMITIDA POR VECTOR	CASOS
MAYO 2017	DENGUE CON SIGNOS DE ALARMA	16
	DENGUE GRAVE	1
	FIEBRE CHICUNGUNYA	19
	ZIKA	473
	PALUDISMO	1



**Figura 4** Perfiles epidemiológicos de la provincia de Manabí 1994-2017

Fuente: (Ministerio de Salud Pública, 1994-2017)

En la tabla 1 se aprecia el total de casos desde 1994 hasta marzo de 2017 de las principales enfermedades por *Aedes aegypti* en Manabí:

**Tabla 1**

Total de casos de Dengue, Fiebre Chikungunya y Zika 1994-2017 en Manabí

ENFERMEDAD	CASOS
<b>1994-2017</b>	
Dengue sin signos de alarma	68870
Dengue con signos de alarma	806
<b>CONTINÚA</b>	

Dengue grave	300
<b>2014-2017</b>	
Fiebre Chikungunya	10595
<b>2016-2017</b>	
Zika	2985

Fuente: SIVE-Alerta, MSP

El perfil epidemiológico es cambiante de acuerdo a los factores a la que una población está sometida. Para efecto de esta investigación solamente se tomará en cuenta las enfermedades transmitidas por el vector *Aedes aegypti* con mayor incidencia de casos, es decir Dengue y Chikungunya. (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2011-2013)

Se aprecia que en los años 1994-2001 se evidencia solo la presencia de Dengue sin signos de alarma. A partir del 2002 se considera el Dengue Grave, en el 2013 con la aparición del SIVE – Alerta se considera Dengue sin signos de alarma, Dengue grave y Dengue con signos de alarma. Para el año 2014 la Fiebre Chikungunya inicia y en el año 2016 el Zika afecta al país hasta la actualidad. (Ministerio de Salud Pública, 2017)

Para evidenciar que factores climáticos y ambientales, entre ellos la precipitación y la vegetación, tienen injerencia en el comportamiento del vector, se presenta una investigación realizada en Ottawa, Canadá, en el año 2001 en la Conferencia Canadiense Internacional sobre Salud Infantil y Juvenil: Acción, Investigación y Abogacía se expuso una investigación de “Factores que modifican los índices larvarios de *Aedes aegypti* en Colima, México” por los investigadores Francisco Espinoza Gómez, Carlos Moisés Hernández Suárez y Rafael Coll Cárdenas, cuyo objetivo fue explorar variables que pudieran tener mayor impacto sobre los índices larvarios de *Aedes aegypti* en Colima-México. (Espinoza, Hernández , & Coll, 2001)

En el estudio se inspeccionaron 187 domicilios en los que se determinó el índice de viviendas y el número de contenedores positivos por casa durante las temporadas lluviosa y seca. Adicional como variables independientes se analizó la temperatura ambiental, la temporada, la aplicación de malatión en rociadores a volumen ultra bajo, el índice de calidad de la vivienda y el grado de conocimientos, actitudes y prácticas. (Espinoza, Hernández , & Coll, 2001)

Los resultados que se obtuvieron en el estudio fueron:

El factor abiótico recibió mayor atención como modulador de la bionomía y, por lo tanto, los índices larvales de *Aedes aegypti* también con la temperatura, pues se consideró que, a mayor temperatura ambiental, mayor tasa de reproducción y de eclosión, por ende, mayor número de criaderos. (Espinoza, Hernández , & Coll, 2001)

La temperatura más alta reduce la probabilidad de encontrar casas infestadas solo en la temporada seca. (Espinoza, Hernández , & Coll, 2001)

Se manifestó que la menor cantidad de criaderos se espera cuando se combina época seca con temperaturas altas, mientras que los valores más altos para contenedores positivos por casa se obtienen en temporada lluviosa, pero con menor temperatura. (Espinoza, Hernández , & Coll, 2001)

La interacción negativa entre la precipitación y la temperatura indica que la reducción de casas infestadas y de criaderos se debe a la desaparición de las lluvias más que a los cambios de temperatura. Las temperaturas letales para el mosquito en laboratorio son  $> 41$  °C, pero se informa que a 36 °C se presenta un intenso bloqueo de la reproducción y del crecimiento de la población. (Espinoza, Hernández , & Coll, 2001)

Para el efecto negativo de la temperatura sobre los índices larvales, se debió a que las temperaturas más altas, aunque sean esporádicas y de menor magnitud que en la temporada

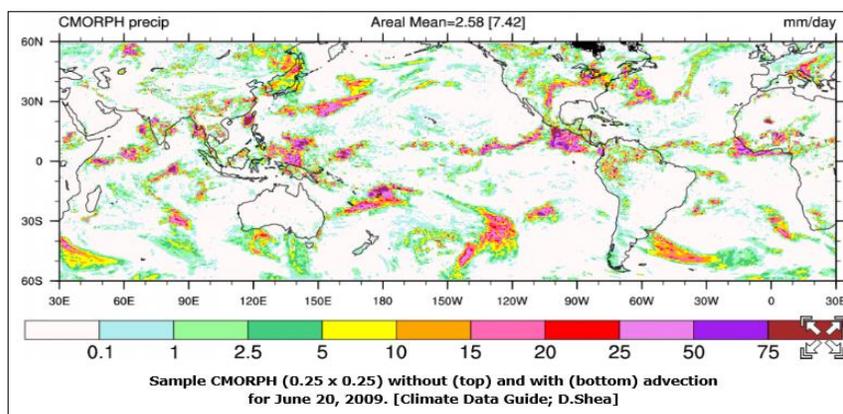
lluviosa, aceleran la desecación de los pocos contenedores con agua, reduciendo así los criaderos, independientemente de los efectos intrínsecos sobre el mosquito. (Espinoza, Hernández , & Coll, 2001)

Las encuestas entomológicas podrían simplificarse con la utilización de la calidad de la vivienda, tomando en cuenta la combinación de las variables meteorológicas, sobre todo la temperatura y la precipitación. (Espinoza, Hernández , & Coll, 2001)

Por lo tanto, como parte de la investigación se debe analizar la influencia de la precipitación y la vegetación presente en la provincia de Manabí.

Para lograr el análisis se utiliza el tratamiento digital de imágenes, lo cual otorga rapidez y exactitud en los datos finales. El procesamiento digital incluye el análisis estadístico y matemático de las características de la imagen a trabajar. (Comisión Nacional del Agua, 2005)

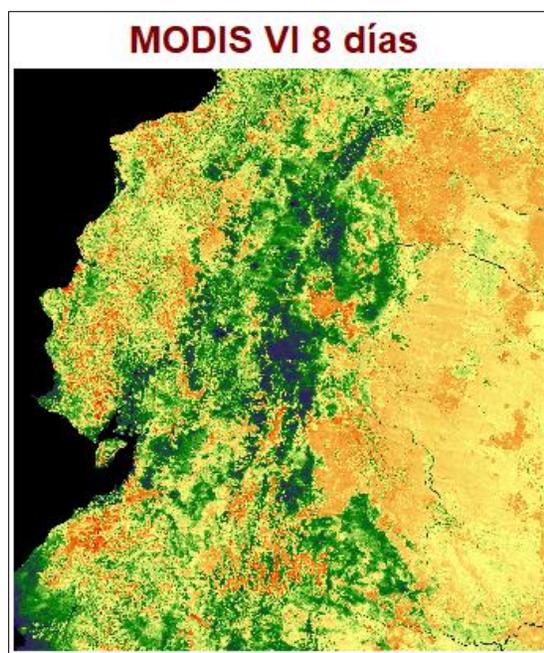
Para analizar la precipitación, se utiliza la técnica CMORPH, la cual genera un análisis de precipitación global a muy alta resolución espacial y temporal. Esta técnica utiliza estimaciones de precipitaciones derivadas de observaciones de microondas de baja órbita y cuyas características son transportadas a través de información de propagación espacial obtenida de datos geo estacionales de satélites. (UCAR - Climate Data Guide, 2018)



**Figura 5** Precipitación diaria enero de 2009; fecha: 20/06/2009

Fuente: (UCAR - Climate Data Guide, 2018)

Para poder realizar el análisis de la vegetación hay que combinar las imágenes del sensor MODIS ubicados en los satélites Terra y Aqua de la NASA, éstos satélites tiene una resolución temporal de 16 días cada uno y otorgan imágenes con una resolución espacial de 8 km. Las imágenes tienen bandas que cubren la porción del infrarrojo térmico y una calidad geométrica que permite el monitoreo de los cambios de la superficie terrestre. Con estas imágenes se logra obtener el índice de vegetación del área seleccionada. (NASA-MODIS, 2017) Para este estudio se utilizará el Enhanced Vegetation Index (EVI), el cual agrega a las bandas infrarrojas cercanas y del rojo, la banda azul, junto con coeficientes de corrección atmosférica y de efecto del suelo desnudo. Este índice es un buen componente al NVDI (índice de vegetación normalizado), debido a que si al EVI es muy sensible a las variaciones de la banda roja, el EVI es más sensible a la banda infrarroja cercana, lo que hace diferencias de mejor forma las variaciones estructurales del dosel vegetal. (Gao, Huete, & Didan, 2003)



**Figura 6** Índice de vegetación EVI, imagen del sensor MODIS del Ecuador  
Fuente: (NASA-MODIS, 2017)

El EVI es la combinación de bandas infrarrojas, las cuales resaltan la vegetación de otros elementos. Este índice permite observar cuan desarrollada se encuentra la flora. Se calcula mediante una operación algebraica:

$$EVI = G \frac{(NIR - R)}{(NIR + C1 * R - C2 * B * L)}$$

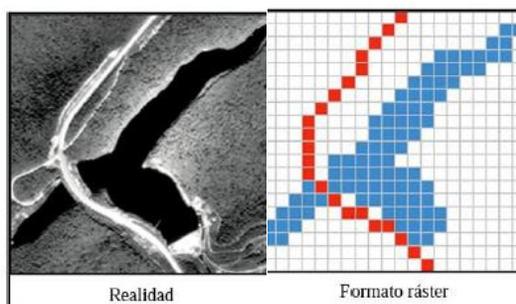
Donde el NIR es la banda del infrarrojo cercano, R es la banda del rojo, B la banda azul; los coeficientes adoptados en el algoritmo son: G= 2.5 factor de ganancia, L=1 ajuste del fondo del aerosol, C1=6 y C2=7.5 coeficientes del término de resistencia del aerosol. Se adoptan esos valores en el algoritmo del EVI por el espectrómetro de imágenes de media resolución (MODIS). (Carvacho Bart & Sánchez Martínez, 2010)

El valor del índice va desde -1 a 1, simbolizando el verdor de las plantas. El valor negativo es: nubes, agua y nieve, los valores cercanos a cero son: rocas y suelo desnudo. Los valores menores a 0,1 son sectores de roca, arena o nieve. Los valores moderados: son suelos con vegetación arbustiva y prados (0,2 a 0,3), los valores altos representan a bosques secundarios y primarios (0,6 a 0,8). (ArcGis, 2018)

Con el fin de obtener los datos de precipitación e índice de vegetación de Manabí, se utilizará el software Terrset (anteriormente conocido como IDRISI). Este software desarrollado por Clark Labs integra varias herramientas y aplicaciones para el modelamiento de los sistemas terrestres y procesamiento de imágenes satelitales. Se especializa en el manejo de formatos tipo raster para el álgebra de mapas. (Clark Labs, 2017)

Terrset incorpora dos variables en sus estudios, espacio y tiempo, en un análisis de casos con variables temporales y se realiza el sistema geo temporal. Una de las herramientas que se utilizará es el módulo de Earth Trends Modeler – Tendencia de Modelamiento Terrestre (ETM), el cual

sirve para el análisis de series temporales de imágenes de satélite y permite el análisis de tendencias, patrones espacio-temporales en variables estructurales de los sistemas terrestres como la temperatura atmosférica, las precipitaciones y la productividad de la vegetación en formato raster. (Clark Labs, 2017)



**Figura 7** Modelos de datos espacial raster  
Fuente: (Peña, 2010)

Las series temporales ofrecen un estudio de información temporal y genera una visualización en relación al tiempo, espacio y varias variables que se pueden añadir. (Galindo, 2016) Se puede cambiar las variables en los ejes de los cubos para ver diferentes perspectivas de los datos y permite detectar secuencias de eventos ocurridos en intervalos de tiempo. (Galindo, 2016)

Con el fin de encontrar una relación entre diversas variables, analizadas en los cubos espacio temporales, se utiliza la técnica de modelamiento lineal, el cual es un procedimiento de regresión múltiple que permite establecer relaciones entre una serie temporal de imágenes dependientes y una o más series independientes. (Clark Labs, 2017)

La regresión múltiple analiza como una variable influye en los valores que toman otras variables dependientes; y a su vez otorga una ventaja de ampliar los datos que se tienen para la realización de un modelo y la generación de estimaciones. (Abuin Rojo, 2007)

Para obtener el grado de relación que existe entre variables, se determina la correlación, es decir, en qué medida una ecuación lineal o no lineal explica de una forma adecuada la relación

entre variables. (Spiegel, 1970) Si todas las variables satisfacen exactamente la ecuación, están correlacionadas perfectamente. (Spiegel, 1970) Gráficamente se puede determinar cuándo las variables están correlacionadas, en un diagrama de dispersión, el cual muestra la ubicación de todos los puntos generados por la regresión y estos se encuentran cerca de una recta, puede haber correlación positiva y negativa o sin correlación. (Spiegel, 1970) Para explicar de una manera cuantitativa las relaciones entre variables se utiliza al coeficiente de correlación ( $R$ ) que mide la variación entre el valor propio y el valor estimado por la regresión y el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) que mide la capacidad de predicción entre las variables y es el coeficiente de correlación al cuadrado. (Spiegel, 1970) Si la proporción es igual a 0, significa que la variable predictora tiene nula capacidad predictiva. Cuanto mayor sea la proporción, mejor será la predicción. Si llegara a ser igual a 1 la variable predictora las predicciones no tendrían error. (Spiegel, 1970)

Por último, para lograr visualizar los resultados se utiliza un sistema de información geográfica, ArcGIS 10.5, en el cual se puede generar mapas de cualquier tipo y representar de forma visual los resultados de los análisis de precipitación, índice de vegetación e incidencia de casos de enfermedades vectoriales, así como también el modelo de predicción de los casos en función de las variables anteriores.

### **2.3. Marco Conceptual**

Según la OMS las **enfermedades transmitidas por vectores** son las causadas por parásitos, virus y bacterias transmitidos por mosquitos, flebótomos, chinches, ácaros, caracoles y piojos y que representan el 17% de las enfermedades y provocan alrededor de 700 000 muertes a nivel mundial, su distribución está afectada por varios factores demográficos, medioambientales y

sociales. La respuesta de la OMS frente a esta problemática ha sido generar una respuesta mundial para el control de vectores hasta el 2030. (OMS, 2017)

La **vigilancia epidemiológica** según el Ministerio de Salud Pública del Ecuador es recopilar, investigar y generar información epidemiológica para formular y evaluar la aplicación de políticas, planes, programas de salud en el Sistema Nacional de Salud. (Ministerio de Salud Pública, 2017) Adicional según el libro -Guías para la vigilancia epidemiológica de violencia y lesiones- de Alberto Concha-Eastman y Andrés Villaveces del 2001 en conjunto con la Organización Panamericana de la Salud define a la vigilancia epidemiológica como la recolección sistemática, continua y pertinente de la información relevante y de necesidad de las condiciones de la salud de la sociedad para la toma de decisiones. (Concha-Eastman & Villaveces, 2001) Se debe tomar en cuenta que la vigilancia epidemiológica se basa en eventos ya ocurridos, no obstante, se requiere realizarla sobre los factores de riesgo que además de ser una causa pueden incrementar su ocurrencia.

Según la investigación realizada por el Dr. Álvaro Whittenbury durante el período 2005-2010 determinó al **perfil epidemiológico** como la expresión del estado de salud de una población, que requiere de una identificación de sus características, como la mortalidad, morbilidad y determinantes sociales que afectan al perfil. (Whittenbury, 2005-2010) Hay que tomar en consideración que para generar y analizar el perfil de cualquier grupo social se deben visualizar las condiciones sanitarias del sector, cultura, costumbres, red de salud, características climáticas y Acceso a servicios básicos con el fin de priorizar y brindar una respuesta organizada tanto financiera, política, estratégica y técnica a la población desde su ente rector de salud.

Para realizar acciones de vigilancia epidemiológica se requiere agrupar los casos en un período de tiempo. Este período es de una semana, conocida como **semana epidemiológica** (SE)

y a la división del año en semana epidemiológica se llama calendario epidemiológico. Lo cual estandariza a nivel mundial el análisis, reporte y comparación de enfermedades de vigilancia y control. Las SE inician en el día domingo y terminan en el día sábado; para determinar la primera SE del año se identifica el primer sábado del mes de enero que incluya cuatro o más días del mes precedente, no importa si se empieza la SE compartida con diciembre. (Ministerio de Salud Pública de Uruguay, 2017) Además, el Proyecto central de control de mosquito de Massachusetts plantea que es de gran importancia el uso de la SE debido a que los mosquitos pueden llegar a ser muy variables, se debe definir un período de tiempo que haga posible la comparación diaria de los datos. No se utiliza el mes completo porque se necesita más intervalos de tiempo para determinar comportamientos de vectores. Con la semana epidemiológica se mantiene armonía y se asegura que la temporalidad sea la misma para el estudio de los casos. (Central Massachusetts Mosquito Control Project, 2017)

**Incidencia de caso** según la OMS en su libro de Estadísticas Sanitarias Mundiales del 2011 la define como el número de casos nuevos por año de una enfermedad, proporciona información de la probabilidad de contraer una enfermedad y requiere de un intervalo de tiempo para su cálculo; éste concepto no debe ser confundido por la prevalencia de casos, que es el número de personas afectadas por la duración de una enfermedad, proporciona datos de la posibilidad de padecer ya la enfermedad y además es buena para estimar el coste poblacional de una enfermedad crónica. (Organización Mundial de la Salud, 2011)

La necesidad de conocer cómo se podrían distribuir las variables sociales en un territorio es de gran importancia para la toma de decisiones en procesos de planificación y gestión del territorio. Uno de los métodos para aterrizar las variables sociales es la **desagregación espacial**, el cual aprovecha al máximo la información contenida en censos y otras fuentes de datos análogos, y

busca modelar el patrón de los datos referidas a un nivel de agregación de carácter administrativo (ej. parroquias, centros de salud) para que la distribución de información se ajuste a la realidad. (Tobler, 1979) (Langford & Unwin, 1994) (Spiekermann & Wegener, 2000)

Los modelos geográficos ofrecen una visión del espacio geográfico y sus atributos. Para esto se emplea los modelos de datos, que son el **modelo raster** y el modelo vectorial. El modelo raster divide el área seleccionada, de forma sistemática, en una malla de filas y columnas, la intersección de ellas se denomina celda y cada celda tiene un único valor. (Olaya, 2014) Según el Libro Verde Elementos para una Política Agroambiental en el Cono Sur del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura describe al modelo raster como un acoplamiento de forma ordenada de pares de celdas en secuencia. (Viglizzo, 1997)

Un **cubo espacio temporal** permite visualizar y analizar datos espacio temporales en forma de análisis de serie temporal, de patrones espaciales y temporales integrados con potentes técnicas de visualización en 2D y 3D. Se puede realizar cubos agregando puntos o ubicaciones, tomados en un registro de tiempo y se los estructura generando bins espaciotemporales. La estructura del cubo consta de filas y columnas; por el número de períodos de tiempo se obtiene el número total de bins del cubo. Las filas y columnas determinan la extensión y los períodos de tiempo determinan la extensión temporal. (ArcGIS Pro, 2017)

#### **2.4. Marco Jurídico**

El fundamento legal de esta investigación se encuentra, según la jerarquía de las Leyes o pirámide de Kelsen, (Kelsen, 2000), en la Constitución de la República del Ecuador vigente desde el año 2008 en el Título III, Capítulo Segundo, Sección Séptima: Salud, Art. 32 del citado documento, el cual establece que la salud es un derecho para todos los ciudadanos, que el Estado lo garantiza mediante la creación de políticas socioeconómicas, ambientales y educativas para

asegurar el Acceso permanente a la atención integral de la salud, basados en principios como la universalidad y el enfoque de género. (Asamblea Nacional Constituyente, 2008)

El siguiente fundamento legal es la Ley Orgánica de Salud Pública, la cual rige a nivel nacional y da los lineamientos a seguir al Sistema Nacional de Salud. En el Capítulo II: De la Autoridad Sanitaria Nacional, sus Competencias y Responsabilidades, Art.6, numeral 5: señala que es imperativo de la entidad rectora del país la aplicación de normas técnicas para la detección, notificación, atención y rehabilitación de las personas con enfermedades transmisibles, crónicas o personas con discapacidad, y que éstas deben ser notificadas de manera obligatoria y oportuna. (Asamblea Nacional Constituyente, 2006 - act. 2012)

En el mismo documento legal en el Art. 6, numeral 5A, literal 17 se especifica que se regule, se vigile y se controle la proliferación de la fauna nociva para la salud humana. En el Título II: Prevención y Control de Enfermedades, Capítulo II: De las enfermedades transmisibles, Art. 61 establece que todas las instituciones de salud públicas y privadas deben reportar casos sospechosos de enfermedades de notificación obligatoria y de reporte internacional. Adicional en el Art. 65 del mismo capítulo menciona que todos los gobiernos seccionales deben cumplir las directrices para evitar la proliferación de vectores y de enfermedades transmisibles. (Asamblea Nacional Constituyente, 2006 - act. 2012)

Adicional en la misma ley orgánica en el Capítulo VI: Del control de la fauna nociva y las zoonosis, Art. 122 establece que el ente rector a nivel nacional de la salud debe organizar campañas para erradicar la proliferación de vectores que presenten riesgos a la salud humana. (Asamblea Nacional Constituyente, 2006 - act. 2012)

El SNEM fue el Servicio Nacional de Control de Enfermedades Transmitidas por Vectores Artrópodos y mediante Decreto Supremo N. ° 358 del 02 de septiembre de 2014 se incorpora a la

estructura institucional del Ministerio de Salud Pública. Con el objetivo de garantizar la transversalización de los procesos de control vectorial y su articulación con los demás componentes de ministerio que realizan vigilancia y provisión de servicios de salud para fortalecer la vigilancia entomológica como parte de la vigilancia epidemiológica a nivel nacional y el control de los índices de infestación del vector *Aedes aegypti*. (Ministerio de Salud Pública, 2014)

En enero de 2015 el MSP realizó varios reglamentos e instructivos internos; uno de ellos es el instructivo para la transferencia de metodología técnica del SNEM para las entidades operativas desconcentradas del MSP generado por la Subsecretaría Nacional de Vigilancia de la Salud Pública encabezada por la Dirección Nacional de Estrategias de Prevención y Control. (Ministerio de Salud Pública, 2015)

En enero de 2015 la Dirección Nacional de Vigilancia Epidemiológica perteneciente a la Subsecretaría Nacional de Vigilancia de la Salud Pública realiza el manual de procedimientos del subsistema alerta acción SIVE – ALERTA, el cual establece una norma sectorial integral y única del para la vigilancia de emergencias sanitarias, consolidando toda la información necesaria para generar estrategias intersectoriales que aporten a la detección, notificación y control de brotes. Además de brindar lineamientos para la integración de la información, procedimientos para la organización y coordinación de actividades de vigilancia epidemiológica. (Ministerio de Salud Pública, 2015)

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA

Para la investigación se trabajará con el auspicio del INSPI, el cual es sede del Centro de Recursos TerrSet en Ecuador, bajo el convenio con Clark Labs – Clark University – Massachusetts – Estados Unidos y cuenta con una licencia servidor de TerrSet. Además de contar con la licencia de Microsoft Access, softwares que se utilizarán para el desarrollo de la parte técnica del trabajo de investigación. El software Microsoft Access se utilizará para la estructuración y generación de las bases de datos de las tres variables (casos de ETV, precipitación e índice de vegetación); el software TerrSet se utilizará para realizar los cubos espacio temporales de información, la correlación entre variables y el modelo predictivo de enfermedades transmitidas por el vector *Aedes aegypti*.

En cuanto a los datos de incidencia de casos de ETV, el MSP en el año 2013 comienza con la notificación de enfermedades de vigilancia epidemiológica en el sistema SIVE-Alerta, el cual es la única base que se encuentra disponible oficialmente para uso en investigación. El análisis espacio temporal de las imágenes satelitales se realiza desde el período marzo de 2013 hasta marzo de 2017, debido a la temporalidad del sistema SIVE-Alerta. Por lo tanto, se utilizará el dicho período de tiempo para el análisis de los productos de MODIS y CMORPH, índice de vegetación y precipitación respectivamente.

### 3.1. Definición del área de estudio

Como primer paso se selecciona el área de estudio en la cual se trabajará, provincia de Manabí, con el fin de poder generar una imagen raster tipo máscara y cortar las imágenes de precipitación y de índice de vegetación al área requerida.

#### Coordenadas de la provincia de Manabí

Pto	LATITUD	LONGITUD
1	02° 01' 35'' S	79° 15' 19'' W
2	02° 00' 36'' S	81° 05' 24'' W
3	00° 25' 42'' N	81° 05' 04'' W
4	00° 26' 02'' N	79° 13' 20'' W



**Figura 8** Polígono de coordenadas de la provincia de Manabí  
Fuente: USGS

### 3.2. Recopilación de datos

#### 3.2.1. Imágenes satelitales

Para precipitación se trabajará con el producto CMORPH, la cual genera imágenes de lluvia cuya unidad es en milímetros por hora y su resolución temporal es cada 30 minutos con una celda de ocho kilómetros.

Para índice de vegetación (EVI) se utilizará el producto MODIS de los satélites Terra y Aqua, su resolución temporal es de ocho días cada una, con un pixel de salida de 250 metros. Se obtiene datos desde enero de 2013 hasta marzo de 2017.

**Tabla 2**

*Características de las imágenes satelitales CMORPH y MODIS*

TEMÁTICA	FUENTE	UNIDAD	RESOLUCIÓN TEMPORAL	RESOLUCIÓN ESPACIAL
Precipitación	CMORPH	mm/h (intensidad)	30 minutos	8 km
Cobertura de Suelo/Índice de vegetación	MODIS-VI MOD/MYD-13Q1	Índice EVI y EVI	8 días (16 días cada satélite Terra y Aqua)	250 m

Fuente: (NASA, 2017) (NASA-MODIS, 2017)

### 3.2.2. Bases de datos epidemiológicos

La base de datos para la investigación se obtiene del SIVE-Alerta, se trabaja con los casos de enfermedades vectoriales transmitidas por el vector *Aedes aegypti*, estos datos se generan por semana epidemiológica, es decir cada siete días y se encuentran disponibles desde marzo de 2013 hasta la actualidad.

**Tabla 3**

*Características de los datos epidemiológicos*

TEMÁTICA	FUENTE	UNIDAD	RESOLUCIÓN TEMPORAL	COBERTURA ESPACIAL	RESOLUCIÓN ESPACIAL
Casos de enfermedades vectoriales transmitidas por <i>Aedes aegypti</i>	MSP-SIVE ALERTA (2013-2017)	Número de casos	Semana epidemiológica (7 días)	A nivel nacional por establecimiento de salud	---

Fuente: (SIVEAlerta-MSP, 2017)

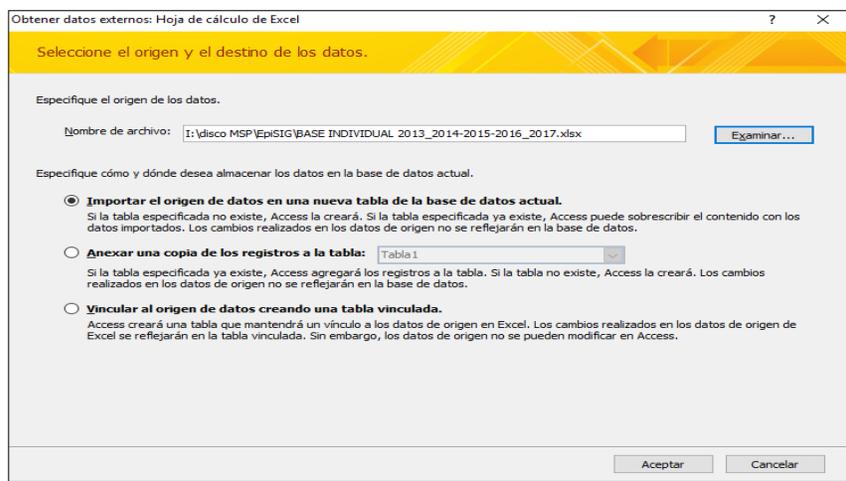
### 3.3. Preparación y análisis de datos

#### 3.3.1. Base de Datos de SIVE-Alerta Ministerio de Salud Pública

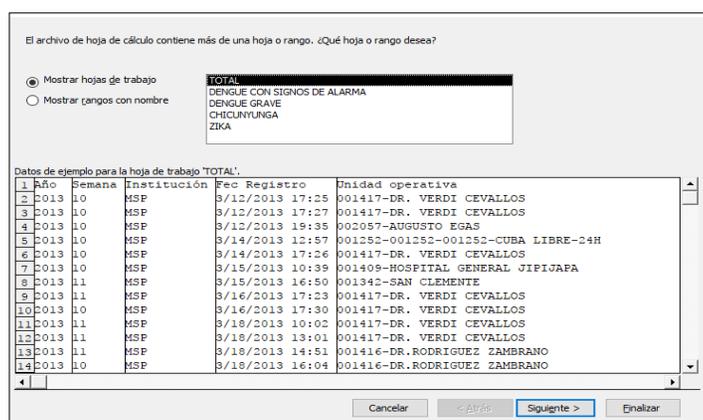
La base de datos de ETV es un insumo obtenido de la plataforma SIVE-Alerta del MSP. Esta base es plana y sin coordenadas geográficas, por lo tanto, deben ser espacializadas en el territorio. Para lograrlo, se requiere de una unidad territorial georreferenciada a la que se le adhieran los casos. Se trabaja con la capa vector de unidades operativas (establecimientos de salud que captan los casos) y las parroquias urbanas y rurales de Manabí. Estas capas contienen en sus tablas de atributos un campo llamado UNICODIGO, el cual es el identificador de cada establecimiento de salud y que servirá como campo de unión con la base de casos de ETV para la espacialización de los casos.

Los datos proporcionados del MSP de la Plataforma SIVE-Alerta son exportados en formato (\*.xls) de Microsoft Excel y para poder trabajar con ellos se migran los datos de Microsoft Excel a Microsoft Access para así poder obtener una base lista para importarla al software TerrSet en la espacialización de casos.

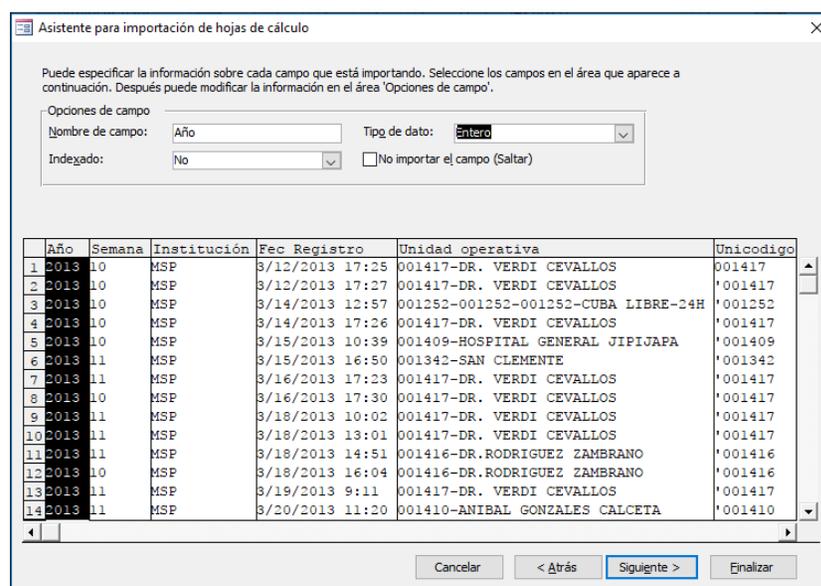
Dentro el programa Microsoft Access se importa la base de datos, se selecciona el libro correspondiente, en este caso TOTAL (total de casos de ETV), posterior se da el formato para cada campo: número para año, semana, total de casos; fecha para la fecha de notificación y texto para los campos restantes como evento, provincia, distrito, cantón y parroquia.



**Figura 9** Importación de datos desde bases externas, \*.xls hacia Microsoft Access



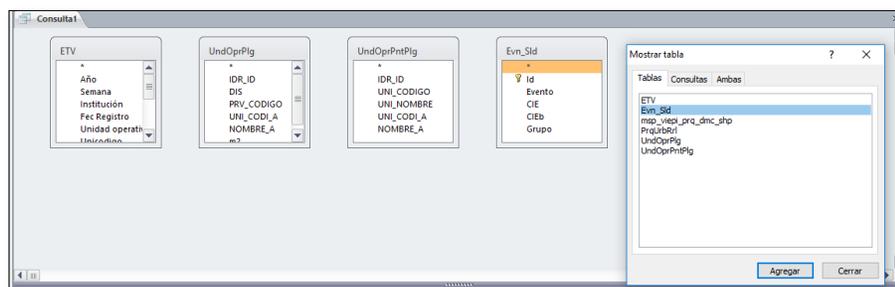
**Figura 10** Selección de los libros de la base de datos



**Figura 11** Formato de caldas para la base de datos en Microsoft Access

Seguido de esto se genera el diseño de consulta. En éste se cargan las bases con las que se trabajarán:

- Base de unidades operativas
- Base de parroquias urbanas y rurales (en punto y polígono)
- Base de casos de ETV
- Base de Código CIE 10



**Figura 12** Bases de datos para realizar el diseño de consulta

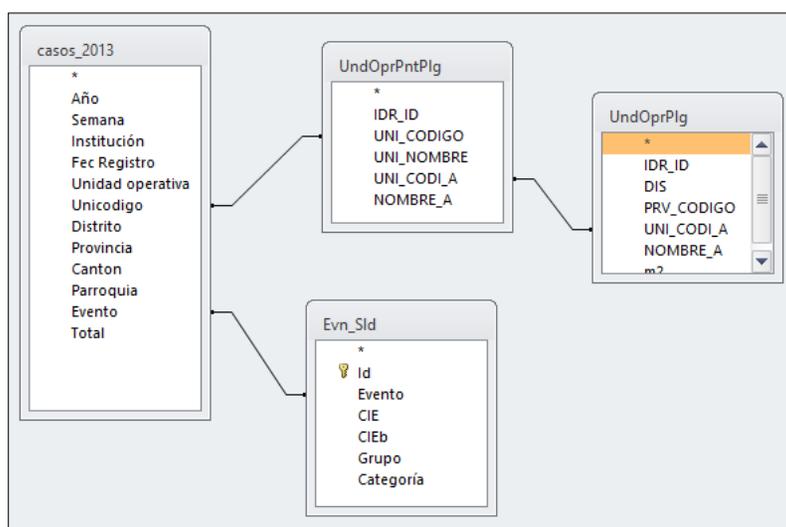
Para generar la base el primer paso en el diseño de consulta es ligar los unicódigos de los establecimientos de salud de la base de ETV con el mismo campo de unicódigo presente en la

base de parroquias tipo punto, seguido se liga el unicódigo\_A de las parroquias al unicódigo\_A de la base de parroquias tipo polígono y a su vez , la misma base de ETV se liga a la base de Códigos CIE 10 y en ella se crea la categoría para los eventos (categoría: vector que abarca las enfermedades transmitidas por *Aedes aegypti*). Una vez terminada la relación de las bases, se guarda la consulta para ser utilizada en el TerrSet.

Id	Evento	CIE	CIEb	Grupo	Categoría	Ha
9	Dengue con signos de alarma			Dengue	Vector	
10	Dengue grave			Dengue	Vector	
11	Dengue sin complicaciones (sin signos de alarma)			Dengue	Vector	
27	Fiebre Amarilla	A95		Fiebre amarilla	Vector	
28	Fiebre Chikungunya			Chikungunya	Vector	
104	ZIKA			Zika	Vector	
(Nuevo)						

**Figura 13** Creación de el campo “Categoría” en la base de códigos CIE 10

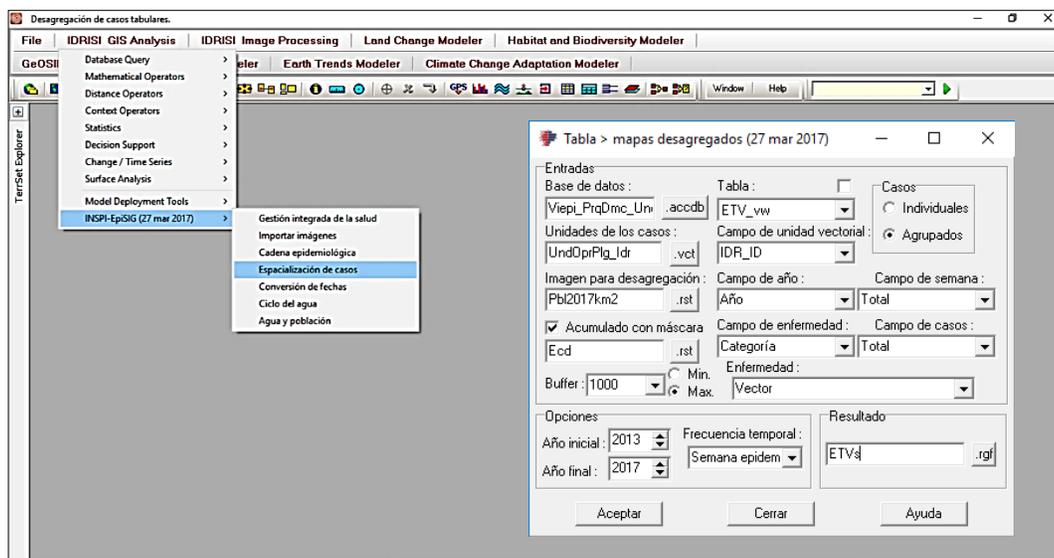
Las relaciones para el diseño de consulta quedarán de la siguiente manera: la base de datos ETV se relaciona con el campo Unicódigo al campo UNI\_CODI\_A de la base de parroquias y así mismo esta base se uno por el mismo campo a la base de establecimientos de salud y la base de ETV se une a la base del Código CIE 10 por medio del campo eventos.



**Figura 14** Diseño de consulta de la base de datos de ETV

### 3.3.2. Espacialización de ETV por el vector *Aedes aegypti*

Del módulo creado por EPISIG-INSPI, llamado INSPI-EpiSIG (27 mar 2017), se selecciona la opción de espacialización de casos.



**Figura 15** Módulo para mapas desagregados

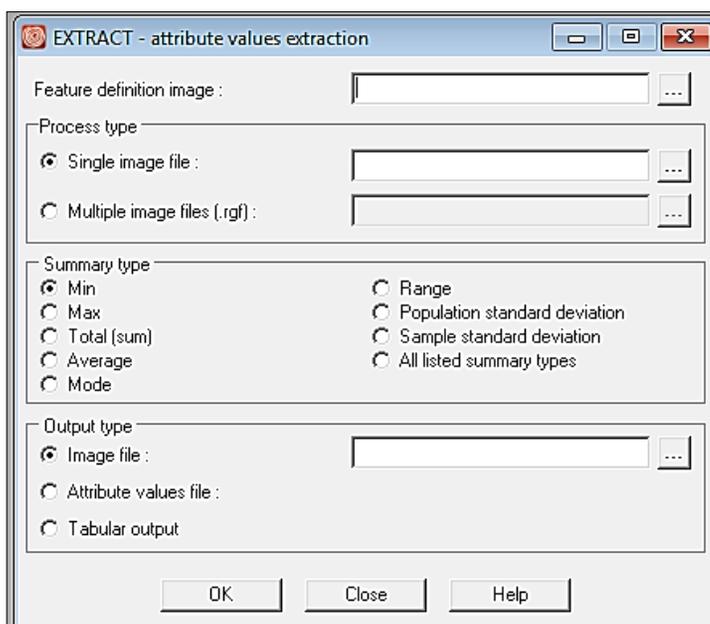
Fuente: (INSPI-EpiSIG, 2017)

Se adiciona la base de datos creada en Microsoft Access y se coloca los campos las variables que corresponden:

- **TABLA:** se coloca el diseño de consulta (Archivo \*.accdb).
- **UNIDADES DE CASO:** la cobertura de parroquias tipo vector (UndOprPlg\_Idr.vct).
- **CAMPO DE UNIDAD VECTORIAL:** se selecciona el IDR\_ID, el campo del diseño de consulta de la cobertura de los establecimientos de salud.
- **CAMPO DE AÑO:** se selecciona el campo de “año” del diseño de consulta de la base de ETV.

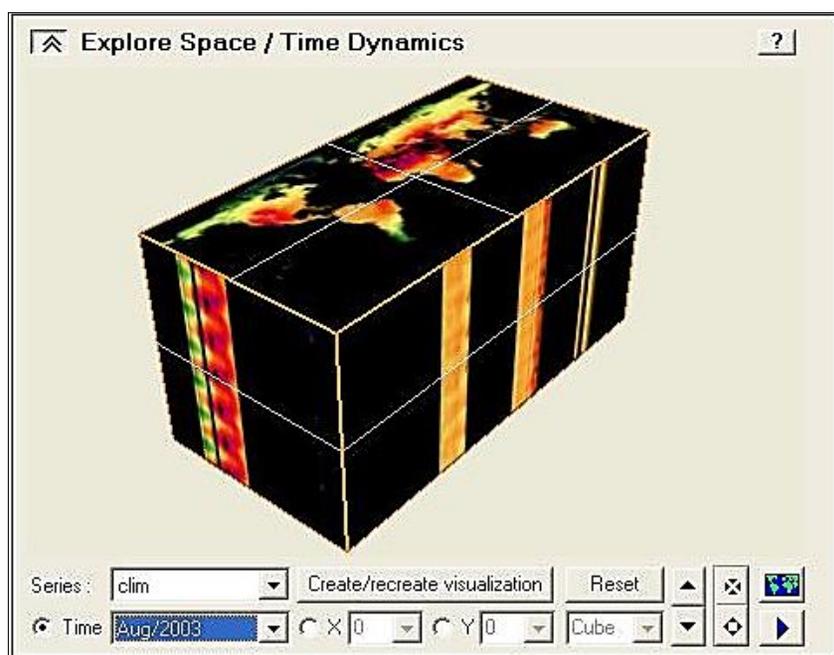
- CAMPO DE SEMANA: se selecciona el campo de “semana” del diseño de consulta de la base de ETV.
- CAMPO DE ENFERMEDAD: se selecciona el campo de “categoría” del diseño de consulta de la base del Código CIE 10.
- CAMPO DE CASOS: se selecciona el campo de “total” del diseño de consulta de la base de ETV
- IMAGEN PARA DESAGREGACIÓN: se selecciona el archivo tipo vector de “densidad poblacional”.
- ACUMULADO CON MÁSCARA: se selecciona el raster de “Manabí”, que es el raster de la provincia de Manabí para hacer el corte.
- ENFERMEDAD: se selecciona el campo de “vector” del diseño de consulta de la base del Código CIE 10 creado anteriormente.
- AÑO INICIAL Y FINAL: se selecciona el año de inicio y de fin de los datos, en este caso 2013 hasta 2017.
- FRECUENCIA TEMPORAL: se selecciona la frecuencia, en este caso por “semana epidemiológica”, debido a que los datos epidemiológicos vienen cada 7 días.
- RESULTADO: se coloca el nombre de la carpeta de archivos donde se va a guardar.

Con la ayuda de la herramienta EXTRACT se realiza una sumatoria de los casos en todas las semanas epidemiológicas basada en la unidad territorial y se extrae una tabla con los valores del total de casos y por semana epidemiológica.



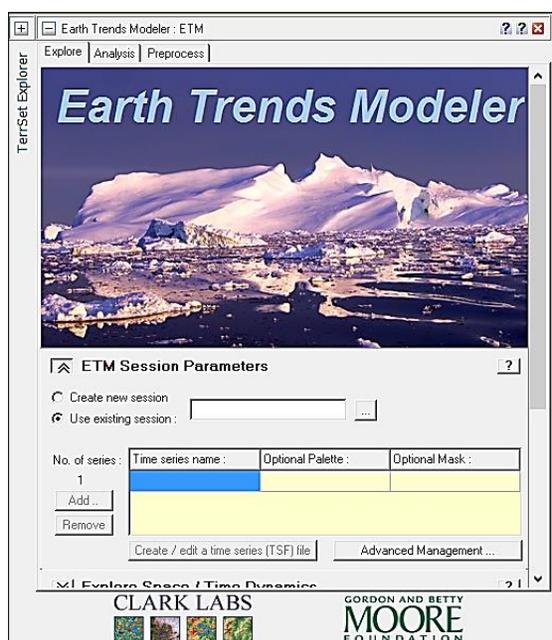
**Figura 16** Herramienta Extract del programa TerrSet  
Fuente: (Clark Labs, 2017)

### 3.3.3. Cubos espacio temporales



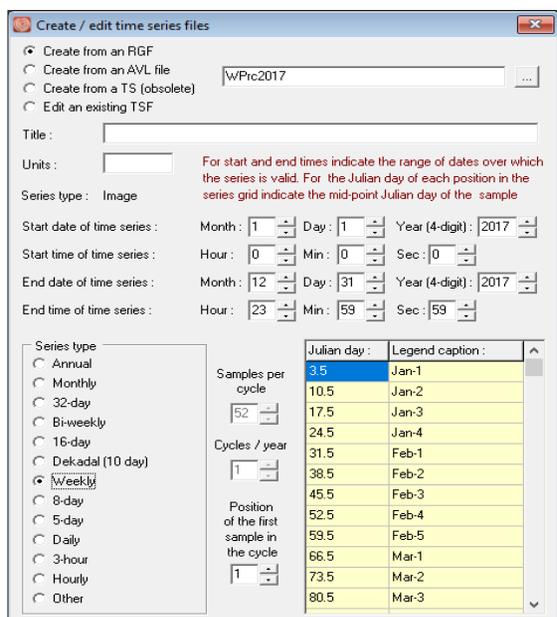
**Figura 17** Herramienta para realizar el cubo espacio temporal en TerrSet  
Fuente: (Clark Labs, 2017)

La herramienta ETM permite modelar y analizar las tendencias de la tierra y la dinámica de ecosistemas, el objetivo es realizar un análisis multitemporal de imágenes para poder visualizar cronológicamente las variaciones de variables. (Clark Labs, 2017) En este estudio se realiza el análisis de los casos de ETV por semana epidemiológica, media de precipitaciones y el índice de vegetación para la creación de los cubos espacio temporales de información.



**Figura 18** Módulo Earth Trends Modeler  
Fuente: (Clark Labs, 2017)

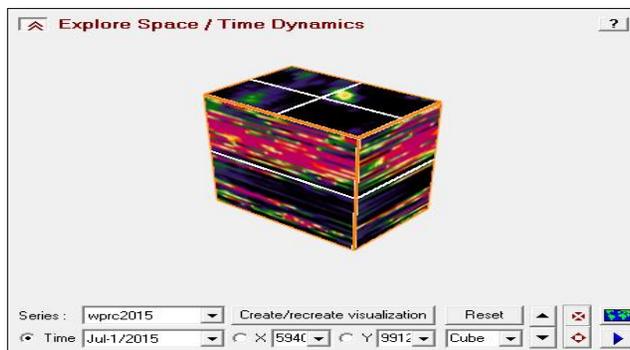
Con la creación de una nueva sesión en el ETM se ingresa el grupo de imágenes tipo raster de casos de ETV, precipitación e índice de vegetación por semana epidemiológica, se define el inicio y el fin (fecha) de los raster utilizados, se selecciona el tipo de serie que se va a correr, en este caso semanal debido a que la resolución temporal es por semana epidemiológica. El resultado son las series de tiempo de las variables anteriormente mencionadas.



**Figura 19** Creación de la serie de tiempo

Fuente: (Clark Labs, 2017)

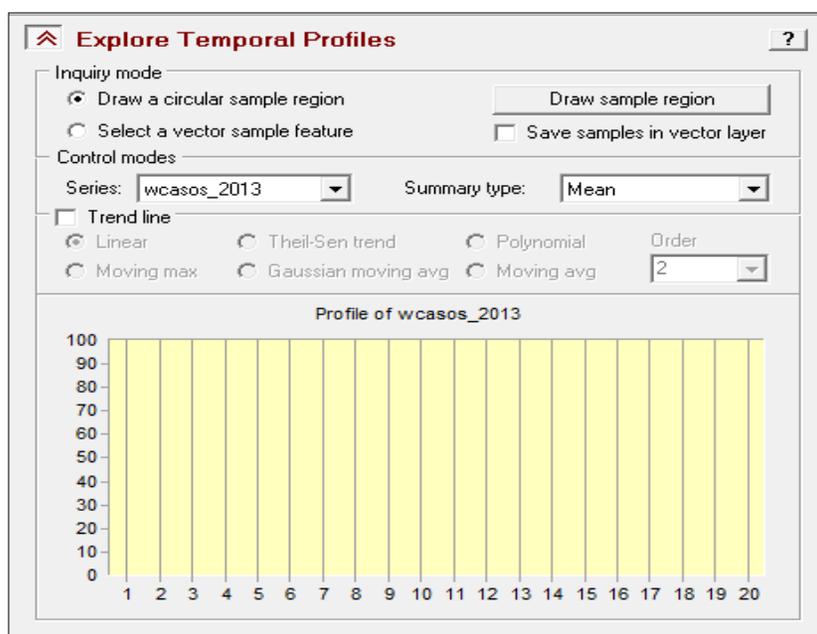
Para la creación de los cubos espacio temporales se utiliza la herramienta Explore Space/Time Dynamics-ETM, la cual visualiza las imágenes en series en tiempo y espacio. (Clark Labs, 2017) El eje X contiene la variable Tiempo y el eje Y representa los valores de las series temporales. (Clark Labs, 2017) Se crea la visualización de cada cubo y posterior se activa la cara superior de cada cubo para poder visualizar y generar los perfiles de cada variable y se activa el ícono para generar el bucle de película de todo el año por cada variable.



**Figura 20** Cubo de información con las series de tiempo

Fuente: (Clark Labs, 2017)

Con la herramienta Explore Temporal Profiles-ETM, la cual genera perfiles lineales a través del tiempo para áreas determinadas, se determina la tendencia de casos ETV, precipitación e índice de vegetación por semana epidemiológica en la provincia de Manabí.



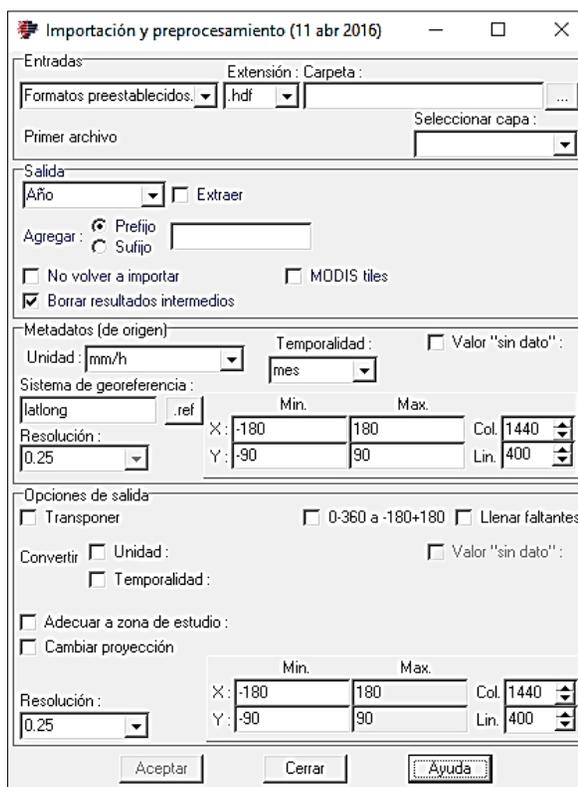
**Figura 21** Generación de los perfiles lineales de las variables  
Fuente: (Clark Labs, 2017)

- **Precipitación total**

Para obtener la precipitación total se utiliza el Macro Modeler y se genera una serie en la cual se suman el grupo de imágenes de precipitación para obtener la imagen con el total de precipitación.

- **Imágenes de precipitación e índice de vegetación**

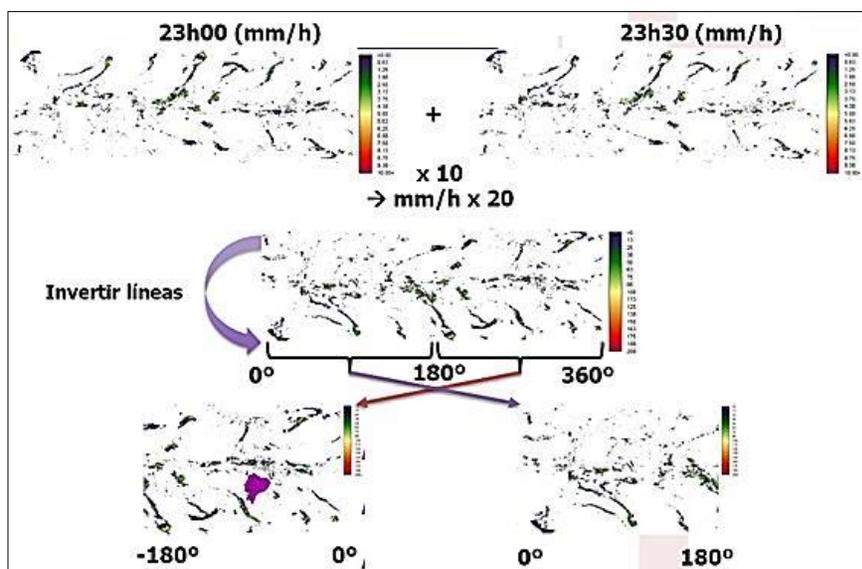
Una vez obtenidos los productos CMORPH, fuente (Climate Prediction Center, 2017) de precipitación y MODIS de índice de vegetación (EVI), se inicia la importación de las imágenes al software TerrSet mediante el módulo desarrollado por el equipo EPISIG del INSPI, llamado Importación y Procesamiento.



**Figura 22** Importación de imágenes satelitales  
Fuente: (Clark Labs, 2017)

Se selecciona el formato de las imágenes a ser importadas, se coloca la unidad, temporalidad, sistema de referencia, como las imágenes de precipitación tienen los puntos cardinales invertidos se invierten las líneas, es decir se transponen las imágenes, y por último se adecua a la zona de estudio (provincia de Manabí) con sus coordenadas correspondientes.

Debido que se requiere facilidad en el procesamiento de los datos de precipitación se multiplica a cada imagen por 10 para obtener números cerrados y precisos. Además, como estas imágenes tienen una resolución temporal de 30 minutos, se la multiplica por dos ya que se requiere la precipitación medida por hora (mm/h).



**Figura 23** Importación de la imagen CMORPH hacia formato raster

Las imágenes de EVI no requieren este proceso.

Mediante la herramienta de Macro Modeler, se realiza el siguiente proceso para los dos grupos de imágenes a ser procesados:

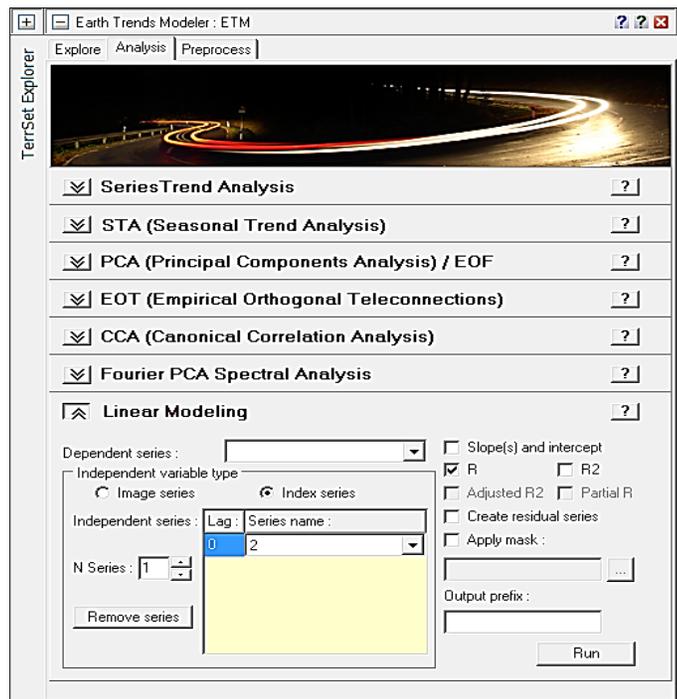
Se ingresa el grupo de imágenes de precipitación:

- 1- Se añade un proceso de suma y de escalar;
- 2- En la operación escalar (Scalar) se cambia la operación de Add (suma) a Divide (dividir) y se cambia la cantidad a 20, debido a que son imágenes que harán la imagen de una hora;
- 3- Se corre el modelo hasta obtener el resultado de la precipitación medido en milímetros/hora del área de estudio.
- 4- Al correr el modelador los resultados de la precipitación se encuentran determinados por semanas epidemiológicas (aproximadamente de 53 a 54 semanas en el año calendario)

5- Posterior con el Macro Modeler se escala cada imagen de precipitación por semana epidemiológica, es decir se realizan operaciones aritméticas a la imagen para obtener un valor constante en cada pixel – como es un raster, formato propio de TerrSet, da la valoración a la imagen los valores del espectro visible 0-255. Se coloca el grupo de imágenes en los modelos y se ejecuta el modelo programado. Esto da como resultado las imágenes escaladas de cada semana epidemiológica.

### 3.3.4. Correlación de variables

La herramienta Linear Modeling permite la generación de una regresión entre series de imágenes. Por lo tanto, se verificará la correlación existente entre las tres variables: precipitación, índice de vegetación y casos de ETV. Se calcula el coeficiente de correlación y el coeficiente de determinación ( $R$  y  $R^2$ ).



**Figura 24** Generación de modelo lineal para obtener el  $R$  y  $R^2$

Fuente: (Clark Labs, 2017)

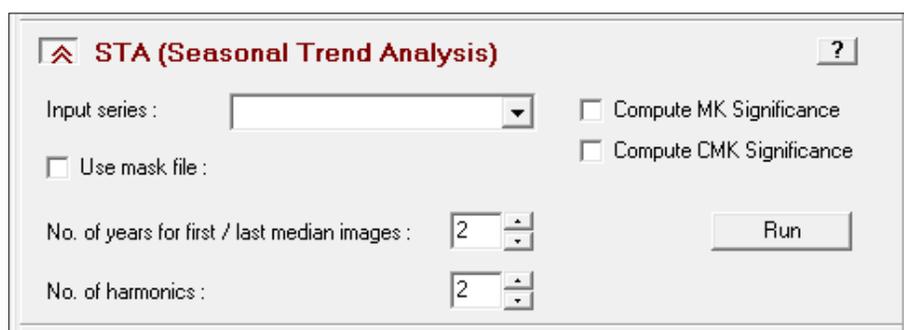
Para los modelos lineales se calculará el coeficiente de correlación de Pearson (R), que es una prueba estadística que permite analizar la relación entre dos variables medidas, en este caso incidencia de casos de ETV con precipitación e incidencia de casos de ETV con índice de vegetación. El coeficiente R puede variar de -1 a 1, donde el signo indica la dirección de la correlación y el valor numérico, la magnitud de la correlación.

Cuando el coeficiente R de Pearson se eleva al cuadrado, el resultado indica el porcentaje de la variación de una variable debido a la variación de la otra y viceversa. Es decir, el coeficiente de determinación, R al cuadrado o  $R^2$ , es la proporción de la variación en Y explicada por X. Puede adoptar cualquier valor entre 0 y 1.

- **Análisis de tendencia estacional (STA)**

Para generar un análisis de tendencia estacional (STA) se requiere de por lo menos cuatro años de series completas, por lo cual se va a trabajar con los años 2013, 2014, 2015 y 2016 de las variables de precipitación, índice de vegetación y casos de ETV, debido a que el año 2017 no se encuentra completo se lo retira del análisis.

Para realizar este análisis se selecciona el grupo de imágenes de cuatro años seguidos y se utiliza la herramienta.

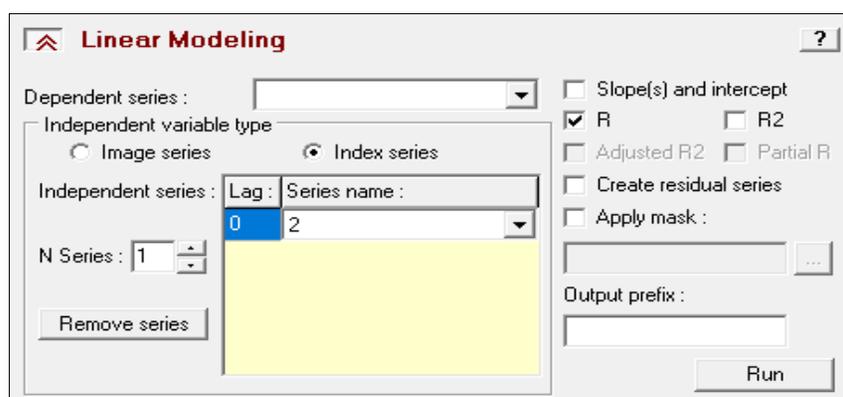


**Figura 25** Herramienta STA – Análisis de tendencia estacional

Fuente: (Clark Labs, 2017)

### 3.3.5. Modelo Lineal

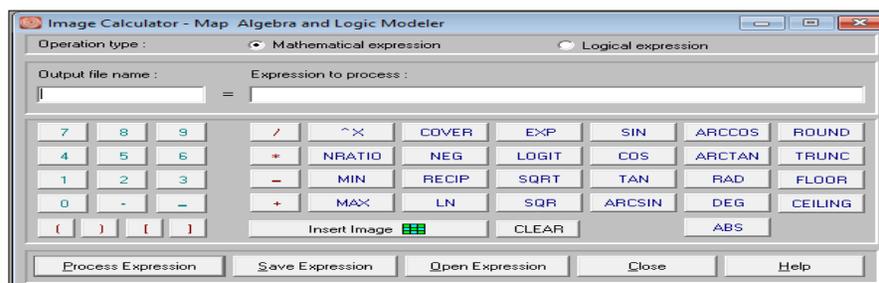
Para generar el modelo lineal se selecciona la serie dependiente de la serie de imágenes, en este caso la variable dependiente es Casos de ETV. Luego se coloca las variables independientes. Se selecciona el tipo de archivos de salida se desea obtener: slope (pendiente), intercept (intersección), R, R2, R ajustada (para múltiples regresiones), R parciales (para múltiples regresiones). Adicional se indica si se requiere generar series residuales y especificar si se aplica una máscara para el cálculo. Y se corre el programa.



**Figura 26** Herramienta de modelación lineal – software TerrSet  
Fuente: (Clark Labs, 2017)

Posterior a la obtención de la pendiente y de la intersección se coloca las imágenes en la calculadora raster y se realiza la siguiente ecuación:

$$ML_{2013 - 2016} = [(-4) * (Prc_{2013} - 2016)] + [(1) * (EVI_{201} - 2016)]$$



**Figura 27** Herramienta Calculadora de imágenes – software TerrSet  
Fuente: (Clark Labs, 2017)

## CAPÍTULO IV

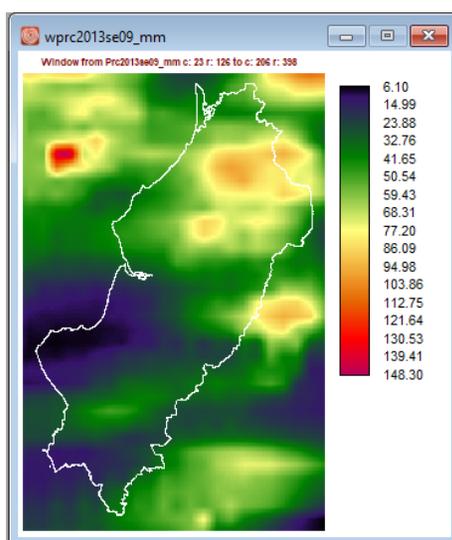
### 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Resultados

##### 4.1.1. Importación de imágenes satelitales de precipitación e índice de vegetación

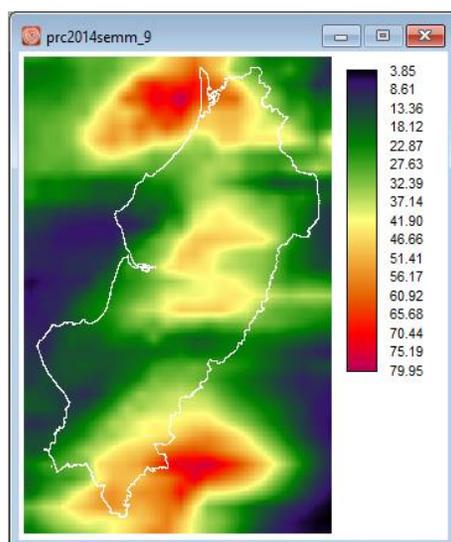
A continuación, se presentan las imágenes procesadas de precipitación de cada año desde el 2013 al 2017 a modo de comparación para la semana epidemiológica 09.

- **Imágenes de precipitación en milímetros para la provincia de Manabí de los años 2013-2017**



**Figura 28** Imagen CMORPH de Precipitación en mm del año 2013, semana epidemiológica 29, provincia de Manabí  
Fuente: (Climate Prediction Center, 2017)

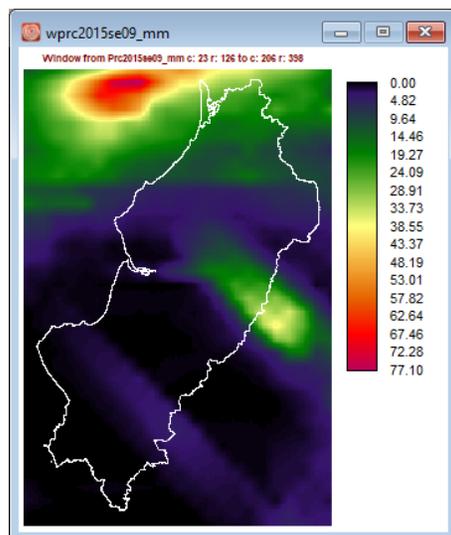
En la semana epidemiológica 09 del año 2013, la provincia de Manabí presenta una precipitación máxima de aproximadamente 112 mm, esto es debido a que la SE 09 es del 24 de febrero al 02 de marzo, en época lluviosa.



**Figura 29** Imagen CMORPH de Precipitación en mm del año 2014, semana epidemiológica 09, provincia de Manabí

Fuente: (Climate Prediction Center, 2017)

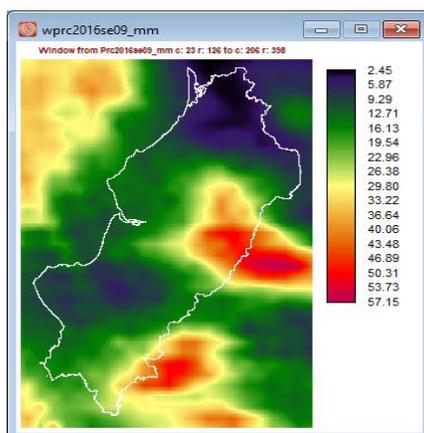
En la semana epidemiológica 09 del año 2014, la provincia de Manabí presenta una precipitación máxima de aproximadamente 60 mm, esto es debido a que la SE 09 es del 24 de febrero al 02 de marzo, en época lluviosa.



**Figura 30** Imagen CMORPH de Precipitación en mm del año 2015, semana epidemiológica 09, provincia de Manabí

Fuente: (Climate Prediction Center, 2017)

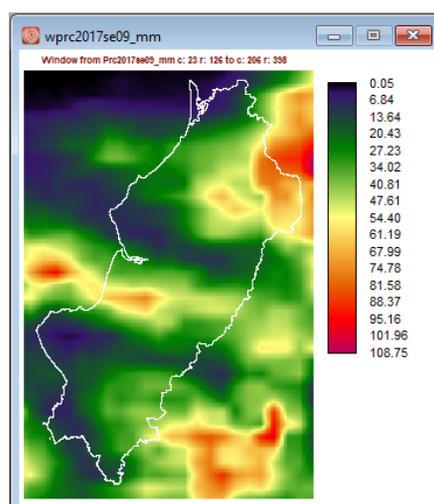
En la semana epidemiológica 09 del año 2015, la provincia de Manabí presenta una precipitación máxima de aproximadamente 38 mm, esto es debido a que la SE 09 es del 24 de febrero al 02 de marzo, en época lluviosa.



**Figura 31** Imagen CMORPH de Precipitación en mm del año 2016, semana epidemiológica 09, provincia de Manabí

Fuente: (Climate Prediction Center, 2017)

En la semana epidemiológica 09 del año 2016, la provincia de Manabí presenta una precipitación máxima de aproximadamente 51 mm, esto es debido a que la SE 09 es del 24 de febrero al 02 de marzo, en época lluviosa.

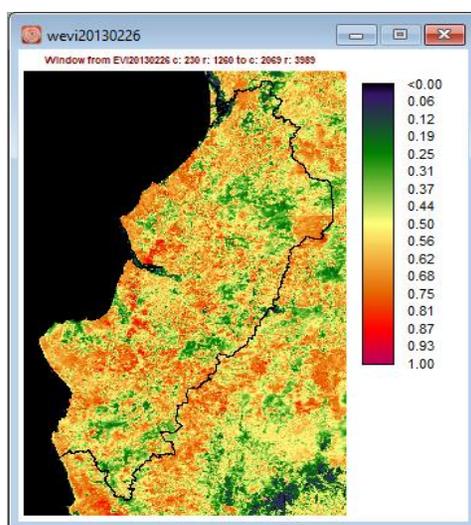


**Figura 32** Imagen CMORPH de Precipitación en mm del año 2017, semana epidemiológica 09, provincia de Manabí

Fuente: (Climate Prediction Center, 2017)

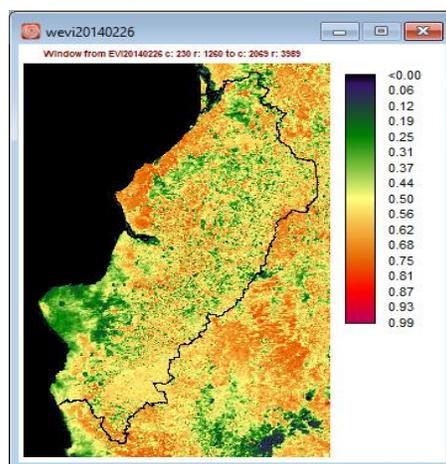
En la semana epidemiológica 09 del año 2017, la provincia de Manabí presenta una precipitación máxima de aproximadamente 88 mm, esto es debido a que la SE 09 es del 24 de febrero al 02 de marzo, en época lluviosa.

- **Imágenes de índice de vegetación para la provincia de Manabí de los años 2013-2017**



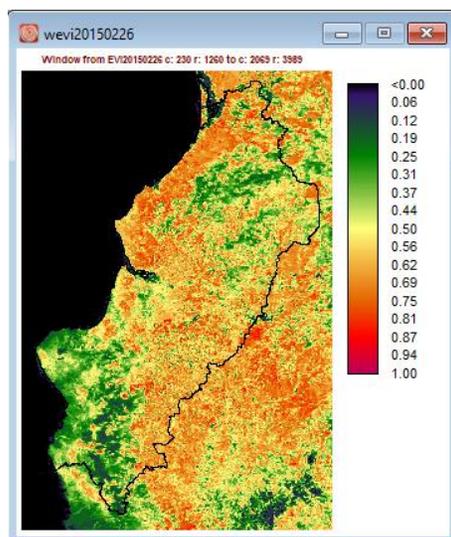
**Figura 33** Imagen MODIS de Índice de Vegetación, del 26 de febrero de 2013, provincia de Manabí  
Fuente: (NASA-MODIS, 2017)

De fecha 26 de febrero de 2013 la provincia de Manabí presenta un índice de vegetación máximo de aproximadamente 0.81.



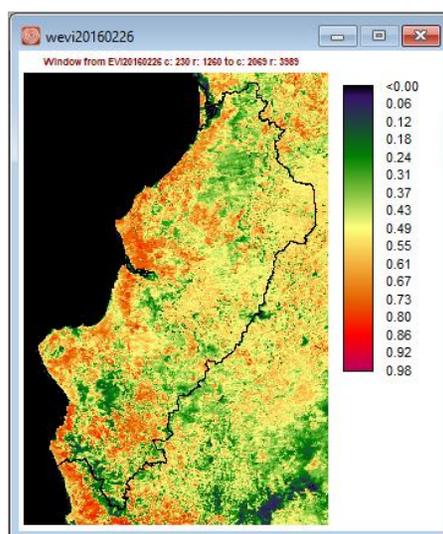
**Figura 34** Imagen MODIS de Índice de Vegetación de fecha 26 de febrero de 2014, provincia de Manabí  
Fuente: (NASA-MODIS, 2017)

De fecha 26 de febrero de 2014 la provincia de Manabí presenta un índice de vegetación máximo de aproximadamente 0.87.



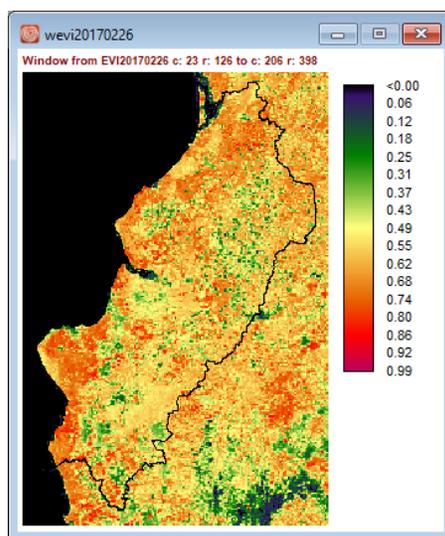
**Figura 35** Imagen MODIS de Índice de Vegetación de fecha 26 de febrero de 2015, provincia de Manabí  
Fuente: (NASA-MODIS, 2017)

De fecha 26 de febrero de 2015 la provincia de Manabí presenta un índice de vegetación máximo de aproximadamente 0.87.



**Figura 36** Imagen MODIS de Índice de Vegetación de fecha 26 de febrero de 2016, provincia de Manabí  
Fuente: (NASA-MODIS, 2017)

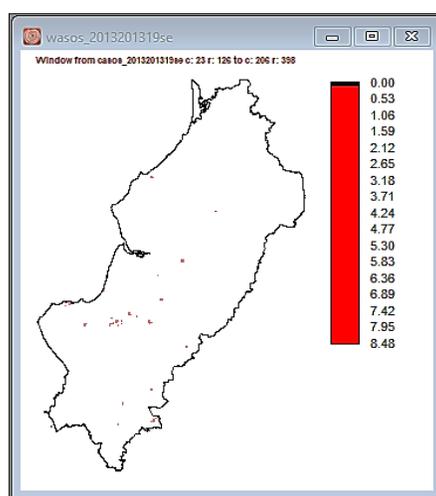
De fecha 26 de febrero de 2016 la provincia de Manabí presenta un índice de vegetación máximo de aproximadamente 0.73.



**Figura 37** Imagen MODIS de Índice de Vegetación de fecha 26 de febrero de 2017, provincia de Manabí  
Fuente: (NASA-MODIS, 2017)

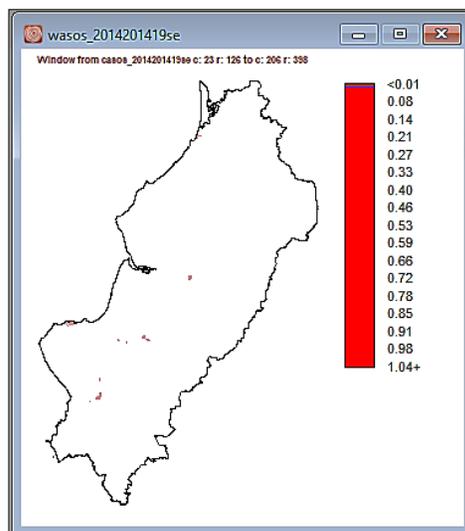
De fecha 26 de febrero de 2017 la provincia de Manabí presenta un índice de vegetación máximo de aproximadamente 0.86.

- **Imágenes de índice de casos de ETV para la provincia de Manabí de los años 2013-2017**



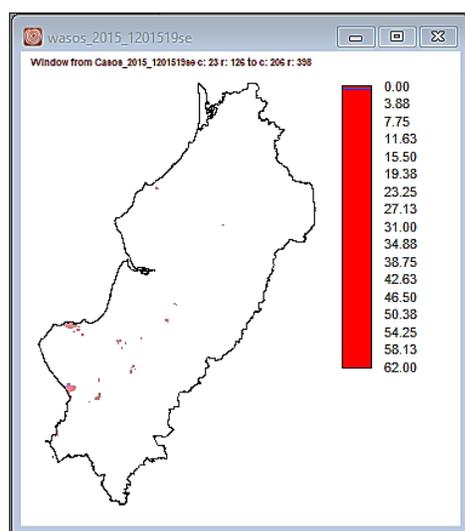
**Figura 38** Imagen de espacialización de ETV, semana epidemiológica 19, año 2013, provincia de Manabí  
Fuente: (Ministerio de Salud Pública, 2017)

En la semana epidemiológica 19 del año 2013, la provincia de Manabí presenta un máximo de 8 casos en la provincia.



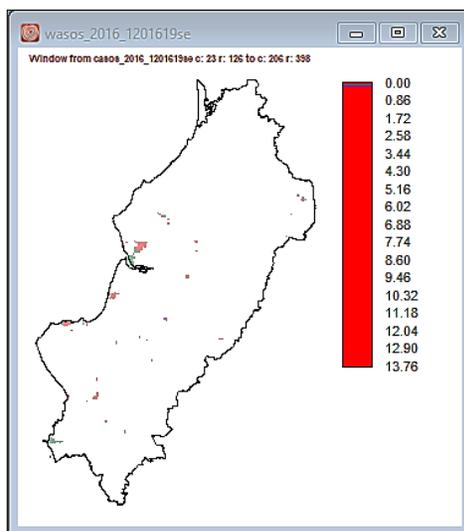
**Figura 39** Imagen de espacialización de ETV, semana epidemiológica 19, año 2014, provincia de Manabí  
Fuente: (Ministerio de Salud Pública, 2017)

En la semana epidemiológica 19 del año 2014, la provincia de Manabí presenta un máximo de 1 caso en la provincia.



**Figura 40** Imagen de espacialización de ETV, semana epidemiológica 19, año 2015, provincia de Manabí  
Fuente: (Ministerio de Salud Pública, 2017)

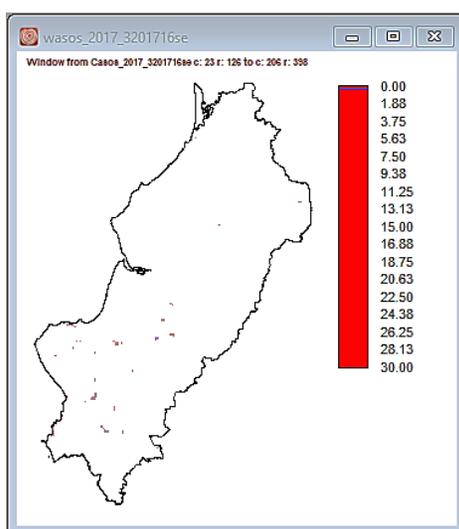
En la semana epidemiológica 19 del año 2015, la provincia de Manabí presenta un máximo de 62 casos en la provincia.



**Figura 41** Imagen de espacialización ETV, semana epidemiológica 19, año 2016, provincia de Manabí

Fuente: (Ministerio de Salud Pública, 2017)

En la semana epidemiológica 19 del año 2016, la provincia de Manabí presenta un máximo de 14 casos en la provincia.



**Figura 42** Imagen de espacialización de ETV, semana epidemiológica 16, año 2017, provincia de Manabí

Fuente: (Ministerio de Salud Pública, 2017)

En la semana epidemiológica 16 del año 2017, la provincia de Manabí presenta un máximo de 30 casos en la provincia.

#### 4.1.2. Generación de cubos de información

- **Cubo de enfermedades vectoriales transmitidas (ETV) por *Aedes aegypti* 2013-2017**

Para la generación del cubo espacio temporal de ETV se generó las series temporales de los años 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017 de enfermedades de transmitidas por *Aedes aegypti*. Los resultados se muestran a continuación:

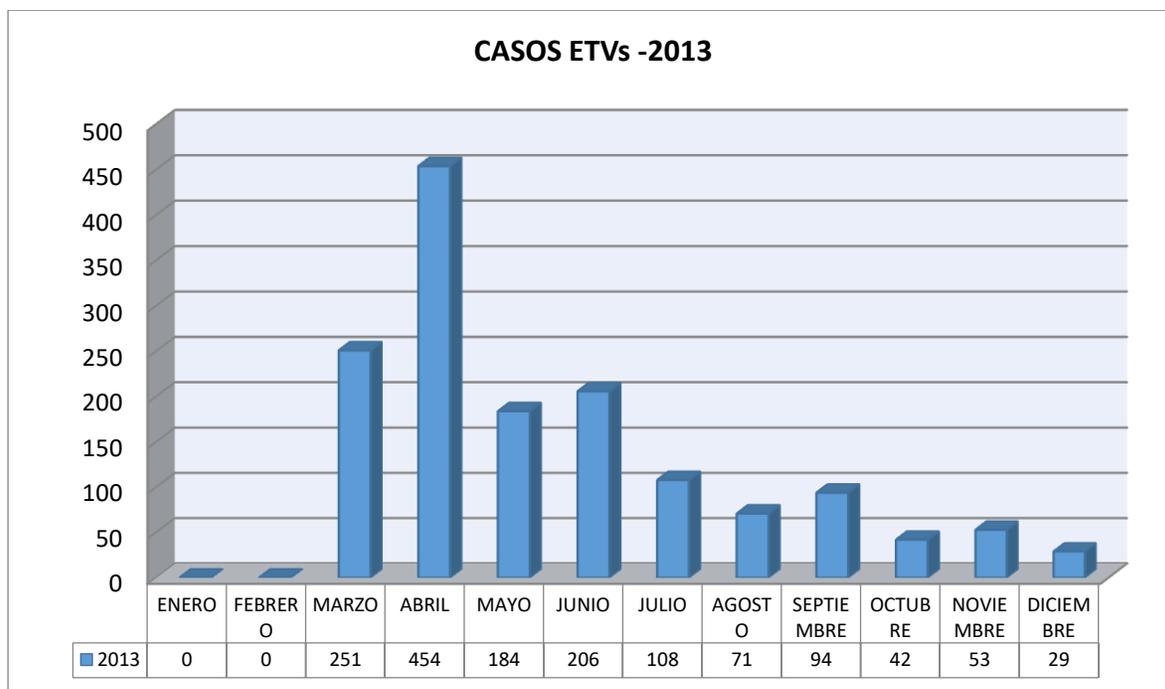
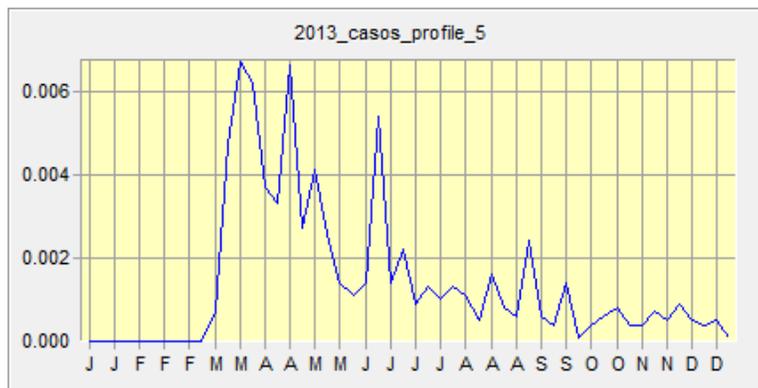
**Tabla 4**

*Casos de ETV por año y por mes*

<b>CASOS ETV</b>					
	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
<b>ENERO</b>	0	77	160	144	224
<b>FEBRERO</b>	0	117	265	509	298
<b>MARZO</b>	251	161	1028	544	660
<b>ABRIL</b>	454	185	3151	232	568
<b>MAYO</b>	184	167	4272	661	680
<b>JUNIO</b>	206	300	3090	1183	-
<b>JULIO</b>	108	281	628	937	-
<b>AGOSTO</b>	71	215	157	616	-
<b>SEPTIEMBRE</b>	94	140	114	221	-
<b>OCTUBRE</b>	42	76	45	318	-
<b>NOVIEMBRE</b>	53	116	35	128	-
<b>DICIEMBRE</b>	29	68	38	99	-
<b>TOTAL</b>	<b>1492</b>	<b>1903</b>	<b>12983</b>	<b>5592</b>	<b>2430</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>24400 casos de ETV</b>				

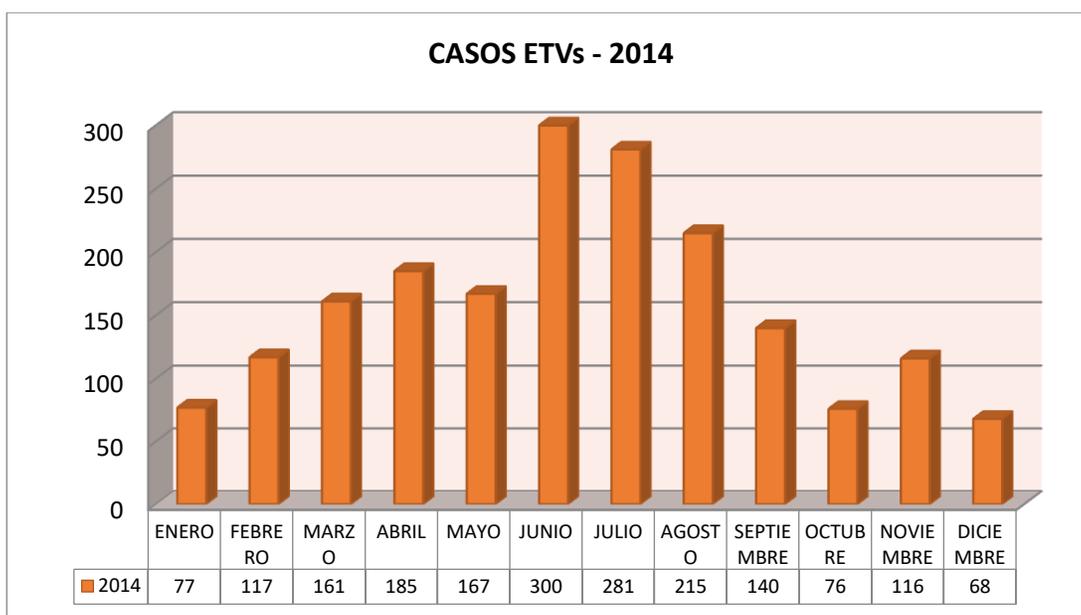
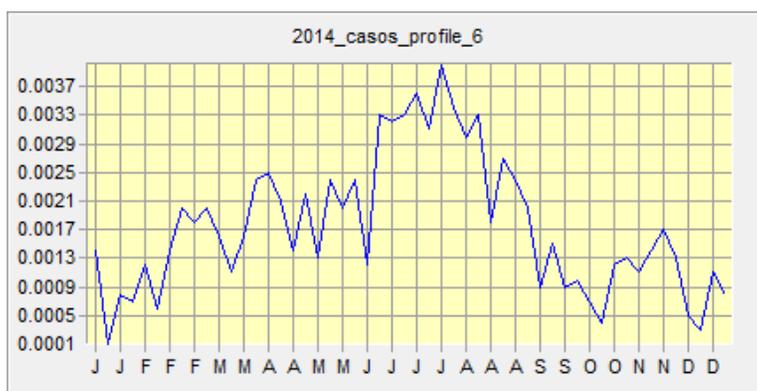
- **Casos de ETV año 2013**

Se muestra el perfil de casos generado en el cubo de información:



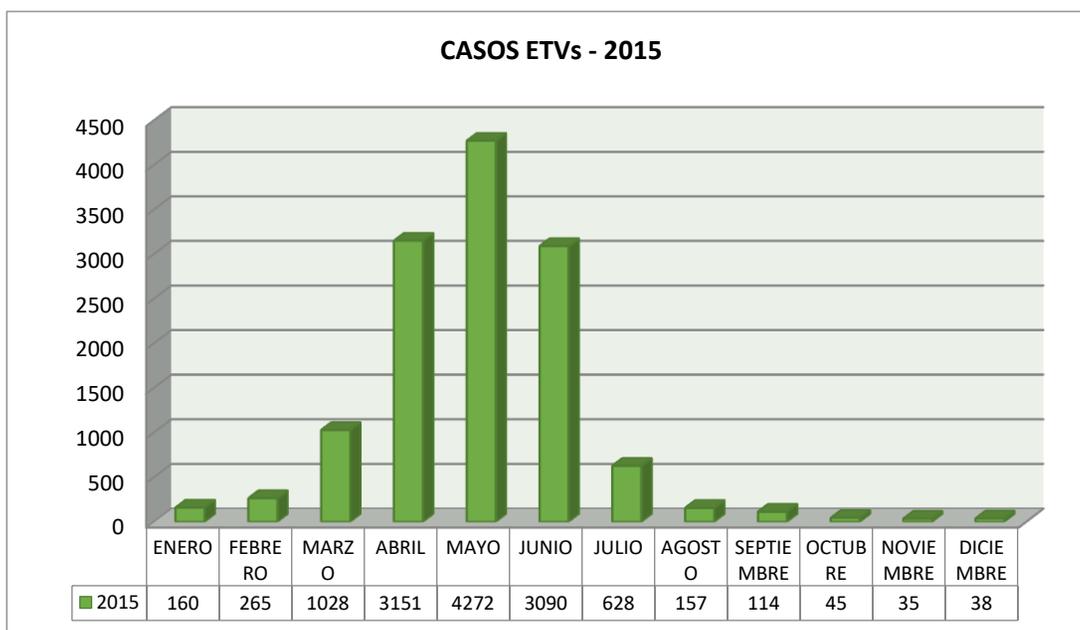
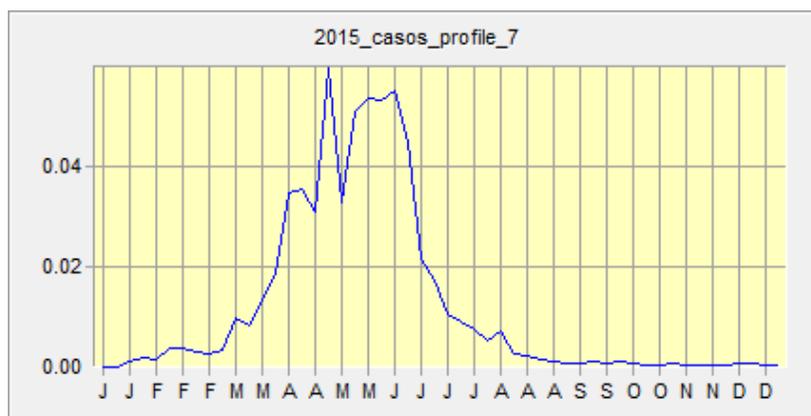
**Figura 43** Línea de tendencia de los casos de ETV 2013

Para el año 2013 el mes con más incidencia de casos es abril con 454 casos. Seguido de los meses de marzo y junio, los meses con menos casos son diciembre y octubre. Para este año no se toma en cuenta los meses de enero y febrero ya que los datos del SIVE – Alerta se empiezan a registrar a partir de marzo de 2013.



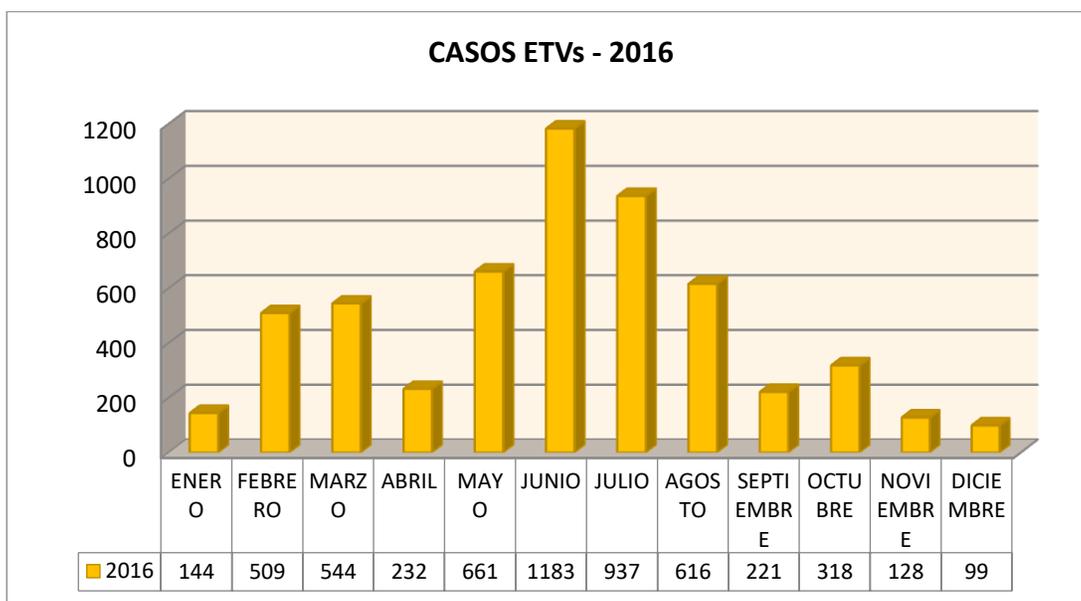
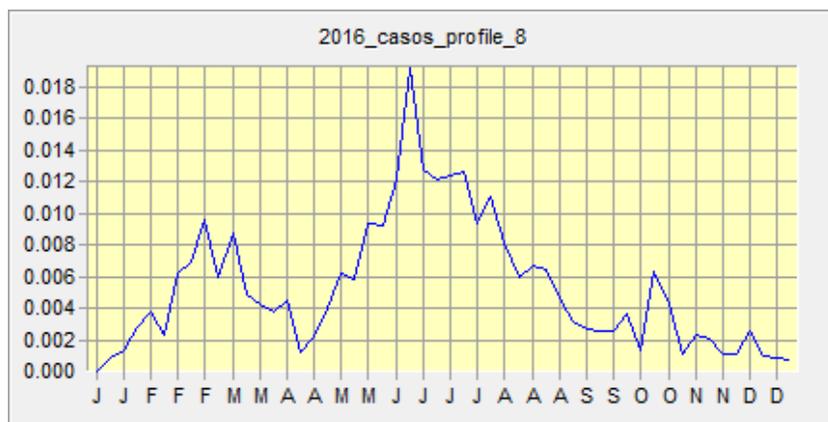
**Figura 44** Línea de tendencia de los casos de ETV 2014

Para el año 2014 el mes con más incidencia de casos es junio con 300 casos. Seguido de los meses de julio y agosto, los meses con menos casos son enero, noviembre y diciembre.



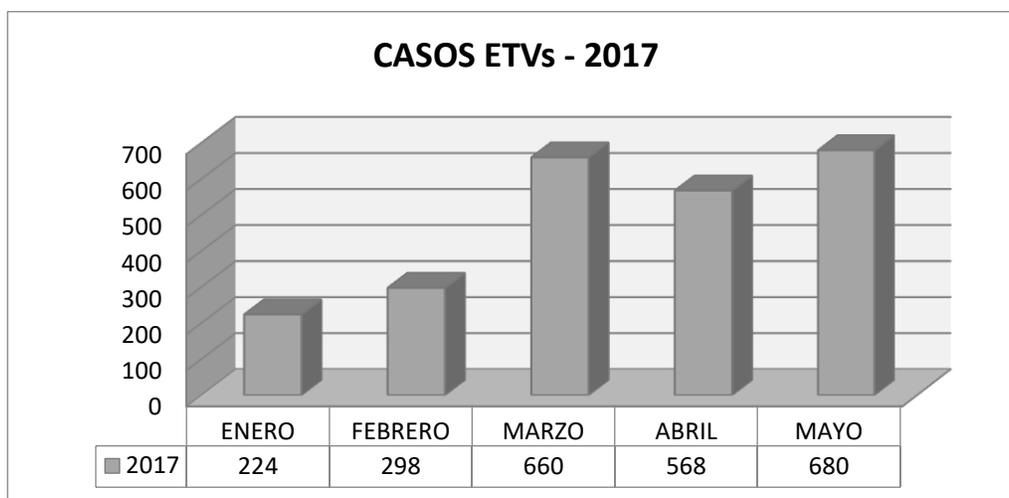
**Figura 45** Línea de tendencia de los casos de ETV 2015

Para el año 2015 el mes con más incidencia de casos es mayo con 4272 casos. Seguido de los meses de abril y junio, los meses con menos casos son octubre, noviembre y diciembre.



**Figura 46** Línea de tendencia de los casos de ETV 2016

Para el año 2016 el mes con más incidencia de casos es junio con 1183 casos. Seguido de los meses de junio y mayo, los meses con menos casos son enero y diciembre.

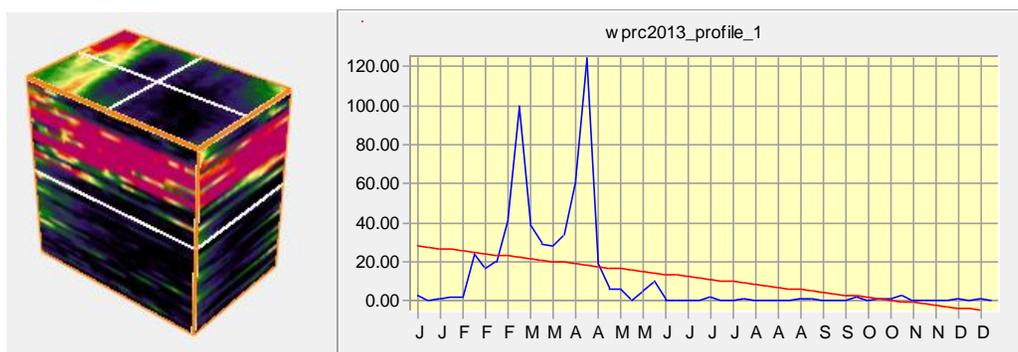


**Figura 47** Línea de tendencia de los casos de ETV 2017

Para el año 2017 se analizará solo hasta el mes de mayo debido a que el alcance del estudio es al mes de mayo. El mes con más incidencia de casos es mayo con 680 casos. Seguido de los meses de marzo y abril, el mes con menos casos son enero.

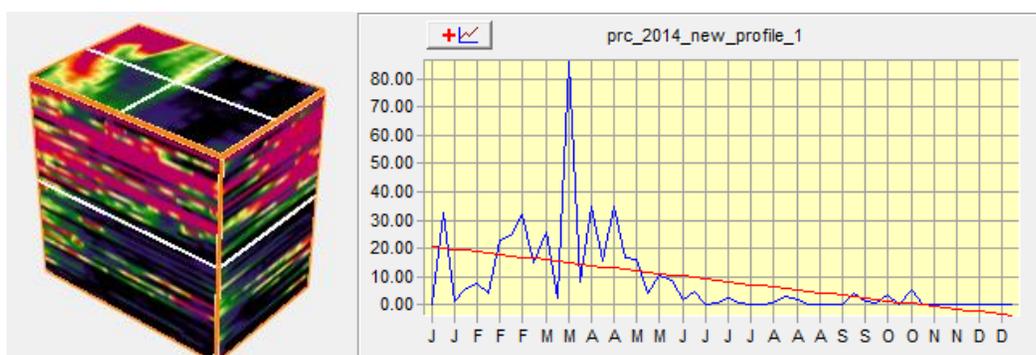
- **Cubos espacio temporales de precipitación 2013-2017**

Para los cubos de precipitación se genera la serie temporal por cada año y se genera la visualización de la información:



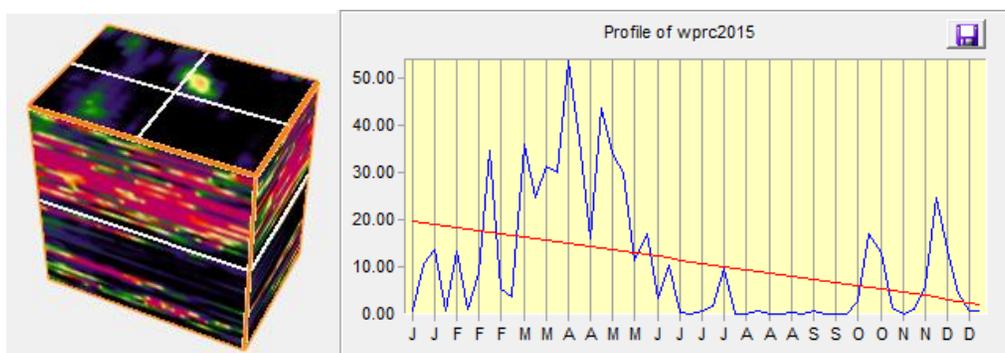
**Figura 48** Cubo de informaci3n y lnea de tendencia de precipitaciones del a1o 2013

El per3odo de lluvias del a1o 2013 tuvo un incremento a partir de finales de febrero hasta llegar a 123 mm. El descenso se produjo en el mes de mayo, para entrar en el per3odo seco.



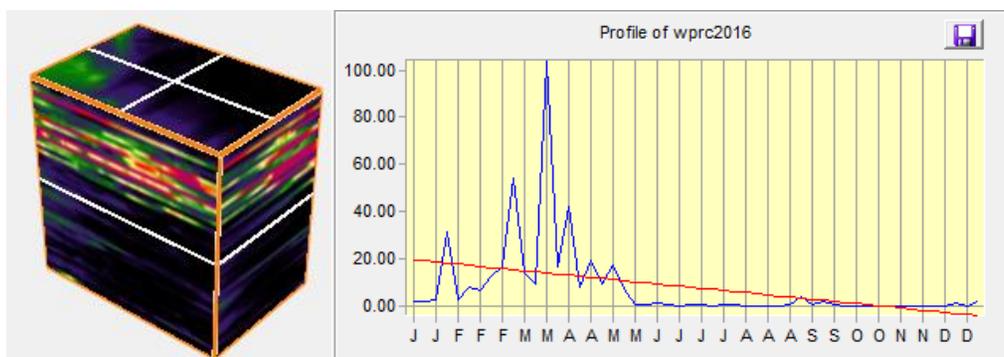
**Figura 49** Cubo de informaci3n y lnea de tendencia de precipitaciones del a1o 2014

El per3odo de lluvias del a1o 2014 tuvo un incremento en el mes de marzo hasta llegar a 85 mm. El descenso de lluvias se produce en los meses de mayo y junio.



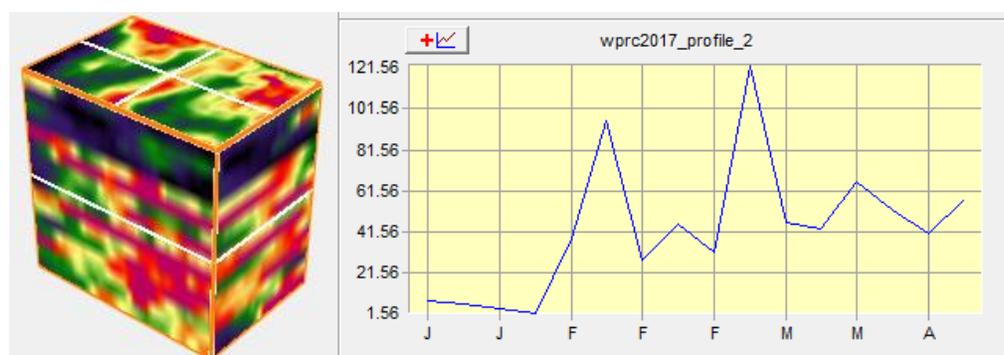
**Figura 50** Cubo de informaci3n y lnea de tendencia de precipitaciones del a1o 2015

El período de lluvias del año 2015 tuvo un incremento a partir de finales de enero hasta llegar a 55 mm en el mes de abril. El descenso se produjo a inicios del mes de junio, para entrar en el período seco.



**Figura 51** Cubo de informaci3n y lnea de tendencia de precipitaciones del a1o 2016

El período de lluvias del a1o 2016 tuvo un incremento a partir de finales de febrero hasta llegar a 100 mm. El descenso se produjo a inicios del mes de abril, para entrar en el período seco.

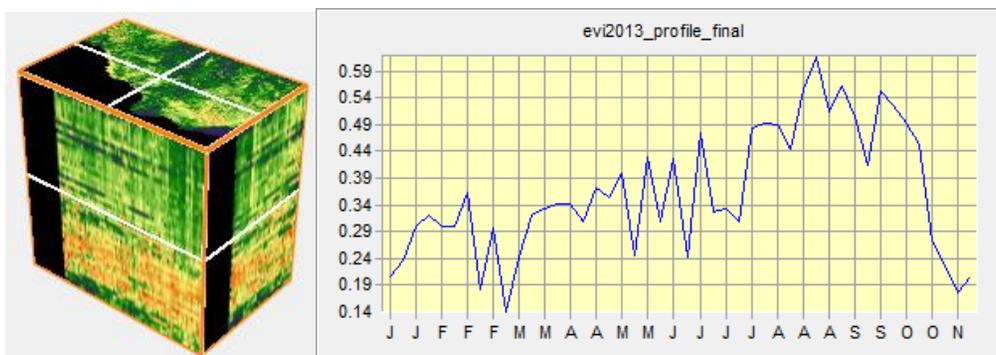


**Figura 52** Cubo de informaci3n y lnea de tendencia de precipitaciones del a1o 2017

El período de lluvias del a1o 2017 tuvo un incremento a partir de finales de febrero hasta llegar a 122 mm. El descenso se produjo en el mes de mayo, para entrar en el período seco.

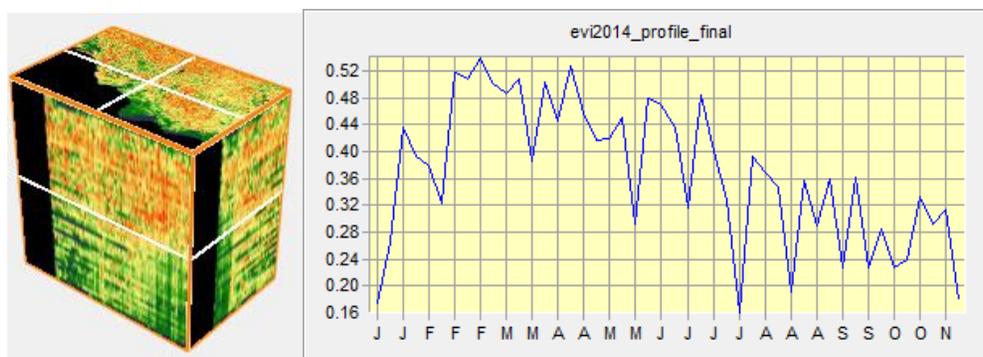
- **Cubos espacio temporales del índice de vegetación 2013-2017**

Para los cubos del índice de vegetación se genera la serie temporal por cada año y se genera la visualización de la información:



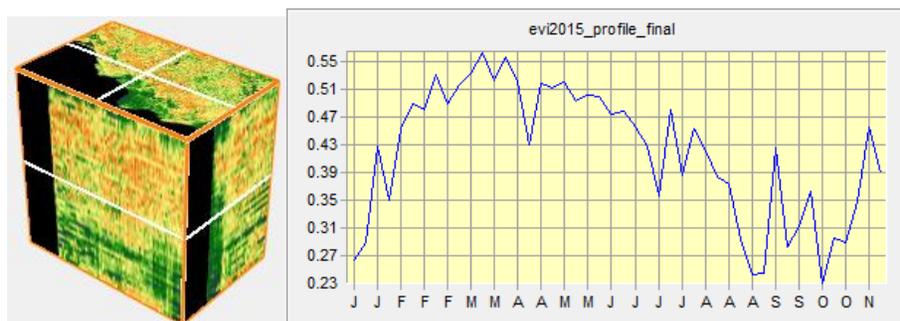
**Figura 53** Comportamiento del índice de vegetación del año 2013

El índice de vegetación en el año 2013 asciende a partir de finales de abril por la presencia de lluvias desde febrero hasta el mes mencionado. El desarrollo de la vegetación llega a su tope máximo en agosto con un índice de vegetación de 0.59.



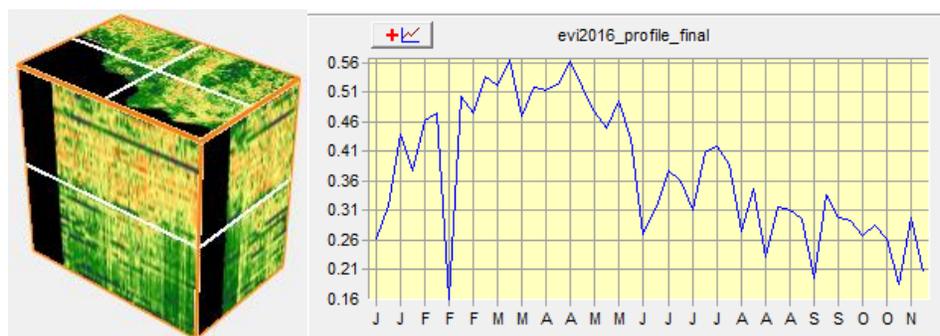
**Figura 54** Comportamiento del índice de vegetación del año 2014

El índice de vegetación en el año 2014 mantiene un índice desde 0.32-0-54 hasta el mes de junio, a partir de julio desciende hasta 0.16 y se mantiene por el resto del año entre 0.20 y 0.36. Esto señala que la vegetación mantiene su verdor y tiene un crecimiento moderado.



**Figura 55** Comportamiento del índice de vegetación del año 2015

El índice de vegetación en el año 2015 asciende en el mes de febrero con el inicio de las lluvias, se mantiene hasta empezar a decrecer en el mes de julio hasta su pico más bajo en octubre con 0.2. Es un año en donde hubo precipitaciones constantes hasta el mes de mayo.



**Figura 56** Comportamiento del índice de vegetación del año 2016

El índice de vegetación en el año 2016 se observa una caída del índice en el mes de febrero de 0.16, esto se debe a que las precipitaciones en el ese mes llegaron a cero. A medida que la lluvia aumenta hasta el mes de mayo, la vegetación crece y se desarrolla; y se mantiene durante el resto del año entre un índice de 0.19 a 0.34 aproximadamente.



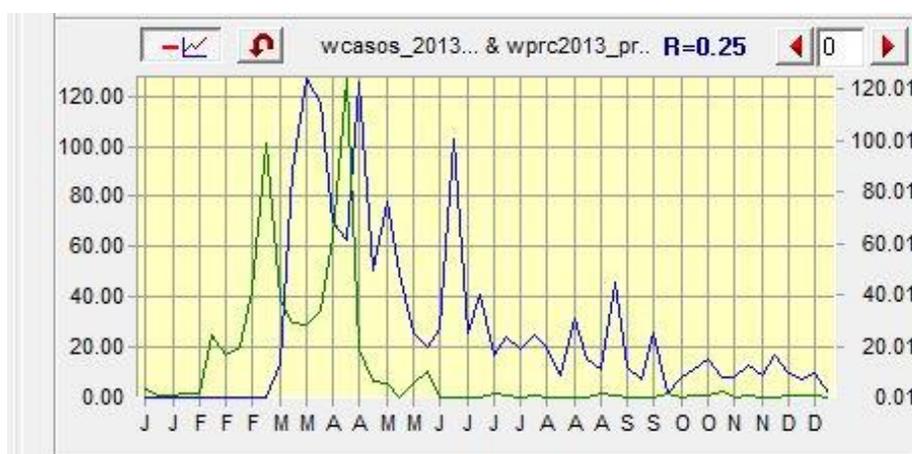
**Figura 57** Comportamiento del índice de vegetación del año 2017

El índice de vegetación en el año 2017 es un período corto de análisis, por lo tanto, se evidencia en los primeros meses un incremento del índice, a medida que la precipitación en el mes de febrero inicia.

#### 4.1.3. Correlación entre las variables

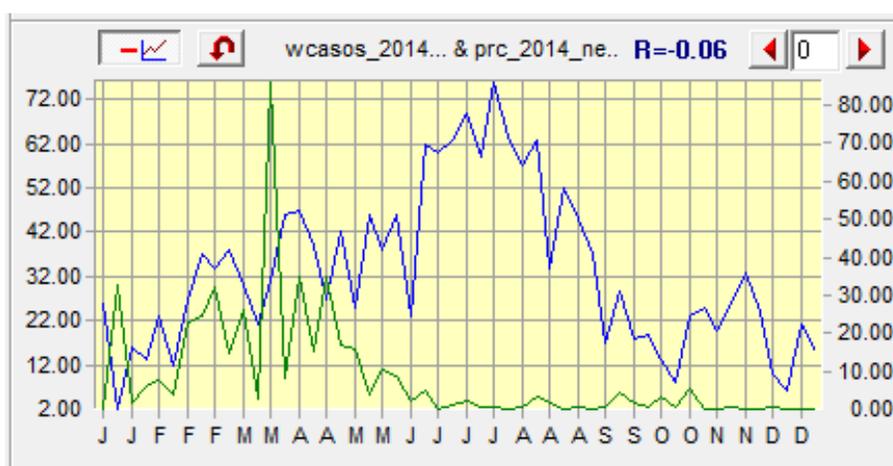
- **Casos de ETV y precipitación**

A continuación, se muestra una visualización del comportamiento de cada variable en el espacio en comparación con los casos de ETV:



**Figura 58** Comportamiento de la precipitación (verde) vs casos de ETV (azul) del año 2013

En la figura 58 se observa que la precipitación se incrementa a partir del mes de febrero con 123 mm y desciende a inicios de mayo; a su vez los casos de ETV se incrementan a partir del mes de marzo con 251 casos, con su pico más alto en abril con 454 casos. Continuando con un significativo número de casos en el mes de julio y decreciendo en el mes de agosto hasta diciembre con 29 casos. Se observa que a medida que la lluvia incrementa, también incrementa el número de casos. Además, como el agua tiende a empozarse, genera focos de crecimiento del vector, por esa razón es que los casos continúan hasta el mes de diciembre.



**Figura 59** Comportamiento de la precipitación (verde) vs casos de ETV (azul) del año 2014

En la figura 59 se observa que la precipitación se incrementa a partir del mes de marzo con 72 mm y desciende a inicios de mayo; a su vez los casos de ETV tiene un incremento a partir del mes de junio con 300 casos, seguido de julio y agosto con 281 y 215 respectivamente. Adicional se mantienen los casos en el año y el mes con menos casos es diciembre con 68 casos notificados.



**Figura 60** Comportamiento de la precipitación (verde) vs casos de ETV (azul) del año 2015

En la figura 60 se observa que la precipitación se incrementa a partir del mes de abril con 52 mm, se mantiene hasta junio con 48 mm aproximadamente y en el mes de agosto comienza la estación seca. Los casos de ETV se presenta con mayor énfasis en el mes de abril con 3151 casos y con el pico más alto en mayo con 4272 casos; continuando con un significativo número de casos en el mes de junio y decreciendo en el mes de agosto hasta noviembre con 35 casos. Se observa que a medida que la lluvia incrementa. Además, como el agua tiende a empozarse, genera el ambiente propicio para el desarrollo del vector; debido a aquello los casos se registran en el mes de agosto con un número menor, desde 200 casos hasta 38 casos en el mes de diciembre.



**Figura 61** Comportamiento de la precipitación (verde) vs casos de ETV (azul) del año 2016

En la figura 61 se observa que la precipitación se incrementa a partir del mes de junio con 1163 casos, con su pico más alto en julio con 937 casos. Se observa que a medida que la lluvia incrementa, también incrementa el número de casos. Debido a la acumulación de agua se genera el ambiente propicio para el crecimiento del vector; por esa razón es que los casos continúan luego de las lluvias en los meses de junio, julio y en agosto descendiendo 99 casos en el mes de diciembre.

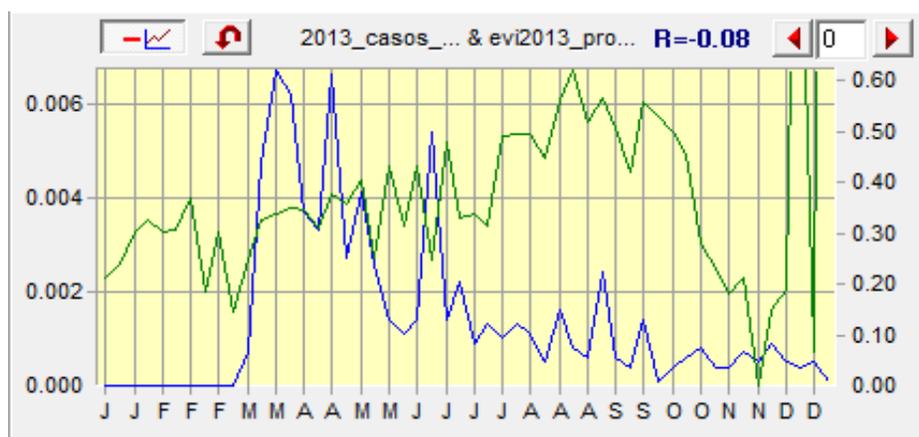


**Figura 62** Comportamiento de la precipitación (verde) vs casos de ETV (azul) del año 2017

En la figura 62 se observa que la precipitación tiene un ligero incremento en el mes de febrero y en el mes de marzo de evidencia el incremento de casos con 680, los cuales decrecen en abril con 568 y ascendiendo nuevamente en mayo con 680 casos. Hasta el momento se observa que a medida que la lluvia incrementa, también incrementa el número de casos.

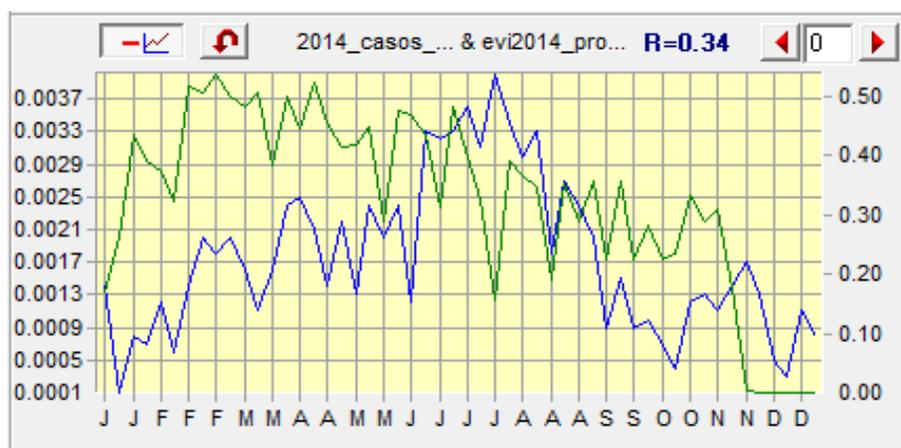
- **Casos de ETV e índice de vegetación**

A continuación, se muestra una visualización del comportamiento de cada variable en el espacio en comparación con los casos de ETV:



**Figura 63** Comportamiento del índice de vegetación (verde) vs casos de ETV (azul) del año 2013

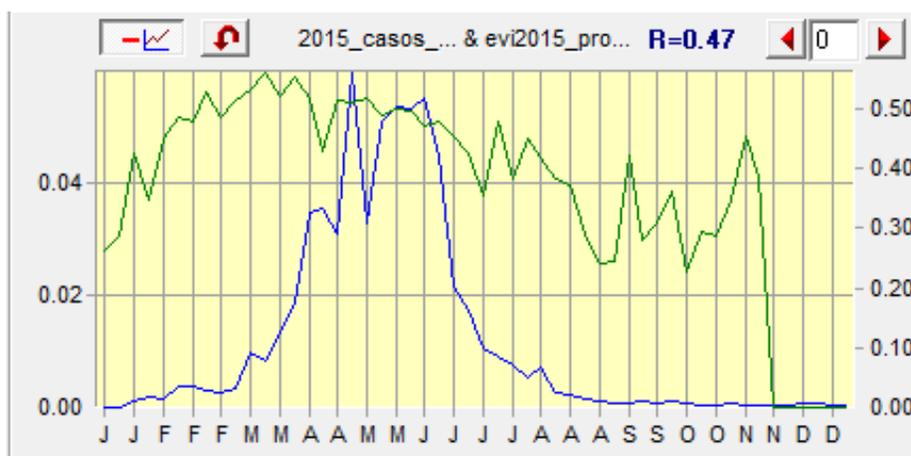
En la figura 63 se observa que el índice de vegetación tiene un ligero incremento en el mes de febrero y en el mes de marzo de evidencia el incremento de casos con 680, los cuales decrecen en abril con 568 y ascendiendo nuevamente en mayo con 680 casos. Hasta el momento se observa que a medida que la lluvia incrementa, también incrementa el número de casos.



**Figura 64** Comportamiento del índice de vegetación (verde) vs casos de ETV (azul) del año 2014

En la figura 64 se observa que el índice de vegetación tiene un rango estable en todo el año debido a la cantidad de lluvia que se acumuló en todo el año. Por tal razón se evidencia que los casos se presentan en todos los meses, el punto máximo en junio y julio con 300 y 281 casos.

Hasta el momento se observa que a medida que la lluvia incrementa, crece la vegetación y también incrementa el número de casos.



**Figura 65** Comportamiento del índice de vegetación (verde) vs casos de ETV (azul) del año 2015

En la figura 65 se observa que el índice de vegetación tiene un ligero incremento en los meses de abril y mayo, decreciendo a finales de año. Se evidencia el incremento de casos conjuntamente con el índice de vegetación en los meses de abril y mayo con 3151 y 4272 casos respectivamente. Hasta el momento se observa que a medida que la lluvia incrementa, la vegetación se hace más tupida y se desarrolla y por ende se incrementa el número de casos.



**Figura 66** Comportamiento del índice de vegetación (verde) vs casos de ETV (azul) del año 2016

En la figura 66 se observa que el índice de vegetación tiene sus picos más altos en los meses de febrero hasta mayo, lo que brinda un hábitat propicio para el crecimiento del vector y además sirve de alimento a los ejemplares machos. Los casos tienen su máxima en el mes de junio, situación acorde a las condiciones de lluvia y vegetación presentes en el año. Los casos tienen su valor mínimo en los meses de enero, noviembre y diciembre, con 144, 128 y 99 casos respectivamente.



**Figura 67** Comportamiento del índice de vegetación (verde) vs casos de ETV (azul) del año 2017

En la figura 67 se observa que el índice de vegetación y los casos tienen un comportamiento similar, incrementándose en el mes de febrero, manteniéndose los casos de ETV hasta el mes de abril.

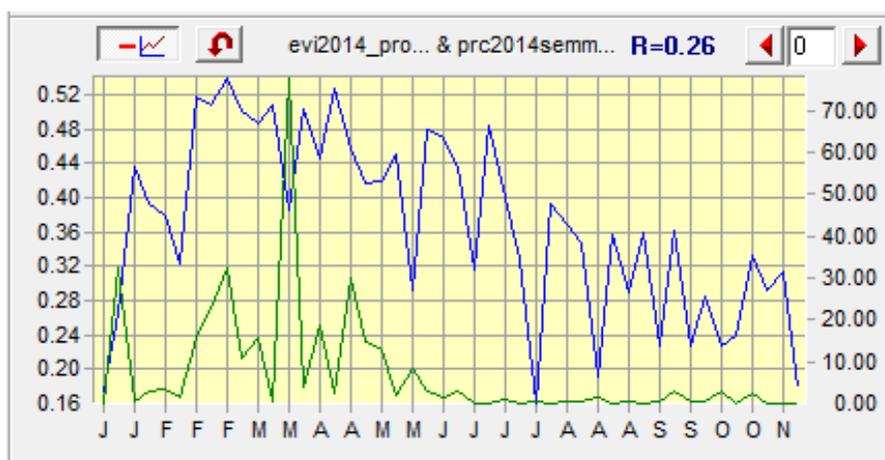
- **Índice de vegetación vs precipitación**

A continuación, se visualiza una comparación del índice de vegetación vs la precipitación de los años 2013-2017:



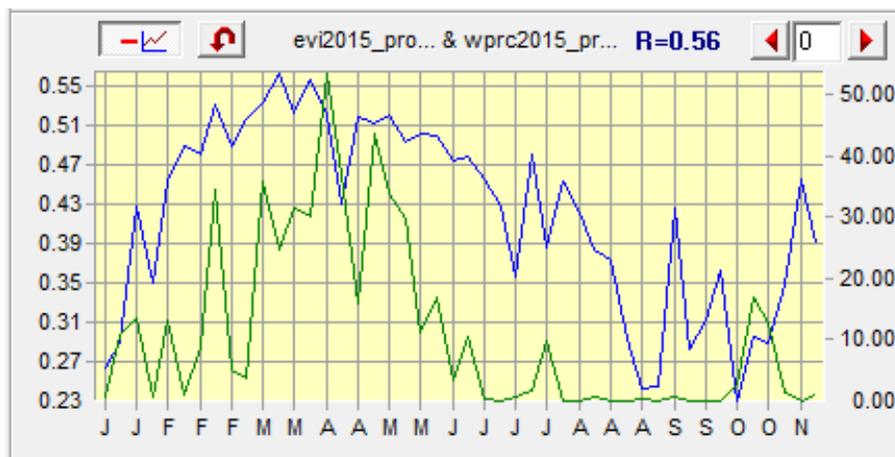
**Figura 68** Comportamiento del índice de vegetación (azul) vs la precipitación (verde) del año 2013

En la figura 68 se observa que el índice de vegetación se hace evidente luego de la presencia de las precipitaciones en los meses de febrero, marzo y abril. Luego de las lluvias la vegetación crece y se desarrolla.



**Figura 69** Comportamiento del índice de vegetación (azul) vs la precipitación (verde) del año 2014

En la figura 69 se observa que en los meses de febrero inicia el período de lluvias, incrementándose en marzo; lo que brinda condiciones propicias para el desarrollo de la vegetación y se evidencia en los meses desde febrero hasta finales de julio un aumento del índice, decayendo en el mes de agosto hasta diciembre.



**Figura 70** Comportamiento del índice de vegetación (azul) vs la precipitación (verde) del año 2015

En la figura 70 se observa que el índice de vegetación y la precipitación tienen un comportamiento correlacionado positivo entre sí. A más lluvia, mayor índice de vegetación. Con su pico más alto a finales de marzo e inicios de abril.



**Figura 71** Comportamiento del índice de vegetación (azul) vs la precipitación (verde) del año 2016

En la figura 71 se observa que empiezan las lluvias a finales de febrero, llegando a su pico máximo en marzo. Por lo tanto, el índice de vegetación aumenta para los próximos meses; disminuyendo en el mes de junio.



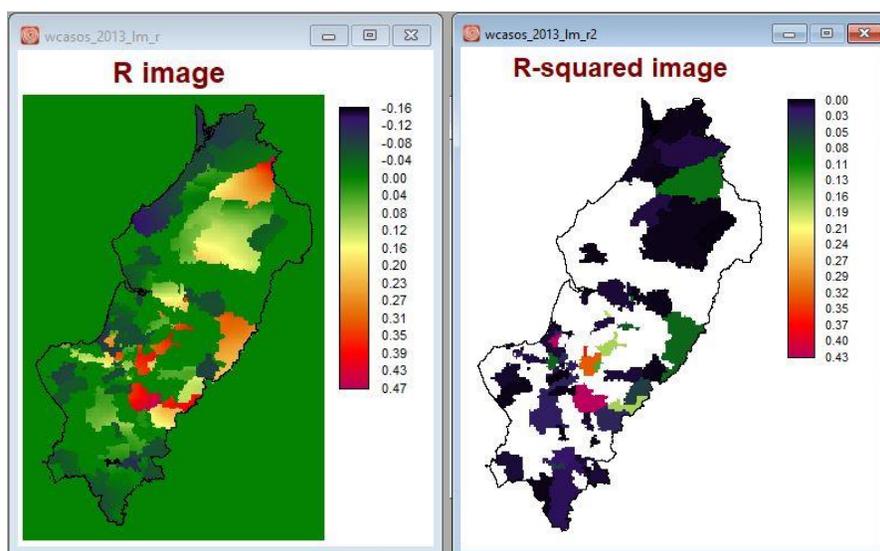
**Figura 72** Comportamiento del índice de vegetación (azul) vs la precipitación (verde) del año 2017

En la figura 72 se observa que, al inicio de las precipitaciones, en el mes de febrero, con 100 mm de lluvia da la pauta para el crecimiento de la vegetación en el sector.

#### 4.1.4. Análisis de correlación

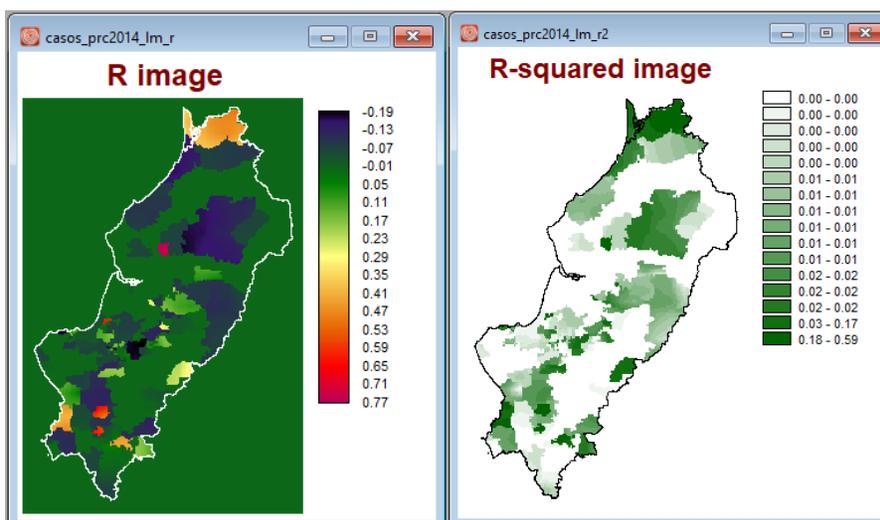
- **Precipitación vs Casos ETV**

Para obtener el coeficiente de correlación entre las variables (precipitación, índice de vegetación y casos de ETV) se utilizó el módulo de tendencias de modelamiento terrestre (ETM), herramienta de modelación lineal. A continuación, se presentan los R y R<sup>2</sup> de las variables de precipitación e índice de vegetación con relación a los casos de ETV en la provincia de Manabí.



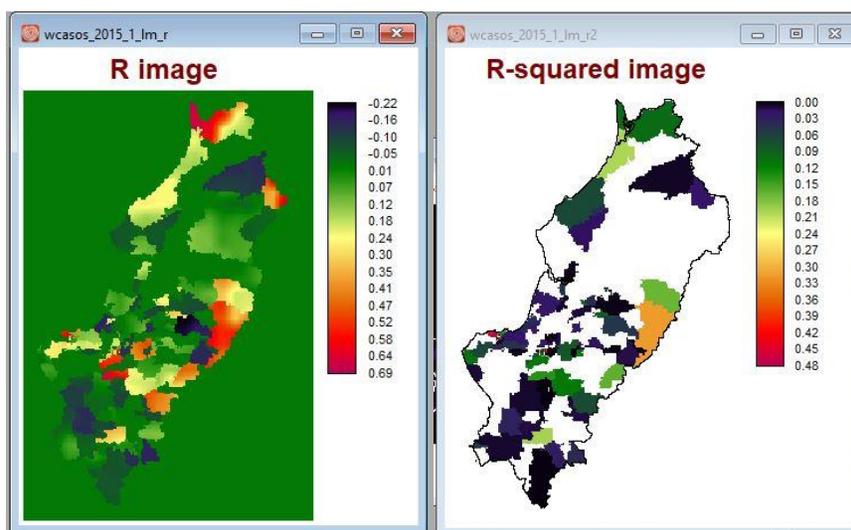
**Figura 73** Coeficiente de correlación y de determinación precipitación – casos ETV año 2013 ( $R - R^2$ )

Para el año 2013 la correlación ( $R$ ) existente entre precipitación como variable independiente y casos de ETV como variable dependiente es de 0.47, y el  $R^2$  es de 0.43.



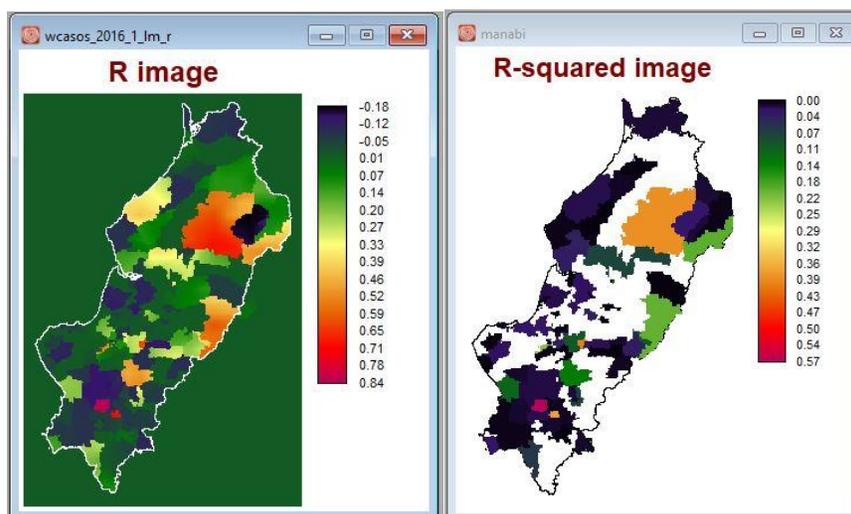
**Figura 74** Coeficiente de correlación y de determinación precipitación – casos ETV año 2014

Para el año 2014 la correlación ( $R$ ) existente entre precipitación como variable independiente y casos de ETV como variable dependiente es de 0.77, y el  $R^2$  es de 0.59.



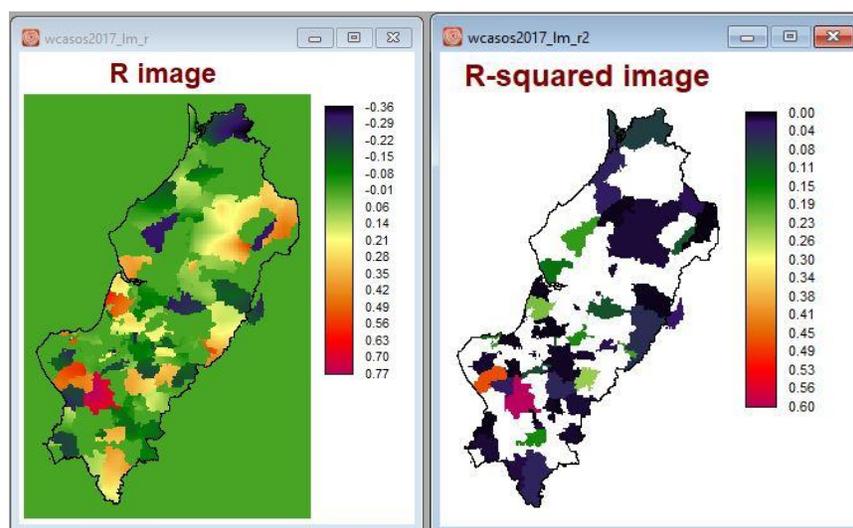
**Figura 75** Coeficiente de correlación y de determinación precipitación – casos ETV año 2015

Para el año 2015 la correlación (R) existente entre precipitación como variable independiente y casos de ETV como variable dependiente es de 0.69, y el R2 es de 0.45.



**Figura 76** Coeficiente de correlación y de determinación precipitación – casos ETV año 2016

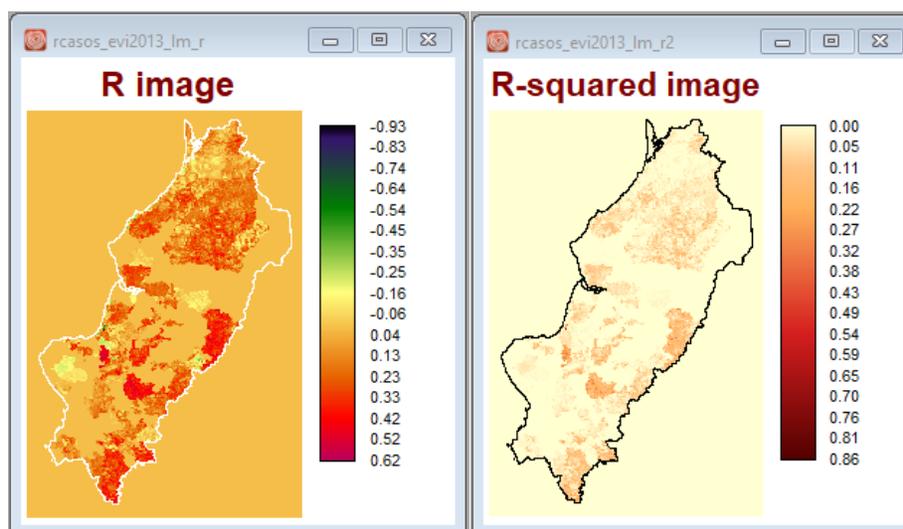
Para el año 2016 la correlación (R) existente entre precipitación como variable independiente y casos de ETV como variable dependiente es de 0.84, y el R2 es de 0.57.



**Figura 77** Coeficiente de correlación y de determinación precipitación – casos ETV año 2017

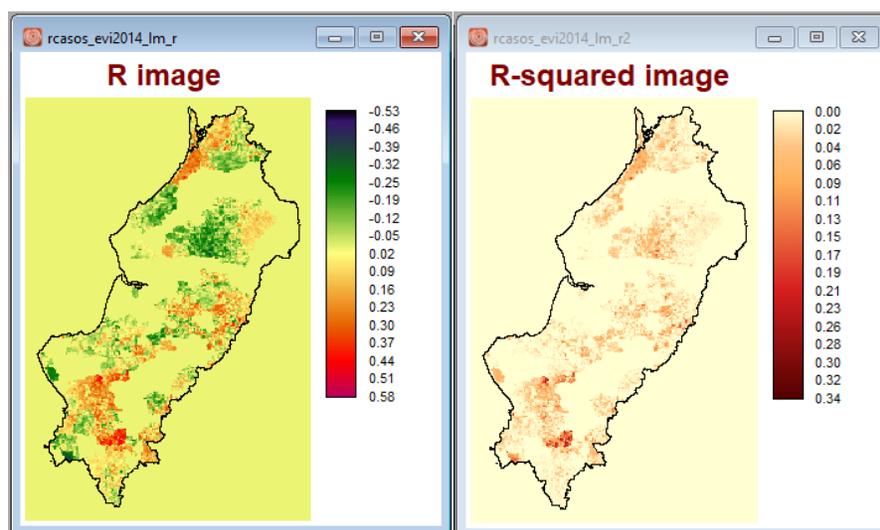
Para el año 2017 la correlación (R) existente entre precipitación como variable independiente y casos de ETV como variable dependiente es de 0.77, y el R2 es de 0.60.

- **Índice de vegetación vs Casos de ETV**



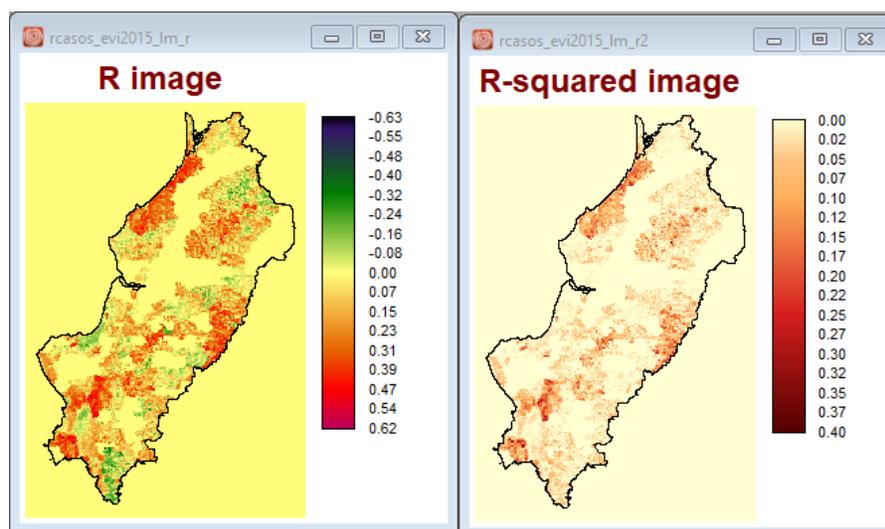
**Figura 78** Coeficiente de correlación y de determinación índice de vegetación – casos ETV año 2013

Para el año 2013 la correlación (R) existente entre el índice de vegetación como variable independiente y casos de ETV como variable dependiente es de 0.62 y el R2 es de 0.86.



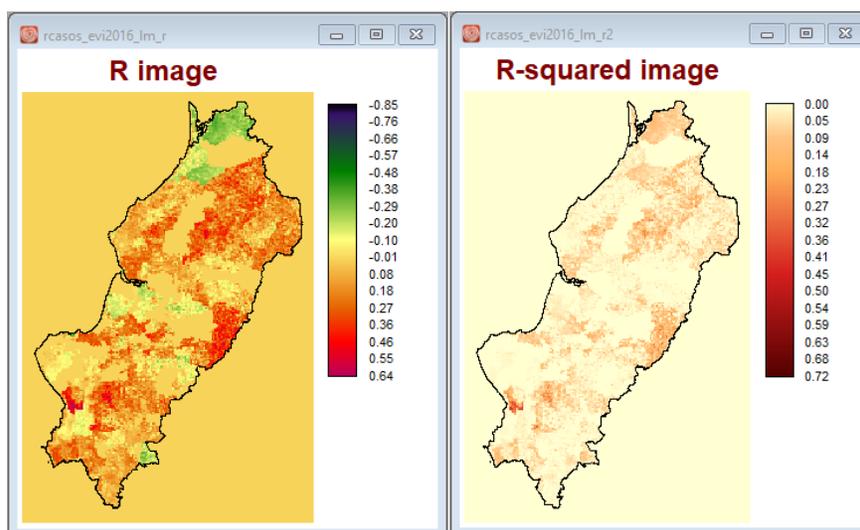
**Figura 79** Coeficiente de correlación y de determinación índice de vegetación – casos ETV año 2014

Para el año 2014 la correlación (R) existente entre el índice de vegetación como variable independiente y casos de ETV como variable dependiente es de 0.58 y el R2 es de 0.34.



**Figura 80** Coeficiente de correlación y de determinación índice de vegetación – casos ETV año 2015

Para el año 2015 la correlación (R) existente entre el índice de vegetación como variable independiente y casos de ETV como variable dependiente es de 0.62 y el R2 es de 0.40.



**Figura 81** Coeficiente de correlación y de determinación índice de vegetación – casos ETV año 2016

Para el año 2016 la correlación (R) existente entre el índice de vegetación como variable independiente y casos de ETV como variable dependiente es de 0.64 y el R2 es de 0.72.

#### 4.1.5. Análisis de tendencia estacional – STA

Se analizó la tendencia estacional desde los años 2013 al 2016. Los STA de cada variable se presentan a continuación y en ellos se evidencia en color rojo el primer año (2013) y en verde el último año de la serie (2016).



**Figura 82** Análisis de tendencia estacional de precipitación 2013-2016

Como se observa en la figura 82 la precipitación en el año 2013 es superior en los meses de marzo hasta inicios de mayo; y desciende drásticamente en el mes de agosto hasta diciembre.

Dentro de los siguientes cuatro años, en el año 2016, la precipitación disminuye manteniéndose los mismos meses de época de lluvia y época seca, pero con menos cantidad de lluvia.



**Figura 83** Análisis de tendencia estacional de índice de vegetación 2013-2016

Como se observa en la figura 83 el índice de vegetación en el año 2013 muestra valores positivos, lo que demuestra la presencia de vegetación medianamente densa, húmeda y desarrollada en los meses de marzo hasta inicios de mayo, meses de época lluviosa. Y desciende en los meses de julio, agosto, noviembre y diciembre, debido a la época seca. Dentro de los siguientes cuatro años, en el año 2016, el índice de vegetación ha disminuido en la época seca, pero en los meses de época lluviosa tiende a mantenerle y no disminuir su volumen en el mes de marzo.

#### 4.1.6. Modelo predictivo de casos ETV

Por las características de los datos y teniendo en cuenta su variabilidad, este modelo solamente tiene un alcance temporal de una semana o en este caso una semana epidemiológica. Es por eso que para realizar el modelo predictivo de casos de enfermedades transmitidas por *Aedes aegypti* se utilizan las imágenes procesadas de precipitación e índice de vegetación como variables independientes y a los casos de ETV como variable dependiente. Con la ayuda del módulo ETM

con la herramienta de modelamiento lineal, se genera el modelo colocando las imágenes correspondientes a la variable dependiente desde el año 2013 – 2017, a continuación, se colocan las variables independientes.

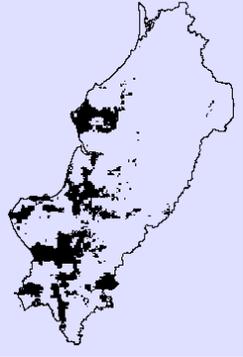
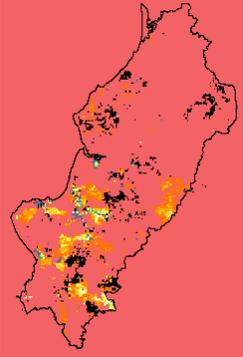
Para el caso de la precipitación se toma como período de ausencia de (-) 4 semanas, se debe a que las enfermedades surgen después de las lluvias por el estancamiento del agua y el ciclo de vida del mosquito es de aproximadamente un mes (cuatro semanas).

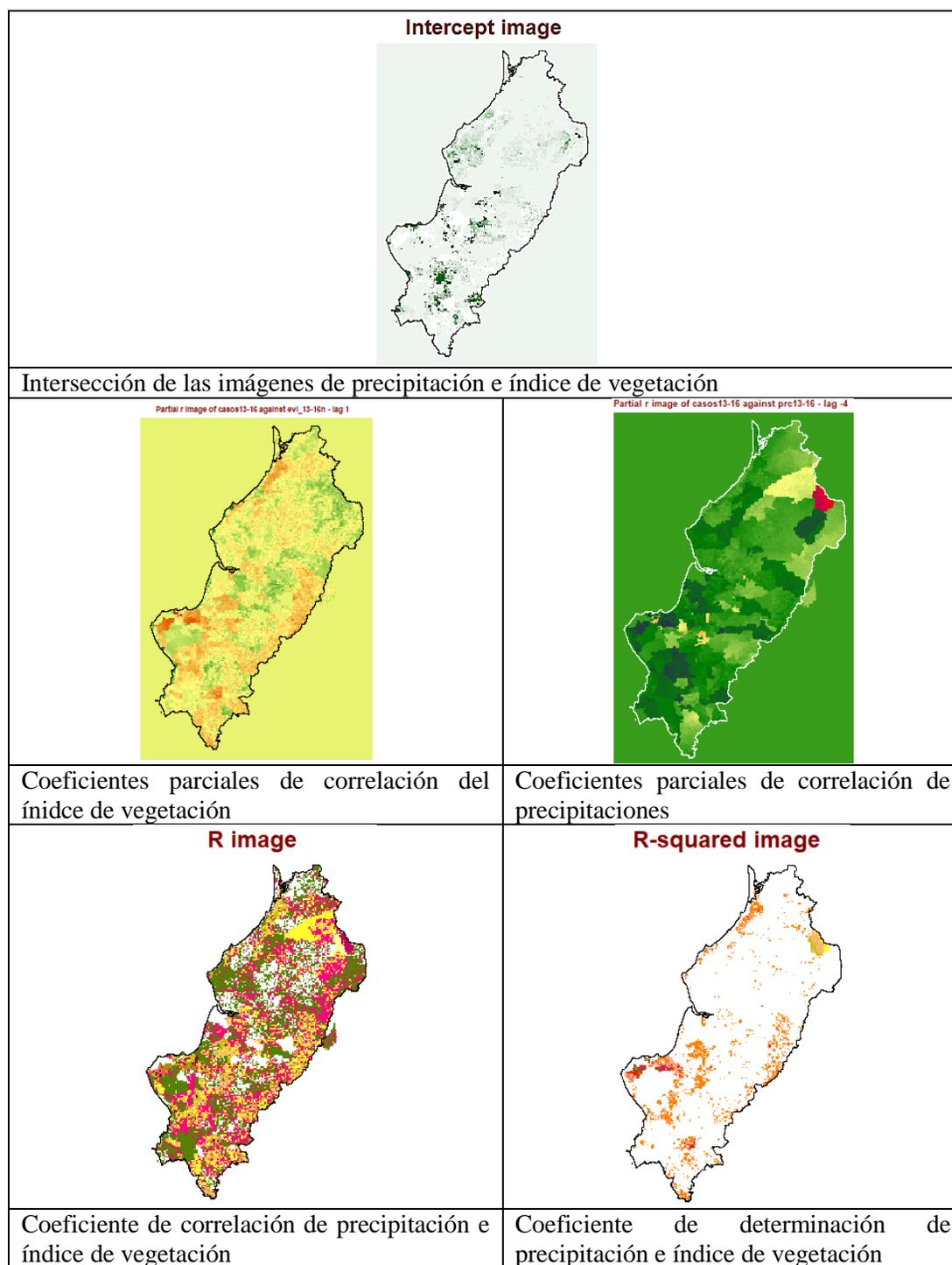
Al igual que la vegetación con un período de ausencia de (+) 1 ya que la vegetación crece luego de recibir agua de lluvia. Seguido de eso se selecciona que se calcule el coeficiente de correlación y el de determinación ( $R$  y  $R^2$ ), la pendiente y la intersección de las variables. Para obtener esas imágenes se calcula con la siguiente ecuación:

$$ML\ 2013 - 2017 = [(-4) * (Prc2013 - 2017)] + [(1) * (EVI2013 - 2017)]$$

**Tabla 5**

*Resultados de pendiente, intersección,  $R$  y  $R^2$  para la generación del modelo*

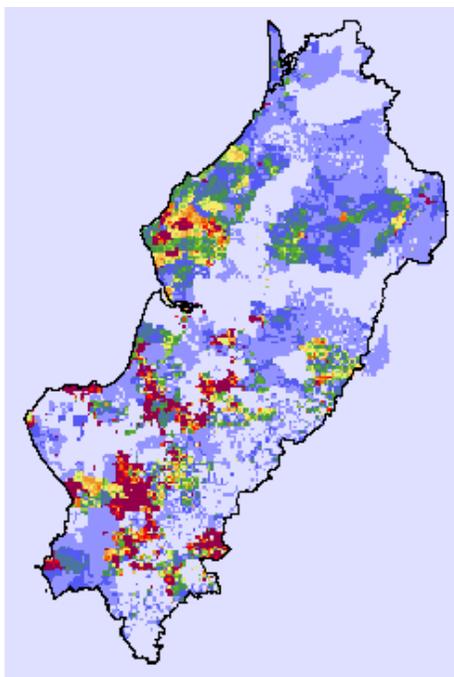
 <p style="font-size: small; text-align: center;">Slope image of casos13-16 against prc13-16 - lag -4</p>	 <p style="font-size: small; text-align: center;">Slope image of casos13-16 against evi_13-16n - lag 1</p>
Pendiente de las imágenes de precipitación	Pendiente de las imágenes del índice de vegetación
<b>CONTINÚA</b>	



Por último, para obtener la incidencia de casos para la siguiente SE, en la provincia de Manabí, se utiliza los productos generados en el cálculo anterior, y se lo calcula mediante la calculadora raster colocando la siguiente ecuación:

***Modelo Lineal***

$$= [(pendiente\ 1) * (imagen\ Prc)] + [(pendiente\ 2) * (imagen\ EVI)] \\ + (imagen\ intersección)$$



***Figura 84*** Modelo de incidencia de casos de ETV en Manabí para la SE 12 año 2017

Una vez generado el modelo predictivo de casos, de lo convierte en formato vector en el TerrSet y posterior se lo exporta como shapefile (\*.shp) para poder exportar los casos de ETV en formato texto y poder analizarlos. En la Tabla 6, se muestra el número de los posibles casos de ETV en los cantones de la provincia de Manabí. Se evidencia que el cantón con mayor predicción es Manta, con 10 casos para la SE 12 del año 2017.

**Tabla 6**

*Casos de ETV, por cantón, generados por modelo predictivo*

CANTONES	NÚMERO DE CASOS DE ETV
PUERTO LOPEZ	1
TOSAGUA	1
JARAMIJO	1
CHONE	2
JIPIJAPA	3
PORTOVIEJO	4
MANTA	10
<b>TOTAL</b>	<b>22 casos</b>

Para comprobar el modelo, se verifica los casos generados por medio de la ecuación versus los casos los casos notificados en el SIVE-Alerta para la semana epidemiológica 12 del año 2017:

**Tabla 7**

*Comprobación de casos de ETV, por cantón, generados por modelo predictivo versus la notificación en el SIVE-Alerta*

CANTONES	NOTIFICACIÓN	MODELO
BOLIVAR	1	-
<b>CHONE</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
MONTECRISTI	1	-
OLMEDO	1	-
PEDERNALES	1	-
<b>PUERTO LOPEZ</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
SANTA ANA	1	-
EL CARMEN	2	-
PAJAN	3	-
<b>MANTA</b>	<b>4</b>	<b>10</b>
SUCRE	4	-
<b>JIPIJAPA</b>	<b>7</b>	<b>3</b>
<b>PORTOVIEJO</b>	<b>8</b>	<b>4</b>
TOSAGUA	-	1
JARAMIJÓ	-	1
<b>TOTAL</b>	<b>35 casos</b>	<b>22 casos</b>

Se evidencia que el modelo predicción de los casos se acerca a la realidad, pero tomando en cuenta que no solo dependen de variables climáticas y ambientales, sino también de variables sociales, que tienen una injerencia directa en la incidencia de casos, se visualiza que no llega con exactitud al total de los casos de notificación. Por lo tanto, el modelo otorga información valiosa para los procesos de vigilancia epidemiológica y de control vectorial.

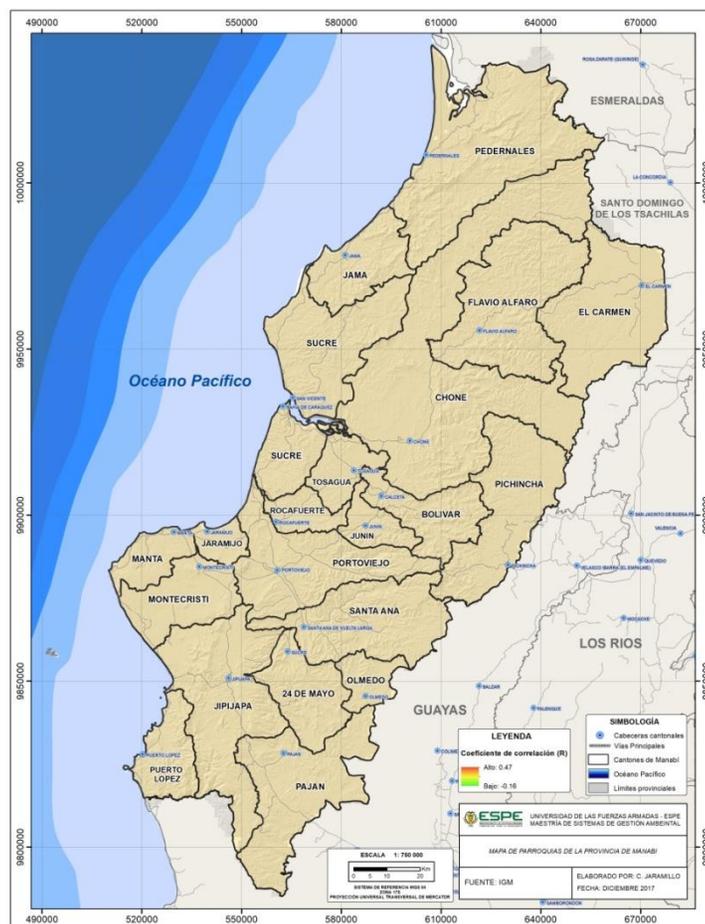
#### **4.2. Discusión de resultados**

El período invernal en la provincia de Manabí tiene su inicio en los meses de febrero y marzo, con su fin en el mes de mayo, acorde a la información recopilada, procesada y analizada de las imágenes CMORPH. La precipitación máxima de la provincia es de aproximadamente para el año 2013 de 123 mm en el mes de abril, en el año 2014 con 85 mm a finales de marzo e inicios de abril, en el año 2015 con 55 mm en el mes de abril, en el año 2016 con 100 mm a finales de marzo e inicios de abril y con 122 mm hasta el mes de marzo del año 2017.

La variable precipitación juega un rol imprescindible en la incidencia de casos de ETV. Para que la enfermedad se transmita en el humano, es necesario que el proceso de puesta de huevos, incubación e inicio de la fase adulta se desarrolle de manera correcta y con las condiciones físicas y meteorológicas adecuadas. Para ello se requiere la espera alrededor de una semana y media para que el vector llegue a su fase adulta y comience el proceso de transmisión de la enfermedad, razón por la cual los casos de ETV se presentan posteriores a las lluvias.

Adicional el mismo caso se presenta con la vegetación, se requiere de un lapso de tiempo para que la vegetación crezca, se desarrolle y sirva de nicho ecológico para el vector y de alimento para el espécimen macho, ya que el macho se alimenta de néctar y de frutas, y la hembra se alimenta de sangre para continuar con el ciclo de reproducción y poder producir los huevos, que posteriormente serán depositados en aguas empozadas.

**MAPA DE LAS PARROQUIAS DE LA PROVINCIA DE MANABÍ**



**Figura 85** Parroquias de la provincia de Manabí

Para establecer cuan relacionadas están las tres variables entre si se calculó el coeficiente de correlación (R), para lo cual se menciona lo siguiente:

- Para el año 2013 se tiene un R considerable entre precipitación y casos de ETV de 0.47 en las parroquias Chibunga, Portoviejo, San Francisco de Novillo, Flavio Alfaro, Zapallo, San Antonio, Pichincha, Olmedo, Abdón Calderón, Santa Ana de Vuelta Larga, Eloy Alfaro, Alhajuela, San Pablo, Junín, seguido de las parroquias 10 de Agosto, Atahualpa, San Isidro, Boyacá, Ricaurte, Tosagua, Barraganete, Bachillero, Membrillo, Canuto, Calceta, Quiroga, Chirijos, San Plácido, Ayacucho, Honorato Vásquez, La Unión,

Jaramijó, La Pila, Membrillal, Puerto de Cayo, Julcuy, Machalilla, Paján, El Anegado, Bellavista, Sixto Durán Ballén. Con un R medio débil de 0.16 a 0.39. En el resto de la provincia se tiene una correlación media débil, debido a que no se cuenta con la suficiente cantidad de información de incidencia de casos con la cual se pueda analizar y por ende generan vacíos de información, es decir Cojimíes, Pedernales, Jama, Wilfrido Loor Moreira, Canoa, San Vicente, Chone, Bahía de Caráquez, Charapotó, Rocafuerte, San Sebastián Montecristi, Puerto López, Salango, Lazcano, Guale, Campozano, Cascol y Pedro Pablo Gómez. Con el índice de vegetación se evidencia como en el caso de la precipitación sectores que no tienen una correlación por los vacíos de información existentes en los casos de ETV. Para este año se muestra un R considerable de 0.62 de correlación positiva en las parroquias de Chibunga, 10 de Agosto, Jama, San Francisco de Novillo, Convento, Flavio Alfaro, Chone, Zapallo, San Vicente, San Antonio, Pichincha, Charapotó, San Pablo, Santa Ana De Vuelta Larga, Olmedo, Paján, Guale, Cascol, Pedro Pablo Gómez, una correlación media de Puerto López, Noboa, Bellavista, Jipijapa, Campozano, Rocafuerte, Honorato Vásquez, Río Chico, Junín, Cojimíes, Atahualpa, Wilfrido Loor Moreira, Portoviejo, Convento, hasta llegar al valor de -0.92 de correlación negativa en las parroquias de Pedernales, Canoa, Chone, San Sebastián, Montecristi, Lazcano, Manta, Salango. Y con una correlación en cero las parroquias de San Isidro, Boyacá, Ricaurte, Barraganete, Canuto, Bachillero, Tosagua, Santa Marianita, San Lorenzo, La Pila, Membrillal, Puerto de Cayo, Julcuy, El Anegado, América, Sucre, Quiroga, Puerto de Cayo. Esto demuestra que existe una relación entre la vegetación y los casos, ya que el vector se ayuda de los depósitos naturales de agua como bromelias,

troncos de árboles, y vegetación arbustiva que sirve de hábitat para el crecimiento del mosquito.

- En el año 2014 el valor del coeficiente de correlación positiva muy fuerte de precipitación es de 0.77 en las parroquias Cojimés, San Pablo, Machalilla, América y Guale, a comparación con el año 2013 se evidencia menos correlación en las parroquias. Esto se debe a que se cuenta con un número menor de casos, pero estos son constantes durante todo el año y no se evidencia cambios bruscos en aumento o disminución de los casos. Para una correlación media entre 0.05 y 0.65 se tiene las parroquias de Campozano, Puerto de Cayo, Chirijos, Canuto, Chone y Santa Ana de Vuelta Larga. Con el índice de vegetación se evidencia un R negativo considerable de -0.19 en las parroquias de Pedernales, Jama, San Francisco de Novillo, Flavio Alfaro, Wilfrido Loor Moreira, Zapallo, Eloy Alfaro, Canoa, San Isidro, Convento, Barraganete, Bachillero, Calceta, Pichincha, Quiroga, Junín, Rocafuerte, Río Chico, Alhajuela, Abdón Calderón, Jaramijó, Crucita, Montecristi, Manta, San Lorenzo, Olmedo, Jipijapa, Membrillal, Julcuy, Puerto López, Salango, El Anegado, Paján, Pedro Pablo Gómez, Cascol, La Unión. Las parroquias sin correlación debido a la poca cantidad de casos registrados son Noboa, Arq. Sixto Durán Ballén, Bellavista, Sucre, Santa Marianita, Montecristi, La Pila, Ayacucho, Honorato Vásquez, Charapotó, Tosagua, San Antonio, Membrillo, Ricaurte, 10 de Agosto, Atahualpa y Chibunga. Para el caso del índice de vegetación las parroquias con mayor correlación positiva de 0.58 son Pedernales, Canuto, Pichincha, Barraganete, Río Chico, Abdón Calderón, Chirijos, San Plácido, Santa Ana de Vuelta Larga, Membrillal, América, El Anegado, Paján, Jipijapa, y Guale. Con un coeficiente de correlación medio entre 0.02 y 0.37 se encuentran las parroquias de Cojimés, Wilfrido Loor Moreira,

Rocafuerte, Jaramijó, Portoviejo, San Pablo, Olmedo, Pedro Pablo Gómez, Cascol, Campozano. Para un coeficiente negativo considerable de -0.53 son las parroquias de Jama, San Francisco de Novillo, Eloy Alfaro, Zapallo, Canoa, San Isidro, Chone, Bahía de Caráquez, Bachillero, Calceta, Quiroga, Junín, Crucita, Alhajueta, Jaramijó, Manta, San Lorenzo, Montecristi, Julcuy, La Unión y sin ninguna relación se encuentran Atahualpa, Chibunga, 10 de Agosto, Convento, Ricaurte, San Vicente, San Antonio, Charapotó, Tosagua, La Estancilla, Membrillo, San Sebastián, Honorato Vásquez, Ayacucho, Sucre, Bellavista, Santa Marianita, Arq. Sixto Durán Ballén y Noboa. Esto demuestra que existe una relación considerable entre la vegetación y los casos, ya que el vector se ayuda de los depósitos naturales de agua como bromelias, troncos de árboles, y vegetación arbustiva que sirve de hábitat para el crecimiento del mosquito; pero en la mayor parte de la provincia no existe una correlación por la densidad de casos de ETV que se registran.

- En el año 2015 se cuenta con el mayor conteo de casos de ETV, llegando a los 4272 casos como pico máximo, pero el resto del año disminuyen hasta obtener 35 casos en el mes de noviembre. Al no presentar una distribución más homogénea con los casos de ETV, se generan algunos sectores que cuentan con un coeficiente de correlación igual a 0. Las parroquias sin correlación son Atahualpa, 10 de Agosto, Convento, San Antonio, Membrillo, Honorato Vásquez, La Pila, Bellavista, Arq. Sixto Durán Ballén, Noboa, La Unión América, Salango y Santa Marianita. En cuanto a la precipitación se toma en cuenta que existirá mayor correlación en las zonas donde ha llovido más por el estancamiento del agua. El R para las parroquias con considerable correlación positiva de 0.69 son: Cojimés, Jama, Barraganete, Pichincha, Portoviejo, Abdón Calderón, San

Pablo, Santa Ana de Vuelta Larga, Olmedo y Paján. Para una correlación media débil se encuentran las parroquias de Pedernales, Flavio Alfaro, San Vicente, Bachillero, Charapotó, Rocafuerte, San Plácido, La Unión, Ayacucho, Jaramijó, Montecristi, Lazcano, San Lorenzo. Con una correlación negativa baja de -0.22 son las parroquias de San Francisco de Novillo, Chibunga, Chone, San Isidro, Canoa, Canuto, Tosagua, Bahía de Caráquez, Crucita, Junín, Calceta, San Sebastián Quiroga, La Estancilla, Río Chico, Alhajuela, Sucre, Jipijapa, Membrillar, Puerto de Cayo, Julcuy, El Anegado, Guale, Campozano, Cascol, Pedro Pablo Gómez, Puerto López, Machalilla y Puerto de Cayo. Con el índice de vegetación se evidencia más áreas con correlación positiva considerable de 0.62 son las parroquias de Pedernales, Flavio Alfaro, Zapallo, Eloy Alfaro, Barraganete, Bachillerato, Rocafuerte, Junín, Quiroga, Pichincha, Santa Ana de Vuelta Larga, Jipijapa, Montecristi, San Lorenzo, Puerto López, Guale, Puerto de Cayo y Salango. Con una correlación positiva media entre 0.07 y 0.47 están las siguientes parroquias San Francisco de Novillo, Wilfrido Loor Moreira, Canoa, San Vicente, Bahía de Caráquez, Calceta, Chirijos, Portoviejo, Ayacucho, San Pablo., Olmedo, Sucre, Manta, Membrillar, Lazcano, Machalilla, Julcuy, El Anegado, Paján y Campozano, las parroquias con una correlación negativa son Cojimíes, Chibunga, San Isidro, Chone, Canuto, Tosagua, San Sebastián, San Plácido, Río Chico, Jaramijó, Crucita, La Unión, Bellavista, América y las áreas con un R igual a cero tienen vacíos de información existentes en los casos de ETV y son las parroquias de Atahualpa, 10 de Agosto, Ricaurte, Boyacá, San Antonio, Membrillo, Pueblo Nuevo, La Pila, Santa Marianita, Arq. Sixto Durán Ballén y Noboa. Además, se observa relación entre la vegetación y los casos, debido a que el agua estancada en la vegetación facilita la ovoposición y el crecimiento del vector.

- Para el año 2016 en el mes de mayo empiezan a ascender los casos partiendo desde 661, para junio se tiene 1183 con el pico más alto y empieza a bajar en julio con 937 hasta llegar a 99 casos en diciembre. Al no presentar una distribución más homogénea en los casos se generan sectores que cuentan con un coeficiente de correlación igual a 0, las parroquias son Chibunga, San Isidro Cantón La Unión, Jaramijó, La Pila, Santa Marianita, San Lorenzo, Salango y Cascol. En cuanto a la precipitación se toma en cuenta que existirá mayor correlación en las zonas donde ha llovido más, lo que genera hábitats propicios para el desarrollo del mosquito. El R positivo muy fuerte de 0.84 son las parroquias de Jama, San Francisco de Novillo, Zapallo, Flavio Alfaro, Boyacá, Pichincha, Santa Ana de Vuelta Larga, América. Las parroquias de coeficiente de correlación medio son Ricaurte, San Vicente, Barraganete, San Sebastián, San Plácido, Honorato Vásquez, Portoviejo, Rocafuerte, Bellavista, Puerto de Cayo y Pedro Pablo Gómez. Y las parroquias con una correlación negativa media débil de -0.18 son Cojimíes, Pedernales, 10 de Agosto, Convento, Wilfrido Loor Moreira, Canoa, San Antonio, Chone, Membrillo, Bahía de Caráquez, Charapotó, Tosagua, Bachillerato, Membrillo, Calceta, Ayacucho, Río Chico, Crucita, Jipijapa, Sucre, Olmedo, Arq. Sixto Durán Ballén, Noboa, Montecristi, Membrillal, Julcuy, Machalilla, Puerto López y Paján. Con el índice de vegetación se evidencia que no se tiene una relación en todo el territorio, debido a los vacíos de información existentes en los casos de ETV, las parroquias sin correlación son Convento, San Antonio, Bahía de Caráquez, Bachillerato, La Estancia, Membrillo, Pueblo Nuevo, Crucita, La Unión, Santa Marianita, San Lorenzo. Se muestra que un R negativo fuerte en las parroquias de Cojimíes, Pedernales, Tosagua, Canuto, Charapotó, Honorato Vásquez, Río Chico, San Pablo, Manta, Montecristi, La Pila, Machalilla y Guale; la

mayor área de la provincia llega al valor de correlación positiva de 0.64, son las parroquias Chibunga, San Francisco de Novillo, Flavio Alfaro, San Isidro, Eloy Alfaro, San Vicente, Ricaurte, Barraganete, Pichincha, Rocafuerte, Portoviejo, Jaramijó, Santa Ana de Vuelta Larga, Olmedo, Puerto de Cayo, Sucre, Puerto López y Salango. Esto demuestra que existe una relación entre la vegetación y los casos, ya que el agua estancada en la vegetación facilita la ovoposición y el crecimiento del vector.

El modelo es funcional para corto plazo, es decir no se puede predecir de mes a mes, sino por semana epidemiológica ya que el análisis de la incidencia de casos depende de varios factores sociales, entre ellos los culturales que son primordiales para el control vectorial de una zona, además de la distribución homogénea de los casos en el territorio y la disponibilidad de años de casos en los repositorios del MSP.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

Manabí es la provincia que más casos de Dengue, Chikungunya y Zika presenta, según el MSP. Por lo tanto, la hace un espacio territorial apto para este estudio. (Ver pág. 10)

De acuerdo al ciclo de vida del mosquito *Aedes aegypti* transmisor de enfermedades vectoriales, vive y se reproduce en ambientes tanto artificiales como naturales; depende del estancamiento del agua de lluvia para su que su ciclo reproductivo se complete; por lo tanto, el análisis del período de precipitaciones en la provincia es de suma importancia, ya que de este factor dependen otros como la vegetación la cual genera un hábitat propicio para el desarrollo vector. (Ver pág. 11, 30, 96)

Para generar la precipitación total por semana epidemiológica se utilizó técnica CMORPH, la cual proporciona una información más completa en la temporalidad requerida. No se utilizó los datos del INAMHI ya que, por su falta de cobertura de estaciones en el territorio hacen que los datos no sean seguros para ser utilizados. Lo mismo ocurre con el índice de vegetación, no existe datos diarios en el país del estado de la vegetación, por lo tanto, se utilizó las imágenes MODIS, las cuales proporcionan una buena cobertura del territorio y de los datos de vegetación necesarios. (Ver pág. 31, 32, 42)

Para verificar cuan relacionadas se encuentran la precipitación, índice de vegetación e incidencia de casos se realizó un análisis de correlación. En cuanto a la correlación de los casos

de ETV con las dos variables, precipitación e índice de vegetación, se han generado los siguientes aspectos a resaltar:

- Para la notificación de los casos de ETV en los establecimientos de salud se depende de la experticia del médico tratante en cuanto a detección oportuna de las enfermedades de transmisión vectorial y de la calidad de la muestra que se obtiene y se transporta hacia los laboratorios de referencia.
- No siempre se notifican casos endémicos del sector, debido a la movilidad humana se pueden reportar casos importados, por lo tanto, no es certero la contabilidad de los casos de origen endémico.
- Para realizar un trabajo epidemiológico se puede escoger varios tipos de diseño de investigación, en este caso se escogió según la unidad de análisis, casos grupales que se receptan de acuerdo a un período de tiempo.
- Los casos de ETV no se encuentran distribuidos homogéneamente, estos se desagregan en cada establecimiento de salud receptor. Razón por la cual quedan sectores sin datos de casos. Esto influye en el coeficiente de correlación ya que, al no contar un dato en un sector determinado, no genera correlación. (Ver Pág. 101)

Las correlaciones entre casos-precipitación y casos-índice de vegetación cuentan con valores en cero, esto se debe a la falta de datos de casos distribuidos en todo el territorio de Manabí. Por tal razón solo se visualizan ciertas parroquias con coeficiente de correlación y no toda la provincia.

Los cantones con mayor correlación de casos de incidencia de ETV con precipitación son: el norte del cantón Chone, Flavio Alfaro, Jama, Pedernales, Pichincha, 24 de Mayo, Santa Ana.

Para el índice de vegetación y casos fueron los cantones: Jipijapa, Jama, Chone, Pedernales, Flavio Alfaro, Pichincha, Paján, Portoviejo y Puerto López. (Ver pág. 95-101)

Los cantones con mayor correlación con cada variable son Pichincha y Flavio Alfaro; esto se debe a que la información de casos notificados en la zona se encuentra homogéneamente distribuidos y confirmados. (Ver pág. 95-101)

Para la generación del modelo de predicción de casos de ETV, se requiere de más años de datos para que la muestra sea significativa y represente de mejor manera el cálculo. Ya que mientras más años de información se cuenta, menor será el sesgo y los resultados se estabilizan. (Ver Pág. 101)

El modelo predictivo de casos otorga información clave para varios procesos de la vigilancia epidemiológica, no da un resultado exacto, debido a sus componentes, pero brinda resultados aproximados para iniciar con planes de acción para la promoción, control vectorial y vigilancia de la salud.(Ver Pág. 101)

## **5.2 Recomendaciones**

El MSP debería mejorar su proceso de notificaciones de casos de enfermedades por transmisión vectorial, capacitando al personal médico encargado de cada unidad operativa en detección de enfermedades tropicales, asegurando la cadena de frío de las muestras tomadas de cada paciente para confirmar el diagnóstico en cada establecimiento de salud.

Para el análisis de los casos, es recomendable que se tengan bases de datos con una mayor cobertura de información en todo el territorio nacional, se debe controlar la calidad de las notificaciones de casos y las confirmaciones de los mismos, para evitar el error humano en las bases.

Se recomienda la utilización de imágenes satelitales para la generación de información referente al clima, las imágenes de las diferentes plataformas y sensores proporcionan durante todo el año información en bruto para ser procesada más cercana a la realidad. Esto se debe a que los instrumentos y formas de medición en el país no están debidamente calibradas, mantenidas ni supervisadas y no cuentan con la suficiente cobertura a nivel nacional.

Para obtener un coeficiente de correlación alto es necesario que toda la información de las variables a analizar esté distribuida homogéneamente en toda el área de estudio, de no ser así se obtienen zonas con un coeficiente de correlación igual a cero, es decir no se encuentra relación alguna debido a la falta de información para analizar.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abuin Rojo, J. (2007). *Regresión Lineal Múltiple*. Madrid.
- ArcGis. (05 de enero de 2018). *ArcGis for desktop*. Recuperado de: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/ndvi-function.htm>
- ArcGIS Pro. (13 de noviembre de 2017). *ArcGIS Pro- Crear cubo de espacio-tiempo*. Recuperado de: <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/space-timepattern-mining/learningmorecreatecube.htm>
- Asamblea Nacional Constituyente. (2006 - act. 2012). *Ley Orgánica de Salud Pública*. Ecuador.
- Asamblea Nacional Constituyente. (2008). *Constitución Nacional de la Republica del Ecuador*. Montecristi.
- Barrera, R., Barrera, A., & Hernández , L. (2015). *Algunas consideraciones en torno al desarrollo de habilidades profesionales del ingeniero informático y el rol de la comprensión de texto en la modelación de algoritmos computacionales*. *MENDIVE científico Pedagógica*, 1-5.
- Bisset, J., Marquetti, M., Portillo, R., Rodríguez , M., Suárez, S., & Leyva, M. (s.f.). *Factores ecológicos asociados con la presencia de larvas de Aedes aegypti en zonas de alta infestación del Municipio Playa, ciudad de La Habana y Cuba*. Cuba.
- Bonfilio, N., Pineda, J., Bosque, J., Gómez, M., & Plata Rocha, W. (2002). *Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas información geográfica y técnicas de regresión multivariantes. Una aproximación a los procesos de deforestación*. México.
- Carvacho Bart, L., & Sánchez Martínez, M. (2010). Comparación de índices de vegetación a partir de imágenes MODIS en la región del Libertador Bernardo O'Higgins Chile en el período 2001-2005. *Tecnologías de la Información Geográfica al Servicio de los Ciudadanos*, págs. 728-737.
- Castillo, C., Brown, E., Castillo , L., Caprazo, M., & Sánchez, L. (s.f.). *Importancia de los floreros como criaderos de Aedes aegypti en tres cementerios del Estado de Trujillo*. Universidad de Los Andes - Núcleo Rafael Rangel.

- Central Massachusetts Mosquito Control Project. (12 de noviembre de 2017). *What is an "EPI Week?"*. Recuperado de: <http://www.cmmcp.org/epiweek.htm>
- Cerda, J., Valdivia, G., Teresa, V., & Jairo, V. (s.f.). *Cambio climático y enfermedades infecciosas. Un nuevo escenario epidemiológico*. Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Clark Labs. (14 de agosto de 2017). *Clark Labs - TerrSet*. Recuperado de: <https://clarklabs.org/>
- Clark Labs. (2017). *TerrSet*.
- Climate Prediction Center. (14 de agosto de 2017). *NOAA CPC Morphing Technique ("CMORPH")*. Recuperado de: [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/janowiak/cmorph\\_description1.html](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/janowiak/cmorph_description1.html)
- Comisión Nacional del Agua. (2005). *Percepción Remota: Fundamentos de la Teledetección Espacial*.
- Comisión Nacional del Agua. (2005). *Percepción Remota: Fundamentos de la Teledetección Espacial*.
- Concha-Eastman, A., & Villaveces, A. (2001). *Guías para la vigilancia epidemiológica de violencia y lesiones*. Washington: OPS.
- Constitución Política de la República del Ecuador*. (20 de octubre de 2008). Recuperado el 11 de diciembre de 2016, de [www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/.../old/constitucion\\_de\\_bolsillo.pdf](http://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/.../old/constitucion_de_bolsillo.pdf)
- Eiman, M., Intoini, M., & Ripoll, C. (2010). *Directrices para la prevención y control de Aedes Aegypti*. Buenos Aires: Ministerio de Salud.
- EPISGI-INSPI. (11 de Octubre de 2017). *EPISIG, INSPI Tesis*. Recuperado de: <http://www.investigacionsalud.gob.ec/webs/episig/tesis/>
- EPISIG-INSPI. (11 de Octubre de 2017). *EPISIG Publicaciones*. Recuperado de: <http://www.investigacionsalud.gob.ec/webs/episig/publicaciones/>
- EPISIG-INSPI. (11 de octubre de 2017). *EPISIG, INSPI Proyectos*. Recuperado de <http://www.investigacionsalud.gob.ec/webs/episig/descripcion-de-proyectos/#proy2/>
- Espinoza, F., Hernández, C., & Coll, R. (2001). Factores que modifican los índices larváticos de *Aedes aegypti* en Colima, México. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 6-12.

- GAD Provincial de Esmeraldas. (2015). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la provincia de Esmeraldas 2015 – 2025*. Esmeraldas: GADPE - Prefectura de Esmeraldas.
- Galindo, C. (2016). *Aplicación de cubos espacio-temporales en procesos de integridad del transporte de petróleo*. Colombia: Universidad de Salzburg.
- Gao, X., Huete, A., & Didan, K. (2003). *Multisensor comparisons and validation of MODIS vegetation indices at the semiarid Jornada Experimental Range* (Vol. 41). (T. o. Sensing, Ed.) IEEE.
- INSPI-EpiSIG. (2017). *Módulo de EpiSIG*. Quito: INSPI- Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública.
- Kay, B. (1999). *Dengue vector surveillance and control. Current opinion in infectious diseases*.
- Kirby, E., & Barragán, G. (2016). *Metodología de análisis espacial aplicadas a la ecología*. Sangolquí: ESPE.
- Lambarri, C., Cattán, M., & Ehrenfeld, M. (s.f.). *Dengue y Fiebre Hemorrágica del Dengue, un problema de salud mundial*.
- Langford, M., & Unwin, D. (1994). *Generating and mapping population density surfaces within a Geographical Information System*. Cartographi Journal (N° 31), 49-53.
- Lindsay, S., & Birley, M. (1996). *Climate change and malaria transmission. Ann Trop. Med. Parasitol*.
- Mas, J.-F. (2011). *Aplicaciones del sensor MODIS para el monitoreo del territorio*. México: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Ministerio de Salud de la Nación - Argentina. (2016). *Directrices para la prevención y control de Aedes Aegypti*. Argentina: MSAL.
- Ministerio de Salud de Uruguay. (05 de enero de 2018). *Calendario epidemiológico*. Recuperado de <http://www.msp.gub.uy/publicaci%C3%B3n/calendarios-epidemiol%C3%B3gicos>
- Ministerio de Salud Pública. (2014). *Decreto Supremo*. Quito.
- Ministerio de Salud Pública. (2015). *Instructivo para la transferencia de talento humano, activos fijos y metodología técnica del SNEM a las entidades operativas desconcentradas del Ministerio de Salud Pública*. Quito.

- Ministerio de Salud Pública. (12 de noviembre de 2017). *Dirección Nacional de Vigilancia Epidemiológica*. Recuperado de <http://www.salud.gob.ec/direccion-nacional-de-vigilancia-epidemiologica/>
- Ministerio de Salud Pública de Uruguay. (12 de noviembre de 2017). *Calendario Epidemiológico*. Recuperado de <http://www.msp.gub.uy/publicacion/calendarios-epidemiologicos>
- Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (2011-2013). *Servicio Nacional de Control de Enfermedades Transmitidas por Vectores Artropodos*. Quito: SNEM-MSP.
- Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (2016). *Lineamientos para el Control Vectorial del Aedes aegypti para las Actividades Multisectoriales*. Quito.
- Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (2016). *Sistema de Vigilancia en la Salud Pública del Ecuador*. Quito: MSP.
- Ministerio de Salud Pública, D. (1994-2017). *Perfiles epidemiológicos de enfermedades vectoriales*. Quito: MSP.
- NASA. (14 de agosto de 2017). *MODIS: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*. Recuperado de: <https://modis.gsfc.nasa.gov/about/specifications.php>
- NASA-MODIS. (13 de noviembre de 2017). *Earth Data MODIS*. Recuperado de <https://earthdata.nasa.gov/earth-observation-data/near-real-time/download-nrt-data/modis-nrt>
- NASA-MODIS. (15 de agosto de 2017). *NASA-MODIS specifications*. Recuperado de <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/specifications.php>
- Olano, V. (s.f.). *Aedes aegypti en el área rural: implicaciones en salud*. Bogotá : Universidad El Bosque - Instituto de Salud y Ambiente.
- Olaya, V. (2014). *Sistemas de Información Geográfica*. OSGEO.
- Olaya, V. (2014). *Sistemas de Información Geográfica*.
- OMS. (2010). *Entomología del vector Aedes aegypti*. CIEI.
- OMS. (2017). *Centro de Prensa - Enfermedades transmitidas por vectores*.
- OMS/OPS. (2016). *Centro de Prensa*. Recuperado de Organización Mundial de la Salud : <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs387/es/>

- OMS-Chicungunya. *Enfermedades transmitidas por vectores*. Recuperado de Fiebre Chicungunya: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs387/es/index3.html>
- OMS-Dengue. (07 de agosto de 2017). *Organización Mundial de la Salud*. Recuperado de Enfermedades transmitidas por vectores: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs387/es/index2.html>
- OMS-Fiebre Amarilla. (07 de agosto de 2017). *Enfermedades transmitidas por vectores*. Recuperado de Fiebre Amarilla: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs387/es/index4.html>
- OMS-Zika. (07 de agosto de 2017). *Centro de Prensa*. Recuperado de Enfermedad por virus de Zika: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/zika/es/>
- Organización Mundial de la Salud. (2011). *Estadísticas Sanitarias Mundiales*. Francia.
- OXFAM, Ortíz, M., Estupiñán, B., et. al. (2012). *Estrategia de gestión de riesgos y desastres*. Quito: Comisión Europea.
- Peña, L. (2010). *Sistemas de información geográfica aplicados a la gestión del territorio*. Ecuador: E.C. Universitario.
- Pérez Navarro, A., Olivella Gonzáles, R., Botella Plana, A., Olmedillas Hernández, J., Muñoz Bolas, A., & Rodríguez Lloret, J. (2011). *Introducción a los sistemas de información geográfica y geotelemática*. Barcelona-España: UOC.
- Rodríguez, R. (s.f.). *Estrategias para el control del Dengue y del Aedes aegypti en las Américas*. Cuba: Revista Cubana de Medicina Tropical.
- Schmaltz, J. Image Credit MODIS Land Rapid Response Tem. *MODIS Land Rapid Response Team*. NASA GSFC, Australia.
- SIVEAlerta-MSP. (2017). *Casos de Enfermedades vectoriales*. Quito: MSP.
- Spiegel, M. (1970). *Estadística - Serie Schaum*. McGraw-Hill Book Co., U.S.A.
- Spiekermann, K., & Wegener, M. (2000). Freedom from the tyranny of zones: towards new GIS-based spatial models. *Spatial models and GIS*, 45-61.
- Tobler, W. (1979). Smooth Pycnophilic Interpolation for Geographical Regions. *Journal of the American Statistical Association*, vol 74(Nº 367), 519-529.
- UCAR - Climate Data Guide. (23 de 01 de 2018). *CMORPH (CPC MORPHing technique): High resolution precipitation (60S-60N)*. Recuperado de

<https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/cmorph-cpc-morphing-technique-high-resolution-precipitation-60s-60n>

Viglizzo, E. (1997). *Libro Verde: Elementos para una política ambiental en el cono sur*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura .

Watts, D., Burke, D., Harrison, B., Whitmire, R., & Nisalak, A. (s.f.). *Effect of temperature on the vector efficiency of Aedes aegypti for Dengue 2 virus*. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene .

Whittenbury, Á. (2005-2010). *El perfil epidemiológico y el análisis de situación del país - Perú*. Perú.