



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

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA  
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO  
AMBIENTE**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERA GEÓGRAFA Y DEL MEDIO AMBIENTE**

**TEMA: ANÁLISIS DE CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS DEL  
DENGUE TROPICAL EN EL MARCO DEL CAMBIO CLIMÁTICO  
UTILIZANDO SIG**

**AUTOR: CARVAJAL SALVADOR, TATIANA CAROLINA**

**TUTOR: DR. RODRÍGUEZ ESPINOSA, FABIÁN FRANCISCO**

**SANGOLQUÍ**

**2019**

## CERTIFICADO DEL DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

### CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, *"ANÁLISIS DE CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS DEL DENGUE TROPICAL EN EL MARCO DEL CAMBIO CLIMÁTICO UTILIZANDO SIG"* fue realizado por la señorita, *Carvajal Salvador Tatiana Carolina*, 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, 12 agosto de 2019

Atentamente,

Dr. FABIÁN FRANCISCO RODRÍGUEZ ESPINOSA

CC: 1706853759

**DIRECTOR**



## AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

### AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *Curvajal Salvador Tatiana Carolina*, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: "*Análisis de condiciones climatológicas del dengue tropical en el marco del cambio climático utilizando SIG*" 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, 12 agosto de 2019

Atentamente,

Curvajal Salvador Tatiana Carolina  
C.C: 1804137337

## AUTORIZACIÓN



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

### AUTORIZACIÓN

Yo, *Carvajal Salvador Tatiana Carolina*, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación "*Análisis de condiciones climatológicas del dengue tropical en el marco del cambio climático utilizando SIG*" en el repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, 12 agosto de 2019

Atentamente,

*Carvajal Salvador Tatiana Carolina*  
C.C: 1804137337

**DEDICATORIA**

*A Dios porque me ha permitido vivir tantas cosas increíbles a lo largo de mi vida y poder alcanzar cosas que algún día imagine. A mi Rosita desde el cielo por la fuerza de todos los días. A mis padres por su paciencia, insistencia, apoyo y perseverancia en todo momento.*

*A mis hermanos por el aliento y empuje en cada proyecto que se me ha cruzado en mi cabeza. Y por último a esas personas que me hicieron dar cuenta que si podía, que nada es imposible para mí, que la fuerza no solo es externa si no del corazón.*

***Tatiana***

## **AGRADECIMIENTO**

A mis profesores, compañeros y amigos que han hecho más llevadera esta vida universitaria; en especial a mi tutor Dr. Fabián Rodríguez quien ha sabido guiarme en este proyecto; también por los buenos consejos y su confianza en mí.

Tatiana

## ÍNDICE

CAPITULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Planteamiento del problema .....	5
1.3. Justificación e importancia .....	6
1.4. Descripción del área de estudio .....	7
1.5. Objetivos.....	10
15.1. Objetivo general .....	10
15.2. Objetivos específicos.....	10
1.6. Metas .....	10
1.7. Pregunta de investigación.....	11
CAPITULO II.....	12
2. MARCO TEÓRICO .....	12
2.1 Cambio Climático.....	12
2.2 Impacto Ambiental .....	13
2.3. Enfermedades Tropicales .....	17
2.4. Condiciones para el desarrollo del dengue .....	20
2.5. Estudios relacionados con el calentamiento global y enfermedades tropicales .....	22

2.6. Marco legal .....	25
2.6.1. Constitución del Ecuador .....	25
CAPITULO III .....	28
3. METODOLOGÍA.....	28
3.1. Recopilación y evaluación de la información.....	28
3.2. Correlación estadística entre variables meteorológicas y casos registrados de dengue	36
3.3. Modelos de aplicación.....	38
3.3.1. Evaluación multi-criterio (emc) .....	38
3.3.2. Técnicas de evaluación multicriterio.....	39
3.3.3. Lógica difusa (fuzzy).....	40
3.4. Delimitación de las zonas aptas para la proliferación del dengue.....	40
3.5. Proyecciones del clima para las estaciones .....	41
CAPITULO IV .....	42
4. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	42
4.1 Discusión de los resultados .....	42
4.1.1 valle de jubones .....	51
4.1.2 valle de vilcabamba .....	53
4.1.3 valle de patate .....	54
4.1.4 valle de chambo.....	55

4.1.5 valle de paute .....	57
4.1.6 valle de chimbo.....	57
4.1.7 valle de guayllabamba .....	57
4.1.8 valle de chota.....	58
4.1.9 valle de cañar .....	58
CAPÍTULO V .....	60
5.1 Conclusiones.....	60
5.2 Recomendaciones .....	63
5.3. Bibliografía.....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Localización de valles en la región interandina del Ecuador .....	9
<i>Figura 2</i> Incidencia del Dengue en América .....	19
<i>Figura 3</i> Distribución porcentual del dengue en Ecuador .....	20
<i>Figura 4</i> Distribución del Aedes aegypti 1970 y 2012.....	21
<i>Figura 5</i> Diagrama metodología.....	28
<i>Figura 6</i> Estaciones climatológicas usadas para el estudio. ....	29
<i>Figura 7</i> Proceso es SPSS.....	33
<i>Figura 8</i> Proceso es SPSS.....	33
<i>Figura 9</i> Proceso es SPSS.....	34
<i>Figura 10</i> Proceso es SPSS.....	34
<i>Figura 11</i> Proceso es SPSS.....	35

<b>Figura 12</b> Proceso para relacionar los datos .....	38
<b>Figura 13</b> Mapa de resultados .....	51
<b>Figura 14</b> Mapa de Resultados Valle de Jubones .....	52
<b>Figura 15</b> Mapa de Resultados Valle de Vilcabamba .....	53
<b>Figura 16</b> Mapa de Resultados Valle de Patate .....	55
<b>Figura 17</b> Mapa de Resultados Valle de Chambo .....	56

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Características de los Valles de la Sierra .....	8
<b>Tabla 2</b> Presencia de enfermedades por vectores.....	16
<b>Tabla 3</b> Interpolación .....	30
<b>Tabla 4</b> Interpolación .....	31
<b>Tabla 5</b> Datos de casos de dengue.....	32
<b>Tabla 6</b> Relación de los valores de coeficiente de correlación .....	37
<b>Tabla 7</b> Pronóstico con las condiciones normales de los datos climatológicos .....	42
<b>Tabla 8</b> Coeficiente de correlación entre casos del dengue y la temperatura .....	44
<b>Tabla 9</b> Coeficiente de correlación entre casos del dengue y la humedad.....	45
<b>Tabla 10</b> Promedio del Índice de correlación entre temperatura y la humedad.....	45
<b>Tabla 11</b> Coeficiente de correlación usando el nuevo índice.....	46
<b>Tabla 12</b> Panorama de proliferación del dengue.....	50
<b>Tabla 13</b> Valores máximos y mínimos alcanzados variando en 1, 1.5 y 2 .....	52
<b>Tabla 14</b> Valores máximos y mínimos alcanzados variando en 1, 1.5 y 2 .....	53

<b>Tabla 15</b> Valores máximos y mínimos alcanzados variando en 1, 1.5 y 2 .....	54
<b>Tabla 16</b> Valores máximos y mínimos alcanzados variando en 1, 1.5 y 2 .....	56
<b>Tabla 17</b> Valores máximos y mínimos alcanzados variando en 1, 1.5 y 2 .....	57
<b>Tabla 18</b> Valores máximos y mínimos alcanzados variando en 1, 1.5 y 2 .....	57
<b>Tabla 19</b> Valores máximos y mínimos alcanzados variando en 1, 1.5 y 2 .....	58
<b>Tabla 20</b> Valores máximos y mínimos alcanzados variando en 1, 1.5 y 2 .....	58
<b>Tabla 21</b> Valores máximos y mínimos alcanzados variando en 1, 1.5 y 2 .....	58

## RESUMEN

Los cambios visibles de temperatura en el planeta han evidenciado algunos comportamientos no solo de los habitantes de ella, sino las consecuencias en cuanto a salud; en este caso se hace un hincapié en la proliferación del virus del dengue dentro de las zonas tropicales, las cuales guardan ciertas características propias para el desarrollo del virus. Es necesario una investigación a nivel nacional en los valles interandinos, con una proyección al 2050; en donde con la utilización de sistemas de información geográfica fue posible analizar las condiciones de nueve valles de la región Sierra con la información de las estaciones meteorológicas más cercanas. El resultado del análisis de la proyección de los factores climatológicos analizados arroja que los valles de Jubones y Vilcabamba tras una proyección en condiciones normales no alcanzan los valores pero al hacer un cambio hipotético en la temperatura y la humedad llegan a 32C y sobrepasan el 90% en la humedad relativa. Tras un análisis con evaluación multicriterio se identifican las zonas en donde se podría cumplir las condiciones para la proliferación del brote del virus, tomando en cuenta la correlación que existe con los casos de dengue y los factores climatológicos.

### **PALABRAS CLAVE**

- VIRUS
- DENGUE
- CAMBIO CLIMÁTICO
- EVALUACIÓN MULTICRITERIO

## ABSTRACT

The visible changes in temperature on the planet have shown some behavior not only of the inhabitants of it, but the consequences in terms of health; in this case, an emphasis is placed on the proliferation of the dengue virus within the tropical zones, which have certain characteristics that are specific to the development of the virus. It is necessary a national research in the inter-Andean valleys, with a projection to 2050; where with the use of geographic information systems it was possible to analyze the conditions of nine valleys of the Sierra region with the information of the nearest meteorological stations. The result of the analysis of the projection of the climatological factors analyzed shows that the valleys of Jubones and Vilcabamba after a projection in normal conditions do not reach the values but when making a hypothetical change in temperature and humidity they reach 32C and exceed 90% in relative humidity. After an analysis with multicriteria evaluation, the zones where the conditions for the proliferation of the virus outbreak could be fulfilled are identified, taking into account the correlation that exists with the cases of dengue and the climatological factors.

### KEYWORDS:

- VIRUS
- DENGUE
- CLIMATE CHANGE
- MULTICRITERIAL EVALUATION

## CAPITULO I

### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1. ANTECEDENTES

Los cambios que ha sufrido la Tierra a lo largo de nuestro paso por ella han sido evidentes, uno de ellos es el clima; la contaminación, el mal manejo de los recursos naturales y malas decisiones políticas han ocasionado el deterioro de la misma. El cambio climático ha sido un problema de relevancia en la actualidad (Gore, 2007). Las Naciones Unidas en respuesta a este debate crea el panel intergubernamental del cambio climático (IPCC) en el año de 1988 con el objetivo de establecer los potenciales efectos de dicho fenómeno (IPCC, 2013).

Desde el siglo XIX ha existido una medición de la temperatura atmosférica por medio de estaciones meteorológicas, lo que ha permitido tener un registro donde se evidencia incrementos notorios. Estos cambios de temperatura son debido a causas y procesos naturales pero también son ocasionados por actividades humanas, entre ellos se puede mencionar la tala de bosques, quema de combustibles fósiles, entre otros. (Caballero et al., 2007)

Desde 1950 se habló de un calentamiento continuo de nuestro planeta debido a las modificaciones que se han dado por las actividades antropogénicas como consecuencia de la industrialización y la demanda de vehículos a medida que pasa el tiempo (IPCC, 2014), esta rápida expansión industrial se ha sustentado con la quema de los combustibles fósiles como principal fuente energética. El aumento de los niveles históricos de las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera se relaciona directamente con el crecimiento económico de

los países industrializados. El cambio climático puede profundizar los efectos de la contaminación del aire y de forma indirecta causar daños en la salud de los ciudadanos, la exposición a la contaminación atmosférica origina perjuicios múltiples y de diferente severidad, y se fundamenta en dos clases de estudios: toxicológicos (por la exposición hacia un contaminante) y epidemiológicos (afectando a una población entera, debido a la contaminación atmosférica) (Ballester, 2017). Una capa de ozono más gruesa debido a los gases de efecto invernadero hacen que la temperatura del planeta se torne más cálida y no solo se trata de derretimiento de glaciares, los ecosistemas están en crisis.

Tenemos un planeta más cálido; lo cual desencadena una serie de problemas como derretimiento de glaciares, aumento de nivel del mar, cambio en la salinidad y acidez en los océanos, cambio en el funcionamiento de los ecosistemas y efectos en la salud. (IPCC, 2013) Dentro de los efectos en la salud está el aumento de enfermedades tropicales cuyos vectores proliferarán debido al cambio climático y se extenderán de manera nunca antes imaginada. (Flannery, 2011)

El calentamiento global ha ocasionado no solo daños en el medio ambiente sino también en los seres humanos, debido a que ha aumentado la contaminación en el agua, aire y suelo; además, propagaciones de virus y olas de calor que han causado miles de muertes (ECOOSFERA, 2016). Según un artículo de la BBC existe la posibilidad que ante el descongelamiento de los polos a causa del calentamiento global, se podría estar descongelando nuevos virus; ya que en un estudio se encontró fósiles del Pleistoceno donde hay emisiones masivas de carbono y metano, mercurio tóxico y enfermedades antiguas. (Smedley, 2019)

Alrededor del mundo se han visto ya cambios a causa del cambio climático como el deshielo de permafost, alargamiento de las estaciones, desplazamiento de animales, incidencia de insectos, entre otros (IPCC, 2001). Enfermedades como el dengue y la malaria que suponía estaban bajo control han reaparecido a causa del calentamiento global según Muñoz (2012). Los insectos presentan alta sensibilidad ante el cambio climático por la temperatura, patrones de precipitación y viento, aumentando la distribución o alterando su desarrollo (Ize, 2007).

En las condiciones actuales los vectores de las enfermedades tropicales no se pueden desarrollar debido a las inadecuadas temperaturas en algunas regiones como en los valles interandinos. Sin embargo, en el marco del cambio climático donde se pueden esperar temperaturas más elevadas; incluso llegando a aumentar 2°C, las condiciones climatológicas cambian radicalmente y se podrían desarrollar este tipo de vectores (IPCC, 2013).

Para el presente estudio se hace hincapié en el virus del dengue que es transmitido por la picadura del mosquito del género *Aedes Aegypti*, el cual es característico en todo el Ecuador a excepción de los pisos climatológicos alto andinos (Dirección de Epidemiología, 2013). El mosquito portador del dengue sobrevive hasta a 2200 [msnm] y el virus del dengue hasta 1700 [msnm] con una temperatura promedio de 32°C y en cuanto a la humedad el mosquito tendría las condiciones óptimas si se supera el 90% (Neira, 2014). Un cambio de temperatura puede generar que zonas templadas se hagan más acogedoras para los ciertos virus que solo existían en zonas tropicales; se conoce que en países como la República Checa y en el norte Suecia se han

registrado ya casos de paludismo y dengue como resultado del cambio climático y subsecuente alza de temperatura. (Verdera, 2008)

Adicionalmente, se conoce que la cordillera de los Andes no es impedimento para el mosquito del dengue. Así que el cambio climático y la mayor movilización de las personas ha logrado que esta enfermedad llegue a zonas que antes no se reportaban, es así que en Chile han llegado a tener nuevos casos ya que el virus del dengue ha encontrado características climáticas apropiadas (Pasten, 2018). En el caso del Ecuador la malaria también ha sido de gran importancia por las consecuencias en salud pública por estar relacionada estrechamente con cambios climáticos transmitidos por vectores. (Padilla et al, 2016)

En un estudio reciente se concluye que en la zona de Sangolquí donde se llevó a cabo el estudio no abrían cambios significativos con las condiciones climatológicas actuales para que se ocasione una proliferación de cepas. (Peña y Hernández, 2017) Sin embargo al cambiar las variables de temperatura y humedad ocasionadas por el cambio climático hipotético sería posible la aparición de este brote.

Según un informe global del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) advierte que un incremento en la temperatura de 1,5°C y de 2°C dentro de 11 años traerá consecuencias sobre el ecosistema, salud humana y bienestar, aumentando la morbilidad y la mortalidad y las discapacidades y la aparición de enfermedades en zonas nuevas la vulnerabilidad está en función del género, edad, raza, situación económica (IPCC, 2013)

## 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ecuador también ha reportado efectos del calentamiento global y el cambio climático con daños debido a inundaciones, estiajes, deslizamientos, proliferación de plagas, entre otros. Según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) en los últimos años han existido fenómenos atípicos muy difíciles de pronosticar y definir su comportamiento. (INAMHI, 2017)

El cambio de temperatura juega un papel muy importante para la proliferación del dengue, se vuelve más resistente alargando su ciclo de vida. La Organización Mundial de la Salud (OMS) advierte sobre el riesgo de contraer la enfermedad con más frecuencia en América Latina debido al poco control que se tiene con el virus (OMS, 2014). Así el cambio climático ocasionaría que el virus llegue a zonas donde incrementa la temperatura; y no precisamente en la Costa o en la Amazonia, donde siempre han existido (Neira, 2014). La incidencia del dengue en Ecuador ha tenido cifras muy altas siendo el 2015 el año con 42.681 casos reportados; además hay reportes de casos que se han desarrollado en nuevas áreas donde el mosquito no encontraba las condiciones adecuadas (Borbor, 2017).

Es así que se plantea un estudio estadístico para la región Sierra en Ecuador en los principales valles interandinos donde en base a los modelos de cambio climático las condiciones para que se desarrolle el dengue se pueden dar y que proyecte una variabilidad de los parámetros climatológicos ambientales de temperatura y humedad, para con ello diagnosticar si existe las condiciones apropiadas para que el *Aedes aegypti* se desarrolle en estos valles y cause un brote de virus del dengue ante un posible cambio climático donde antes era casi imposible, creando

escenarios con una variabilidad de 1, 1.5 y 2 [°C] y ; con la utilización de herramientas geomáticas que permitan la variabilidad de los datos.

Para el presente proyecto se plantea la identificación de un modelo de distribución potencial de especies aplicando lógica de Fuzzy que trata de evaluación multicriterio; y así determinar el modelo más idóneo para el vector del dengue.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

Las enfermedades tropicales predominan en climas calientes y húmedos y son endémicos de países cuyo ecosistema permite la existencia de reservorios y vectores que posibilitan el mantenimiento de ciclos vitales de microorganismos patógenos (Valerio, Sabria, & Fabregat, 2002). En las últimas décadas el dengue ha aumentado la incidencia, según una estimación reciente existen 390 millones de casos cada año. Antes de 1970, solo nueve países habían sufrido epidemias de dengue grave. Ahora, la enfermedad es endémica en más de 100 países de las regiones de África, las Américas, el Mediterráneo Oriental, Asia Sudoriental y el Pacífico Occidental (Organización Mundial de la Salud, 2018).

En el Ecuador el dengue representa una de las enfermedades que cada año toma lugar por el número de casos que se presentan; y las zonas tropicales y subtropicales son las que están en riesgo de transmisión por las condiciones climáticas en las que se desarrolla el mosquito. El impacto de la enfermedad depende de la densidad poblacional del mosquito y de la distribución. Hay que tener en cuenta que la persistencia del virus hace referencia a factores socioeconómicos, ecológicos y climáticos, siendo este último factor el que llama la atención para el presente estudio (Ministerio de Salud Pública, 2018). Existe una interrelación entre la pobreza y la salud, y es

palpable que los países pobres presentan mayores problemas de salud y hace que de una u otra forma sigan siendo pobres; las desigualdades sanitarias exponen a una sociedad con pocos ingresos y baja educación en el tema (Wagstaff, 2002).

El cambio climático también toma parte en la propagación del dengue, debido a que se tiene registro de aparición del virus en donde aparece en zonas donde antes era inimaginable su desarrollo con brotes epidemiológicos de carácter explosivo según la Organización Mundial de la Salud. (OMS, 2003)

Una proyección en donde intervengan variables de temperatura y humedad que identifique zonas idóneas implementando algoritmos de pertenencia que son propios para cada variable, que advierta la posible aparición del virus que es transmitido por el *Aedes Aegypti* en los valles interandinos del Ecuador es necesaria para poder tomar acciones preventivas.

#### **1.4. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

En los últimos años los valles han llegado a tener gran cantidad de asentamientos humanos por los diferentes factores ambientales y recursos naturales que aquí se puede encontrar y son usados para actividades económicas de los habitantes; de estos bosques se han extraído leña, materiales de construcción, animales de caza y suelos para las actividades agropecuarias; hay que tener en cuenta que la región interandina es una de las más deforestadas. (Aguirre, y otros, 2011)

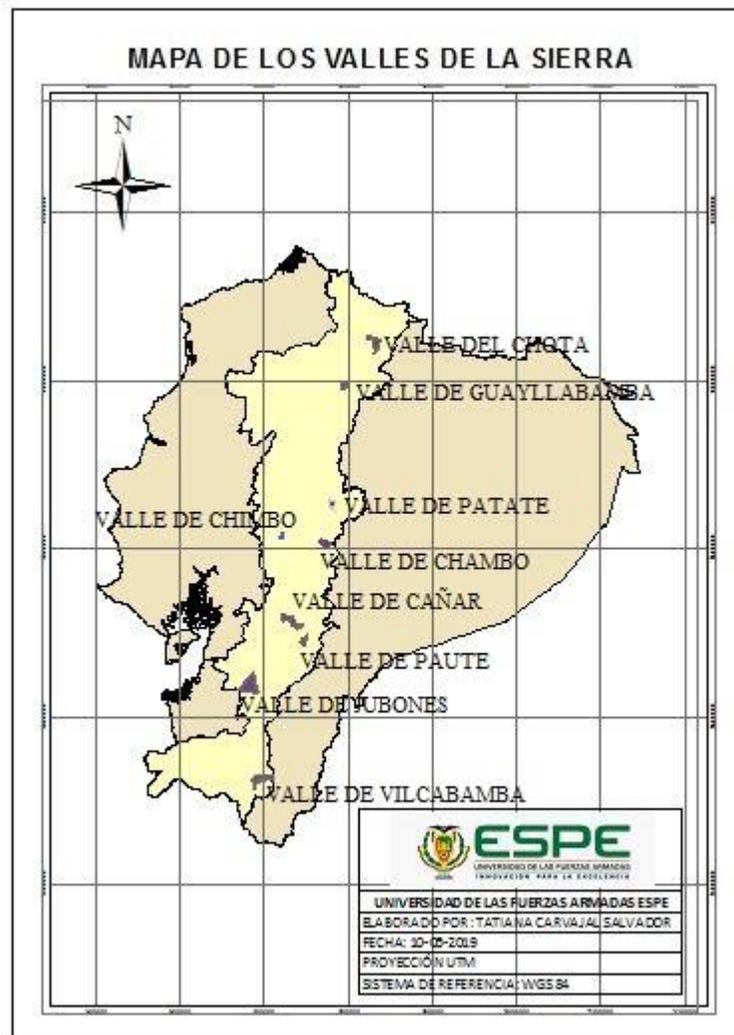
La región Sierra constituye un 30% de la superficie del país (INEC, 2014). Los valles interandinos (Figura 1) del Ecuador son: Valle del Carchi, Chota, Guayllabamba, Toachi, Patate,

Chambo, Chimbo, Chanchán, Cañar, Paute, Jubones, Puyango, Zamora, Catamayo, Vilcabamba y Macará (Tabla 1).

**Tabla 1**

*Características de los Valles de la Sierra*

<b>Valle</b>	<b>Provincia</b>	<b>Temperatura promedio</b>	<b>Clima</b>	<b>Altura [msnm]</b>
<b>Carchi</b>	Carchi	18 [°C]	Tropical Seco	1430
<b>Chota</b>	Imbabura y Carchi	24 [°C]	Tropical Seco	1560
<b>Guayllabamba</b>	Pichincha	28[°C]	Subtropical Seco	1620
<b>Patate</b>	Tungurahua	20[°C]	Cálido Templado	2000
<b>Chimbo</b>	Bolívar	16 [°C]	Cálido Templado	2200
<b>Chanchan</b>	Chimborazo	20 [°C]	Templado	2100
<b>Cañar</b>	Cañar	18 [°C]	Templado	2003
<b>Paute</b>	Azuay	25 [°C]	Subtropical templado	2100
<b>Jubones</b>	Azuay y Loja	26 [°C]	Cálido húmedo	1500
<b>Puyango</b>	El Oro y Loja	25 [°C]	Cálido seco	1312
<b>Catamayo</b>	Loja	26 [°C]	Subtropical húmedo	2000
<b>Vilcabamba</b>	Loja	22 [°C]	Cálido	1700
<b>Macará</b>	Loja	25 [°C]	Cálido seco	2340



*Figura 1* Localización de valles en la región interandina del Ecuador

## **1.5. OBJETIVOS**

### **15.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar qué factores climatológicos deberían darse en el marco del cambio climático para el desarrollo del mosquito del dengue en los valles interandinos con ayuda de herramientas geoinformáticas y estadísticas.

### **15.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Caracterizar áreas con las condiciones en donde se podría desarrollar el virus transmisor del dengue para tener un panorama de distribución en los valles de la Sierra con la utilización herramientas geomáticas.
2. Establecer un modelo de distribución de especies aplicando evaluación multicriterio – lógica de Fuzzy para determinar las zonas donde se pueda desarrollar el virus del dengue con medios digitales estadísticos y geoinformáticos.
3. Caracterizar las zonas de mayor riesgo ante un cambio climático basados en la evaluación multicriterio para desarrollar políticas de prevención y mitigación.

## **1.6. METAS**

- Mapa de zonas idóneas de probabilidad de desarrollo del dengue.
- Base de datos de la temperatura y humedad de la zona de estudio.
- Base de datos geográfica de mapas obtenidos con la información pertinente del tema.
- Informe final con resultados del estudio.

### **1.7. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Qué parámetros climatológicos, temperatura, humedad u otros, deben darse para el desarrollo del virus del dengue en los valles interandinos del Ecuador?

## **CAPITULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

Este capítulo se enmarca en la temática que se utilizó para el desarrollo de la tesis tomando en cuenta temas y conceptos relevantes, como parámetros ambientales, las enfermedades que pueden estar involucradas a causa del cambio de clima, específicamente del virus del dengue. Se busca identificar un modelo de distribución para el virus del dengue aplicando la evaluación multicriterio con lógica de Fuzzy.

#### **2.1 CAMBIO CLIMÁTICO**

El clima está determinado por valores medios de variables ambientales en intervalos de tiempo largos y referencias a la variabilidad, tanto temporal como espacial (Oroza, 2011). La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC) lo define como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial, y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos comparables (OMS, 2003).

Un cambio en la composición de la atmosfera, provoca inestabilidad en la biosfera, irregularidades en los glaciares y cambios en los seres vivos que en algunos casos provoca migraciones (Isaza & Campos, 2007).

Un crecimiento exponencial de la población está ligado con el cambio climático, debido a la creciente emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera; generando un cambio inusual en

la temperatura global. Debido al daño ambiental y al uso desmedido de los recursos naturales durante el paso por la Tierra han desaparecido civilizaciones, como la de Sumeria, Valle del Indo y la Isla de Pascua. Lo que advierte a las generaciones presentes y futuras a tomar acciones prontas para no tener el mismo desenlace (Barros, 2005).

## **2.2 IMPACTO AMBIENTAL**

El aumento de temperatura media debido al acrecimiento de la concentración de gases de efecto invernadero, producidos por la actividad humana se define como calentamiento global; estos gases que son enviados a la atmósfera crean una especie de colchón que ha causado un incremento en la temperatura del planeta (Amestoy, 2010).

El calentamiento global está relacionado a su vez con el deterioro de la salud y bienestar humano, pero en algunos casos esto llega a ser ambiguo; a veces favorable en zonas frías y adversas en zonas cálidas. Pero existen daños en la salud asociados con emisiones de CO<sub>2</sub>, radiaciones ultravioletas, entre otras. Olas de calor y de frío en donde la mortalidad de las personas es considerable forma parte de este conflicto; se asocian enfermedades tropicales que tienen que ver con la latitud geográfica (Hernandez, 1999).

Ante el notable cambio en el clima los gobiernos y las distintas instituciones han tomado acciones, siendo partícipes de cumbres, conferencias y acuerdos en los que se comprometen en la mayoría de casos a bajar las emisiones y detener la degradación del ecosistema (Amestoy, 2010). A continuación se nombran algunas de las más significativas de estas conferencias:

- Primera Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Humano, o Conferencia de Estocolmo. (1972)
- Ginebra: Primera Conferencia Mundial sobre el Clima. (1979)
- IPCC (1988)
- Río de Janeiro, Brasil: Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo o Cumbre de la Tierra. (1992)
- Primera Conferencia de las partes Berlín. (1995)
- Protocolo de Kioto. (1997)
- XVII Conferencia sobre el Cambio Climático Durban. (2011)

Como se ha visto en conceptos anteriores el cambio de temperatura es lo que ha ocasionado una alerta en cuanto al cambio climático. Las temperaturas promedio en el mundo registraron más de 0.5°C en el último siglo y en la década de los 90 se comprobó que las temperaturas llegaron a ser las más tórridas. La radiación solar es cada vez más potente y las elevadas temperaturas podrían ampliar el rango de acción de distintos vectores de enfermedades como roedores, mosquitos y garrapatas; por ende enfermedades como la malaria y dengue (Menghi, 2007).

La densidad y la capacidad vectorial implican a la temperatura como un factor crítico, lo que hace que aumenta o disminuya la probabilidad de supervivencia del vector. Al aumentar la temperatura del agua las larvas del vector tardan menos tiempo en madurar. Según el estudio de (López & Molina, 2005) explica que los límites de temperatura para la transmisión son de 14 a 18°C como límite inferior y de 35 a 40°C como límite superior. De 32 a 34°C se ha comprobado que la transmisibilidad es aún mayor y cuando sobrepasa los 34°C disminuye considerablemente.

La relación entre los cambios de temperatura y la mortalidad dependen de diversos factores como las características de la población y la zona de estudio (Ballester, Ferran, 1996).

La temperatura en la región Interandina predominaron anomalías térmicas positivas (INAMHI, 2013), para el presente estudio las zonas de interés han sido los valles interandinos, en donde el mosquito portador del dengue pueda desarrollarse ante un posible cambio de temperatura.

La humedad se la define como la cantidad de vapor de agua presente en la atmósfera, este vapor es procedente de la evaporación de mares océanos, ríos, lagos, plantas y seres vivos (Masmar, 2013). El relieve característico de la zona interandina juega un papel importante en los elementos climáticos, dando como resultado una gran cantidad de microclimas y topoclimas con humedades relativas que van desde 65% a 90%. (Pourrut, 1995) Para el presente estudio la humedad va estar dada por la estación meteorológica más cercana de cada valle que forma parte del análisis.

La pluviosidad alterará la distribución geográfica de insectos vectores que propagan enfermedades infecciosas; de esas enfermedades, la malaria y el dengue son las que más inquietud suscitan en el campo de la salud pública. Además las lluvias pueden ocasionar que el hábitat idóneo para el mosquito aumente (López & Molina, 2005)

La lluvia condiciona el tamaño y la cantidad de los criaderos; si hay lluvias fuertes existe una limpieza de los criaderos por arrastre o desbordamientos del agua estancada. Pero si existen lluvias más intensas que las condiciones normales provocan nuevos criaderos que son colonizados rápidamente. El comportamiento de la precipitación a nivel nacional es irregular tanto en su distribución temporal y espacial; es bimodal, presentando un período lluvioso

principal de enero a mayo y un período lluvioso secundario desde mediados de septiembre hasta noviembre, con una declinación en diciembre; durante los meses de junio, julio y agosto se presenta el período seco. (INAMHI, 2013).

La Organización Mundial de la Salud define a la salud al estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades (OMS, 1946).

Según Githeko, (2000) el cambio de humedad, temperatura y precipitaciones afectan a la ecología y biología de los vectores. Las enfermedades vectoriales susceptibles debido al cambio climático serían aquellas transmitidas por dípteros como dengue o malaria. Como se puede ver en la tabla 2 el Ecuador es un país muy propenso a las enfermedades transmitidas por vectores ya que se han presentado casos de zika, dengue, malaria, entre otros.

**Tabla 2**  
*Presencia de enfermedades por vectores*

Country:	Ecuador
Number of Vector Borne Diseases: 1	
-----	
1 = Presence	
Dengue	1
Chikungunya	1
Zika	1
Malaria	1
Chagas Disease	1
Leishmaniasis	1
Schistosomiasis	0
Onchocerciasis	1
Lymphatic filariasis	0
Plague	1
Yellow Fever	1
-----	
0 = Absence	

Fuente: OMS

### **2.3. ENFERMEDADES TROPICALES**

Se dice que mil millones de personas alrededor del mundo están expuestas a enfermedades tropicales; pero hay que tener en cuenta que la mayoría de casos se presenta en personas marginadas en zonas rurales con bajos ingresos. Y son los países subdesarrollados que se encuentran entre el trópico de Cáncer y el de Capricornio los más expuestos, porque los vectores encuentran condiciones apropiadas para el desarrollo o la adaptabilidad se torna fácil en estos escenarios. (Guerrant, Walker, & Weller, 2002)

A partir de 1990 las enfermedades tropicales a causa del cambio climático ya tuvo lugar en Norteamérica; donde los parásitos encontraron la humedad, calor y la cantidad necesaria de mosquitos transmisores (Menghi, 2007).

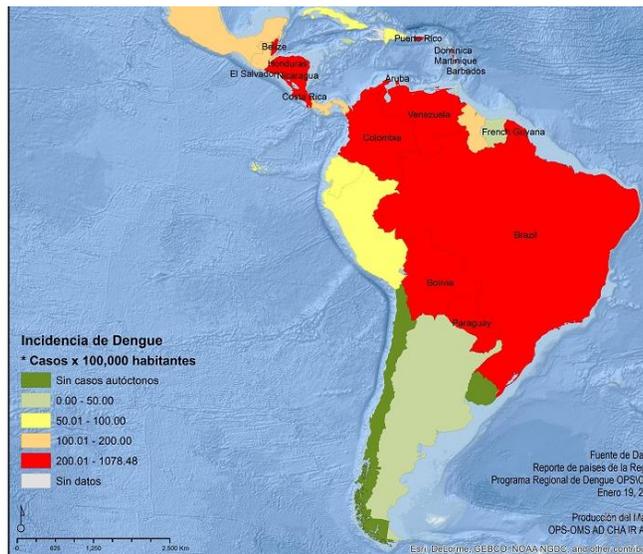
Algunas de las enfermedades tropicales más frecuentes se producen por la picadura de un mosquito infectado. La propagación de patógenos se puede dar por vectores como mosquitos, garrapatas, caracoles, etc., que se desarrollan en agua dulce. (SEEIMC, 2015)

El dengue es una enfermedad infecciosa muy antigua que ha resurgido en los últimos 20 años, cuya distribución geográfica ha aumentado tanto en la propagación del vector como del virus; este resurgimiento se da por diversos factores como los cambios demográficos y la infraestructura de la salud. Es una de las enfermedades tropicales más infecciosas después de la malaria, con alrededor de 25000 muertes al año (Duane, 1998). El dengue fue descrito en 1780 por primera vez en Filadelfia por Benjamin Rush y se han estudiado hasta el momento 4 serotipos DEN-1, DEN-2, DEN-3, DEN-4 que se presentan normalmente en América Latina, de los cuales el

cuadro clínico depende de las características del vector, del virus y de la persona infectada (Kourí, 2006)

Es transmitido por el mosquito del género *Aedes* y su principal vector es el *Aedes aegypti*. Se dice que para que se presente esta enfermedad existen tres componentes principales: el virus, el mosquito vector y el ser humano (Lemus & Corratgé, 2009). Esta enfermedad está asociada con el clima, el medio ambiente, factores sociales y económicos, nivel sanitario y el nivel de conocimiento del hombre sobre los fenómenos atmosféricos.

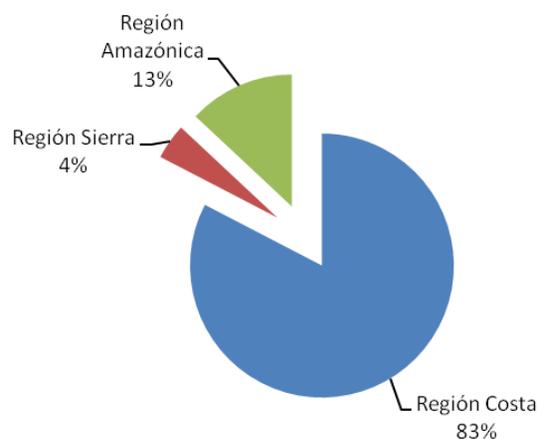
La incidencia del dengue en el mundo ha aumentado tal como lo muestra la figura 2, y el número de casos según la (OMS, 2018) son de 390 millones de infecciones y que el 40% de la población mundial corre el riesgo de contraer la enfermedad. En Ecuador el dengue representa un problema de salud pública, debido a la gran cantidad de casos que se presentan al año, siendo las zonas tropicales y subtropicales las que están en riesgo de transmisión. Las epidemias de dengue en nuestro país coinciden con la época de lluvia; además existen localidades en donde el virus se mantiene de forma endémica durante todo el año. (Ministerio de Salud Pública, 2018)



**Figura 2** Incidencia del Dengue en América

Fuente: OMS

Los casos de dengue en el Ecuador van en promedio de 1000 por año según el Ministerio de Salud (2019); con variaciones que se deben a la cantidad de lluvia que estuvo expuesto el país en ese año y a la calidad en el servicio de la salud. Hay que tener en cuenta que la mayoría de casos se da en la región Costa, por los problemas sanitarios, poca información y a la calidad de vida que llevan (Ministerio de Salud Pública, 2018). Como se visualiza en la figura 3 la Región Sierra es la que menos casos registrados tiene de dengue, pero si existiera una variación en las condiciones climatológicas, el escenario cambiaría.



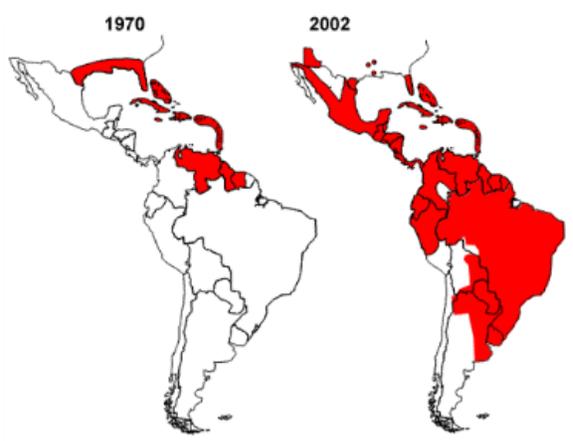
**Figura 3** Distribución porcentual del dengue en Ecuador  
Fuente: Ministerio de Salud Pública

Según el Ministerio de Salud Pública (2013) en su boletín epidemiológico expresa que: *“En el Ecuador el Dengue representa un prioritario y creciente problema de salud pública en el contexto de las enfermedades transmitidas por vectores, mostrando un comportamiento endemo-epidémico desde su aparición a finales de 1988; año a partir del cual, de manera progresiva y en concordancia con la dispersión del vector y la circulación de nuevos serotipos virales, se han registrado varios ciclos epidémicos. La persistencia de la transmisión de la enfermedad está asociada a determinantes sociales, económicos, ambientales y culturales que en mayor o menor magnitud están presentes en aproximadamente el 70% de la extensión territorial del país, donde se estima habitan 8'220.000 habitantes que están en riesgo de enfermar por esta patología”*

#### **2.4. CONDICIONES PARA EL DESARROLLO DEL DENGUE**

La distribución del dengue se ha dado hace 200 años en las áreas tropicales y para su propagación requiere de varios factores que hacen que la propagación del mosquito sea más fácil;

como el crecimiento demográfico, la infraestructura de la salud pública, condiciones socioeconómicas, salubridad, gestión de aguas servidas, accesibilidad a servicios básicos y no menos importante el cambio climático. De acuerdo con CDC (2015), al convertirse en un problema de salud pública en algunos estados se crean programas para el control y erradicación del virus, y es de asombro ver imágenes como la que se presenta a continuación en donde en 1970 se tenía programas de erradicación del dengue y con el paso del tiempo debido al descuido y debilitamiento de los esfuerzos para el 2002 el escenario cambio (Figura 4).



**Figura 4** Distribución del *Aedes aegypti* 1970 y 2002.  
Fuente: Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades

El mosquito del *Aedes aegypti* se desarrolla en regiones tropicales entre los 35° de latitud norte y los 35° de latitud sur, lo cual garantiza que en éstas zonas no exista un invierno menor a 10°C, su adaptabilidad es buena y se reproduce en recipientes naturales o artificiales (Lemus, Estevez, & Veázquez, 2002).

Se sabe que el periodo de incubación del virus del dengue es de 12 días a 30°C, pero cuando la temperatura se incrementa en 33 a 34°C puede bajar a 7 días; por lo que el riesgo de

transmisión aumenta 3 veces (Lemus & Corratgé, 2009). El mosquito portador del dengue sobrevive a altitudes de 2200 [msnm] y el virus del dengue hasta 1700 [msnm] con una temperatura promedio de 32°C por su adaptabilidad a un nuevo medio o situación y en cuanto a la humedad el mosquito tendría las condiciones óptimas si se supera el 90% (Neira, 2014). Por lo que hay que tener en consideración que el aumento de 1 o 2°C de temperatura puede modificar el desarrollo del virus logrando que existan más casos de dengue.

## **2.5. ESTUDIOS RELACIONADOS CON EL CALENTAMIENTO GLOBAL Y ENFERMEDADES TROPICALES**

Osvaldo Canziani (médico y premio Nobel de la Paz en 2007) señala que el Chagas, Dengue, Fiebre Amarilla, Malaria, peste Bubónica, Marea Roja, fiebre de Rift Valley, enfermedad del Sueño y Tuberculosis, son enfermedades en vías de extinción; sin embargo, el calentamiento global ha generado que reaparezcan (Muñoz, 2012)

Un mosquito con dimensiones tan pequeñas ha sido el causante de miles de muertes alrededor del mundo, que en el 2015 tuvo gran protagonismo en Latinoamérica; a razón de que las larvas del mosquito remontan las alturas debido al cambio climático. Datos importantes de que el mosquito ha sobrevivido a 2100 y 2200 msnm y un estudio realizado en Colombia por la Universidad de Antioquia donde se instalaron ovitrampas, se comprobó que el mosquito logra su desarrollo a 1984 y 2302 msnm donde antes no se presentaba (Hoyos, 2016).

Los mosquitos son los principales afectados ante el calentamiento global. En la actualidad el aumento de temperatura ha hecho que algunos géneros de mosquitos transmisores de enfermedades lleguen a áreas que antes eran vedadas por razones climáticas. Existen estudios que

demuestran que a causa del calentamiento global debido a la exagerada emisión de gases de efecto invernadero las consecuencias en cuanto a la aparición de enfermedades tropicales, llegará a sobrepasar estos límites de los trópicos con latitudes diferentes (Epsteín, 2000). El aumento de temperatura y la cantidad de humedad que se registra facilita la transmisión del virus para el mosquito.

Los mapas que son generados en una época determinada, donde se muestra la distribución o el número de casos de enfermedades tropicales han tenido que ser modificados con más frecuencia en los últimos tiempos por diferentes factores. (Abelenda, 2012)

Según (Rabadán-Diehl, 2017), a medida que el clima se calienta existe una amenaza creciente de enfermedades infecciosas que afectarían al ser humano, pero estudios revelan también que las plantas y los animales serían aún más sensibles y esta pérdida de biodiversidad está vinculada a la transmisión de patógenos y con eso aún más riesgo para la salud.

Berberian y Rosanova (2012) señalan que hay una estrecha relación causa-efecto entre clima y enfermedad; un cambio de clima puede ocasionar brotes infecciosos que perjudican el bienestar. Además señala que cambios en la temperatura, humedad, precipitación, los vientos influyen en la reproducción y maduración de los vectores.

La sensibilidad de los vectores transportadores se vuelve vulnerable con el cambio de temperatura ya que se trata de artrópodos de sangre fría; para el caso del dengue se dice que el *Aedes Aegypti* es uno de los vectores que más adaptabilidad ha tenido en el medio urbano pero no resiste la desecación. En el estudio de Vezzani et al. (2004), se observa que el desarrollo del dengue en Buenos Aires era aún mayor cuando la temperatura sobrepasaba los 20°C con lluvias

acumuladas de 150 mm y disminuía cuando la temperatura era de 16.5°C y no había desarrollo en 14.8°C; describe también el estudio que no solo factores climatológicos son responsables del desarrollo del dengue; también intervienen factores como la disminución de las medidas de control, urbanización no planificada, saneamiento, entre otros; a consecuencia de ello ha ocasionado un resurgimiento en Sudamérica (Vezanni et al., 2004)

A su vez en España los registros demuestran que la climatología norteafricana ha llegado a esta zona y existen casos recientes de dengue; en un principio debido al comercio y al tránsito en aeropuertos y puertos marítimos, pero ante el cambio de clima el mosquito ha logrado adaptarse. La ventaja es que la llegada del invierno a esta zona interrumpe el ciclo natural del mosquito y la probabilidad de transmisión es muy baja. (López, 2018)

Según Giménez (2014) las condiciones necesarias para que en mosquito del dengue se desarrolle son: una temperatura estable entre 21 a 34°C y una humedad atmosférica del 80 %; es así que pone en alerta a países que de a poco se ven afectados por la cantidad de víctimas mortales que se ha llevado consigo y aún más cuando la enfermedad llega a latitudes inimaginables.

La Organización Mundial de la Salud en el 2005 crea un programa utilizando sistemas de información geográfica llamado “early warning system model” con el fin de identificar posibles brotes epidemiológicos y tener control en el tema de salud pública. (Kuhn et al., 2005)

La lluvia y la temperatura están asociados positivamente con el dengue y en Ecuador cuando se presenta el fenómeno del Niño la situación se agrava; pero tras un estudio se estableció que las

condiciones climáticas no son el único factor a tomar en cuenta, las condiciones socioeconómicas también afectan y agravan la situación (Stewart & Lowe, 2013).

En estudios relacionados al dengue en Machala – Ecuador, relaciona al dengue con la población donde la ecología depende de la sociedad porque si no se plantean estrategias de gestión integradas, el problema de salud pública se agrava. La sociedad llega a tomar importancia por la manera en cómo percibe los programas y da respuesta a ellos; la gestión de la política tiene como compromiso garantizar la salud y bienestar de la población (Stewart, y otros, 2014).

Se conoce de pocos estudios epidemiológicos en el Ecuador, pero no dejan de ser importantes ya que ensayos realizados con programas como Maxent demuestran que el virus del dengue se puede concentrar en zonas donde antes no había y puede ser aún más peligroso en zonas donde ya existe.

Existen estudios relacionados con el dengue en el Valle de los Chillos en donde se hace un aumento hipotético en la temperatura de hasta dos grados centígrados y se evidencia que el comportamiento del virus del dengue con las nuevas condiciones ambientales puede afectar a la población; lo que ocasionaría un problema de salud pública en zonas donde antes no llegaba. (Peña & Hernández , 2017)

## **2.6. MARCO LEGAL**

### **2.6.1. CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR**

La Constitución de la República del Ecuador en los artículos que se mencionan a continuación, son parte de este estudio, ya que vinculan el derecho a la salud y bienestar de la población.

En la sección séptima en el artículo 32 dice que “La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir”.

Además en el artículo 66 en referencia a derechos de libertad la constitución dice “El derecho a una vida digna, que asegure la salud, alimentación y nutrición, agua potable, vivienda, saneamiento ambiental, educación, trabajo, empleo, descanso y ocio, cultura física, vestido, seguridad social y otros servicios sociales necesarios.”

La constitución también habla de prevención en el artículo 360 e indica que: “El sistema garantizará, a través de las instituciones que lo conforman, la promoción de la salud, prevención y atención integral, familiar y comunitaria, con base en la atención primaria de salud; articulará los diferentes niveles de atención; y promoverá la complementariedad con las medicinas ancestrales y alternativas.”

En el artículo 361 y 362, habla de condiciones más puntuales a la que el Estado está encargado:

Los servicios públicos estatales de salud serán universales y gratuitos en todos los niveles de atención y comprenderán los procedimientos de diagnóstico, tratamiento, medicamentos y rehabilitación necesarios.

1. Formular políticas públicas que garanticen la promoción, prevención, curación, rehabilitación y atención integral en salud y fomentar prácticas saludables en los ámbitos familiar, laboral y comunitario.

2. Universalizar la atención en salud, mejorar permanentemente la calidad y ampliar la cobertura.
3. Fortalecer los servicios estatales de salud, incorporar el talento humano y proporcionar la infraestructura física y el equipamiento a las instituciones públicas de salud.

Las políticas del estado son muy claras en cuanto a la salud y bienestar de la población, el estado está en la obligación de garantizar la salud mediante la red pública nacional con el personal y la infraestructura adecuada y calificada. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

### **2.6.2. PLAN NACIONAL DE DESARROLLO**

Para el Estado también es a priori crear un plan a futuro que de las garantías necesarias a los mandantes; es así que se propone para el 2021 el siguiente inciso:

“Las políticas de salud promoverán las prácticas de calidad de vida y la medicina preventiva e integral, no solamente la curación de enfermedades. Se impulsará la universalización en el acceso a la atención primaria de salud y la expansión de su calidad y cobertura”

“Ecuador avanzará en su garantía del derecho a la salud gracias a la promoción de hábitos de vida saludables, orientados a la prevención de enfermedades. Se plantea que Ecuador reduzca sus niveles de sedentarismo, mejore los patrones de alimentación ciudadana e incremente la actividad física en todos los grupos, independientemente de edad.” (SENPLADES, 2017)

Como meta a 2021 en el Plan Nacional de Desarrollo es: Mejorar los servicios públicos de salud con enfoque intercultural: incrementar el porcentaje de establecimientos de salud de la Red Pública Integral de Salud con Certificación.

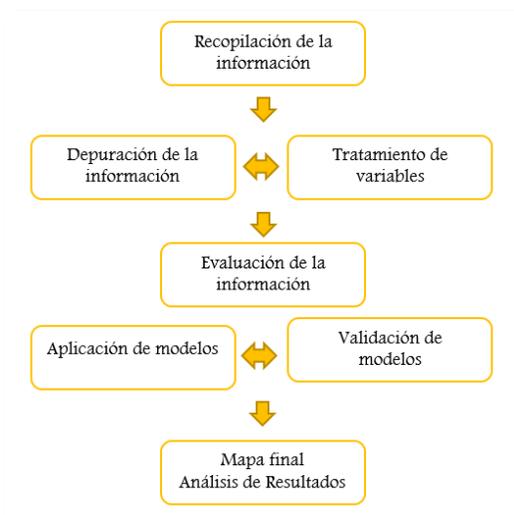
## CAPITULO III

### 3. METODOLOGÍA

Dentro del presente estudio se hace una revisión de la información secundaria y un análisis de los datos primarios los mismos que se presentan en el capítulo.

#### 3.1. RECOPIACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN

El proceso para la metodología se presenta en el siguiente esquema

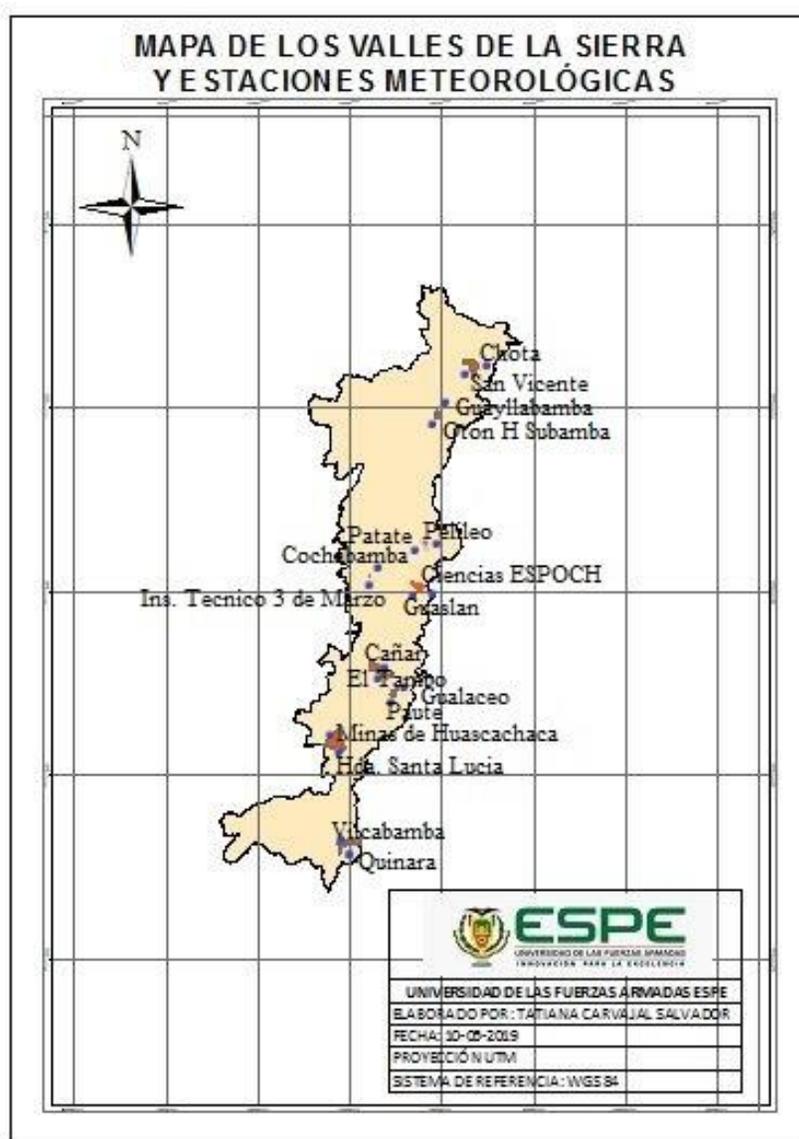


**Figura 5** Diagrama metodología

Para el análisis que se lleva a cabo se recogió información del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), del cual se obtiene datos de las estaciones meteorológicas más cercanas a las diferentes zonas de estudio; estas estaciones arrojan datos de temperatura y humedad, que son clave para el estudio, debido a las condiciones climáticas en las que se desarrolla el virus del dengue; para esto se realiza un buffer en el programa ArcGIS, que nos permite analizar la distancia de las estaciones más cercanas a cada valle.

También fue necesaria información actualizada del número de casos de dengue que se han dado en los últimos años en el país; esta información se obtiene del Ministerio de Salud Pública.

En las imágenes que se presentan a continuación se muestran las estaciones más cercanas a nuestro punto de interés en donde se indica que estaciones fueron escogidas para cada valle.



**Figura 6** Estaciones climatológicas usadas para el estudio.

Existen casos particulares en donde las estaciones que se encuentran más cercanas no están activas o el INAMHI no registra información de ellas; como en el caso del Valle de Macará, Valle de Catamayo y Valle de Chanchán.

El año desde que los datos son registrados por las estaciones varían de una estación a otra, pero la mayoría de ellas registran datos desde 1990 hasta el 2011 es así que se toma estas fechas como referencia para los cálculos estadísticos.

En los datos recogidos se puede observar que algunas estaciones no registran información en ciertos años por diferentes causas, un ejemplo de ello se muestra en la tabla 3 en donde se puede evidenciar que no existen datos para el 2010 por lo que se opta por interpolar para no incurrir en errores sistemáticos al momento en el que se vaya a hacer las proyecciones; casos similares ocurren con otras estaciones. (Anexo 5)

**Tabla 3**  
*Interpolación*

1	año	t_max	t_min	h_relat	prec_mm
2	1990	23,9	10,7	82	599,1
3	1991	23,8	10,7	83	586,5
4	1992	23,9	10,6	78	506,8
5	1993	23,7	10,4	80	976,4
6	1994	23,4	10,5	82	840,8
7	1995	24,7	10,8	79	637,6
8	1996	23,9	10,7	80,7	957,5
9	1997	24,1	11,2	78	808
10	1998	24,9	11,4	81	580,6
11	1999	23,7	10,9	87	1040,8
12	2000	23,6	10,7	84	973,6
13	2001	24,4	11,2	79	563,7
14	2002	24,8	11,5	81	637,8
15	2003	24,7	10,9	78	691,2
16	2004	25,3	10,9	81	724,2
17	2005	25,4	10,5	76	748,7
18	2006	25,1	11,4	79	724,5
19	2007	24,7	11,7	77	796,9
20	2008	24,5	11,6	78	885,3
21	2009	25,5	11,7	75	692
22	2010				
23	2011	23,9	11,4	81	1089,2

Es así que se utiliza la siguiente fórmula que se obtiene del polinomio interpolador de Newton

(AB/AC=BD/CE) de grado uno para obtener los datos faltantes para la interpolación:

$$x = y_1 + \left[ \left( \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \right) * (y_2 - y_1) \right]$$

En donde:

x: año del que se quiere conocer el valor

x1: año anterior al que se quiere conocer

x2: año posterior al que se quiere conocer

y1: límite superior del valor a conocer

y2: límite inferior del valor a conocer

Esta interpolación se usó en el estudio de Peña y Hernández (2017). Siguiendo el caso anterior, los datos después del tratamiento estadístico quedarían así:

**Tabla 4**  
*Interpolación*

1	año	t_max	t_min	h_relat	prec_mm
2	1990	23,9	10,7	82	599,1
3	1991	23,8	10,7	83	586,5
4	1992	23,9	10,6	78	506,8
5	1993	23,7	10,4	80	976,4
6	1994	23,4	10,5	82	840,8
7	1995	24,7	10,8	79	637,6
8	1996	23,9	10,7	80,7	957,5
9	1997	24,1	11,2	78	808
10	1998	24,9	11,4	81	580,6
11	1999	23,7	10,9	87	1040,8
12	2000	23,6	10,7	84	973,6
13	2001	24,4	11,2	79	563,7
14	2002	24,8	11,5	81	637,8
15	2003	24,7	10,9	78	691,2
16	2004	25,3	10,9	81	724,2
17	2005	25,4	10,5	76	748,7
18	2006	25,1	11,4	79	724,5
19	2007	24,7	11,7	77	796,9
20	2008	24,5	11,6	78	885,3
21	2009	25,5	11,7	75	692
22	2010	24,7	11,55	78	890,6
23	2011	23,9	11,4	81	1089,2
24					

Los datos epidemiológicos que se utilizan son obtenidos del Ministerio de Salud Pública y se visualiza a continuación en la tabla 5:

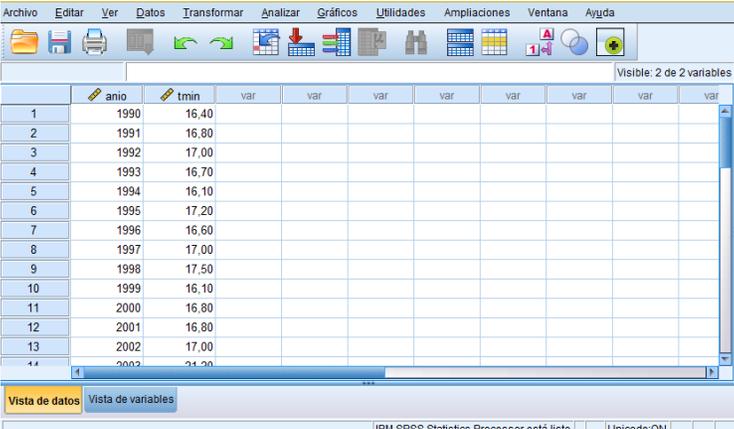
**Tabla 5**  
*Datos de casos de dengue*

<b>año</b>	<b># casos</b>
<b>1994</b>	9096
<b>1995</b>	3399
<b>1996</b>	12796
<b>1997</b>	3871
<b>1998</b>	5241
<b>1999</b>	3169
<b>2000</b>	22958
<b>2001</b>	13707
<b>2002</b>	7329
<b>2003</b>	10932
<b>2004</b>	6586
<b>2005</b>	14789
<b>2006</b>	6989
<b>2007</b>	10587
<b>2008</b>	2871
<b>2009</b>	6312
<b>2010</b>	18130
<b>2011</b>	7751

Fuente: Ministerio de Salud Pública

Una vez obtenidos todos los datos meteorológicos se usa el Software SPSS de IBM para determinar el modelo idóneo que permita generar la proyección de los parámetros para el año 2050.

Una vez depurados los datos en Excel se utilizan los promedios de la temperatura media máxima y mínima, humedad relativa y la precipitación; se ingresa la información al software SPSS para la proyección respectiva. En la figura 7 se puede visualizar el proceso que se siguió en el software.

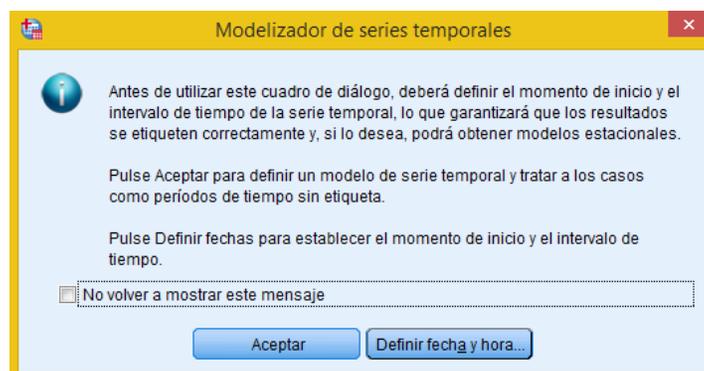


The screenshot shows the SPSS Statistics Processor interface. The menu bar includes 'Archivo', 'Editar', 'Ver', 'Datos', 'Transformar', 'Analizar', 'Gráficos', 'Utilidades', 'Ampliaciones', 'Ventana', and 'Ayuda'. The toolbar contains various icons for file operations and analysis. The main data grid has the following columns: 'año', 'tmin', and several 'var' columns. The data rows are numbered 1 through 14, with the last row partially visible. The status bar at the bottom indicates 'IBM SPSS Statistics Processor está listo' and 'Unicode:ON'.

	año	tmin	var							
1	1990	16,40								
2	1991	16,80								
3	1992	17,00								
4	1993	16,70								
5	1994	16,10								
6	1995	17,20								
7	1996	16,60								
8	1997	17,00								
9	1998	17,50								
10	1999	16,10								
11	2000	16,80								
12	2001	16,80								
13	2002	17,00								
14	2003	21,20								

**Figura 7** Proceso es SPSS

Una vez ingresados los datos en el software, se aplica los modelos predictivos. En el recuadro que se presenta en la imagen 8 se define la fecha en años que para este caso corresponde a 1990.



**Figura 8** Proceso es SPSS

Se crean dos columnas en la vista de datos, esto con el fin de definir las variables dependientes e independientes.

	año	tmin	YEAR_	DATE_	var	var	var	var	var
1	1990	16,40	1990	1990					
2	1991	16,80	1991	1991					
3	1992	17,00	1992	1992					
4	1993	16,70	1993	1993					
5	1994	16,10	1994	1994					
6	1995	17,20	1995	1995					
7	1996	16,60	1996	1996					
8	1997	17,00	1997	1997					
9	1998	17,50	1998	1998					
10	1999	16,10	1999	1999					
11	2000	16,80	2000	2000					
12	2001	16,80	2001	2001					
13	2002	17,00	2002	2002					
14	2003	21,20	2003	2003					
15	2004	17,10	2004	2004					
16	2005	17,20	2005	2005					
17	2006	18,60	2006	2006					
18	2007	17,00	2007	2007					
19	2008	16,50	2008	2008					
20	2009	17,50	2009	2009					
21	2010	16,80	2010	2010					
22	2011	16,10	2011	2011					
23									
24									
25									

**Figura 9** Proceso es SPSS

Se definen las variables dependientes e independientes, la nueva variable de año que se creo es la variable independiente; mientras que la temperatura va a ser la dependiente, tal como se muestra en la imagen:

Modelizador de series temporales

Variables: año

Variables dependientes: tmin

Variables independientes: YEAR, not periodic [YEAR\_]

Método: Modelizador experto Criterios

Tipo de modelo: Todos los modelos

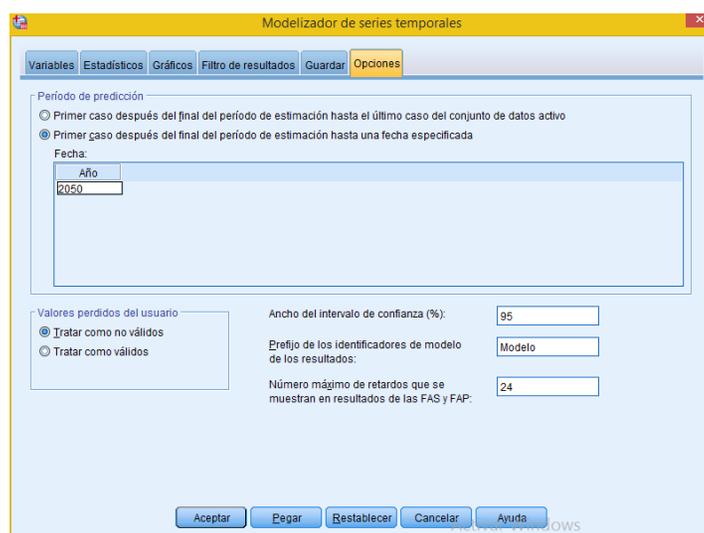
Período de estimación: Inicio: Primer caso Final: Último caso

Período de predicción: Inicio: Primer caso después del final del período de estimación Final: Último caso del conjunto de datos activo

Aceptar Pegar Restablecer Cancelar Ayuda

**Figura 10** Proceso es SPSS

Se modifican los estadísticos, gráficos según el resultado que se quiera obtener, para este caso las predicciones van a estar hasta el año 2050 al 95% de confianza como se observa en la siguiente figura. Este proceso se lo realiza para todos los casos de las estaciones meteorológicas que forman parte de este estudio; cuyos resultados se mostraran en el siguiente capítulo.



**Figura 11** Proceso es SPSS

El modelo que elige el programa es ARIMA ya que utiliza variaciones y regresiones estadísticas que hallen un patrón y de esta manera el pronóstico sea el más adecuado; este modelo funciona como una serie temporal con un componente autorregresivo y uno móvil. La ecuación que utiliza el software SPSS es:

$$Y(t) = C + \phi_1 \cdot Y_{t-1} + \dots + \phi_p \cdot Y_{t-p} + \theta_1 \cdot \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \cdot \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t$$

Donde:

C: constante que relaciona valores pasados de la variable

$\phi$ : parámetros del componente autorregresivo

$\theta$ : parámetros propios del componente media móvil

$\epsilon_t$ : término de error

### **3.2. CORRELACIÓN ESTADÍSTICA ENTRE VARIABLES METEOROLÓGICAS Y CASOS REGISTRADOS DE DENGUE**

Según Boussion (2012) la correlación estadística indica si las variables están relacionadas o no y según el valor que se obtenga este puede decir si la relación es positiva o negativa; además, revela la fuerza de la relación entre variables. Para valores de coeficiente de correlación ( $r$ ) mayores a cero nos indica que la correlación es positiva y menores a cero la correlación va a ser negativa; cuando el valor de  $r$  es igual a cero quiere decir que no existe relación alguna, pero si el valor es igual a uno advierte de una correlación positiva perfecta caso contrario si el valor es de menos uno será una correlación negativa perfecta. Para la fuerza de la relación entre variables se presenta la siguiente tabla:

**Tabla 6**  
*Relación de los valores de coeficiente de correlación*

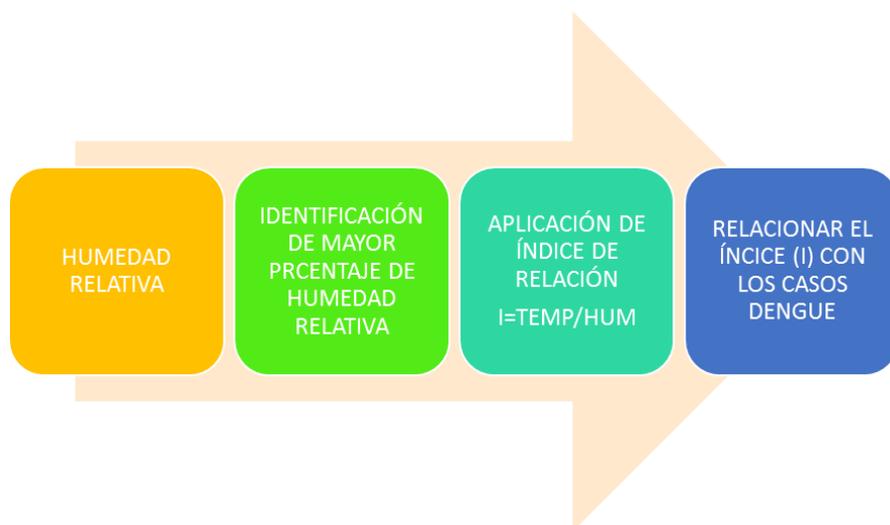
<b>0 &lt; r &lt; 1</b>	Positiva
<b>-1 &lt; r &lt; 0</b>	Negativa
<b>r = 1</b>	Perfecta
<b>r = 0</b>	Sin correlación

Fuente: <https://explorable.com/es/la-correlacion-estadistica>

Para el presente estudio fue necesario establecer una correlación entre las variables ambientales, para normalizar una temporalidad entre los datos meteorológicos y los datos epidemiológicos y de esta manera trabajar con la misma escala. Es necesario relacionar las variables meteorológicas en primer lugar y esto se logra al dividir la temperatura y la humedad relativa para obtener valores menores a 1; siendo este nuevo valor la variable de correlación con el dengue. La ecuación quedaría de la siguiente manera:

$$I = \frac{\text{temperatura}}{\text{humedad}}$$

En la Figura 16 se muestra el proceso necesario para la correlación entre los datos de dengue y el nuevo índice:



**Figura 12** Proceso para relacionar los datos

Este índice va a considerar los datos reales con la mayor humedad registrada entre los años de 1991 a 2011 y la temperatura a utilizar es la media

### **3.3. MODELOS DE APLICACIÓN**

#### **3.3.1. EVALUACIÓN MULTI-CRITERIO (EMC)**

La evaluación multicriterio ayuda al técnico a escoger la alternativa más apropiada tomando en cuenta criterios ambientales, sociales económicos, estéticos y demás que escoja el evaluador. Cuando el proceso implica a varios conceptos, objetivos o criterio se lo llama multicriterio o multiobjetivo respectivamente. Como primer paso es necesario diseñar una matriz con las alternativas definidas, paso siguiente se da una puntuación en pesos a los criterios (Malczewski, 1999)

Los criterios que se toman son la base para la toma de decisión. Los criterios pueden ser factores o limitantes. Un factor realza o descalifica la capacidad de asentamiento de una alternativa y debe ser medido por una escala continua, y para el limitante restringe la disponibilidad de algunas alternativas. Finalmente se crea una capa binaria en el cual se presenta un código (Garcés, 2005)

### **3.3.2. TÉCNICAS DE EVALUACIÓN MULTICRITERIO**

#### **Ponderación Lineal**

Es el más utilizado por la facilidad, es un método compensatorio con situaciones de indecisión o poca información; resulta dependiente y manipulable en la asignación de pesos a los distintos criterios que da el evaluador (Pons, 2008).

#### **Utilidad Multiatributo**

Son utilizados para tomar decisiones frente a problemas que cubren aspectos intangibles a evaluar; además, utiliza escalas de intervalo y acepta el principio de preservación de orden. La condición no refleja la estructura del decisor lo que da lugar a que se acepte axiomáticamente y sirve para cuestiones de incertidumbre (Ramirez, 2008).

#### **Relaciones de superación**

Es una comparación básica de dos o más factores; es una relación de dos en dos tanto en alternativas como en criterios. Se construye un coeficiente de concordancia llamado CIK asociado con cada par de alternativas (Ramirez, 2008).

### **3.3.3. LÓGICA DIFUSA (FUZZY)**

Conocida como lógica borrosa, fue diseñada para imitar el comportamiento del ser humano. Trabaja con información empírica, no utiliza un modelo matemático preciso, el modelo se desarrolla con dos valores aleatorios pero bien contextualizados.

Para aplicar Fuzzy en el software ArcGis es necesario dar una ponderación para crear espacios idóneos donde el dengue se desarrolle, según las características a las que está

- ◆ De 0% a 25% se determina como Nulo
- ◆ De 25% a 50% se determina como Bajo
- ◆ De 50% a 75% se determina como Medio
- ◆ De 75% a 100% se determina como Alto

### **3.4. DELIMITACIÓN DE LAS ZONAS APTAS PARA LA PROLIFERACIÓN DEL DENGUE**

Los insumos que fueron necesarios para el análisis de las zonas donde se va a ver afectada la población en el posible caso de que la temperatura y humedad aumenten fueron: archivos de uso y ocupación de suelo, datos de pobreza y zonas amenazadas.

Para que el virus del dengue se desarrolle es necesario que existan algunas condiciones climatológicas específicas, pero también existen factores que hacen que el virus se desarrolle con más facilidad o de una manera más rápida; es así que se toman en consideración datos de pobreza, ya que a mayor pobreza la población está más expuesta a posibles enfermedades como lo es el dengue. Es importante también conocer si se trata de una zona urbana o rural; debido que

en la zona urbana existen estructuras de vivienda más adecuadas que en las zonas rurales; además la educación es más accesible en áreas urbanas.

### **3.5. PROYECCIONES DEL CLIMA PARA LAS ESTACIONES**

Para este proyecto se utilizan estaciones más cercanas al valle en estudio y se propuso tener una proyección hasta el 2050. A su vez se propone un análisis de las condiciones en el caso que el clima se vea afectado con un aumento de temperatura de 1, 1.5 y 2 °C.

Es así que a los datos originales se le suma el aumento de temperatura hipotético para los tres casos para posteriormente realizar una interpolación hacia el año 2050, se crean isotermas dentro del área de estudio para que puedan ser comparables con los datos originales y de esta manera concluir si existe una variación.

## CAPITULO IV

### 4. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

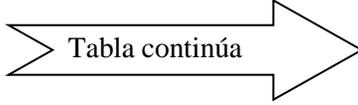
#### 4.1 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los datos obtenidos por las estaciones arrojan y demuestran cierta información (en algunos casos la temperatura tiende a aumentar y en otros disminuye). La tabla que se presenta muestra la proyección de los datos de cada una de las estaciones hasta el 2050 con la temperatura máxima, mínima, la humedad relativa y las precipitaciones; teniendo en cuenta que estos son los factores ambientales que vinculan la proliferación del dengue y su desarrollo; para lo cual se utilizó el software Excel y SPSS. Con la proyección de las condiciones normales que se generaron (Anexo 2) y teniendo en cuenta que los entornos óptimos del virus del dengue son 32°C, una humedad relativa que supere el 90% y precipitaciones mayores a 500 mm; se obtiene un primer escenario que revela si los datos coinciden con lo expuesto.

#### **Tabla 7**

*Pronóstico con las condiciones normales de los datos climatológicos*

<b>VALORES DEL PRONÓSTICO ALCANZADOS</b>			
<b>Nombre del Valle</b>	Temperatura Media [°C]	Humedad Relativa [%]	Precipitación [mm]
<b>Cañar</b>	18,6	78	448,4
<b>Paute</b>	27,2	71	1181,5
<b>Vilcabamba</b>	26	100	2035,6
<b>Patate</b>	20,3	89	541


 Tabla continúa

<b>Chambo</b>	20,7	85	570,8
<b>Chimbo</b>	19,4	60	1113,9
<b>Guayllabamba</b>	23	57	2008,3
<b>Chota</b>	26,5	82	244,4
<b>Jubones</b>	35,5	90	971,8

La tabla 7 demuestra que en el pronóstico con las condiciones normales no existe la posibilidad de la proliferación del dengue. En el software SPSS es posible obtener una proyección de los datos que nos permite ver que tendencia tiene, todos los valores de las proyecciones se encuentran en los anexos al final de este documento.

Los valores obtenidos en el caso de que la variación de temperatura tenga un incremento en grados centígrados se muestra en la tabla 13, 14 15 y 16 para cada uno de los valles que forman parte de este estudio; se muestran valle por valle con su respectivo mapa.

Los factores que intervienen para la obtención del mapa son: ríos, quebradas, contenedores de basura o botaderos y la temperatura. Las zonas más propensas para la proliferación del dengue se grafica de color rojo, la alta incidencia de color naranja, en color amarillo los de afectación media hacia los poblados y de color verde una incidencia baja.

La correlación estadística entre estas variables es necesaria para el estudio, de esta manera se puede hacer un diagnóstico que indique si existe una relación directa o inversa entre las variables de temperatura, humedad y los casos de dengue; uno de los inconvenientes que se encontraron fue que los datos (en cuanto a fechas) obtenidos de las estaciones y los datos de caso de dengue

del Ministerio de Salud Pública no coinciden, por lo cual fue necesario unificar la información obtenida.

En las tabla 11 se muestran los datos unificados de las estaciones con los valores de los casos de dengue; cabe mencionar que para algunos datos la información de las estaciones es reducida; además, se usa la información de la estación más cercana al poblado ya que tiene mayor influencia.

Se realizó un análisis deductivo para relacionar las variables climatológicas y los casos de dengue, debido a que la información es reducida tanto de las estaciones como de los datos obtenidos en el Ministerio de Salud Pública.

El coeficiente de correlación entre la variable de temperatura y humedad relacionado con los casos de dengue se presenta en las tablas 8 y 9; en algunos casos los valores son negativos, esto muestra que existe una correlación (negativa) inversa entre las variables, los valores positivos para el coeficiente de correlación muestra una relación positiva de una variable con otra.

**Tabla 8**

*Coeficiente de correlación entre casos del dengue y la temperatura promedio*

<b>TEMPERATURA</b>	
<b>VALLE</b>	<b>COEFICIENTE DE CORRELACIÓN</b>
<b>CAÑAR</b>	0,02
<b>PAUTE</b>	-0,15
<b>VILCABAMBA</b>	-0,24
<b>PATATE</b>	-0,24
<b>CHAMBO</b>	0,44
<b>CHIMBO</b>	0,6
<b>GUAYLLABAMBA</b>	-0,26
<b>CHOTA</b>	-0,07
<b>JUBONES</b>	0,31

**Tabla 9***Coefficiente de correlación entre casos del dengue y la humedad*

<b>HUMEDAD</b>	
<b>VALLE</b>	<b>COEFICIENTE DE CORRELACIÓN</b>
CAÑAR	-0,2
PAUTE	-0,003
VILCABAMBA	0,12
PATATE	0,32
CHAMBO	0,1
CHIMBO	-0,29
GUAYLLABAMBA	-0,31
CHOTA	-0,16
JUBONES	0,11

El índice de correlación (Tabla 10) se obtiene entre la división de la temperatura y la humedad relativa. (se obtuvo el promedio para cada valle proporcionando los valores que se presentan en la siguiente tabla; en este caso existe una correlación positiva para todos los valles)

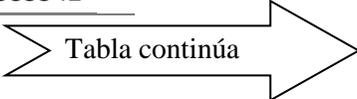
**Tabla 10***Promedio del Índice de correlación entre temperatura y la humedad*

<b>VALLE</b>	<b>INDICE DE CORRELACIÓN</b>
CAÑAR	0,22
PAUTE	0,31
VILCABAMBA	0,34
PATATE	0,26
CHAMBO	0,25
CHIMBO	0,23
GUAYLLABAMBA	0,33
CHOTA	0,29
JUBONES	0,33

La utilización del índice de correlación se justifica con base a que las variables guardan una relación directa, lo que posteriormente permite compararla con los casos de dengue. Con la obtención de este índice es posible sacar el coeficiente de correlación con los datos de dengue, esto nos da mayor confiabilidad ya que no se relacionan de una manera dispersa (Tabla 11).

**Tabla 11***Coefficiente de correlación usando el nuevo índice*

CAÑAR			PAUTE		
año	# casos	índice	año	# casos	índice
1994	9096	0,1939759	1994	9096	0,28536585
1995	3399	0,215	1995	3399	0,31265823
1996	12796	0,2	1996	12796	0,29615861
1997	3871	0,21794872	1997	3871	0,30897436
1998	5241	0,23648649	1998	5241	0,30740741
1999	3169	0,20641026	1999	3169	0,27241379
2000	22958	0,22702703	2000	22958	0,28095238
2001	13707	0,23333333	2001	13707	0,30886076
2002	7329	0,23943662	2002	7329	0,30617284
2003	10932	0,28266667	2003	10932	0,31666667
2004	6586	0,21375	2004	6586	0,31234568
2005	14789	0,21772152	2005	14789	0,33421053
2006	6989	0,2325	2006	6989	0,31772152
2007	10587	0,21518987	2007	10587	0,32077922
2008	2871	0,20121951	2008	2871	0,31410256
2009	6312	0,22435897	2009	6312	0,34
2010	18130	0,21	2010	18130	0,31666667
2011	7751	0,19634146	2011	7751	0,29506173
$\alpha=0,12$			$\alpha=-0,06$		
PATATE			CHAMBO		
año	# casos	índice	año	# casos	índice
1994	9096	0,27349398	1994	9096	0,23678161
1995	3399	0,26941176	1995	3399	0,23636364
1996	12796	0,25632184	1996	12796	0,26219512
1997	3871	0,27011494	1997	3871	0,26506024
1998	5241	0,25903614	1998	5241	0,26385542


 Tabla continúa

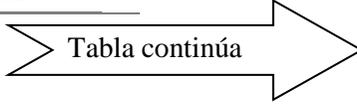
<b>1999</b>	3169	0,23142023	<b>1999</b>	3169	0,25340909
<b>2000</b>	22958	0,2247191	<b>2000</b>	22958	0,26704545
<b>2001</b>	13707	0,23431953	<b>2001</b>	13707	0,28536585
<b>2002</b>	7329	0,245	<b>2002</b>	7329	0,2547619
<b>2003</b>	10932	0,24567901	<b>2003</b>	10932	0,25294118
<b>2004</b>	6586	0,27380952	<b>2004</b>	6586	0,2626506
<b>2005</b>	14789	0,25930233	<b>2005</b>	14789	0,26829268
<b>2006</b>	6989	0,26463415	<b>2006</b>	6989	0,24705882
<b>2007</b>	10587	0,24883721	<b>2007</b>	10587	0,23181818
<b>2008</b>	2871	0,25813953	<b>2008</b>	2871	0,23181818
<b>2009</b>	6312	0,26436782	<b>2009</b>	6312	0,2375
<b>2010</b>	18130	0,26647399	<b>2010</b>	18130	0,24705882
<b>2011</b>	7751	0,26860465	<b>2011</b>	7751	0,265
<b><math>\alpha=0,4</math></b>			<b><math>\alpha=0,36</math></b>		

**CHIMBO****GUAYLLABAMBA**

<b>año</b>	<b># casos</b>	<b>índice</b>	<b>año</b>	<b># casos</b>	<b>índice</b>
<b>1994</b>	9096	0,22209945	<b>1994</b>	9096	0,32638889
<b>1995</b>	3399	0,21595745	<b>1995</b>	3399	0,33157895
<b>1996</b>	12796	0,21263158	<b>1996</b>	12796	0,32297297
<b>1997</b>	3871	0,20210526	<b>1997</b>	3871	0,34246575
<b>1998</b>	5241	0,19791667	<b>1998</b>	5241	0,33378378
<b>1999</b>	3169	0,20967742	<b>1999</b>	3169	0,29615385
<b>2000</b>	22958	0,24939759	<b>2000</b>	22958	0,32040816
<b>2001</b>	13707	0,22613636	<b>2001</b>	13707	0,34782609
<b>2002</b>	7329	0,22222222	<b>2002</b>	7329	0,3
<b>2003</b>	10932	0,22840909	<b>2003</b>	10932	0,33013699
<b>2004</b>	6586	0,23488372	<b>2004</b>	6586	0,34927536
<b>2005</b>	14789	0,24878049	<b>2005</b>	14789	0,35362319
<b>2006</b>	6989	0,26410256	<b>2006</b>	6989	0,34507042
<b>2007</b>	10587	0,25443038	<b>2007</b>	10587	0,33802817
<b>2008</b>	2871	0,22771084	<b>2008</b>	2871	0,32328767
<b>2009</b>	6312	0,2556962	<b>2009</b>	6312	0,34142857
			<b>2010</b>	18130	0,34113475
			<b>2011</b>	7751	0,34084507
<b><math>\alpha=0,41</math></b>			<b><math>\alpha=0,16</math></b>		

**CHOTA****JUBONES**

<b>año</b>	<b># casos</b>	<b>índice</b>	<b>año</b>	<b># casos</b>	<b>índice</b>
------------	----------------	---------------	------------	----------------	---------------


 Tabla continúa

<b>1994</b>	9096	0,27	<b>1994</b>	9096	0,31851852
<b>1995</b>	3399	0,29210526	<b>1995</b>	3399	0,34507042
<b>1996</b>	12796	0,3037037	<b>1996</b>	12796	0,26931818
<b>1997</b>	3871	0,25529412	<b>1997</b>	3871	0,27011494
<b>1998</b>	5241	0,2691358	<b>1998</b>	5241	0,2744186
<b>1999</b>	3169	0,30243902	<b>1999</b>	3169	0,27471264
<b>2000</b>	22958	0,27974684	<b>2000</b>	22958	0,27692308
<b>2001</b>	13707	0,29220779	<b>2001</b>	13707	0,30106383
<b>2002</b>	7329	0,29736842	<b>2002</b>	7329	0,38055556
<b>2003</b>	10932	0,32727273	<b>2003</b>	10932	0,35657895
<b>2004</b>	6586	0,27820513	<b>2004</b>	6586	0,34487179
<b>2005</b>	14789	0,28987342	<b>2005</b>	14789	0,368
<b>2006</b>	6989	0,2625	<b>2006</b>	6989	0,36419753
<b>2007</b>	10587	0,29620253	<b>2007</b>	10587	0,33253012
<b>2008</b>	2871	0,295	<b>2008</b>	2871	0,31744186
<b>2009</b>	6312	0,31728395	<b>2009</b>	6312	0,31463415
<b>2010</b>	18130	0,27901235	<b>2010</b>	18130	0,41388889
<b>2011</b>	7751	0,33544304	<b>2011</b>	7751	0,39859155
<b><math>\alpha=-0,01</math></b>			<b><math>\alpha=0,12</math></b>		

#### VILCABAMBA

año	# casos	índice
<b>1994</b>	9096	0,37916667
<b>1995</b>	3399	0,34166667
<b>1996</b>	12796	0,31573034
<b>1997</b>	3871	0,36375
<b>1998</b>	5241	0,32758621
<b>1999</b>	3169	0,3345679
<b><math>\alpha=-0,17</math></b>		

El coeficiente de correlación que se obtuvo con el nuevo índice demuestra la relación directa o inversa entre las variables climatológicas y los casos de dengue; con los resultados obtenidos se puede comprobar que para algunos valles el resultado es favorecedor ya que no se teme por una

proliferación del dengue, pero en otros casos sí. Los valles que tienen una relación positiva son: Cañar, Chambo, Chimbo, Guayllabamba y Jubones; por otra parte los valles que no guardan relación son: Paute, Patate, Chota y Vilcabamba, esto se debe a que en algunos casos el pronóstico de la temperatura y de la humedad aumenta o disminuye obteniendo valores negativos.

Pero para los casos en donde es positiva la relación se puede confirmar que a medida de que la temperatura y la humedad aumenten estos van a incidir en las condiciones que necesita el virus del dengue para su desarrollo.

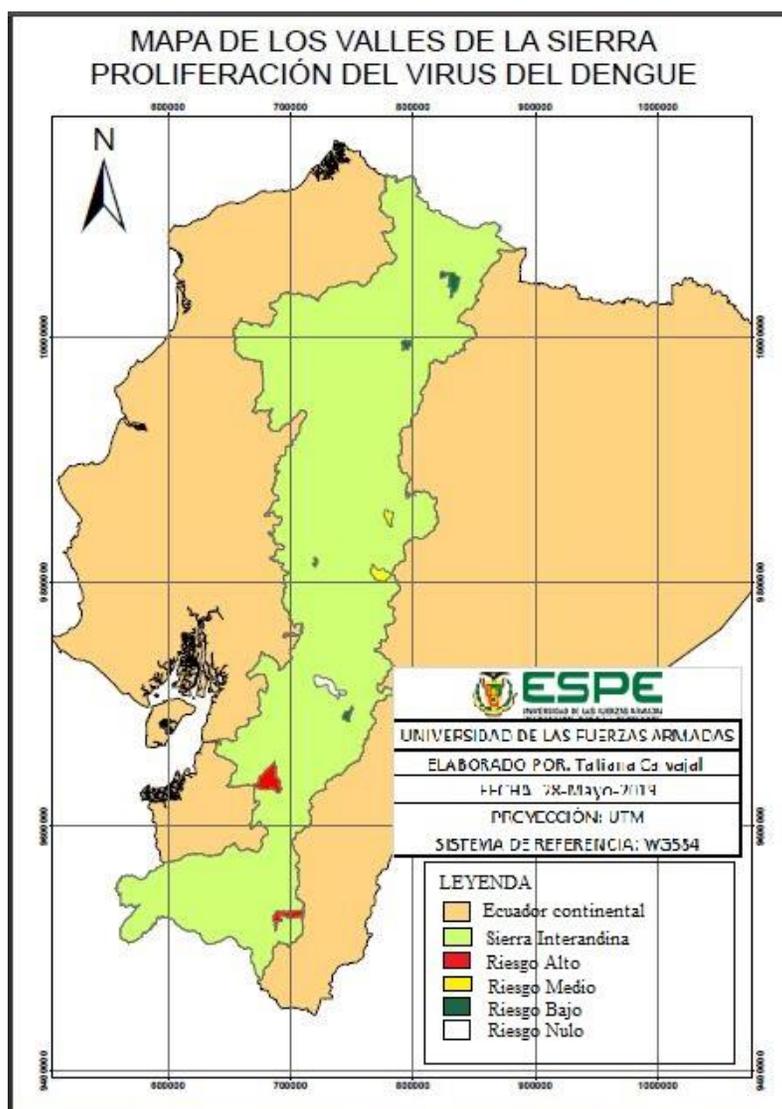
En el presente estudio se evalúa por una parte el coeficiente de correlación y el pronóstico con el que la temperatura y la humedad pueden aumentar o disminuir sus condiciones actuales. Los resultados obtenidos hasta el momento muestran que los valles que se relacionan positivamente son el valle de Cañar, Chambo, Chimbo, Guayllabamba y Jubones. Para el valle de Cañar ni los pronósticos, ni la variación hipotética de temperatura; pueden generar una proliferación del virus flaviviridae o por lo menos no hasta el 2050. El Valle de Chambo, Chimbo y Guayllabamba tampoco llegan a los valores en el pronóstico; sin embargo el Valle de Jubones es el que presenta las características necesarias en la proyección de temperatura. En conclusión en tabla 12 se visualiza el cumplimiento de las características para la proliferación del virus del dengue:

**Tabla 12**  
Panorama de proliferación del dengue

Nombre del Valle	Temperatura Máxima [°C]	Humedad Relativa [%]	Precipitación [mm]
Cañar	x	x	x
Paute	x	x	✓
Vilcabamba	✓	✓	✓
Patate	x	✓	✓
Chambo	x	✓	✓
Chimbo	x	x	✓
Guayllabamba	x	x	✓
Chota	x	✓	x
Jubones	✓	✓	✓

	<b>ALTO RIESGO</b>
	MEDIO RIESGO
	BAJO RIESGO
	RIESGO NULO

La figura 13 muestra el mapa final con los resultados, donde se visualiza los valles de Jubones y Vilcabamba, presentan las condiciones óptimas para el desarrollo del dengue; cumpliéndose que la temperatura alcance los 32°C, la humedad relativa al 90% y precipitaciones de 500 mm.



*Figura 13* Mapa de resultados

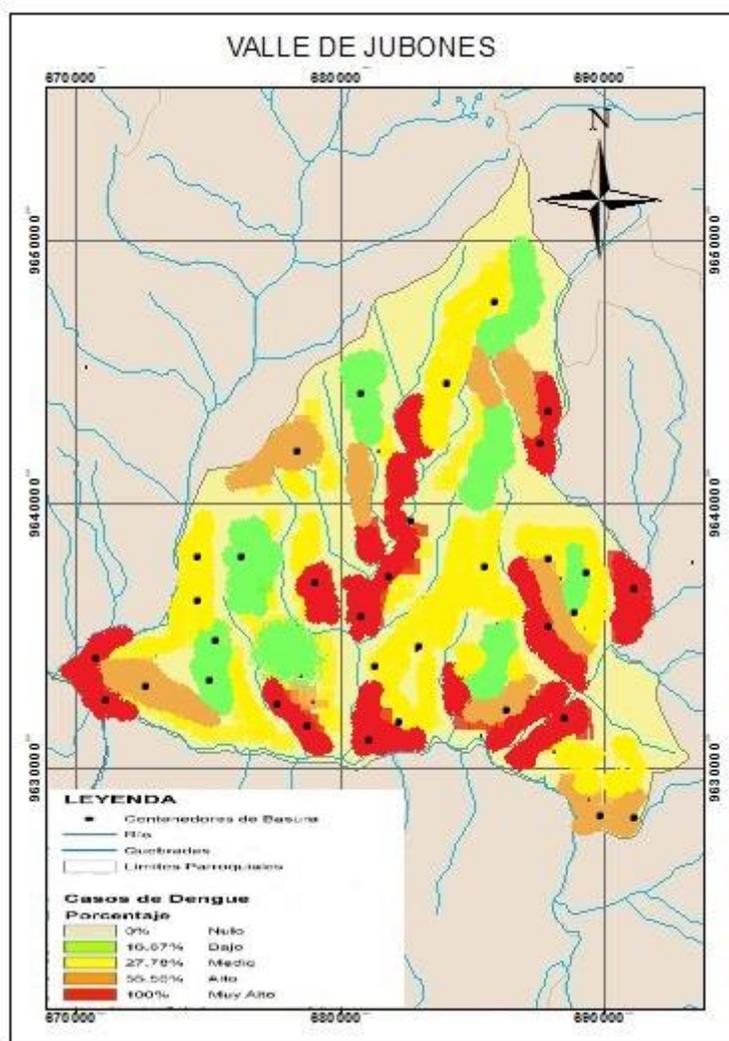
#### 4.1.1 Valle de Jubones

La tabla muestra los valores de la variación hipotética de la temperatura media. Según los resultados obtenidos, para este valle una subida mínima de temperatura luego de hacer el pronóstico respectivo, puede alterar las condiciones que ocasionarían la proliferación del dengue. En la figura 14 se puede visualizar las zonas más propensas (rojo) al virus.

**Tabla 13**

Valores máximos alcanzados variando en 1°C, 1.5°C y 2°C

Temperatura media			
	t+1	t+1,5	t+2
max	36,5779654	37,0779654	37,5779654



**Figura 14** Mapa de Resultados Valle de Jubones

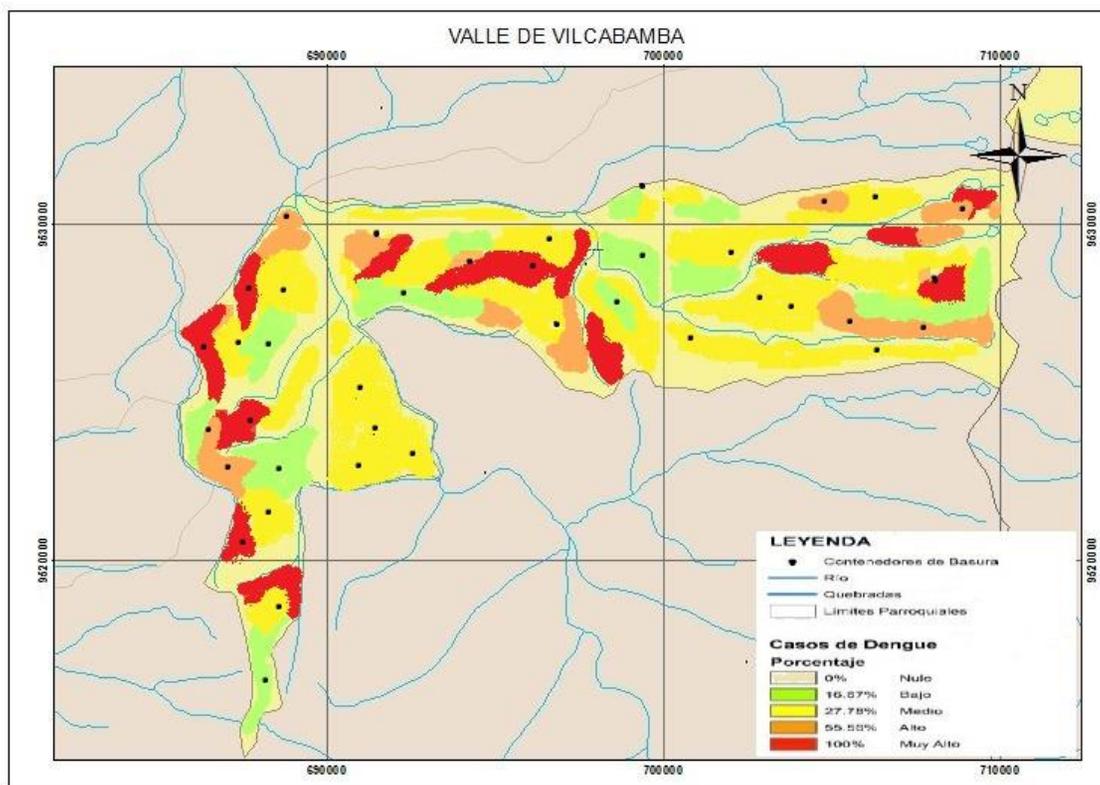
#### 4.1.2 Valle de Vilcabamba

La tabla muestra los valores de la variación hipotética en temperatura media. El valle de Vilcabamba también está propenso a una posible proliferación del dengue si existiera un aumento de temperatura y se vuelve una zona idónea en donde el virus encontraría las condiciones adecuadas para su desarrollo; en la figura 15 se puede ver el mapa.

**Tabla 14**

*Valores máximos alcanzados variando en 1°C, 1.5°C y 2°C*

Temperatura media			
	t+1	t+1,5	t+2
max	32,3272727	32,8272727	33,3272727



**Figura 15** Mapa de Resultados Valle de Vilcabamba

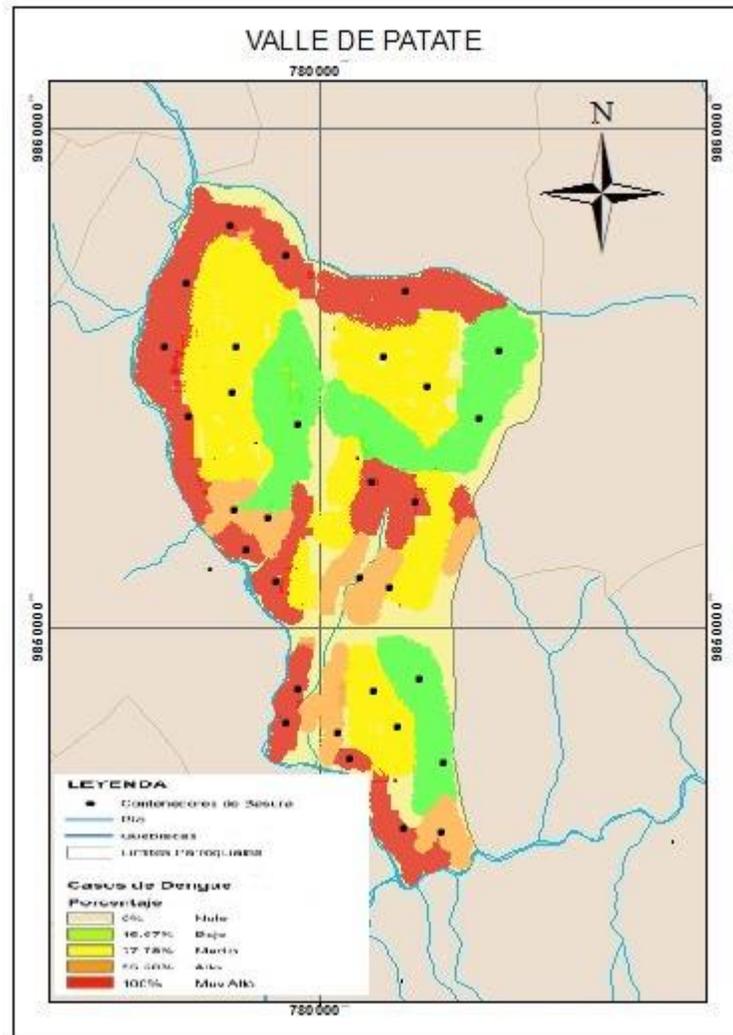
### 4.1.3 Valle de Patate

La tabla muestra los valores de la variación hipotética en temperatura media. Los escenarios para el valle de Patate muestran que la humedad tiene las condiciones optimas para el desarrollo del dengue pero la temperatura no alcanza a 32°C lo que no lo hace propenso a que se origine un problema con el dengue, a no ser que la temperatura suba. El mapa (figura 16) muestra las zonas más propensas para el dengue tomando en cuenta condiciones de pobreza, rios, quebradas y contenedores de basura .

**Tabla 15**

*Valores máximos alcanzados variando en 1°C, 1.5°C y 2°C*

<b>Temperatura media</b>			
	t+1	t+1,5	t+2
max	24,9	25,4	25,9



*Figura 16* Mapa de Resultados Valle de Patate

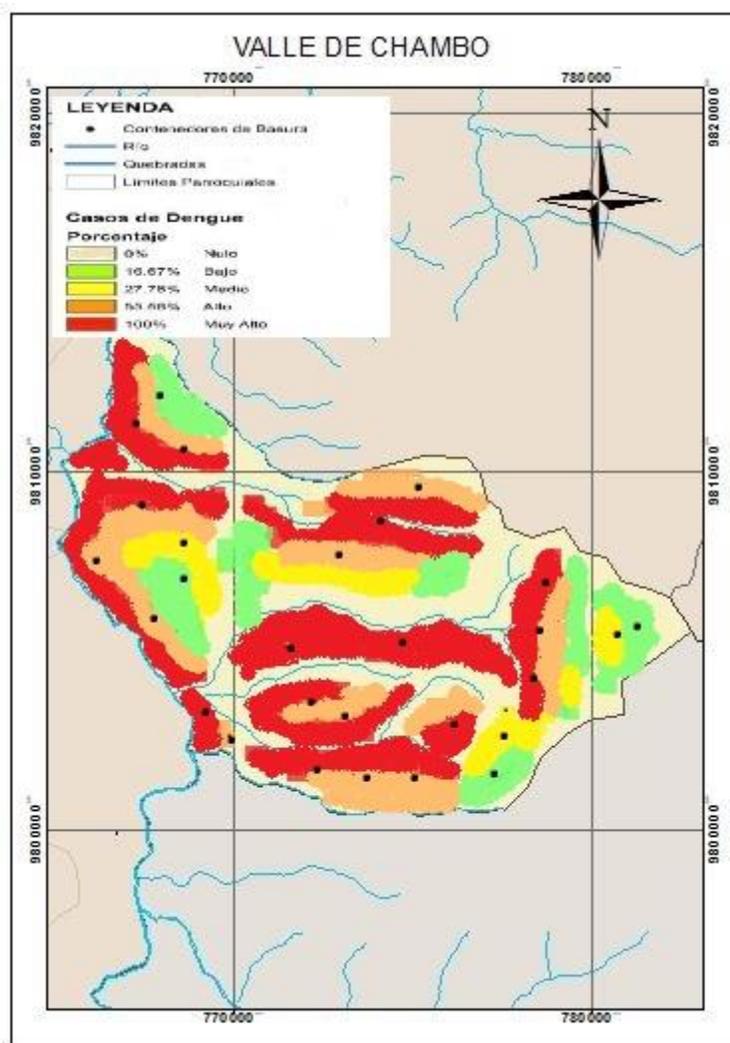
#### 4.1.4 Valle de Chambo

La tabla muestra los valores de la variación hipotética en temperatura media. La temperatura para el valle de Chambo no llega a 32°C pero la humedad si llega a los 90%, las precipitaciones en la proyección tambien superan los 500 mm, con estos resultados hay una mínima posibilidad, sin embargo para el estudio se tomaron en cuenta los indices de correlación y otros aspectos en donde tras un analisis se observa en la figura 17 las zonas más propensas.

**Tabla 16**

Valores máximos alcanzados variando en 1°C, 1.5°C y 2°C

Temperatura media			
	t+1	t+1,5	t+2
max	24,5	24,7	25,5



*Figura 17* Mapa de Resultados Valle de Chambo

#### 4.1.5 Valle de Paute

La tabla muestra los valores de la variación hipotética en temperatura media. Para este caso solo las lluvias sobrepasan los 500 mm, la temperatura y humedad no llegan a los valores óptimos tras el pronóstico al 2050.

**Tabla 17**

*Valores máximos alcanzados variando en 1°C, 1.5°C y 2°C*

Temperatura máxima			
	t+1	t+1,5	t+2
max	28,258611	28,758611	29,258611

#### 4.1.6 Valle de Chimbo

La tabla 18 muestra los valores de la variación hipotética en temperatura media. El análisis para el valle de Chimbo muestra que la temperatura y la humedad relativa no alcanzan los 32°C y 90%; solo la lluvia rebasa los 500 mm pero no es suficiente para el fin del estudio.

**Tabla 18**

*Valores máximos alcanzados variando en 1°C, 1.5°C y 2°C*

Temperatura media			
	t+1	t+1,5	t+2
max	21,8	22,3	22,8

#### 4.1.7 Valle de Guayllabamba

La tabla 19 muestra los valores de la variación hipotética en temperatura media y demuestra que las condiciones para el desarrollo del virus del dengue no son las apropiadas.

**Tabla 19***Valores máximos alcanzados variando en 1°C, 1.5°C y 2°C*

<b>Temperatura media</b>			
	t+1	t+1,5	t+2
max	26,2	26,7	27,2

**4.1.8 Valle de Chota**

La humedad relativa para el valle del Chota es la única que alcanzaria a llegar a las condiciones que necesita el virus del dengue; por otra parte la temperatura ni las precipitaciones no lo hacen.

**Tabla 20***Valores máximos alcanzados variando en 1°C, 1.5°C y 2°C*

<b>Temperatura media</b>			
	t+1	t+1,5	t+2
max	27,55372294	28,05372294	28,55372294

**4.1.9 Valle de Cañar**

Las condiciones ambientales en cuanto al valle de Cañar demuestran que no hay posibilidad alguna de la proliferación del dengue, ningún valor analizado alcanza al rango en el que el virus se desarrolla.

**Tabla 21***Valores máximos alcanzados variando en 1°C, 1.5°C y 2°C*

<b>Temperatura media</b>			
	t+1	t+1,5	t+2
max	22,2	22,7	23,2

Según los resultados obtenidos se puede evidenciar que para ciertos valles al hacer la variación de 1, 1.5 y 2°C hay algunos valores que se disparan y es precisamente donde se lleva la atención por las consecuencias posteriores si llega a tales valores. Hay que tener en consideración que en algunos casos los valores de humedad no llegan a 32 °C y la humedad relativa si alcanza el valor óptimo según la proyección de los datos, pero para que la proliferación de este virus se dé, debe cumplir con las 2 condiciones a la vez; por otra parte la lluvia también debe superar los 500 mm; aunque se torna algo ambiguo ya que el agua se puede quedar estancada en cualquier lugar y puede quedar estancada varios días. Los datos con los que se trabaja están relacionados con las estaciones más cercanas que presentan los datos necesarios para la realización de este estudio, como se indica en el anterior capítulo en la figura 6.

El modelo que utiliza el software según las características de los datos fue ARIMA, por las variaciones y regresiones estadísticas ya que busca el patrón para generar las proyecciones hacia el 2050. El nivel de confianza con el que se trabaja es de 95%.

## CAPÍTULO V

### 5.1 CONCLUSIONES

Se concluye que los valles de Vilcabamba y Jubones de los nueve analizados, son los únicos que presentan un alto riesgo en cuanto a la proliferación del virus del dengue, debido a la proyección de las condiciones climatológicas y sociales. Los Valles de Patate y Chambo tienen riesgo medio y los demás valles analizados no tienen mayor significancia para este estudio.

Los resultados obtenidos de la investigación demuestran que una variación climatológica, perjudicaría la salud pública y favorecería las condiciones para que el dengue se desarrolle en algunos de los casos con los que se trabajó. Los parámetros con los que se trabaja también juegan un papel importante para que la proliferación del virus del dengue aumente o disminuya. Si se genera un aumento de temperatura y este se vuelve constante por 15 días, se crea el ambiente apropiado para el desarrollo del virus.

En el presente estudio se analizaron nueve valles, para los que se hace una proyección hasta el 2050 con los datos obtenidos de las estaciones más cercanas a cada una de las zonas. Para el Valle de Jubones se utilizó las estaciones de “Minas de Huascachaca y Hda. Santa Lucía” y se obtuvo que la temperatura alcanzará a 35.5°C una precipitación de 971.8 [mm] y una humedad del 90%. En el valle de Vilcabamba se usaron las estaciones “Vilcabamba y Quinara” que arrojan resultados de temperatura de 26°C, 100% de humedad relativa y una precipitación de 2035.6 [mm] para el año 2050. El valle de Patate cuenta con las estaciones de “Pelileo y Patate”, con los datos de estas estaciones se obtiene que la tendencia en cuanto a la temperatura media es casi lineal llegando a los 20.3°C para el 2050, la humedad relativa para ese año alcanzaría el 89% y

la precipitación en milímetros a 541 [mm]. Las estaciones más cercanas al Valle de Chambo son “Guaslan y Ciencias ESPOCH” y según las proyecciones con los datos de las mismas son 20.7°C para la temperatura, 85% de humedad relativa y la precipitación promedio alcanzada es de 570.8 [mm]. En el caso de Paute la temperatura tiende a incrementar con el paso del tiempo, pero igual que el caso anterior esta temperatura no alcanza los 32°C que es la temperatura ideal para el desarrollo del virus del dengue; las estaciones de las que se obtuvieron los datos fueron “Paute y Gualaceo” llegando a 27,2°C, una humedad relativa de 71% y 1181.5 [mm] en cuanto a precipitaciones. Los datos de las estaciones del Valle de Chimbo llegan a 19,4°C en temperatura máxima, la humedad relativa es del 60 % para el 2050 y 1113.9 [mm] de precipitación. En Guayllabamba tenemos 23°C, 57% y 2008,3 [mm] para la temperatura, humedad relativa y precipitación, respectivamente. Las estaciones “Chota y San Vicente” desprenden datos para este valle de 26.5°C para la temperatura, 82% de humedad relativa y 244,4 [mm] de lluvias para la proyección al 2050. Para el Valle de Cañar se utilizan las estaciones de “Cañar y El Tambo” la cual refleja que la tendencia es ascendente en la temperatura pero para el año propuesto las condiciones para que se desarrolle en virus del dengue no son suficientes, ya que llega a 18.6 °C y la humedad desciende hasta un 78% la lluvia tampoco alcanza las condiciones idóneas con 448.8 [mm].

Con la utilización de sistemas de información geográfica fue posible obtener información de que zonas tienen mayor probabilidad de proliferación del virus del dengue, tomando en cuenta factores que contribuyen a la aparición y desarrollo de este virus. Los resultados del uso de herramientas SIG se los visualiza en los mapas presentados anteriormente; se muestra para cada

uno de los valles las zonas con mayor vulnerabilidad. Los barrios o poblados con mayor probabilidad para cada uno de los valles son: Chiquero y Chuncay en el valle de Jubones, Uchina, Santorun y Clementina para el valle de Vilcabamba, Chambo, San Blas, El Rosario y Jacadrón Alto para el Valle de Chambo, Pirincay para Paute, San Miguel y San Simón para Chimbo, Oyacoto y La Victoria para el valle de Guayllabamba, Lita, Tumbatu, Pusir en el Valle del Chota, y para el valle de Cañar: Yanacupilla y Gallorumi.

Se hizo una variación hipotética en cuanto a la temperatura media a las condiciones iniciales, una vez hecha la proyección hasta el año 2050 se varía en 1, 1.5 y 2 grados centígrados para cada valor de temperatura media obtenido de las estaciones meteorológicas; es así que para el Valle de Jubones la temperatura sobrepasa las condiciones óptimas para el momento que se hace la proyección ya que al aumentar un grado tenemos una temperatura de 36.5 °C y desde 34°C la probabilidad no es adecuada para el desarrollo del dengue; la humedad llega al 96%, pero hay que ponerle interés también a esta zona porque hay un periodo de tiempo desde 2031 a 2040 donde las condiciones se vuelven propicias y de ahí en adelante se podría generar un brote de esta enfermedad y afectar a la población. Para el Valle de Vilcabamba las condiciones al aumentar 1, 1,5 y 2 °C, sí llegan a alterar las condiciones climatológicas y hacen posible una proliferación del virus del dengue ya que la temperatura llega a 32.3, 32.8 y 33.3 °C y la humedad sobrepasa el 90% para cada caso. Para el caso de Patate se obtiene que la temperatura alcanza a 25,9 °C y la humedad al 91%, con estos resultados no se llega a las condiciones óptimas del virus. El Valle de Chambo después de la variación a dos grados llega a 25.5 °C y humedad del 90%. En el Valle de Paute la temperatura llega a 29.3 °C y la humedad relativa al 85%. El Valle de Chimbo alcanza una temperatura de 22.8 °C y humedad relativa de 98%. En el Valle de Guayllabamba tampoco

existe la probabilidad de que exista un brote del virus del dengue ya que al realizar la variación de dos grados llega a 27 °C y su humedad alcanza 83%. En el Valle del Chota la temperatura llega a 28,5 °C y la humedad relativa al 87% y por último Para el Valle de Cañar la temperatura llega a 23,3 °C después de variar en dos grados centígrados y la humedad llega al 85%.

Como se mencionó anteriormente las condiciones o parámetros a las que está expuesta cada una de las zonas que forman parte de este estudio contribuyen a la proliferación del virus; de esta manera se puede concluir que la cercanía a los botaderos de basura, a las quebradas y a los ríos son las zonas donde es aún más probable la ocurrencia del brote del virus. Es importante también tener en cuenta que pese a que en algunas zonas no nos dieron datos óptimos para el dengue estas condiciones pueden cambiar según el cuidado y tratamiento que se le dé a aguas estancadas; eso quiere decir que el nivel de educación y responsabilidad social también favorece o desfavorece al problema tratado.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar estudios similares para zonas que tienen condiciones climatológicas cambiantes o han cambiado sus condiciones en los últimos años.
- Involucrar a los Gobiernos Autónomos Descentralizados en proyectos de este tipo ya que está velando por el bienestar de sus mandantes.
- Crear campañas de prevención para una posible proliferación del dengue en zonas propensas, tales como la limpieza de contenedores de agua, el no acumulamiento de agua de lluvia donde no se drene ni evapore fácilmente.

- La información de las estaciones meteorológicas juegan el papel más importante de este estudio; es así que se recomienda la liberación de la información y también es necesario mayor número de estaciones cerca de los puntos donde se realizó el análisis.
- Se recomienda que en futuros proyectos se trabaje con datos mensuales para que la proyección o probabilidad de ocurrencia sea lo más clara.
- Mejorar las oportunidades de trabajo y así reducir la pobreza para minimizar los factores que aumentan el riesgo de la proliferación del dengue.
- Se recomienda una capacitación de manejo de desechos sólidos y líquidos a la población, para que no existan casos de dengue debido al desconocimiento.
- Otras variables deberían ser analizadas en estudios posteriores como la cantidad de lluvia acumulada, la velocidad de evaporación de la misma donde la pendiente del terreno y tipo de suelo estén vinculadas.
- Plantar árboles para paliar el cambio climático y que no existan estas variaciones hipotéticas de temperatura, de esta manera que no sea posible una proliferación del virus del dengue.

- Un plan de ordenamiento u reordenamiento territorial también sería adecuado para que la población no se ubique en zonas en donde se ha detectado que es más probable la aparición del virus y su posterior desarrollo.

### 5.3. BIBLIOGRAFÍA

- Abelenda, R. (2012). *¿ Enfermedades Tropicales y Calentamiento Global?* Obtenido de Universidad Santiago de Compostela:  
<http://enfermedadestropicalesenfermeria.blogspot.com/2012/11/enfermedaes-tropicales-y-calentamiento.html>
- Aguirre, Z., Román, J., Montalvo, D., Albuja, L., Almendáriz, A., & Carvajal, V. (2011). Biodiversidad de los valles secos interandinos del Ecuador.
- Amestoy, J. (2010). *El Planeta Tierra en peligro: Calentamiento Global, Cambio Climático*. Alicante: Club Universitario.
- Ballester, F. (2017). Contaminación Atmosférica, Cambio Climático y Salud. *Revista Española de Salud Pública*.
- Ballester, Ferran. (1996). La relación entre la temperatura ambiental y la mortalidad. *Rev Esp Salud Pública*, 251-256.
- Barros, V. (2005). *Cambio Climático global*. Buenos Aires: Libros del Zorzal.
- Berberian, G., & Rosanova, M. (2012). Impact of climate change on infectious diseases. *Arch Argent Pediatr*, 39-45.
- Borbor, M. (2017). Aedes aegypti ocupará nuevas áreas del Ecuador. *El Universo*.

Caballero, M., Lozano, S., & Ortega, B. (2007). Efecto Invernadero, Calentamiento Global y Cambio Climático: Una perspectiva desde las ciencias de la Tierra. *Revista Digital Universitaria*, 1-12.

CDC. (2015). *Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades*. Obtenido de Hoja de datos sobre el dengue.

Constitución de la República del Ecuador. (2008). Ciudad Alfaro: Asamblea Contituyente.

Dirección de Epidemiología. (2013). *Enfermedades Infecciosas Dengue*. Buenos Aires: Ministerio de Salud de la Nación.

Duane, G. (1998). Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever. *American Society for Microbiology*.

ECOOSFERA. (2016). *Alta incidencia en enfermedades a causa del calentamiento global*.

Obtenido de <https://ecoosfera.com/2016/04/alta-incidencia-en-enfermedades-a-causa-del-calentamiento-global/>

Epsteín. (2000). *Más enfermedades tropicales por el calentamiento global*. Obtenido de Males que transmiten los mosquitos: [https://www.clarin.com/sociedad/enfermedades-tropicales-calentamiento-global\\_0\\_BkDWkGcgCtg.html](https://www.clarin.com/sociedad/enfermedades-tropicales-calentamiento-global_0_BkDWkGcgCtg.html)

Flannery, T. (2011). *La amenaza del Cambio Climático*. España: Penguin Random House.

Garcés, H. (2005). *Aplicación de EMC y SIG para el modelado de capacidad de acogida para la localización de viviendas de mediana densidad. Caso de estudio Cuenca del río Guadalajara*. Guadalajara: Universidad del Valle.

- Giménez, C. (2014). El calentamiento del planeta eleva el impacto de las enfermedades tropicales. *EFEverde*.
- Githeko, L. (2000). Climate change and vector-borne diseases: a regional analysis. . *Bull World Health Organization*, 1136-1147.
- Gore, A. (2007). *Una verdad Incómoda*. España: Gedisa S.A.
- Guerrant, R., Walker, D., & Weller, P. (2002). *Enferdades infecciosas tropicales*. Madrid: Elsevier Science.
- Hernandez, F. (1999). *El calentamiento global en España: un análisis de sus efectos económicos y ambientales*. Madrid: CSIC.
- Hoyos, J. (2016). Las enfermedades tropicales suben a las montañas. *Biomédica*.
- INAMHI. (2013). *Análisis de las condiciones climáticas registradas en el Ecuador continental en el año 2013 y su impacto en el sector agrícola*. Quito: Estudios e Investigaciones Meteorológicas.
- INAMHI. (2017). Ecuador afronta consecuencias de calentamiento global. *La Hora*.
- INEC. (2014). *Geografía estadística*. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas/>
- IPCC. (2001). *Intergovernmental Panel on Climate Change*. Obtenido de Climate Change and Biodiversity.

IPCC. (2013). *El Quinto Reporte de Evaluación del IPCC ¿Qué implica para Latinoamérica.*

Alianza Clima y Desarrollo, y Overseas Development Institute. Licencia Creative Commons 3.0. Obtenido de ¿Qué implica para.

IPCC. (2014). *Cambio climático, Informe de síntesis*. Suiza: Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo.

Isaza, J., & Campos, D. (2007). *Cambio climático: glaciaciones y calentamiento global*. Bogotá: Ultracolor Ltda.

Ize. (2007). *Cambio climático y salud humana. INECC. México*. Obtenido de <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/gacetas/367/cambioysalud.html>

Kourí, G. (2006). El dengue, un problema creciente de salud en las Américas. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 143-145.

Kuhn, K., Campbell-Lendrum, D., Haines, A., & Cox, J. (2005). Using Climate to predict infectious disease epidemics. *WHO*, 1-47.

Lemus, E., & Corratgé, H. (2009). Cambio climático y dengue en Cuba. *Revista Cubana de Medicina General Integral*.

Lemus, E., Estevez, G., & Veázquez, J. (2002). Campaña por la esperanza: la lucha contra el dengue. *Editora Política*, 41-2.

López, R., & Molina, R. (2005). Cambio climático en España y Riesgo de enfermedades infecciosas y parasitarias transmitidas por artrópodos y roedores. *Revista Española de salud pública*.

López, Rogelio. (2018). Las enfermedades tropicales vuelven a España por el cambio climático.

*Salud internacional.*

Malczewski, E. (1999). *GIS and multicriteri decision analys*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Masmar. (2013). *Humedad del aire. Aparatos de medida*. Obtenido de Meteorología:

<http://www.masmar.net/esl/Apuntes-N%C3%A1uticos/Meteorolog%C3%ADa/Humedad-del-aire.-Aparatos-de-medida>

Menghi, C. (2007). Calentamiento global: el riesgo oculto para la salud. *Revista argentina de microbiología*, 131-132.

Ministerio de Salud Pública. (2013). *Boletín epidemiológico N° 33 de la situación del dengue en el Ecuador*. Obtenido de <https://www.salud.gob.ec/boletin-epidemiologico-no-38-de-la-situacion-de-dengue-ecuador-2013/>

Ministerio de Salud Pública. (2018). *Ecuador en alerta para prevenir el contagio del dengue*.

Obtenido de <https://www.salud.gob.ec/estrategia-nacional-de-control-del-dengue/>

Muñoz, A. (2012). *Advierten que el cambio climático agravará la proliferación de enfermedades tropicales*. Obtenido de

<http://www.opinion.com.bo/opinion/articulos/2012/0106/noticias.php?id=38217>

Neira, M. (2014). El calentamiento global y el dengue. (P. Parra, Entrevistador)

OMS. (1946). Conferencia Sanitaria Internacional. *Official Records of the World Health Organization*, (pág. 100). New York.

- OMS. (2003). *Cambio climático y salud humana: riesgos y respuestas*. Obtenido de <http://whqlibdoc.who.int/publications/2003/9243590812.pdf>
- OMS. (2014). El calentamiento global influye en la proliferación del dengue y en enfermedades similares. *El Comercio*.
- OMS. (2018). *Dengue y dengue grave*.
- Organización Mundial de la Salud. (2018). *Dengue y dengue grave*. Obtenido de Carga mundial de dengue: <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>
- Oroza, S. (2011). *¿Hablamos del cambio climático?* Bilbao: BBVA.
- Pasten, D. (2018). *Dengue: una amenaza histórica que vuelve*. Antofagasta.
- Peña, V., & Hernández, D. (2017). *Análisis sobre parámetros ambientales de la parroquia Sangolquí para la identificación y prevención de enfermedades tropicales mediante herramientas geo-informáticas*. Sangolquí: ESPE.
- Pons, A. (2008). *Localizaciones óptimas para puertos secos*. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/5917/06.pdf?sequence=7&isAllowed=y>
- Pourrut, P. (1995). *El agua en el Ecuador*. Quito: Corporación Editora Nacional.
- Rabadán-Diehl. (2017). El cambio climático sería el causante de nuevas enfermedades. *Science*.

- Ramirez, L. (2008). *El modelo multiatributo para el cálculo de la demanda ponderada según necesidades y problemas sanitarios* . Obtenido de <http://hum.unne.edu.ar/investigacion/geografia/labtig/publicaciones/public14.pdf>
- Rosas, P., Padilla , O., Toulkeridis, T., & Moreno, W. (2016). *Modelamiento del nicho ecológico de Anopheles spp. en el Ecuador mediante herramientas geoinformaticas*. Sangolquí: Universidad de las fuerzas Armadas ESPE.
- SEEIMC. (2015). *La enfermedad afecta a habitantes de zonas tropicales y subtropicales, sobre todo Asia Sudoriental y el Pacífico Occidental. En los últimos años, la incidencia y la gravedad de la enfermedad han aumentado rápidamente en Latinoamérica y el Caribe*. Obtenido de Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica: <http://www.elperiodicodelafarmacia.com/articulo/enfermedades-y-trastornos/abc-enfermedades-tropicales/20150924130821003323.html>
- SENPLADES. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo*. Quito.
- Stewart, A., & Lowe, R. (2013). Climate and Non-Climate Drivers of Dengue Epidemics in Southern Coastal Ecuador. *The American Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 971-981.
- Stewart, A., Luzadis, V., Borbor, M., Silva, M., Ordoñez , T., Beltrán , E., & Ryan, S. (2014). A social-ecological analysis of community perceptions of dengue fever and *Aedes aegypti* in Machala, Ecuador. *BMC Public Health*

Valerio, L., Sabria, M., & Fabregat, A. (2002). Las enfermedades tropicales en el mundo occidental. *Medicina clínica*, 508-514.

Verdera, J. (2008). Consecuencias del calentamiento global. enfermedades emergentes, reemergentes y bioseguridad. *Medwave*.

Vezzani, D., Velázquez, S., & Schweigmann, N. (2004). Seasonal pattern of abundance of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Mem Inst Oswaldo Cruz*.

Wagstaff, A. (2002). Pobreza y desigualdades en el sector de la salud. *Revista panamericana de salud pública*, 316-326.

Boussion, M. (2012). Predecir los brotes de dengue en función del clima. Institut de Recherche pour le Developpement, 410. Recuperado el 17 de 08 de 2017, de <https://es.ird.fr/la-mediateca/fichas-cientificas/410-predecir-los-brotes-de-dengue-en-funcion-del-clima>