



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES**

Trabajo de Fin de Carrera Titulado:

**“ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE LOS INDICADORES SOCIALES SOBRE  
LA DISTRIBUCIÓN ESPACIO TEMPORAL DE ENFERMEDADES  
TRANSMITIDAS POR AEDES AEGYPTI EN LA REGIÓN COSTA DEL  
ECUADOR”.**

Realizado por:  
**MARÍA VERÓNICA TARAPUÉS CHARFUELÁN**

Director del proyecto:  
**Ph.D(c) José Salazar Loor.**

Como requisito para la obtención del título de:  
**MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL**

Quito, 10 de marzo 2020

## DECLARACION JURAMENTADA

Yo, TARAPUÉS CHARFUELAN MARÍA VERÓNICA, con cédula de identidad # 0401356662, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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



---

María Verónica Tarapués Charfuelán  
C.I: 040135666-2

## **DECLARATORIA**

El presente trabajo de investigación titulado:

**“ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE LOS INDICADORES SOCIALES  
SOBRE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIO TEMPORAL DE ENFERMEDADES  
TRANSMITIDAS POR AEDES AEGYPTI EN LA REGIÓN COSTA DEL  
ECUADOR”.**

Realizado por:

**MARÍA VERÓNICA TARAPUÉS CHARFUELÁN**

Como requisito para la obtención del título de:

**MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL**

Ha sido dirigido por el profesor:

**JOSÉ SALAZAR LOOR**

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor.



---

José Salazar Loor  
Director

**LOS PROFESORES INFORMANTES**

Los Profesores Informantes:

**JUAN CARLOS NAVARRO**

**MIGUEL MARTÍNEZ**

Después de revisar el trabajo presentado,

lo han calificado como apto para su defensa oral ante

el tribunal examinador



---

Juan Carlos Navarro



---

Miguel Martínez

Quito, 10 de marzo 2020

**DEDICATORIA**

Dedicado a mi familia

**AGRADECIMIENTO**

A mi tutor José Salazar, por su apoyo personalizado.  
A los profesores Juan Carlos Navarro y Miguel Martínez, quienes con sus observaciones y sugerencias aportaron para la culminación de esta tesis.

## RESUMEN

El dengue, chikungunya y zika son enfermedades infecciosas transmitidas por la picadura del mosquito hembra *Aedes Aegypti*. En Ecuador este vector es frecuente en zonas tropicales y sub tropicales donde se reportan varios casos anualmente debido a indicadores ambientales y sociales en la región costa del Ecuador. El objetivo general de esta investigación fue analizar la distribución espacial y correlación entre indicadores sociales y enfermedades transmitidas por *A. Aegypti*. Específicamente, se realizó la distribución espacial mediante tecnología de referencia de Sistemas de Información Geográfica (SIG), obteniendo los mapas a escala 1:50.000 de la incidencia de las enfermedades por cada año en el periodo 2013-2018, y de nueve indicadores sociales, además se analizó la dinámica espacio-temporal de los índices de incidencia de los virus y su relación con los indicadores sociales mediante la herramienta (Anselin Local Moran's I) a través de la cual se obtuvo agrupamientos altos en las provincias de Manabí y Esmeraldas y agrupamientos bajos en El Oro y parte de Guayas, con valores atípicos en el cantón Guayaquil. Los valores altos se deben a ciertos indicadores sociales como pobreza, nivel de educación, recolección de desechos. La Autocorrelación espacial (I de Moran global) cuantificó el grado de autocorrelación espacial significativa en el índice de la sumatoria de enfermedades total, siendo los más altos en la provincia de Esmeraldas. El último análisis de correlación de las enfermedades y de los indicadores sociales como: pobreza y falta de servicio higiénico tiene un 0,8 de correlación la cual sería significativa y la correlación más baja se visualiza con el indicador “no sabe leer y escribir” que tiene una correlación del 0,17, siendo este valor muy débil, esto podría deberse a que los datos del MSP no son significativos o los datos del censo no fueron tomados adecuadamente.

**Palabras clave:** *Aedes Aegypti*, dengue, chikungunya, zika, sistema de información geográfica, distribución espacial, indicadores sociales, Análisis de Morans I.

## ABSTRACT

Dengue, chikungunya and zika are infectious diseases transmitted by the bite of the female *Aedes Aegypti* mosquito. In Ecuador, this vector is common in tropical and subtropical areas where several cases are reported annually due to environmental and social indicators in the coastal region of Ecuador. The general objective of this research was to analyze the spatial distribution and correlation between social indicators and diseases transmitted by *Aedes Aegypti*. Specifically, the spatial distribution was carried out using reference technology of Geographic Information Systems (GIS), obtaining maps at 1:50,000 scale of the incidence of diseases for each year in the 2013-2018 period, and nine social indicators. In addition, the spatio-temporal dynamics of the incidence rates of the virus and their relationship with the social indicators were analyzed using the tool (Anselin Local Moran's I) through which high groupings were obtained in the provinces of Manabí and Esmeraldas and clusters low in El Oro and part of Guayas, with outliers in the Guayaquil canton. High values are due to certain social indicators such as poverty, education level, waste collection. The Spatial Autocorrelation (I of global Moran) quantified the degree of significant spatial autocorrelation in the index of the sum of total diseases, being the highest in the province of Esmeraldas. The latest correlation analysis of diseases and social indicators such as: poverty and lack of hygienic service has a correlation 0.8 which would be significant and the lowest correlation is visualized with the indicator "cannot read and write" that It has a correlation of 0.17, this value being very weak, this could be due to the fact that the MSP data is not significant or the census data were not taken properly.

**Keywords:** *Aedes Aegypti*, dengue, chikungunya, zika, geographic information system, spatial distribution, social indicators, Morans I analysis.

## INTRODUCCIÓN

Virus como dengue, chikungunya, y zika son patógenos emergentes transmitidos por el mosquito hembra *A. aegypti*, la cual una vez fecundada pica a un hospedador para obtener la sangre y así oviponer (Chordá, 2014). Este vector pertenece al grupo de los arbovirus (Arthropod Borne Viruses) (Álvarez et al., 2018), en la actualidad se encuentra distribuido por todo el mundo específicamente en zonas tropicales y subtropicales durante todo el año con mayor incidencia en los meses de lluvia (Forshey et al., 2010).

El virus del dengue (DENV, acrónimo oficial) pertenece al serocomplejo dengue, género Flavivirus, familia Flaviviridae, este serocomplejo está conformado por cinco serotipos denominados DENV1 a DENV5 (Velandia & Castellanos 2014, Mustafa, Rasotgi, Jain, & Gupta 2015, Mamani 2014), por esta razón, una persona puede infectarse con el mismo virus hasta cinco veces durante su vida. Esta enfermedad se clasifica de tres formas específicas: (1) dengue sin signos de alarma, (2) dengue con signos de alarma y (3) dengue grave, cada una con diversos tipos de gravedad (OPS et al. 2017, MSPA 2013). El dengue es una enfermedad que circula periódicamente en áreas endémicas<sup>1</sup> e hiperendémicas<sup>2</sup> en más de 100 países, al año 100 millones de personas se enferman por la infección y 22 000 mueren por dengue grave (Velandia & Castellanos 2011, Álvarez et al. 2018).

Chikungunya (CHIK), es un virus ARN del género alfavirus, familia Togaviridae (Cervantes & Vergara, 2016). "Chikungunya" es una voz del idioma Kimakonde que significa "doblarse", en alusión al aspecto encorvado de los pacientes debido a los dolores articulares (Pyszczyk, 2016). El virus apareció en Tanzania en 1952, desde 2004 se han

---

<sup>1</sup> Es un área específica donde existen condiciones eco epidemiológicas para que persista la transmisión de la enfermedad como son la presencia del vector, circulación viral y huéspedes susceptibles.

<sup>2</sup> La transmisión intensa y persistente.

reportado casos en África, en la región del Océano Índico y llegó a la región americana en el 2013, se esparció rápidamente y se contabilizaron cerca de dos millones de pacientes infectados (Yactayo et al., 2016). Recientemente se propusieron nuevas definiciones de casos de chikungunya en América. Las definiciones incluyen 4 categorías de casos: (1) casos clínicos agudos, caracterizados por fiebre temperatura ( $>38,5$  °C), dolor articular agudo de inicio, epidemiológicos y de laboratorio; (2) casos atípicos, casos clínicos confirmados en laboratorio acompañados de otras manifestaciones (neurológicas, cardiovasculares, dermatológicas, oftalmológicas, hepáticas, renales, condiciones respiratorias o hematológicas); (3) casos agudos graves, casos clínicos confirmado en laboratorio que presentan disfunción de al menos un órgano o sistema que amenaza la vida y requiere hospitalización; y (4) casos crónicos sospechosos/confirmados, caracterizados por diagnósticos clínicos previos de chikungunya 12 semanas después del inicio de los síntomas y la presentación con al menos una manifestación reumatológica articular, es decir, dolor, rigidez o edema que es continua o recurrente (Yactayo et al. 2016, Lima et al. 2013).

El virus del zika (ZIKV) pertenece al género Flavivirus, familia Flaviviridae (Gómez, 2018), se identificó por vez primera en los primates macacos en los bosques de Zika en Uganda en el año de 1947, después se identificó en el ser humano en el mismo país y en la República Unida de Tanzania en el año de 1952, recientemente se han presentado brotes en África, América Latina, Europa y el sur de Asia (Singh & Tyagi, 2017). La infección puede cursar de manera asintomática o con manifestaciones leves en una gran mayoría de los casos (Singh & Tyagi, 2017). El periodo de incubación es de 3 – 12 días, los signos y síntomas, cuando están presentes, tienen una duración promedio de 4 – 7 días, aunque en algunos pacientes puede persistir durante unas cuatro semanas. La enfermedad incluye: erupción cutánea, fiebre leve, conjuntivitis no purulenta, artralgias en manos y pies (Siraj

et al., 2018). También se han reportado con frecuencia mialgias, cefalea, úlceras en boca, signos y síntomas de aparato digestivo: náusea, vómito, diarrea, otros trastornos intestinales. Algunas patologías neurológicas asociadas como: encefalitis, mielitis, déficit neurológico y papiledema (Dirlikov et al. 2016, Falcao et al. 2016 Brooks et al. 2016).

#### *El vector A. aegypti*

El principal vector *A. aegypti* pertenece al orden Diptera, suborden Nematocera y a la familia Culicidae de origen Africano ya que allí se encontró en zonas selváticas, donde crecía y se reproducía en huecos de árboles (Ruiz et al., 2016), este vector se fue diseminando tanto espacial como geográficamente hasta invadir aglomeraciones urbanas y adquirir hábitos domésticos (Carbajo 2003, Da Cruz Ferreira et al. 2017). En 1950 alcanzó una distribución mundial entre los 35° de latitud norte y 35° de latitud sur pero puede extenderse hasta los 45° norte y hasta los 40° sur, la altitud promedio en donde se encuentra es por debajo de los 1.200 metros, aunque se ha registrado en alturas de alrededor de los 2.400 metros sobre el nivel del mar (Pincay & Bedoya 2015, Medlock et al. 2012). Actualmente el vector está presente en la mayoría de las ciudades asiáticas y en gran parte de América (Tabla 1) (Lambrechts et al., 2011).

Tabla 1. Distribución geográfica de los registros de ocurrencia de *A. aegypti* en América, Europa, África, Asia y Oceanía. Destacando los diez principales países en términos de registros de ocurrencia en cada continente.

A. aegypti	País	Ocurrencia	País	Ocurrencia	País	Ocurrencia		
América	Brasil	5044	Europa/ África	Senegal	112	Asia/ Oceanía	China/ Taiwán	9490
	USA	436		Camerón	55		Indonesia	603
	México	411		Kenia	52		Tailandia	495
	Cuba	177		República un	44		India	423
	Argentina	170		Costa de Ma	40		Australia	282
	Trinidad y To	152		Nigeria	35		Vietnam	223
	Venezuela	130		Madagascar	18		Malasia	112
	Colombia	128		Gabón	27		Singapur	44
	Puerto Rico	120		Mayotte	20		Filipinas	36
	Perú	89		Sierra Leona	10		Camboya	29

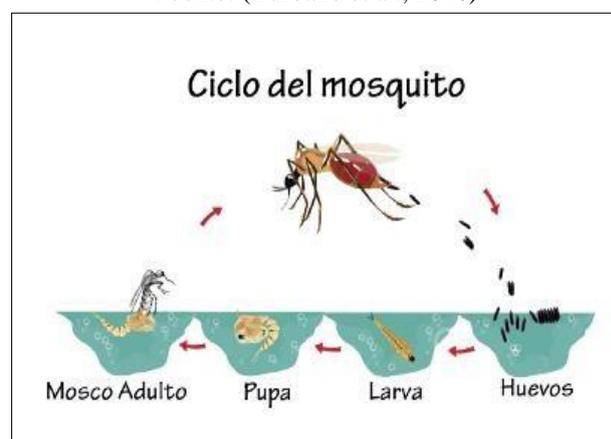
Nota. Recuperado de “The global distribution of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *A. albopictus*”, de Bortel, V., (19 de enero, 2020). Recuperado de <https://elifesciences.org/articles/08347#tbl1>

## El ciclo de vida de los mosquitos *A. aegypti*

El ciclo de vida de los mosquitos *A. aegypti* (Fig.1), presentan una metamorfosis completa que comprende tres estados inmaduros de vida acuática (huevo, larva y pupa) y el adulto de vida aérea (Quispe, Carbajal, Gozzer, & Moreno, 2014) . Ambos sexos se alimentan de carbohidratos para suplir la energía necesaria para volar; sin embargo las hembras requieren la ingestión de sangre para completar el ciclo (Carbajo 2003, Pincay & Bedoya 2015), se alimenta durante el día; los periodos en que se intensifican las picaduras son el principio de la mañana y el atardecer, antes de que oscurezca. Normalmente oviponen sobre sustratos sólidos a corta distancia de la superficie del agua estancada, el desarrollo embrionario se completa en 48 horas en climas húmedos y cálidos (CDC, 2016). Una vez completado este ciclo, los huevos de *Aedes* pueden soportar la desecación por periodos hasta de un año (OMS,2019), pero al entrar en contacto con el agua eclosionan hasta llegar a fase adulta en aproximadamente 10 días (Alcalá, 2014). Una hembra, en condiciones óptimas puede oviponer cada tres o cuatro días un promedio de 700 huevos en el curso de su vida (Anderson & Rico-hesse, 2006). Las formas adultas tienen un promedio de vida de una semana en los machos y aproximadamente de un mes en las hembras (Almiron, Gurtler, Coto, Eiman, & Victoria, 2008).

Figura 1. El ciclo de vida de *A. aegypti*

Fuente: (Burbano et al., 2016)



## *Indicadores ambientales*

### **Temperatura y precipitación**

La presencia del mosquito *A. aegypti* es más frecuente en zonas tropicales y sub tropicales donde los indicadores ambientales como temperatura y precipitación contribuyen a la propagación del vector (Balseca, 2018). Si la temperatura del agua aumenta, las larvas tardan menos tiempo en madurar y por ende hay mayor descendencia durante el período de transmisión (Rueda, Patel, Axtell, & Stinner, 1990). También si aumenta la precipitación, habrán más sitios donde el vector deposite sus huevos y a su vez se reproducirán más mosquitos (Lambrechts et al., 2011). Se estima que la temperatura media de la superficie terrestre se incremente entre 1,4 y 5,8 °C, entre el período 1990–2100 (Bello et al., 2014) y estará directamente relacionada con la generación de eventos climáticos extremos como: huracanes, sequías, el aumento exponencial de precipitaciones, entre otras consecuencias. Ésto conllevará a cambios de comportamientos epidemiológicos extremos; como el avance de las fronteras del dengue, chikungunya y zika (Colón & Bentham, 2011).

Hay múltiples estudios que han demostrado que los indicadores ambientales están directamente relacionados con la incidencia de las enfermedades transmitidas por *A. Aegypti*. (Dom & Pradhan 2013, Arenas & Carvajal 2012, Siriyasatien et al. 2016, Hii et al. 2012, Stewart-Ibarra et al. 2014, Dom et al. 2013, Da Cruz Ferreira et al. 2017, Sippy et al. 2019, Pandey & Costello 2019). Arenas (2012), espera con el aumento de la variable temperatura por el efecto invernadero una afección sustancial de las enfermedades tropicales transmitidas por el vector *A. Aegypti*. Ya que, en condiciones experimentales, él ha visto aumento de la población de hembras Vs. Machos, además llegan en menor tiempo a la etapa adulta. En Singapur desarrollaron sistemas de predicción de dengue

basado en el clima que permite obtener alertas con 16 semanas de antelación; este modelo tenía alta sensibilidad y especificidad, y utilizaban como variables ambientales la temperatura y la precipitación (Hii et al., 2012). En Tailandia durante el 2016 demostraron la importancia del papel que juega sobre la incidencia de dengue los rangos de infestación de mosquitos hembras de la estación anterior y los cambios de temperatura (Siriya-satien et al., 2016).

### *Indicadores sociales*

Países de América Latina y el Caribe utilizan los censos de población, registros administrativos, las encuestas por muestreo, como fuentes de datos para la construcción de indicadores sociales (Cecchini et al., 2005). Los cuales proporcionan datos cuantitativos importantes como: el crecimiento acelerado de la población humana, su concentración en áreas urbanas, movilidad humana, saneamiento básico, educación, vivienda, salud, pobreza y éstos han sido relacionados de acuerdo a varios autores con la consecuente proliferación de las enfermedades transmitidas por *A. Aegypti* (Maciel & Valle 2014, Rees et al. 2018, Castro et al. 2019, Barrera et al. 1995). La OMS plantea la solución para la prevención y control de los arbovirus de manera integral desde las determinantes sociales de la salud, que incluyan estrategias Inter programáticas y acciones intersectoriales con educación, vivienda, desarrollo, agua, saneamiento básico, medioambiente, agricultura y ganadería; necesarias para modificar los determinantes sociales y ambientales de estas enfermedades (Álvarez et al., 2018).

Según indica Mena (2011). En Costa Rica los factores asociados con la incidencia del dengue, determinaron la influencia de variables socioeconómicas, demográficas y entre otras, se organizaron en cuatro grupos de indicadores: demográficos, socioeconómicos, climáticos y geográficos. Los datos se analizaron por medio de

regresiones de Poisson simples y múltiples, la mayor incidencia del virus se localizó en la región costa, coincidiendo con algunas de las variables estudiadas como: temperatura, altitud y el índice de pobreza humana (IPH) siendo la más relevantes para explicar la incidencia del dengue (Mena et al., 2011).

La investigación de Spiegel et al. (2007). sobre los indicadores de riesgos sociales y ambientales asociados con la presencia de *A. Aegypti* se realizó en el centro de La Habana, un área de la ciudad densamente poblada caracterizada por viviendas superpobladas y servicio de agua irregular. Los participantes eran residentes de 278 casas con infestación y 556 casas sin infestación, el mayor riesgo de infestación se asoció con la falta de medidas preventivas, como la ausencia de larvicidas en los tanques de agua (OR  $\frac{1}{4}$  2.21) y el uso de floreros para la práctica religiosa. Las medidas para reducir la propagación del vector deberían enfocarse en el saneamiento de los contenedores de agua, optimizar las condiciones de las viviendas, además involucrar a los líderes religiosos de la comunidad para ayudar a promover practicas adecuadas para disminuir el hábitat ideal para este mosquito.

El trabajo de Hagenlocher *et al* (2013). Evaluó la vulnerabilidad de la población al contagio del virus dengue basado en un conjunto de indicadores socioeconómicos y demográficos derivados de datos censales y auxiliares. Mediante un enfoque estadístico para el modelado espacial de vulnerabilidad, utilizando un Sistema de Información Geográfica (SIG). Los resultados de ambos enfoques se evalúan comparativamente mediante estadísticas espaciales. Los barrios periféricos son caracterizados por una población de alta densidad y bajos ingresos con urbanización no planificada, incluidos los asentamientos ilegales a lo largo de las orillas del río. La pobre infraestructura de estos barrios puede dar lugar a canales de aguas residuales al aire libre, mientras que varios hogares utilizan cisternas de lluvia para beber agua. Por lo tanto, Existen amplias fuentes

de agua estancada (es decir, hábitats ideales para la cría de vectores) y por ende una alta vulnerabilidad al contagio.

En la ciudad de Delhi en 1995, se investigó el riesgo del dengue en función de factores socioculturales, ambientales y su posible relación espacial. Los datos se recopilaron de 37 muestras confirmadas de dengue a través de entrevista de 127 casos probables / sospechosos de incidencia de dengue. Los resultados indican que de 30 variables socio-económicas y variables culturales, se establecieron seis para el caso de estudio: (1) densidad de la vivienda, (2) la frecuencia de limpieza de los contenedores de almacenamiento de agua, (3) la frecuencia de limpieza de drenaje / basura, (4) jardín de la casa, (5) medida de protección contra mosquitos y (6) almacenamiento de agua. Estas contribuyen significativamente para las incidencias de dengue y están altamente correlacionadas con la incidencia de Dengue Fever (DF) / Dengue Fiebre Hemorrágica (DHF) / síndrome de choque del dengue (DSS). La correlación y la regresión son técnicas apropiadas para encontrar indicadores significativos de riesgo social que contribuyan a la enfermedad del dengue. El modelado del Sistema de Información Geográfica (SIG) se realizó para generar un mapa de riesgo de incidencias de dengue, con cuatro niveles de riesgo, es decir, riesgos sociales muy altos, altos, medios y bajos (Krishna Prasad, 1995).

#### *El Sistema Geográfico de Información (SIG)*

El Sistema Geográfico de Información (SIG) puede ser definido como un sistema de manejo de datos georreferenciados asistido por computadora, el cual integra el manejo (adquisición, almacenamiento y mantenimiento), el análisis (estadístico o espacial) y la muestra (gráficos, mapas) de datos geográficos (Parra, 2010). Desde 1960 se comenzaron a utilizar mapas por computadora y desde 1970 el uso de SIG fue reforzado por la mayor accesibilidad a las computadoras, por el paso de computadoras grandes a

minicomputadoras y por la creación de interfaces amigables. En 1998 ya se utilizaban SIG en temas de salud;(Carbajo, 2003).

Actualmente su uso se ha extendido a muchas disciplinas dentro y fuera de las relacionadas con salud, resulta insólito encontrar trabajos que consideren el espacio sin hacer uso de SIG. Es por esto que en países donde las enfermedades emergentes como: dengue, chikungunya y zika son un grave problema de salud se han utilizado estos métodos informáticos enfocados a la gestión de datos espaciales y así poder realizar un monitoreo, y a su vez esto ayudará en la toma de decisiones. Sin embargo, para combatir las enfermedades transmitidas por mosquitos, depende de esfuerzos cooperativos y comunicación entre funcionarios de salud y residentes. A continuación, se detallan algunos estudios realizados con este sistema.

Hay que destacar múltiples investigaciones de análisis espacial sobre enfermedades transmitidas por el vector *A. Aegypti*, que se han realizado mediante el uso del Sistema de Información Geográfica (Dom & Pradhan 2013, Arenas & Carvajal 2012, Siryasatien et al. 2016, Hii et al. 2012, Stewart-Ibarra et al. 2014, Dom et al. 2013, Zhou et al. 2019, Rey & Lounibos 2015, Farinelli, Baquero, Stephan, & Chiaravalloti-Neto, 2018). Algunos programas de control de dengue usan en particular el (SIG) para monitorear los datos diarios de vigilancia de mosquitos (Dickin & Elliott, 2014). Además, la creciente accesibilidad de alta resolución a imágenes satelitales, conjuntos de datos geoespaciales y plataformas ha hecho que países como Nicaragua utilicen esta tecnología de mapeo como una herramienta de gestión, mediante las imágenes de la Tierra obtenidas a través de Google han creado un mapa base para controlar áreas de infestación de mosquitos (Chang et al., 2009).

En el trabajo Desjardins & Delmelle (2018). utilizó la estadística de exploración

de espacio-tiempo univariante de Kulldorff (STSS) para identificar y comparar estadísticamente grupos significativos de espacio-tiempo de chikungunya y dengue en Colombia durante los brotes del 2015 y 2016. También utilizaron el STSS multivariado para examinar las coincidencias entre los arbovirus, lo cual es crucial para identificar regiones que pueden tener mayor carga de enfermedades de transmisión vectorial (ETV). El análisis exploratorio puede ayudar a los funcionarios de salud a priorizar la asignación de recursos para mitigar futuros brotes. En el estudio Dom (2013) consolidaron los datos meteorológicos y el patrón de uso de la tierra utilizando datos geográficos (SIG) y sus componentes como herramienta analítica. Las variables climáticas (humedad relativa, temperatura y precipitación) tienen correlación significativa con la incidencia del dengue con variación estacional. Además del uso del suelo, la incidencia de dengue muestra la mayor distribución en el área residencial.

Bohra (2001), aplicaron el SIG en la modelación del riesgo de dengue sobre datos socioculturales, en un área endémica de dengue llamado Jalore en el estado de Rajasthan, India. Los datos fueron recolectados a través de entrevistas personales, de 77 hogares, seleccionados al azar (infectados y no infectados). Los resultados indicaron que, de sesenta variables socioeconómicas y socioculturales, solo dieciséis se correlacionaron significativamente a un nivel de 0.5 y 0.1 y de estas solo ocho se utilizaron en el modelo de regresión gradual; (1) frecuencia de días de limpieza de contenedores de almacenamiento de agua, (2) patrón de alojamiento, (3) uso de evaporación enfriador, (4) frecuencia de limpieza del evaporador, (5) protección de contenedores de almacenamiento de agua, (6) medidas de protección contra mosquitos, (7) frecuencia de suministro de agua y (8) frecuencia de eliminación de residuos. A través del SIG se ha vinculado el modelo espacial con indicadores socioculturales y con los datos de la enfermedad realizando un análisis factorial discriminante y espacial con los ocho

indicadores, se identificaron cinco niveles de riesgo de incidencia de dengue: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto. Este estudio contribuiría significativamente a la predicción espacial de los niveles de riesgo social en Jalore.

En Ecuador, en 1946 se inició la campaña de erradicación del vector la cual surtió efecto, pero se determinó una nueva infestación por *A. aegypti* en la provincia de Manabí en 1977, esto se generó por factores de riesgo determinantes como: un inadecuado sistema de vigilancia y control vectorial, falta de programas de control vectorial, indicadores ambientales ideales para la proliferación como: latitud, altitud, temperatura ambiente, humedad relativa, precipitación (OPS/OMS, 2003). Ciertos indicadores sociales también han contribuido a la existencia de criaderos del vector como: densidad de la población, urbanización no planificada, abastecimiento de agua con disponibilidad intermitente, no eliminan la basura a través del carro recolector y por ende presencia recipientes que sirven como criaderos del vector principalmente en la temporada de lluvias (OPS/OMS, 2007). En 1988 en la costa sur se registró el primer brote epidemiológico del dengue y cada año se registren nuevos casos de la enfermedad (Stewart-Ibarra et al., 2014b). En el año 2013 se registró el primer caso del virus chikungunya en Ecuador, en la provincia de Loja y en el 2014 se detectó el primer caso autóctono en la provincia de Manabí (MSP, 2014). En el 2015 se notificaron dos casos importados de Zika y en el 2016, se registraron los dos primeros casos autóctonos confirmados de Zika en Ecuador, uno en la ciudad de Guayaquil y otro en Portoviejo, (MSP, 2017).

Como hipótesis de esta investigación se espera encontrar una correlación directa entre indicadores sociales como: forma de eliminación de basura, almacenamiento inadecuado de agua, carencia de seguro de salud social o privado, analfabetismo, falta de servicios sanitarios y pobreza, sobre la distribución en el territorio espacio temporal de enfermedades (dengue, chikungunya y zika) transmitidas por *A. Aegypti* en la región costa

del Ecuador.

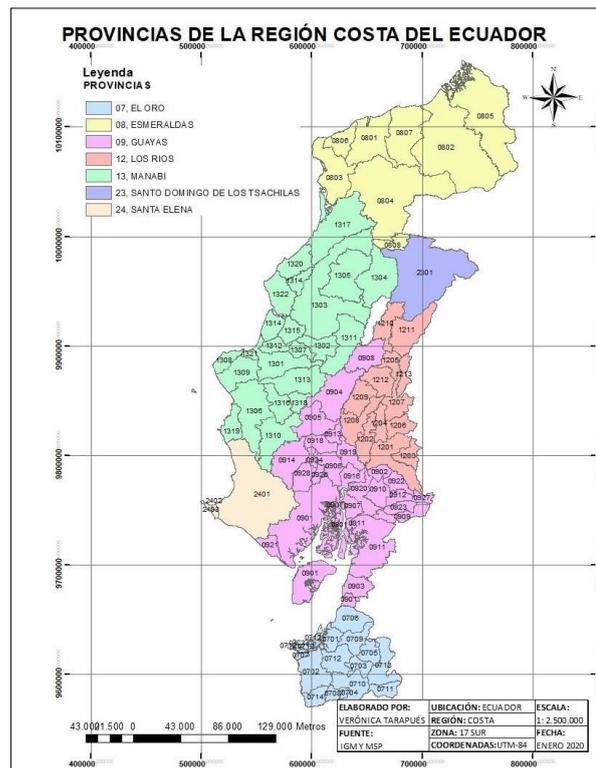
Para este estudio se planteó un objetivo principal el cual fue analizar la correlación espacial entre los indicadores sociales sobre la distribución en el territorio espacio temporal de enfermedades transmitidas por *A. Aegypti* en la región costa del Ecuador. Específicamente busca determinar la distribución espacial de la incidencia del dengue, chikungunya y zika y distribución espacial de los indicadores sociales en la región costa mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), además comparar la dinámica espacio-temporal de las tasas de incidencia del dengue, chikungunya y zika y su relación con los índices de los indicadores sociales en la región costa. A través del cual se desarrollarán funciones orientadas a la distribución del dengue, chikungunya y zika en el espacio geográfico nacional y el establecimiento de relaciones entre la información estadística y descriptiva con el espacio geográfico, dando origen a la integración, el análisis y la interpretación de información.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### *Área geográfica*

El área de estudio es la región costa del Ecuador (Fig. 2), conformada por siete provincias y 86 cantones. Tiene un área de 70.647 km<sup>2</sup>, con una densidad poblacional 8'496.542 habitantes (INEC, 2010). Fue elegida como área de estudio ya que tiene el mayor número de casos ETV de las regiones del Ecuador, de acuerdo al Sistema de Vigilancia Epidemiológica (SIVE) del Ministerio de salud que contiene la información de casos con diagnóstico confirmado de dengue, chikungunya y zika.

Figura 2. Mapa del área de estudio; región costa del Ecuador.



### *Fuente de datos de enfermedades e indicadores sociales*

El Ministerio de Salud Pública del Ecuador tiene el Sistema de Vigilancia Epidemiológica (SIVE), allí se recopila información sobre los casos sospechosos de arbovirosis, tanto en servicios públicos como privados. Para realizar la distribución espacial de la incidencia de las enfermedades generadas por el vector *A. Aegypti*, se tomaron los casos de los años (2013 - 2018) sin tomar los casos del 2014 ya que eran insignificantes. La base de datos depurada se migró al Sistema de Información Geográfica (SIG). A través del SIG se desarrolló la distribución espacial del dengue, chikungunya y zika en el espacio geográfico de la región costa y el establecimiento de relaciones entre la información estadística y descriptiva, dando origen a la integración, el análisis y la interpretación de información (Carbajo, 2003).

También se tomaron los datos del censo de población 2010, que constituye la fuente más común de información sobre el volumen de la población y su distribución

geográfica, la cual se encuentra dada por cantones, para esta investigación específicamente se escogieron nueve indicadores sociales que se relacionan directamente con el tema (Tabla 2). Estas respuestas se transformaron a datos binarios para hacer este estudio (INEC, 2010).

Tabla 2. Nueve indicadores sociales tomados del censo de población 2010, para el estudio de caracterización de correlación con enfermedades transmitidas por el vector *A. Aegypti*.

CENSO 2010	PREGUNTAS	NIVEL
HOGAR	H03. ¿El servicio higiénico o escusado que dispone el hogar es?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. De uso exclusivo</li> <li>2. Compartido con varios hogares</li> <li>3. No tiene</li> </ol>
	H06. ¿Principalmente, el agua que toman los miembros del hogar?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La beben tal como llega al hogar</li> <li>2. La hierven</li> <li>3. Le ponen cloro</li> <li>4. La filtran</li> <li>5. Compran agua purificada</li> </ol>
POBLACIÓN	P07. ¿Tiene seguro de salud privado?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Si</li> <li>2. No</li> <li>3. Se ignora</li> </ol>
	P19. ¿Sabe leer y escribir?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Si</li> <li>2. No</li> </ol>
	P23. ¿Cuál es el nivel de instrucción más alto al que asiste o asistió?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ninguno</li> <li>2. Centro de alfabetización</li> <li>3. Pre escolar</li> <li>4. Primaria</li> <li>5. Secundaria</li> <li>6. Educación básica</li> <li>7. Educación media</li> <li>8. Ciclo postbachillerato</li> <li>9. Superior</li> <li>10. Postgrado</li> </ol>
	P35. ¿Seguridad Social aporta o es afiliado?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Seguro ISSFA</li> <li>2. Seguro ISSPOL</li> <li>3. IESS Seguro general</li> <li>4. IESS Seguro voluntario</li> <li>5. IESS Seguro campesino</li> <li>6. Es jubilado</li> <li>7. No aporta</li> </ol>

VIVIENDA	V07. ¿De dónde proviene principalmente el agua que recibe la vivienda?	8. Se ignora 1. De red pública 2. De pozo 3. De rio, vertiente, canal. 4. De carro repartidor 5. Agua lluvia
	V13. ¿Principalmente como elimina la basura?	1. Por carro recolector 2. La arrojan en terreno baldío 3. La queman 4. La entierran 5. La arrojan a río 6. De otra forma
	Pobreza	1. No pobres 2. Pobres

### *Análisis de datos*

Posterior a esto se realizó la integración de la incidencia del dengue, chikungunya y zika causado por los indicadores sociales y permitió realizar el análisis y la interpretación de la información mediante tecnología de referencia de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y las herramientas de correlación estadística. Todo esto como resultado de las diferentes soluciones que brindan los SIG para capturar, manipular, recuperar, modelar y presentar datos referenciados geográficamente.

### **La herramienta de análisis de conglomerados y valores atípicos (Anselin Local Moran's I)**

El I. de Moran local varía entre -1 y +1, representando el grado de correlación del indicador de una unidad territorial con los indicadores de sus vecinas. La estadística I de Moran local asigna clústeres locales y valores atípicos. Basado en el local Moran's I, un área geográfica se puede clasificar en cinco categorías: una agrupación estadísticamente significativa de valores altos (alta-alta), un cluster de valores bajos (baja-baja), un valor atípico en que un valor alto que está rodeado de valores bajos (alta-baja), otro valor atípico

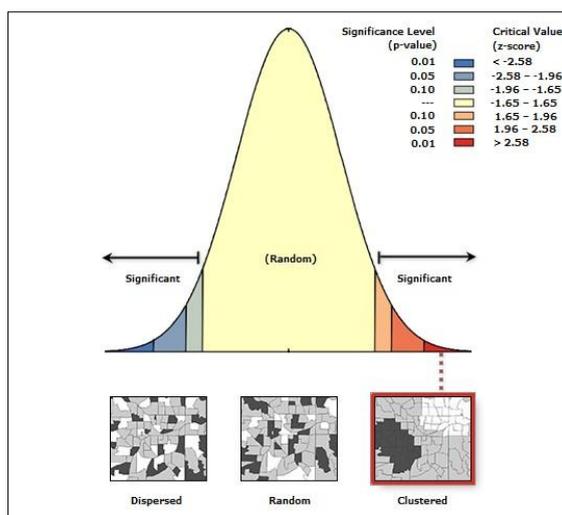
en que un valor bajo esta rodeado por valores altos (bajo-alto) y no significativo. Las áreas alto-alto en este estudio se definen como áreas epidémicas (Zhou et al., 2019). Ya que allí se concentran las enfermedades transmitidas por el vector *A. aegypti*.

### La herramienta Autocorrelación espacial (I de Moran Global)

Es una estadística deductiva, lo que significa que los resultados del análisis siempre se interpretan dentro del contexto de la hipótesis nula. Para la estadística I de Moran, la hipótesis nula establece que el atributo que se analiza está distribuido en forma aleatoria entre las entidades del área de estudio; es decir, los procesos espaciales que promueven el patrón de valores observado constituyen una opción aleatoria y devuelve cinco valores: el índice de Moran varía entre -1 y +1, el índice esperado, la varianza, la puntuación z y el valor P. El I de Moran Global representa una estadística resumen que indica la intensidad de autocorrelación entre grupos de unidades territoriales, pero no identifica el patrón de estas relaciones espaciales.

Figura 3. La herramienta Autocorrelación espacial (I de Moran Global)

Fuente: (ArcGIS, 2020)



## **Correlación Estadística**

La correlación estadística se utiliza para indicar la relación recíproca y medir la significación del grado o intensidad que se da entre dos o más variables aleatorias. En probabilidad y estadística la correlación es aquello que indica la fuerza y dirección lineal que se establece entre dos variables. El coeficiente de correlación es alto cuando el grado de asociación es alto (cerca de +1 o -1) y pequeño cuando es bajo cerca de 0 lo cual sugiere que la correlación es débil o no hay relación entre 2 variables, independientemente de las unidades en que se miden las variables.

## **Análisis de componentes principales**

El método de componentes principales tiene por objeto transformar un conjunto de variables, a las que se denomina variables originales, estos nuevos ejes se denominan componentes principales (factores, variables latentes o incluso vectores propios). Estas se caracterizan por estar incorrelacionadas entre sí y, además, pueden ordenarse de acuerdo con la información que llevan incorporada (Fernández, 2011).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Según los datos epidemiológicos notificados del DENV, CHIKV y ZIKV por el Sistema de Vigilancia epidemiológica al Ministerio de Salud Pública en el periodo comprendido entre el año 2013-2018 de la región costa del Ecuador, se seleccionaron los datos de los cantones de la región, la cual fue el área de estudio analizada. El total de casos obtenidos fueron: 40677 de los cuales 663 contagios se produjeron en el año 2013, 32600 en el año 2015, 4770 en el año 2016, 2577 en el año 2017 y 67 casos en el año 2018 tal como se presenta en la (Tabla 3.).

Tabla 3. Datos notificados de DENV, CHIKV y ZIKV en la región costa del Ecuador en el periodo 2013-2018.

	DENV	CHIKV	ZIKV	CASOS POR AÑO
2013	663	-	-	663
2014	-	-	-	0
2015	1288	31312	-	32600
2016	414	1490	2866	4770
2017	131	135	2311	2577
2018	55	3	9	67
PERIODO				
2013-2018	2551	32940	5186	40677

#### *Análisis de conglomerados y valores atípicos (Anselin Local Moran's I)*

Posteriormente, se generó elementos que caractericen y relacionen la información estadística y descriptiva con el espacio geográfico, mediante el uso del ArcGIS se obtuvo la distribución espacial a escala 1:50.000 de la incidencia del total de casos de enfermedades transmitidas por *A. Aegypti* en la región costa en los años (2013-2015-2016-2017-2018) y un sexto mapa que es la sumatoria de todos los casos en el periodo 2013-2018. (Fig.4). En el año 2013 los valores altos se registraron en el cantón Machala, los casos reportados solo fueron del dengue de acuerdo a la base de datos entregada MSP, siendo el serotipo más prevalente el DEN1 con un 25%, el DEN2 con un 70% y el DEN4 con un 18% (Cotto et al., 2017), los valores atípicos se registraron en los cantones Portoviejo, Empalme, Babahoyo y Salitre, los lugares donde se registraron las agrupaciones bajas fueron en los cantones de Chone, Sucre. A finales del 2013 los casos bajaron ya que el MSP implementó la campaña denominada “Mi Familia Contra el Dengue” uno de los objetivos fue usar un biolarvicida biológico y la eliminación de los depósitos no útiles, así como el desarrollo de otras actividades sanitarias complementarias y el recorrido de brigadas, dando buenos resultados.

En cambio, para el año 2015 se realizó el análisis del dengue y chikungunya y los

valores más altos de la incidencia de estas enfermedades se generaron en los cantones; San Lorenzo, Eloy Alfaro, Atacames, Quinindé, Muisne, Esmeraldas y Rio Verde, siendo el año con más casos de ETV: 1288 casos de dengue siendo el serotipo más prevalente el DEN1 con un 75%, el DEN2 con un 19% y el DEN4 con un 5% (Cotto et al., 2017) y 31312 casos del virus CHIKV por el brote epidemiológico que inicio ese año, los valores atípicos se registraron en Guayaquil, Empalme y Quinsaloma, los conglomerados bajos se registraron en Santa Elena, Piñas, Palenque, Santa Lucia. Este brote epidemiológico se generó ya las personas no colaboraron haciendo una limpieza correcta de sus hogares y destruir los criaderos del mosquito *A. Aegypti*. Otro factor fue la movilidad humana de Colombia por ser un país que presentó una transmisión autóctona (OPS, 2016).

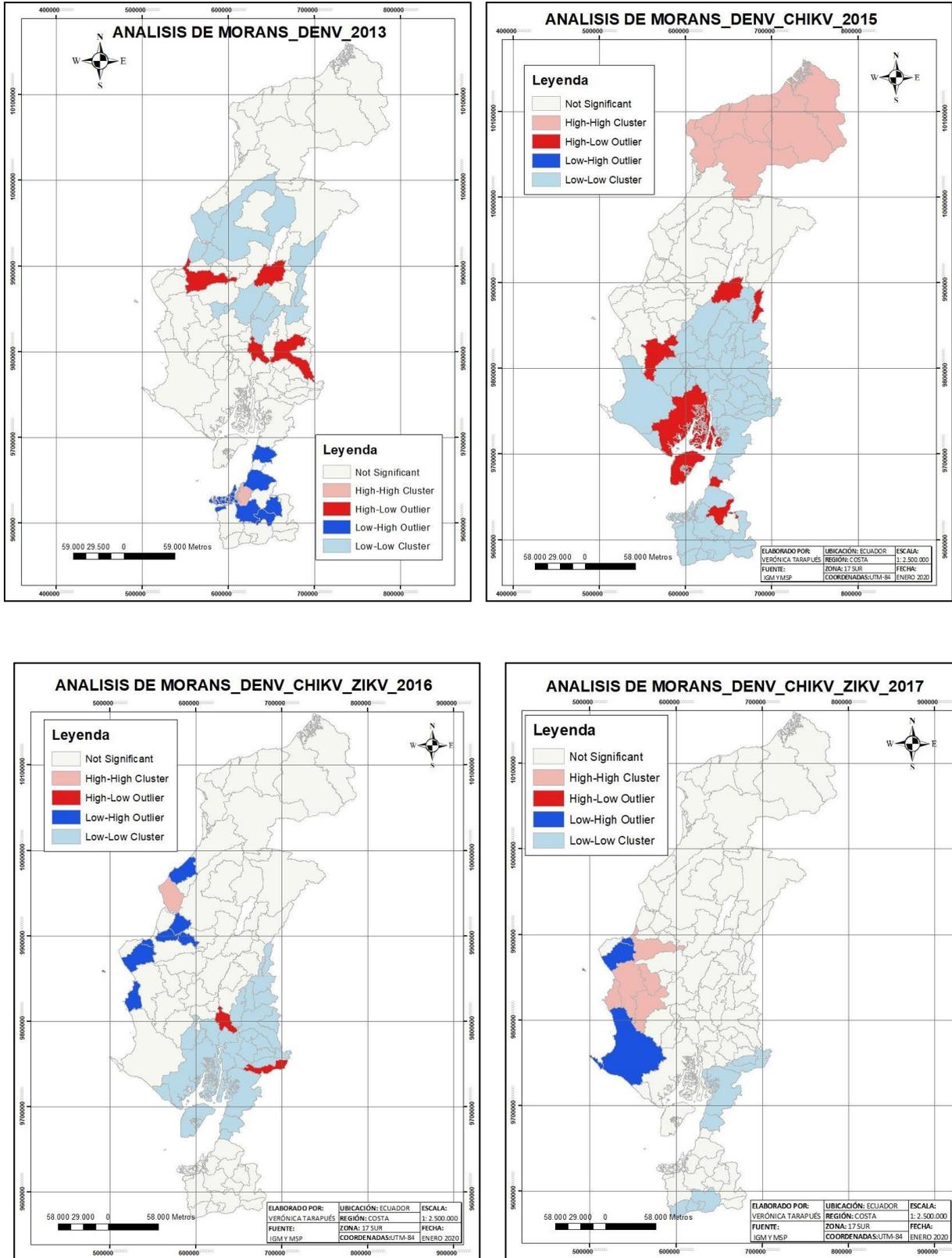
A partir del 2016 se registraron las tres enfermedades transmitidas por *A. Aegypti*; DENV, CHIKV y ZIKV, el agrupamiento de valores más altos se observa en cantón San Vicente ubicado en la provincia de Manabí, los valores atípicos se registraron en Tosagua, Rocafuerte, Junín, Montecristi y Puerto López, los valores más bajos se registraron en parte de la provincia de Guayas y Los Ríos, existiendo valores atípicos en los cantones de Salitre y el Triunfo. Este año se registró el brote epidemiológico del Zika, la provincia más afectada fue Manabí, esto se debió a la actividad turística que se impulsó y la movilidad humana. Además este año se registró la prevalencia del dengue: de los serotipos 1,2 y 4 (Real et al., 2017).

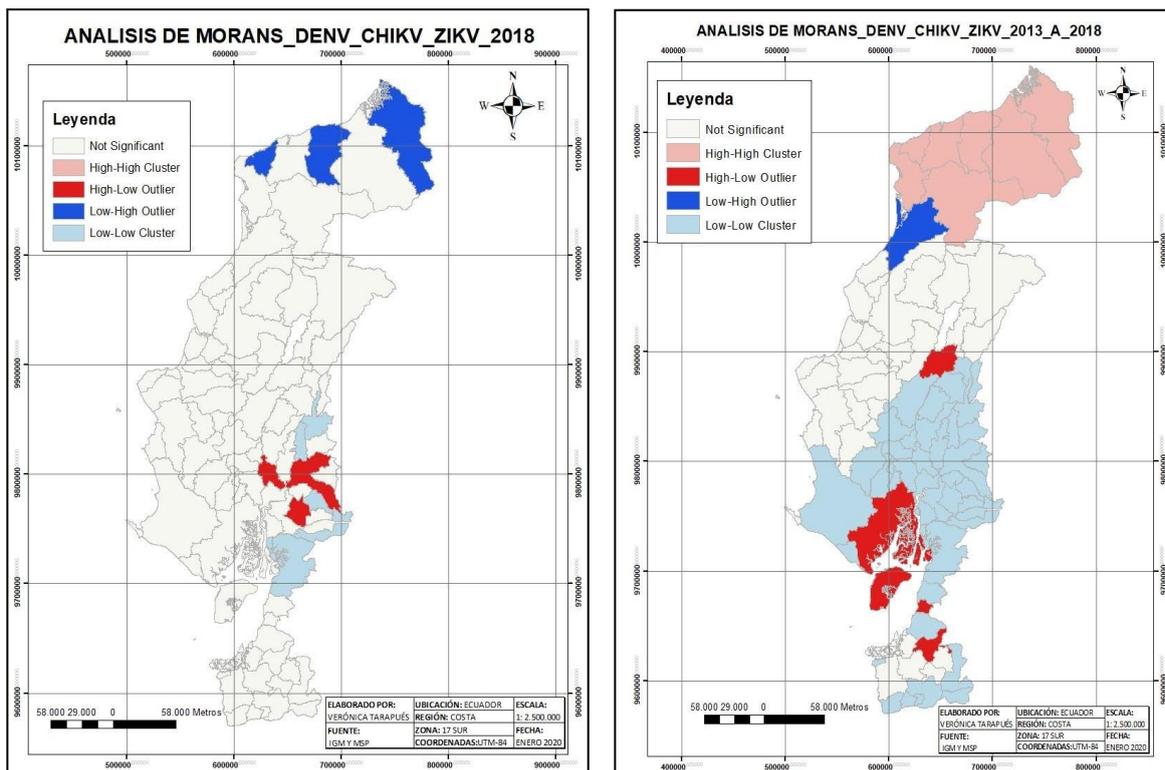
En el año 2017 las agrupaciones con valores altos se registran en la provincia de Manabí en gran parte esto se debió a la circulación de los serotipos DEN1 y DEN2, específicamente en los cantones; Portoviejo, Jipijapa, Puerto López y 24 de Mayo y los valores atípicos se registraron en el cantón Montecristi y en Santa Elena. Para que este año se registraran alrededor de 2500 casos, la época invernal y el colapso de los servicios básicos incidieron en la proliferación de mosquitos, especialmente en las zonas afectadas

por el sismo de abril del 2016 (UNICEF, 2017). En este año hubo una disminución de los casos de Zika, pero en varios países de la Región del Pacífico Occidental se notificaron brotes de dengue, así como la circulación de los serotipos DEN1 y DEN2 (OMS/2017). En el 2018 se registró agrupamientos con valores altos, en ese año bajaron los casos reportados a nivel de toda la región y de América latina.

El mapa de la sumatoria de todos los casos de ETV, desde el 2013 al 2018 los resultados fueron los siguientes: valores más altos de la incidencia de estas enfermedades se generaron en los cantones; San Lorenzo, Eloy Alfaro, Atacames, Quinindé, Muisne, Esmeraldas y Rio Verde, el agrupamiento con valor atípico se registró en Pedernales, los valores más bajos se registraron en los cantones del sur de la región costa, específicamente ubicados en las provincias de Los Ríos, Guayas y el Oro. Los valores atípicos se registraron en los cantones: Pasaje, Guayaquil y Empalme. La situación epidemiológica de los años estudiados demuestra que en el caso del dengue hay los 4 serotipos en circulación, los cuales están registrados en las provincias de la costa.

Figura 4. Análisis de Morans de dengue, chikungunya y zika desde el año 2013 al 2018.





También se obtuvo información estadística y descriptiva de la distribución espacial a escala 1:50.000 de los nueve indicadores sociales seleccionados para este estudio, cada indicador social se comparó con el sexto mapa que es la sumatoria de las enfermedades transmitidas por *A. Aegypti* como: dengue, chikungunya y zika en la región costa en el periodo (2013-2018) (Fig.5). Se espera analizar la dinámica, espacio-temporal.

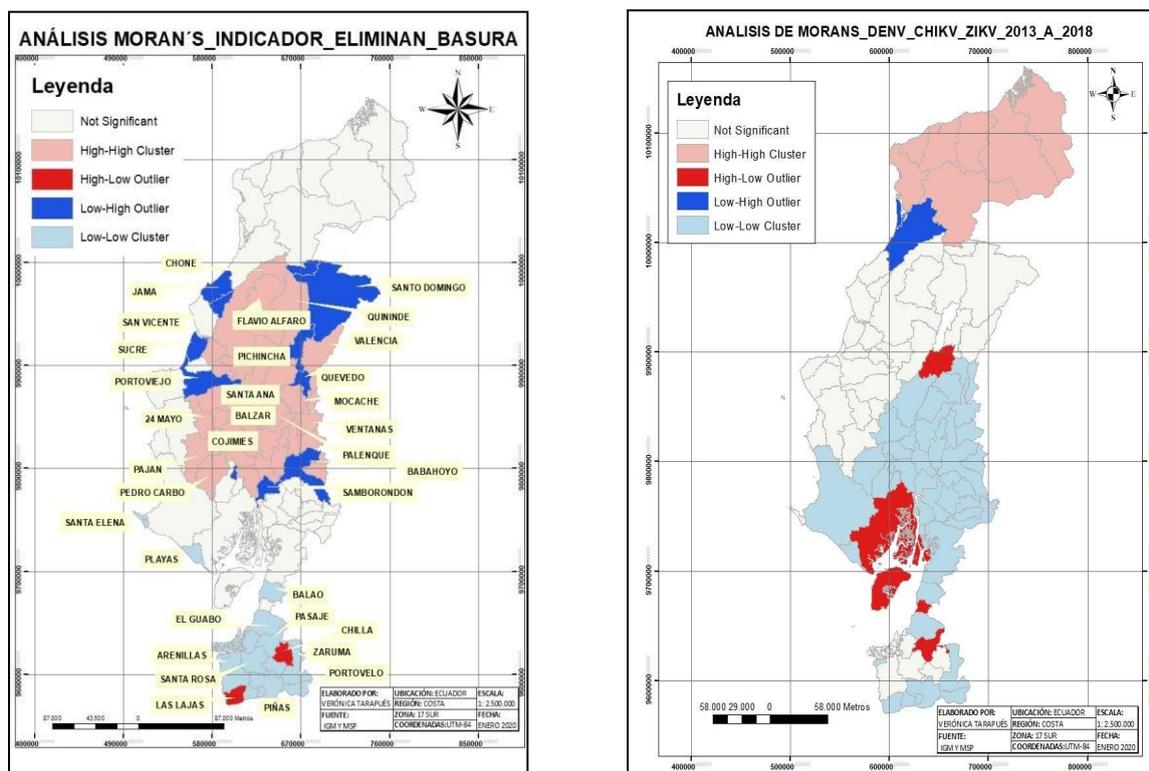
### Eliminar basura

El cluster que se forma en la provincia de Manabí por los cantones: Flavio Alfaro (66%), Pichincha (74%), Bolívar (48%), Santa Ana (60%), 24 de Mayo (70%), Paján (74%), Vinces (59%), indica que las viviendas no tienen un buen servicio de recolección de basura, por lo que en su mayoría proceden a quemar la basura, arrojarla en terreno baldío y botarla al río, generando un hábitat de reproducción acuática del vector, conduciendo a una mayor abundancia de mosquitos y tasas de picaduras. Dentro de este cluster hay un valor atípico, es fácil identificar ya que este cantón está ubicado en la

Provincia de Santo Domingo, esto indica que en aquella provincia maneja mejor este servicio mediante vehículos recolectores. El conglomerado más bajo se registra en la provincia de El Oro, específicamente en los cantones: El Guabo (12%), Machala (8%), Atahualpa (17%), Piñas (17%), esto indica que hay un buen sistema de recolección de basura, pero cuyo destino final son botaderos a cielo abierto, donde puede existir o no rellenos sanitarios y que son ubicados en las afueras de la ciudad, provocando mayor vulnerabilidad de impacto ambiental a las zonas rurales. Aquí existe un valor atípico en el cantón Chilla ya que más de la mitad de la población quema o bota al terreno baldío la basura (64%). Esto se debe a que el cantón Chilla ha pasado por varias décadas en el abandono por parte de las autoridades ya que la población es pequeña con tan solo 2484 habitantes de acuerdo al censo 2010.

En la provincia de El Oro se producen 438.381 Kg/día de desechos sólidos, siendo el cantón Machala el mayor generador con 179.559 Kg/día y el cantón Chilla el menor con 1.813,32 Kg/día. En este mapa no existe una correlación entre este indicador social y los casos de enfermedades transmitidas por el vector, siendo Manabí la provincia que tiene problemas con la eliminación de la basura, pero no es donde se han registrado el mayor contagio por ETV a nivel de la región costa. Esto se debe al brote epidemiológico del virus chikungunya en 2015. Pero según Rodríguez (2002), la falta de control de residuos sólidos genera el problema de criaderos de *A. Aegypti*, los cuales se reproducen en recipientes, botellas, llantas, en basureros clandestinos y en las orillas de las carreteras.

Figura 5. Análisis de Morans del indicador cómo eliminan basura vs. enfermedades dengue, chikungunya y zika 2013 a 2018.



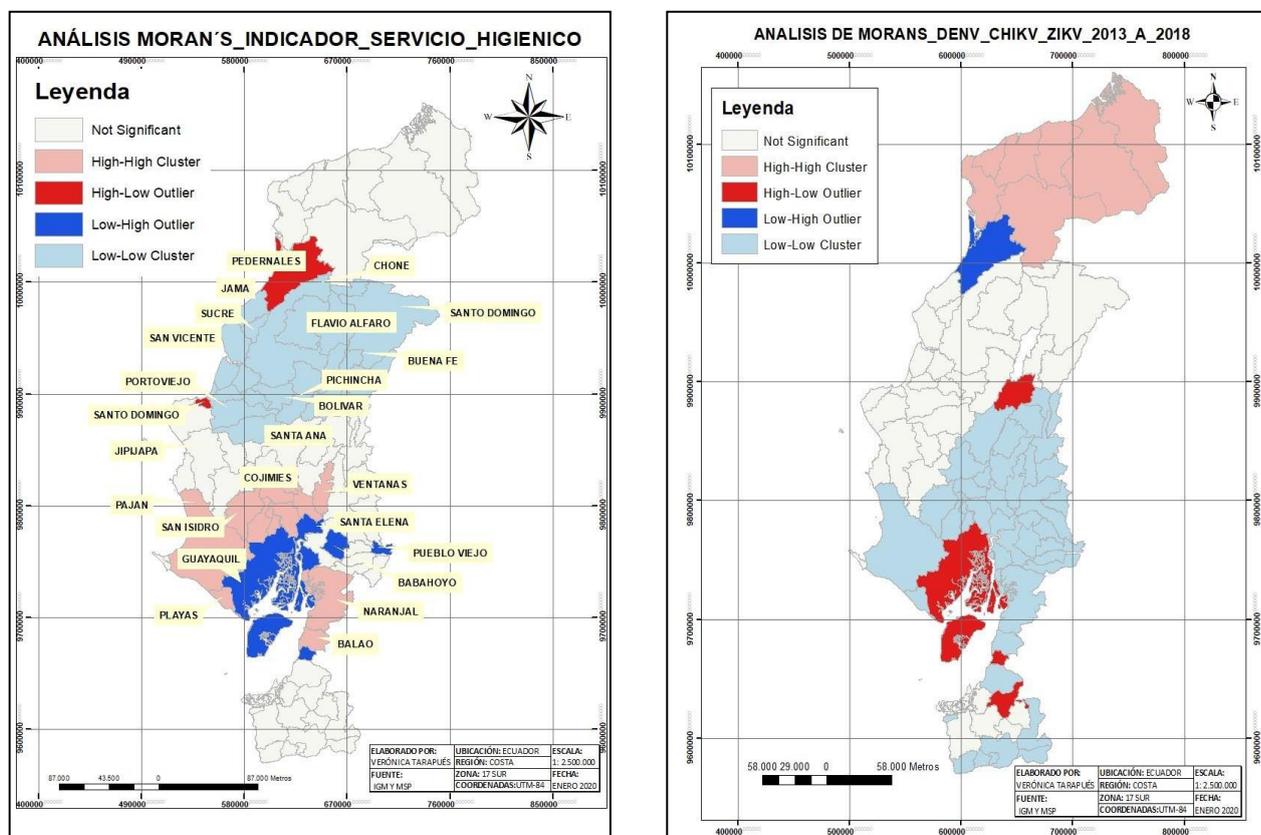
### El servicio higiénico no es exclusivo.

Se forma un clúster alto en el cantón de Santa Elena, provincia de Santa Elena, en el cantón Vinces perteneciente a la provincia de los Ríos, en los cantones, Colimes, San Isidro, Ventanas, Playas, Naranjal de la provincia de Guayas ya que el 32 % de la población no tienen servicio higiénico o comparte. Los cantones que forman parte de la provincia de Manabí forman un conglomerado bajo, eso indica que solo el 12% aproximadamente no tienen servicio higiénico exclusivo. Existen valores atípicos en el cantón Guayaquil y Durán, donde el 90% de los hogares tiene servicio higiénico de uso exclusivo, esto se da porque en la zona 8 existen 12 distritos administrativos, de los cuales dos corresponden a los cantones Durán y Samborondón, y 10 al cantón Guayaquil; de estos últimos, nueve son urbanos y uno rural, siendo el sector rural donde en su mayoría no tienen servicio higiénico.

Las enfermedades del dengue, chikungunya y zika, durante los años 2013, 2015,

2016, 2017, 2018 han sido frecuentes en la provincia de Manabí, específicamente en los cantones Puerto Lopez, Rocafuerte y Portoviejo, pero no se refleja los cluster en el mapa de la sumatoria, ya que no ha sido un número significativo en comparación al brote de chikungunya que es por lo que forma el cluster más alto en la provincia de Esmeraldas. Los cluster más bajos se registran en la región sur de la costa como son parte de Guayas, Santa Elena y El Oro. Con valores atípicos Guayaquil (valores altos rodeados de valores bajos) en el cantón Guayaquil. Otros valores atípicos (un valor atípico en el que un valor alto está rodeado de valores bajos) se registran en la provincia de Manabí específicamente Enel cantón de Pedernales. Realizando la correlación entre este indicador y la sumatoria de enfermedades se puede ver perfectamente que la falta de un servicio higiénico no incide con la proliferación de enfermedades transmitidas por el vector.

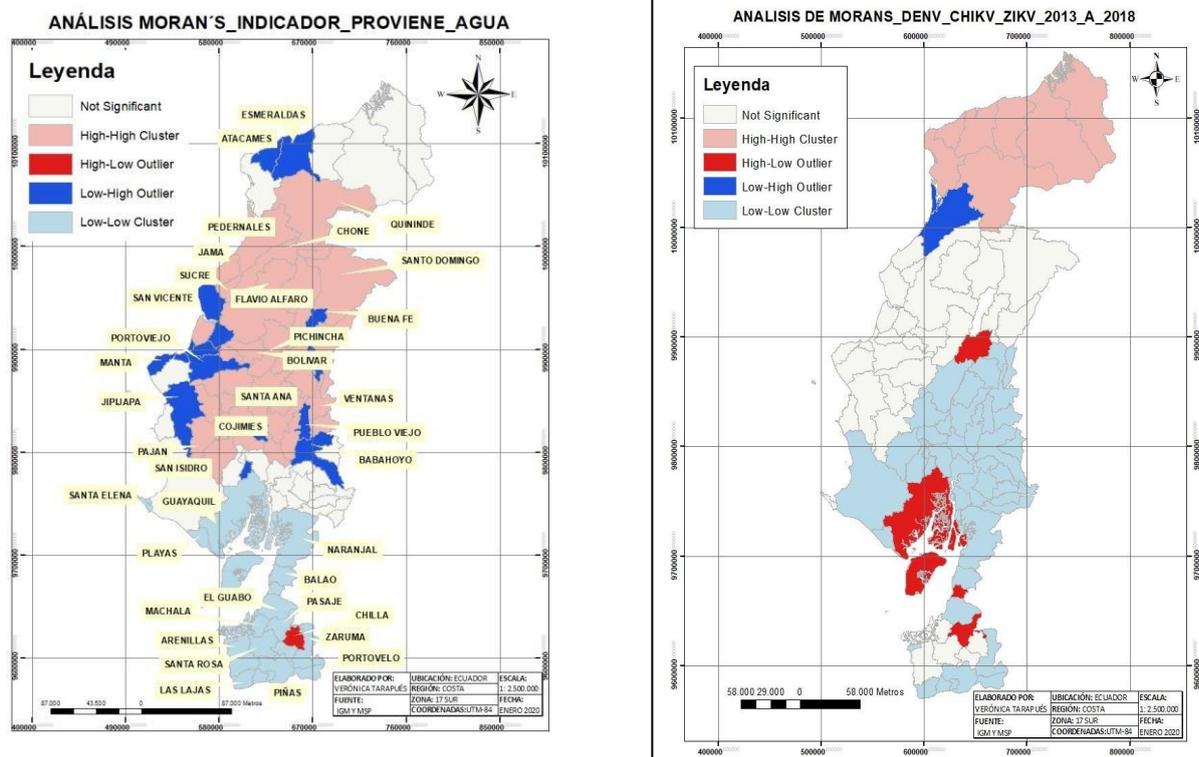
Figura 6. Análisis de Morans del indicador servicio higiénico no es exclusivo vs. enfermedades dengue, chikungunya y zika 2013 al 2018.



### **De dónde proviene el agua**

La presencia de poblaciones de *A. Aegypti* se debe a la falta de suministros de agua por red pública constante, lo cual obliga a la población a guardar en recipientes, tanques, lavanderías, al realizar un almacenamiento inadecuado se convierte en un ambiente ideal para la proliferación del vector (Jansen & Beebe, 2010). El conglomerado más alto indica que el agua no proviene de la red pública. Para abastecerse de agua la toman de un pozo o río, vehículos repartidores o la lluvia. Los cantones que tienen estos problemas son: Quinindé (69%), Pedernales (77%), Chone (62%), Pichincha (80%), Bolívar (75%), Balzar (66%), Pedro Carbo (76%), Paján (80%), Baba (77%), Vinces (62%), Mocache (69%), Siendo valores atípicos los reflejados en los cantones: Esmeraldas, Quevedo y Manta. El cantón Bolívar tiene la mayor reserva de agua de la provincia, más de 400 millones de metros cúbicos en el embalse de La Esperanza, pero sólo el 17,85% de los hogares se abastece de agua de la red pública; mientras que el resto, eso es el 67,54% lo hace de pozos construidos en los domicilios. El conglomerado más bajo se da en la provincia de El Oro, en los cantones (Pasaje, El Guabo, Machala, Piñas, Balsas y Las Lajas) teniendo un porcentaje de (22%) y el cantón Guayaquil (14%). En relación con la incidencia de las enfermedades se observa que los cluster se forman en la provincia de Manabí.

Figura 7. Análisis de Morans del indicador de donde proviene el agua vs. enfermedades dengue, chikungunya y zika 2013 al 2018.

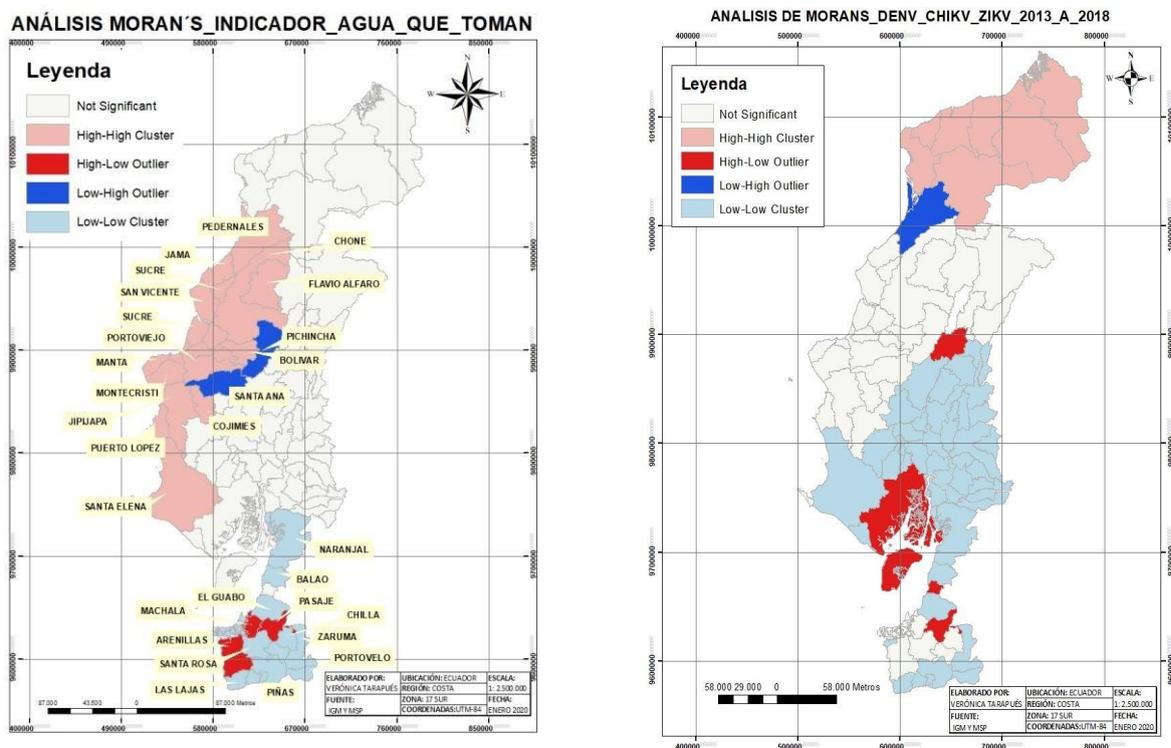


## Agua que toman

El conglomerado formado en la provincia de Manabí por los cantones: Pedernales, Jama, San Vicente, Sucre, Tosagua, Portoviejo, Montecristi, Manta, Jipijapa indica que 90% toman el agua tal como llega al hogar de acuerdo al censo del 2010. Esto implica que tienen mayor probabilidad de adquirir enfermedades intestinales y a su vez se les baja las defensas y adquieren otros virus. El clúster con valores bajos está ubicado en la provincia del Oro en los cantones: Las Lajas, Balsas, Atahualpa, Zaruma esto indica que tienen más cuidado a la hora de tomar el líquido vital, ya que en algunos casos la hierven, colocan cloro, la filtran o compran agua purificada. También indica que tienen mayor poder adquisitivo para poder realizar estas cosas. El cantón Chilla es un valor atípico dentro del conglomerado en la provincia esto se da porque este cantón es considerado uno de los más pobres de la provincia por el constante abandono de las autoridades. No hay una relación del indicador social de dónde toman los miembros del hogar el agua, la

hierven, toman tal cual como llega (In Situ), le ponen cloro, filtran o compran agua purificada con la incidencia de ETV. Por naturaleza el agua tiene muchos seres vivos, los cuales pueden ser inofensivos o incluso beneficiosos pero otros pueden causar enfermedades por consumo como el colera, tifoidea, o relacionadas con la higiene como la sarna, o en otros casos transmisión por un vector, los cuales pueden vivir o reproducirse en el agua y generar enfermedades como dengue, chikungunya y zika (CAWST, 2011).

Figura 8. Análisis de Morans del indicador del agua que toman vs. enfermedades dengue, chikungunya y zika 2013 al 2018.

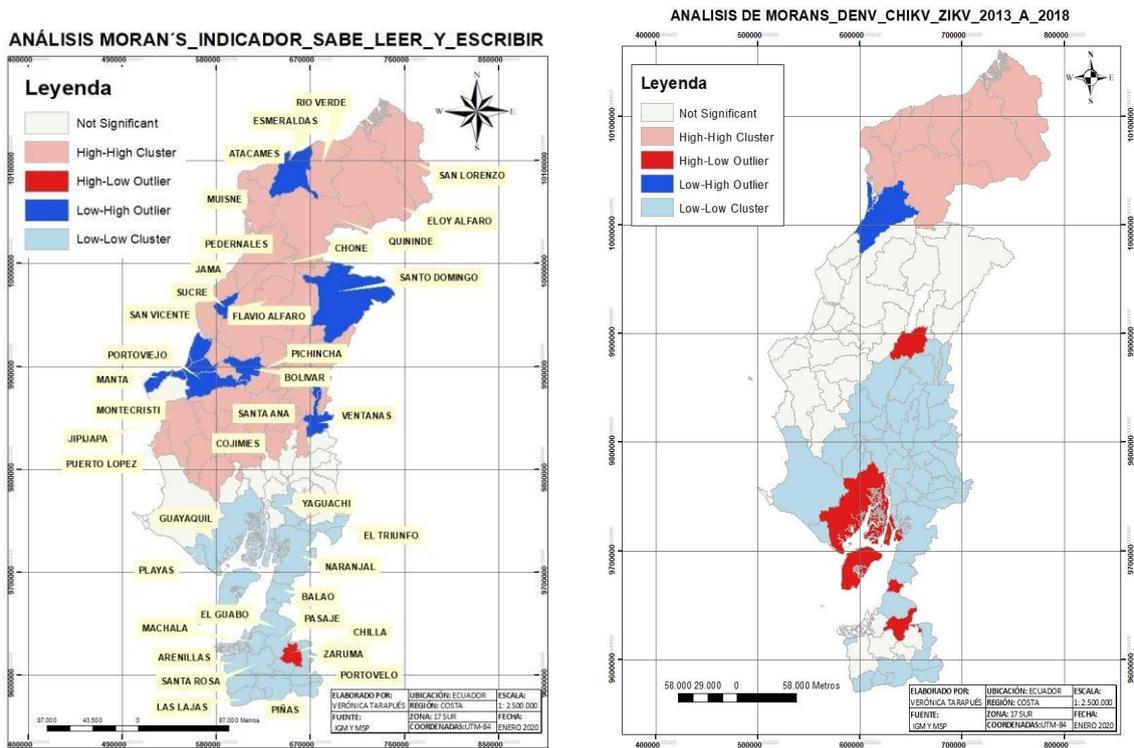


## Sabe Leer y Escribir

El conglomerado más alto se forma en la provincia de Esmeraldas, Manabí y Guayas específicamente en Esmeraldas en los cantones: San Lorenzo (18%), Eloy Alfaro (19%), Rio Verde (17%), Muisne (16%); Manabí en los cantones: Pedernales (18%), Flavio Alfaro (14%), Pichincha (20%), Santa Ana (17%), 24 de Mayo (18%), Paján (20%); Guayas en los cantones: Empalme (12%), Balzar (15%), Palenque (18%), Colimes

(17%), Pedro Carbo (16%), en estos cantones estos porcentajes no saben leer y escribir; eso indica que aún existe analfabetismo en el país de acuerdo al censo 2010. En este conglomerado el valor atípico se da en las capitales provinciales: cantón Esmeraldas, Portoviejo y Santo Domingo, esto es fácil analizar ya que al ser urbanas y ser las capitales reciben más atención de las autoridades y que de los otros cantones las personas con educación migran para tener mejores oportunidades de trabajo. La provincia del Oro maneja un buen programa de alfabetización, siendo el conglomerado más bajo de la región costa, donde no saben leer y escribir solo un (5%). Este indicador está relacionado con los casos de dengue, chikungunya y zika ya que la población necesita saber leer para poder informarse de las campañas escritas que genera el MSP sobre estos virus y cómo evitar los mismos. Según Hoyos , Pérez, & Hernández ( 2011) No tener nivel de instrucción escolar coincide por lo general con el desconocimiento acerca de las ETV, sus mecanismos de transmisión y prevención y se une a esto la falta de acciones de prevención y promoción. Y por ende tienen mayor impacto en aquellas poblaciones de bajos recursos económicos donde existe mayor probabilidad de condiciones para la presencia de criaderos del vector.

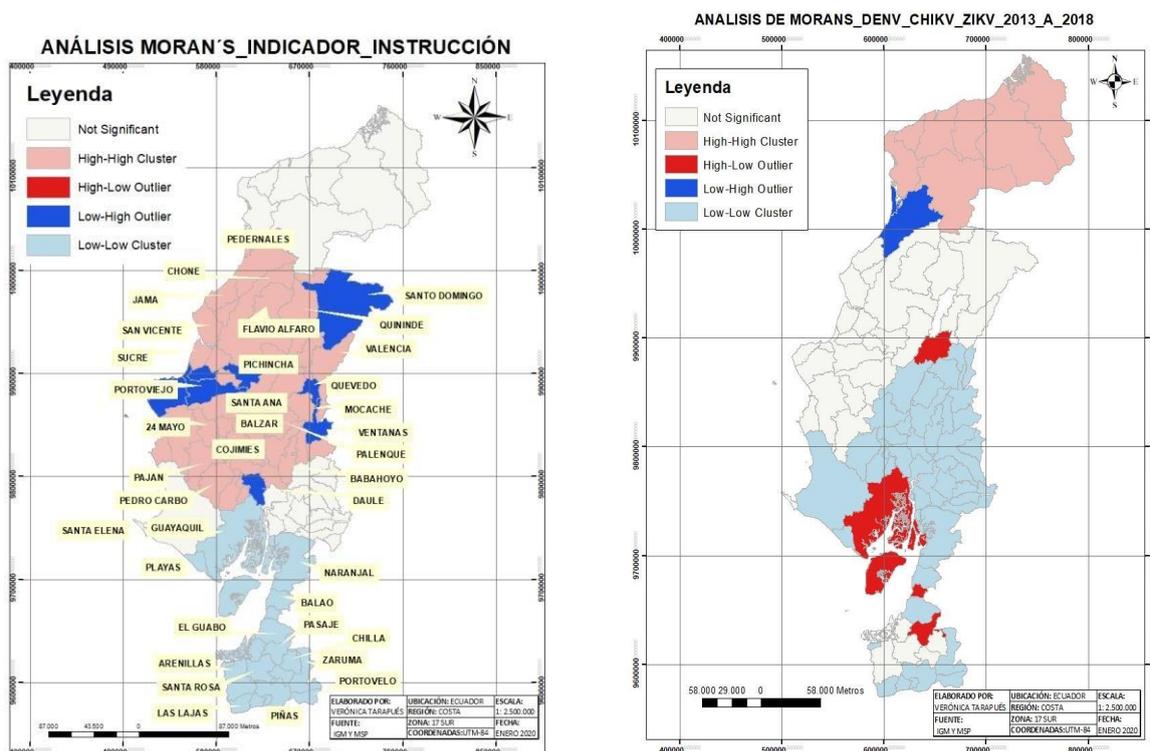
Figura 9. Análisis de Morans del indicador sabe leer y escribir vs. enfermedades dengue, chikungunya y zika 2013 al 2018.



## Nivel de instrucción

Este cluster indica que la provincia de Manabí, es la que tiene el valor más alto, implica que un porcentaje alto de la población no tiene ningún nivel de instrucción. Esto se relaciona directamente con el indicador no sabe leer y escribir (Fig. 9) pero no hay una relación con el mapa de las enfermedades transmitidas por *Aedes Aegypti* del periodo (2013-2018). Cabe recalcar que en países como Costa Rica, Honduras y México demostraron una relación positiva entre criaderos del vector con el analfabetismo ya que se les dificultaba entender el peligro real que representaba el dengue (Mena et al., 2011).

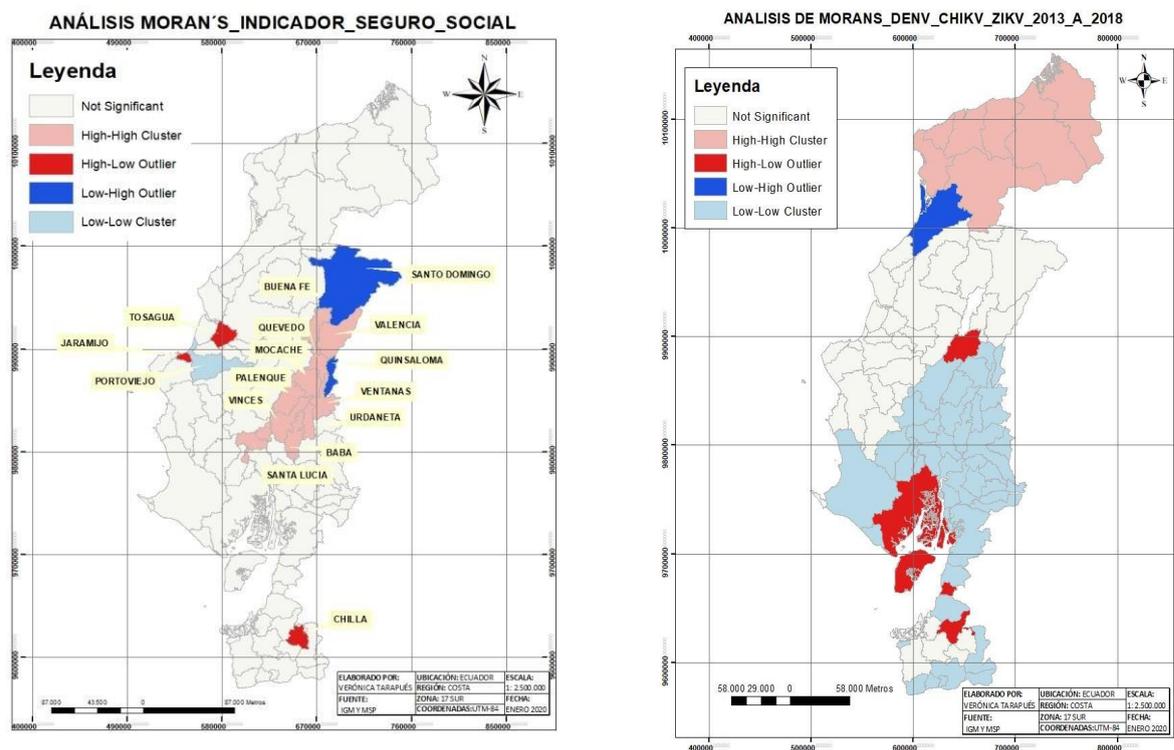
Figura 10. Análisis de Morans del indicador nivel de instrucción vs. enfermedades dengue, chikungunya y zika 2013 al 2018



## Seguridad Social

El conglomerado más alto indica que no tienen seguro social y está conformado por los siguientes cantones: Mocache (92%) (Los Ríos), Palenque (94%) (Los Ríos), Colimes (95%) (Guayas), Santa lucia (96%). El conglomerado más bajo está ubicado en la provincia de Manabí, en los cantones: Rocafuerte (73%), Portoviejo (76%). Existe un valor atípico (valor alto rodeado de valores bajos) en Tosagua (92%) (Manabí). No existe correlación entre este indicador y la incidencia de ETV en los cantones de la costa. Se tomo este indicador para el estudio ya que se esperaba evaluar la cobertura de servicios de salud.

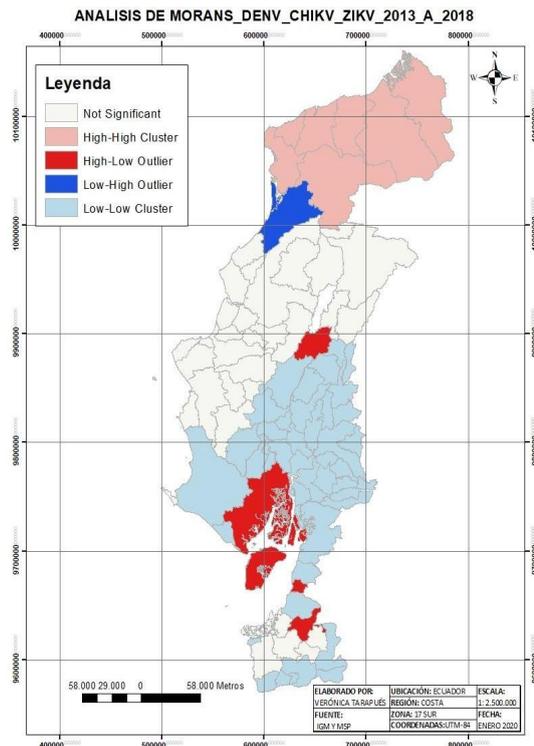
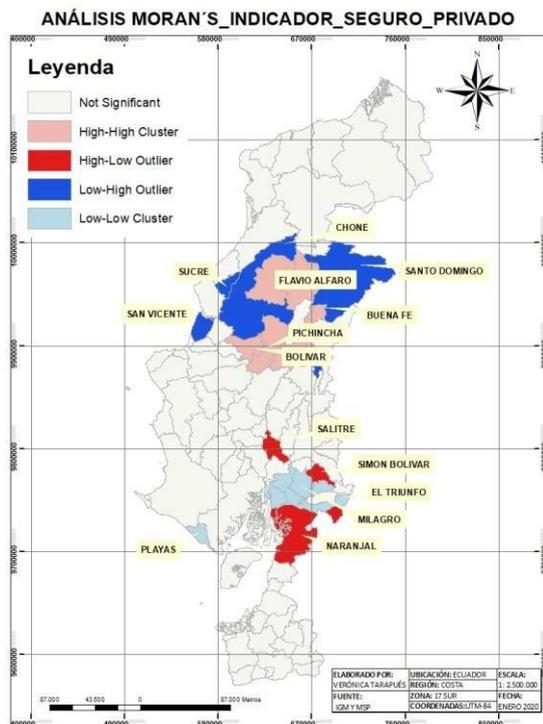
Figura 11. Análisis de Morans del indicador seguro social vs. enfermedades dengue, chikungunya y zika 2013 al 2018.



## Seguro Privado

El conglomerado más bajo indica que el 89% de la población del cantón Milagro, El Triunfo y Playas tienen seguro privado y el conglomerado más alto indicando que no cuentan con seguro privado está dado en la provincia de Manabí, en los cantones; Flavio Alfaro, Pichincha, Bolívar y Buena Fe. Los valores atípicos (valores bajos rodeados de valores altos) se registran en Santo Domingo, Chone y Sucre. No existe relación de este indicador con la incidencia de enfermedades.

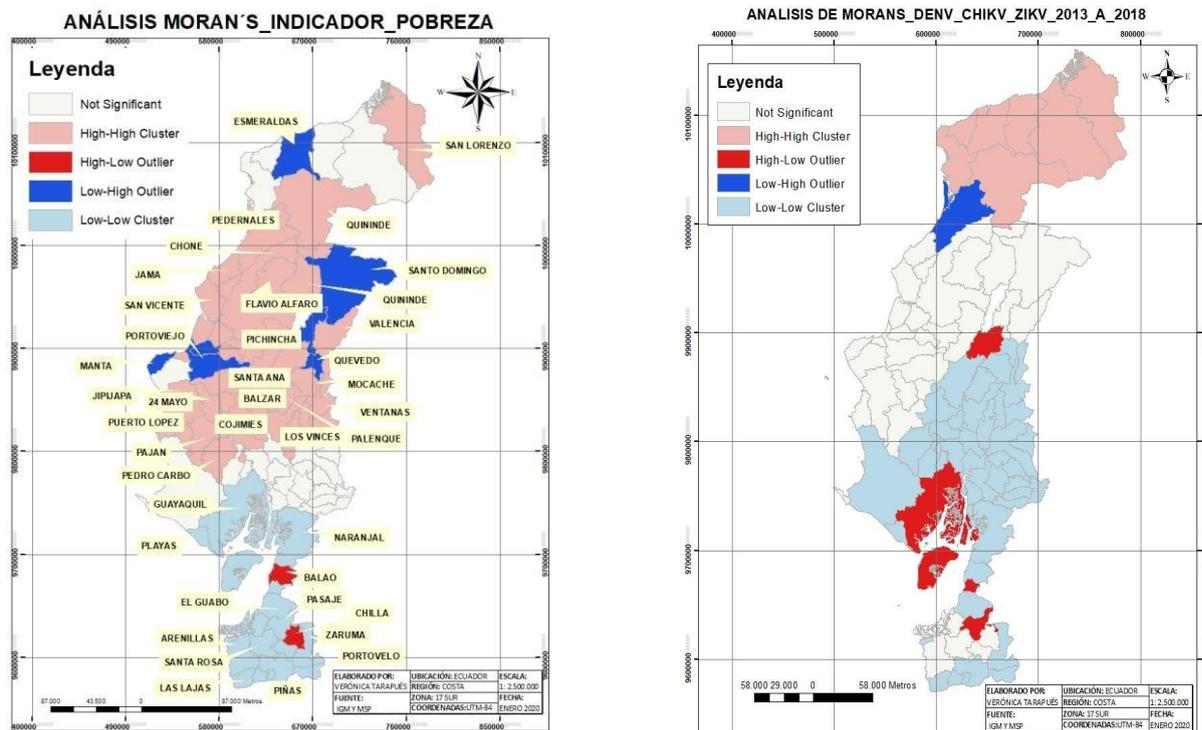
Figura 12. Análisis de Morans del indicador seguro privado vs. enfermedades dengue, chikungunya y zika 2013 al 2018



## Pobreza

La pobreza presenta una relación positiva con los índices de incidencia más altos de enfermedades transmitidas por *A. Aegypti* (DENV, CHIKV y ZIKV). Ya que las áreas más pobres tienen menos acceso a salud y educación por lo cual no hay programas de concientización y prevención, lo que resulta en una menor detección de las enfermedades vectoriales. Los conglomerados más altos de pobreza están registrados en la provincia de Manabí y Esmeraldas. En este estudio se puede observar que el no tener acceso a la educación, no eliminar los desechos adecuadamente y la necesidad de almacenamiento transitorio del agua en tanques, baldes, barriles ya que no poseen red pública de agua potable, todas estas situaciones están vinculadas con la pobreza, hacen que esta población de algún modo se encuentre más susceptible a padecer alguna ETV. En estos mapas se puede observar valores altos en la región norte de la costa y conglomerados bajos en la región sur.

Figura 13. Análisis de Morans del indicador nivel de pobreza vs. enfermedades dengue, chikungunya y zika 2013 al 2018



### *Autocorrelación espacial (I de Moran Global)*

La autocorrelación espacial (I de Moran Global) descarta la hipótesis nula que establece que los indicadores sociales se distribuyen aleatoriamente, ya que la probabilidad (p) es muy baja de que esto ocurra, además la desviaciones estándar (z) nos da un valor mayor a cero y el índice de moran es positivo por lo tanto se tiene suficiente evidencia estadística que indica que los indicadores sociales (Fig.14 A) presentan un patrón de distribución agregado y hay menos del 1% de probabilidad que este patrón sea resultado de la casualidad. A excepción del indicador seguro privado (Fig.14 B) que da una probabilidad del 5% de que el patrón agrupado pueda ser el resultado de una verosimilitud aleatoria.

Siendo los indicadores sociales: no tiene nivel de instrucción, no sabe leer y escribir, pobreza, el agua no proviene de red pública, no eliminan la basura a través del

carro recolector, conglomerados espaciales de unidades territoriales con valores alejados del cero y positivos y los valores del I de Moran cercanos a cero indican la falta de una relación espacial entre no tienen seguro y estos las agrupaciones más bajas son no tiene seguro social y seguro privado. Representa una estadística resumida que indica la intensidad de autocorrelación entre grupos de unidades territoriales, pero no identifica el patrón de estas relaciones espaciales.

Tabla 4. Autocorrelación espacial (I de Moran Global) para (9) indicadores sociales obtenidos del censo de población del año 2010.

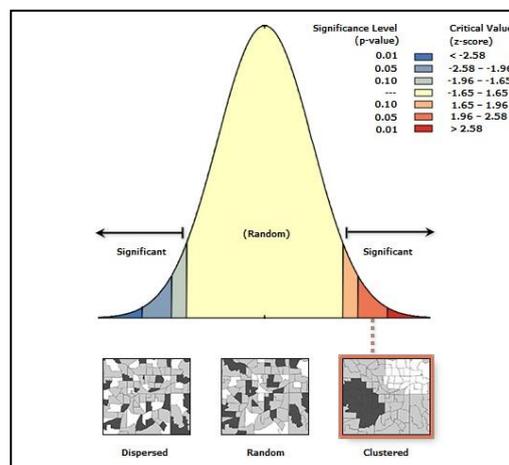
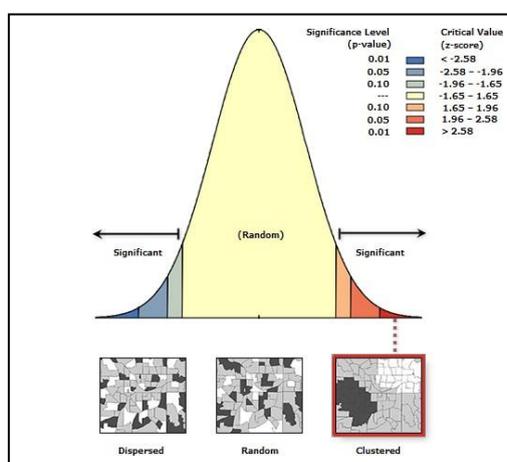
INDICADORES SOCIALES	Índice de Moran	Índice esperado	Varianza	puntuación z	Valor p
Agua que toman (por situ)	0,210612	-0,011364	0,000592	9,126914	0,000000
Eliminan basura (no recolector)	0,186415	-0,011364	0,000598	8,088063	0,000000
Instrucción (no educación)	0,315509	-0,011364	0,000594	13,413973	0,000000
Sabe Leer y Escribir (no saben)	0,282292	-0,011364	0,000596	12,031742	0,000000
Proviene Agua (no tienen red)	0,240253	-0,011364	0,000599	10,282118	0,000000
Seguro Social (no tienen)	0,061347	-0,011364	0,000585	3,006707	0,002641
Seguro Privado (no tienen)	0,037024	-0,011364	0,000431	2,330634	0,019773
Servicio Higiénico (no exclusivo)	0,141890	-0,011364	0,000594	6,290094	0,000000
Pobreza	0,233791	-0,011905	0,000549	10,486543	0,000000

Figura 14. Resultado de autocorrelación espacial (I de Moran) en los indicadores sociales.

Fuente: (ArcGIS, 2020)

(A)

(B)



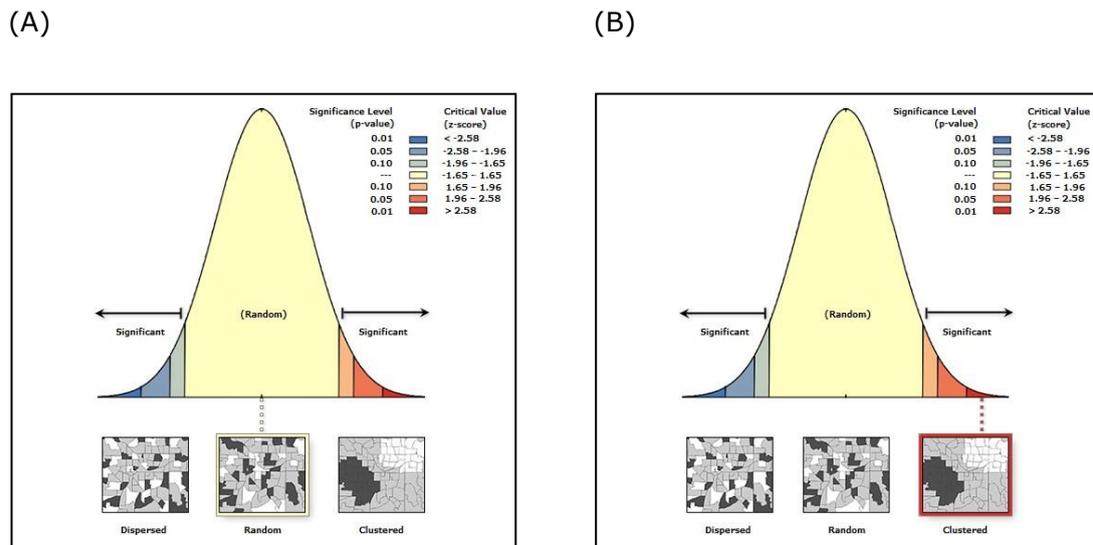
La autocorrelación espacial (I de Moran Global) descarta la hipótesis nula que establece que las enfermedades del dengue, chikungunya y zika desde el año 2013 al 2018 se distribuyen aleatoriamente, ya que la probabilidad (p) de que esto ocurra es baja, además Z(desviaciones estándar) nos da un valor mayores a cero y el índice de moran es positivo por lo tanto se tiene suficiente evidencia estadística que indica que las enfermedades del dengue, chikungunya y zika desde el año 2015 al 2017 y la sumatoria de todos los años (Fig.15 B) presentan un patrón de distribución agregado y por ende hay una probabilidad baja de tan solo el 1% que este patrón sea resultado de la casualidad. A excepción de los casos de enfermedades de los años 2013 y 2018 (Fig.15 A) que da una probabilidad del 5% de que el patrón agrupado pueda ser el resultado de una verosimilitud aleatoria, esto se debe a que los casos son muy bajos en estos periodos.

Tabla 5. Autocorrelación espacial (I de Moran Global) para las enfermedades del dengue, chikungunya y zika desde el año 2013 al 2018, información obtenida de la base de datos del MSP.

ENFERMEDADES	Índice de Moran	Índice esperado	Varianza	puntuación z	Valor p
DEN_2013	0,01211	-0,011905	0,000368	1,251851	0,210624
DEN_CHIK 2015	0,087841	-0,011905	0,000383	5,099143	0,000000
DEN_CHIK_ZIKV 2016	0,059119	-0,011905	0,000487	3,217826	0,001292
DEN_CHIK_ZIKV_2017	0,087018	-0,011905	0,000386	5,035199	0,000000
DEN_CHIK_ZIKV 2018	0,008822	-0,011905	0,00048	0,94609	0,344103
TOTAL DEN_CHIK_ZIKV 2013-2018	0,096346	-0,011905	0,00043	5,219296	0,000000

Figura 15. Resultado de autocorrelación espacial (I de Moran Global) las enfermedades del dengue, chikungunya y zika desde el año 2013 al 2018, información obtenida de la base de datos del MSP.

Fuente: (ArcGIS, 2020)



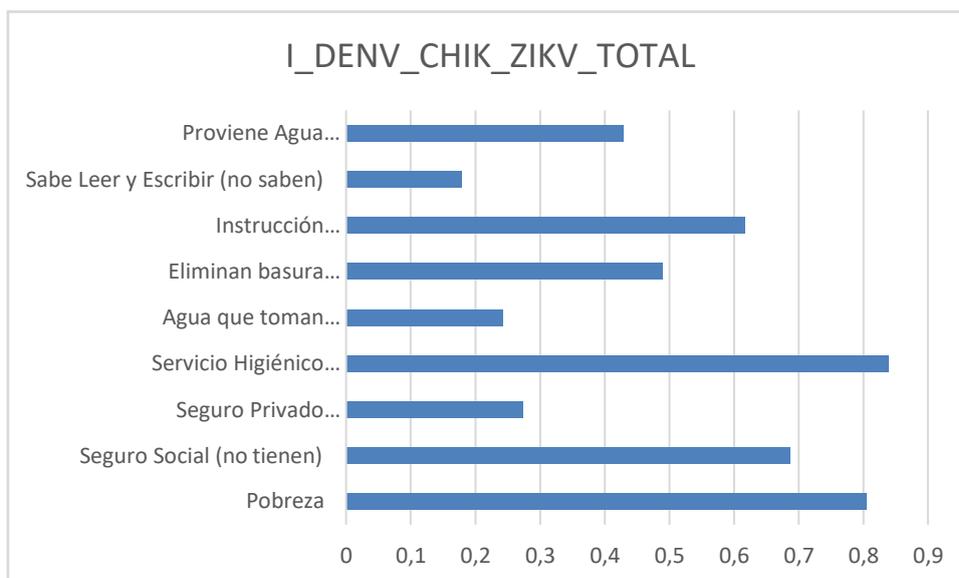
### Correlación estadística

La (Tabla 4) representa la correlación entre los indicadores sociales con la sumatoria de Índice de incidencia de las enfermedades transmitidas por *A. Aegypti* como; dengue, chikungunya y zika en la región costa en el periodo (2013-2018), dentro de los resultados se evidencio que el indicador pobreza y falta de servicio higiénico tiene un 0,8 de correlación la cual sería significativa y la correlación más baja se visualiza con el indicador “no sabe leer y escribir” que tiene una correlación del 0,17, la cual sería muy débil. Se identificó que ciertos indicadores sociales están relacionados con la propagación del vector *aegypti* en la región. La incidencia de las enfermedades aumento significativamente mediante la correlación con los indicadores: pobreza, falta de servicio higiénico, falta de seguro social, eliminación de basura, de dónde proviene el agua. Esto tiene similitud con el estudio realizado por Krishna Prasad, 1995 en el que indica que las características de estos indicadores sociales juegan un papel importante en la distribución de la enfermedad especialmente porque están relacionados con el ciclo de vida de la *A. aegypti*.

Tabla 6. Correlación estadística de índice total de enfermedades (2013-2018) transmitidas por *A. aegypti* con indicadores sociales tomados del censo de población 2010.

	Pobreza	Seguro Social (no tienen)	Seguro Privado (no tienen)	Servicio Higiénico (no exclusivo)	Agua que toman (por situ)	Eliminan basura (no recolector)	Instrucción (no educación)	Sabe Leer y Escribir (no saben)	Proviene Agua (no tienen red)
I_DENV_CHIK_ZIKV_TOTAL	0,80526	0,68697	0,2744	0,83918	0,2423	0,48911	0,61746	0,17837	0,42882

Figura 16. Correlación estadística de índice total de enfermedades (2013-2018) transmitidas por *A. aegypti* con indicadores sociales tomados del censo de población 2010.



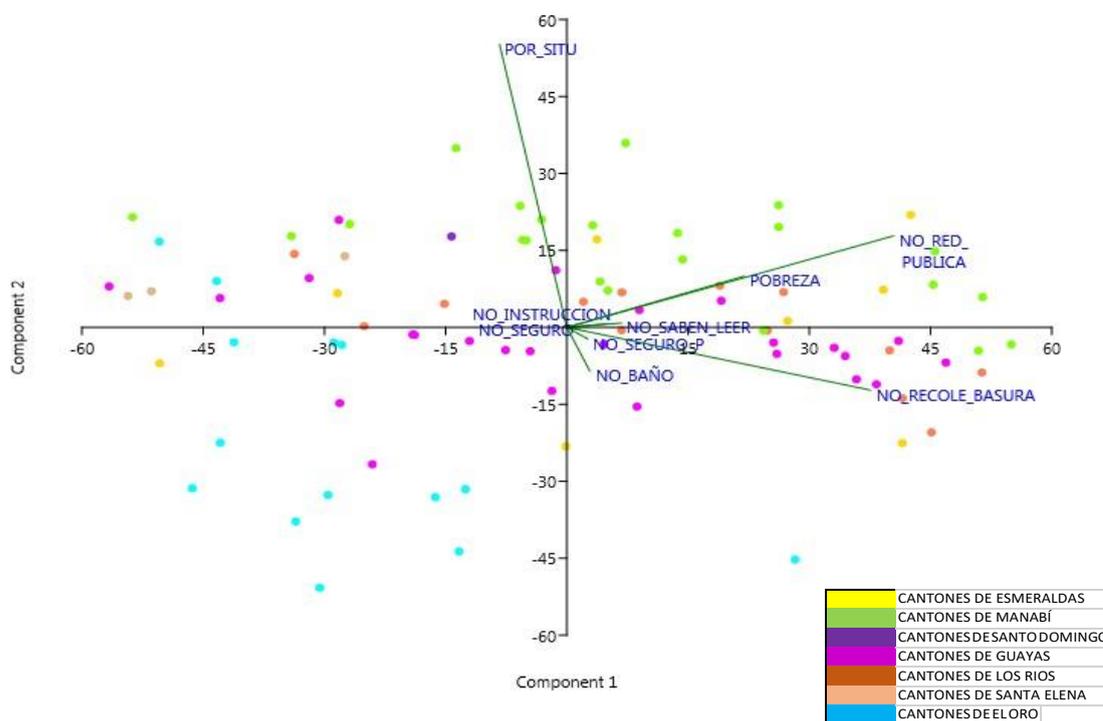
### *Análisis de componentes principales*

Los datos consisten en diferentes indicadores sociales presentes en los cantones de las provincias de la región costa para que la matriz de datos este formada por los dos elementos. Los resultados indican que los cantones ubicados en las provincias de Esmeraldas, Manabí y Guayas tienen mayor problema al no contar con red pública de agua potable, no desechan la basura por medio de los carros recolectores y hay un alto índice de pobreza. Mientras que los cantones ubicados en la provincia del Oro en general no tienen problemas significantes con los indicadores sociales analizados. A excepción del cantón Chilla, antes ya mencionado.

Tabla 7. Resumen estadístico básico del conjunto de indicadores sociales tomados del censo de población 2010 (PC1-PC9), provincias de la región costa del Ecuador.

INDICADORES	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6	PC 7	PC 8	PC 9
NO_SEGURO	0.025983	-	0.42853	0.26074	0.2762	0.80305	0.13488	-0.09101	-0.002788
NO_SEGURO_P	0.042669	-0.037321	0.083313	0.00021333	0.36561	0.0052775	-0.4459	0.80987	-0.037775
NO_BAÑO	0.046784	-0.14014	0.73032	0.23016	-0.55453	-0.25077	-0.064297	0.13019	0.018991
POR_SITU	-0.13701	0.90809	0.032366	0.37336	-	0.085935	-0.048789	-0.032689	0.072762
NO_RECOLE_BASURA	0.61914	-0.2016	-0.34183	0.67001	0.053334	-0.028462	-0.076878	-0.025349	0.0073591
NO_INSTRUCCION	0.081005	0.011207	0.02428	0.023048	0.12805	-0.12142	0.51196	0.25419	0.79645
NO_SABEN_LEER	0.11129	0.014002	0.069259	0.024565	0.15564	-0.19023	0.6963	0.27143	-0.60258
NO_RED_PUBLICA	0.66605	0.29377	0.011202	-0.53063	-0.31718	0.27011	-	0.0003731	0.12174
POBREZA	0.36144	0.1644	0.3907	-0.089613	0.57541	-0.40635	-0.15787	-0.39979	0.026222

Figura 17. Resultado de Análisis de Componentes Principales (P1-P2) de nueve indicadores sociales en la región costa del Ecuador.



## CONCLUSIONES

Los análisis de conglomerados y valores atípicos (Anselin Local Moran's I), permitieron identificar tres aglomerados en las provincias de Esmeraldas en el año 2015 debido al brote epidemiológico de chikungunya y en Manabí en el los años 2016 y 2017 ya que en el año 2016 hubo el sismo que azoto a esta provincia en gran parte y el aumento de precipitaciones, como no se limpiaban los escombros estos fueron lugares ideales para la propagación del vector y por ende se concentraron las más altas proporciones de índice de enfermedades transmitidas por vectores, cuyo patrón de distribución de los porcentajes, visiblemente identificable en el espacio, establece relación con los indicadores sociales , posibilitando la constatación de diferenciales sociales y de acceso a los servicios de salud.

Los análisis estadísticos revelaron que los indicadores sociales como: no tienen seguro social, analfabetismo, falta de servicios sanitarios y pobreza, los cuales desempeñan una relación con el estado de salud y con las condiciones de vida de las poblaciones tienen una correlación significativa de 0,7 con la incidencia de enfermedades emergentes como: dengue, chikungunya y zika, las cuales continúan siendo una importante causa de morbilidad y mortalidad.

Con los indicadores: eliminación de basura y almacenamiento inadecuado de agua la correlación fue débil de 0,45. Pero en la literatura se indica que el almacenamiento inadecuado de agua crea condiciones ideales para la cría de mosquitos *A. aegypti* y conduce a una presencia vectorial más pronunciada, es por esto que se concluye que se necesita más investigación, particularmente utilizando medidas estandarizadas de resultados e indicadores.

La mayoría de literatura se ha enfocado en investigaciones de correlación entre

indicadores ambientales y enfermedades transmitidas por *A.Aegypti* (ETV), también hay estudios de correlación entre indicadores ambientales, sociales y ETV. Sin embargo, si bien la pobreza se ha considerado durante mucho tiempo un determinante para la incidencia de ETV, la evidencia de la investigación para tal relación no está bien establecida. Los resultados de una revisión sistemática de la literatura de investigación diseñada para identificar y evaluar el estado actual de la evidencia empírica del vínculo entre ETV y la pobreza revelan una historia mixta. De 309 artículos revisados que hacen referencia a las relaciones entre DENV, CHIKV Y ZIKV y la pobreza, solo 12 estudios evaluaron empíricamente estas relaciones.

Investigaciones de análisis que abarcan varios indicadores sociales y pobreza no mostró asociaciones claras con las tasas de incidencia de ETV. Mientras que nueve de los 12 estudios demostraron algunas asociaciones positivas entre las medidas de ETV y pobreza (medidas inconsistentemente a través del ingreso, la educación, el estado estructural de la vivienda, el hacinamiento y el estado socioeconómico), nueve también presentaron resultados nulos y cinco con resultados negativos. De los cinco estudios relacionados con el acceso al agua y al saneamiento, cuatro informaron asociaciones nulas. Los ingresos y las condiciones físicas de la vivienda se correlacionaron más consistentemente con los resultados del ETV que otros indicadores de pobreza. El pequeño tamaño de esta muestra y la heterogeneidad de las medidas y escalas utilizadas para capturar las condiciones de pobreza hacen que sea difícil evaluar la fuerza y la consistencia de las asociaciones entre varios indicadores de pobreza y los resultados del ETV. En la actualidad, el cuerpo global de literatura elegible revisada en inglés que investiga las relaciones entre las enfermedades emergentes y la pobreza es demasiado pequeño para respaldar una relación definitiva.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda al estado dotar de equipamiento adecuado a las entidades de salud para que puedan realizar un control en los accesos al país ya sea por vía terrestre (puestos fronterizos), por vía marítima, aérea y así poder evitar posibles brotes epidemiológicos los cuales se han dado y se siguen generando a la fecha actual. Mantener todo el año actividades de prevención de ETV.

Sin embargo, a pesar de que existieron limitaciones pues puede ocurrir un subregistro, la exploración de los datos del MSP de ETV se mostraron áreas de agrupamientos en ciertas provincias con altos porcentajes de indicadores desfavorables a la salud de la población. Ese diagnóstico puede subsidiar la vigilancia epidemiológica en la monitorización de las estadísticas vitales, en la planificación y distribución de recursos y programas de salud en nivel macro social, en la descentralización de las acciones y en las políticas públicas, facilitando la vigilancia para obtener la equidad de la salud.

Se recomienda a las autoridades pertinentes del INEC, diseñar un formulario adecuado a la hora de realizar el censo y levantar la información sobre indicadores sociales, ya que el formulario que se utilizó en el 2010 para obtener la información está bien para saber el nivel de pobreza, nivel de instrucción entre otras, pero estos censos no son idóneos para estudios de esta índole. Ya que pueden aparecer datos falsos en ciertas preguntas como: V07. ¿De dónde proviene principalmente el agua que recibe la vivienda? (1) De red pública, (2) De pozo, (3) De río, vertiente, canal, (4) De carro repartidor, (5) Agua lluvia, debería haber otra pregunta en caso de que obtengan agua por red pública ¿todos los días tienen agua por red pública? Ya que, si no tienen todos los días, igual almacenarían y también sería un problema y un sitio ideal para la reproducción del vector.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcalá Espinosa, L. A. (2014). *Productividad del vector del dengue Aedes aegypti (L.) (Diptera: Culicidae), en Girardot-Cundinamarca*. 102.
- Almiron, W. R., Gurtler, R. E., Coto, H., Eiman, M., & Victoria, M. (2008). *Protocolo de acciones de control de Aedes aegypti*. 1–60.
- Alvarado-Castro, V., Paredes-Solís, S., Nava-Aguilera, E., Morales-Pérez, A., Flores-Moreno, M., Legorreta-Soberanis, J., ... Andersson, N. (2019). Social capital is associated with lower mosquito vector indices: Secondary analysis from a cluster randomised controlled trial of community mobilisation for dengue prevention in Mexico. *Population Health Metrics*, 17(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12963-019-0199-3>
- Álvarez Escobar, M. del C., Torres Álvarez, A., Torres Álvarez, A., Semper, A. I., & Romeo Almanza, D. (2018). Dengue, chikungunya, Virus de Zika. Determinantes sociales. *Revista Médica Electrónica*, 40(1), 120–128.
- Anderson, J. R., & Rico-hesse, R. (2006). *Aedes aegypti*. *Tropical Medicine*, 75(5), 886–892.
- Antulio Hoyos Rivera, C., Antonio Pérez Rodríguez, C., & Edelsys Hernández Meléndrez, C. (2011). Factores de riesgos asociados a la infección por dengue en San Mateo, Anzoátegui, Venezuela. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 27(3), 388–395.
- Arenas Villamizar, Á. R., & Carvajal Pinilla, L. A. (2012). Influencia de los cambios climáticos en la definición del sexo en el Aedes Aegypti y su impacto en las epidemias de dengue. *RFS Revista Facultad de Salud*, 4(2), 11. <https://doi.org/10.25054/rfs.v4i2.94>
- Balseca, M. (2018). Modelamiento de distribución espacial del vector Aedes aegypti

- transmisor del virus Zika en el Ecuador continental, mediante la aplicación de herramientas geo-informáticas. *Universidad de Las Fuerzas Armadas, ESPE.*, (Trabajo de titulación), 1–119.
- Bello, J. C., Báez, M., Gómez, M. F., Orrego, O., Nägele, L., & Velásquez-Tibatá, J. (2014). Cambio climático y biodiversidad. *Biodiversidad 2014. Reporte de Estado y Tendencias de La Biodiversidad Continental de Colombia*, 27–28.  
<https://doi.org/10.21068/b001.2014.208>
- Bohra, A., & Andrianasolo, H. (2001). Application of GIS in modeling of dengue risk based on sociocultural data: Case of Jalore, Rajasthan, India. *Dengue Bulletin*, 25, 92–102.
- Brooks, R. B., Carlos, M. P., Myers, R. A., White, M. G., Bobo-Lenoci, T., Aplan, D., ... Feldman, K. A. (2016). Likely sexual transmission of Zika virus from a man with no symptoms of infection — Maryland, 2016. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 65(34), 915–916. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6534e2>
- Burbano, I., Samson, E., Burgos, H., Samson, E., Castellanos, S., & Querejeta, A. (2016). AEDES AEGYPTY Conociendo al pequeño. *Enfoque*, 29(1390–7999), 1–4.
- Carbajo, A. (2003). *Distribución espacio-temporal de Aedes aegypti (Diptera :Culicidae) : su relación con el ambiente urbano y el riesgo de transmisión del virus dengue en la Ciudad de Buenos Aires*. 172.
- CAWST. (2011). *Introducción al tratamiento del agua a nivel domiciliario y su almacenamiento seguro*. 1–270.
- CDC. (2016). Ciclo de vida del mosquito. *Centers for Disease Control and Prevention*.
- Cecchini, S., Autor Agradece, E., Bensen, G., Bocaz, P., Feres, J. C., Galván, M. A., ... Rodríguez, J. (2005). Indicadores sociales en América Latina y el Caribe estudios

- estadísticos y prospectivos 34 Santiago de Chile, septiembre del 2005. In *CEPAL - SERIE Estudios estadísticos y prospectivos* (Vol. 34).
- Cervantes-Acosta, G., & San Juan-Vergara, H. (2016). Virus Del Chikungunya: Características Virales Y Evolución Genética. *Revista Científica Salud Uninorte*, 32(2), 292–301.
- Chang, A. Y., Parrales, M. E., Jimenez, J., Sobieszczyk, M. E., Hammer, S. M., Copenhaver, D. J., & Kulkarni, R. P. (2009). Combining google earth and GIS mapping technologies in a dengue surveillance system for developing countries. *International Journal of Health Geographics*, 8(1), 1–11.  
<https://doi.org/10.1186/1476-072X-8-49>
- Chordá, F. (2014). *Biología de Mosquitos (Diptera: Culicidae) en enclaves representativos de la Comunidad Valenciana*. 537.
- Colón-González, F. J., Lake, I. R., & Bentham, G. (2011). Climate variability and dengue fever in warm and humid Mexico. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 84(5), 757–763. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.2011.10-0609>
- Da Cruz Ferreira, D. A., Degener, C. M., De Almeida Marques-Toledo, C., Bendati, M. M., Fetzer, L. O., Teixeira, C. P., & Eiras, Á. E. (2017). Meteorological variables and mosquito monitoring are good predictors for infestation trends of *Aedes aegypti*, the vector of dengue, chikungunya and Zika. *Parasites and Vectors*, 10(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s13071-017-2025-8>
- Desjardins, M. R., Whiteman, A., Casas, I., & Delmelle, E. (2018). Space-time clusters and co-occurrence of chikungunya and dengue fever in Colombia from 2015 to 2016. *Acta Tropica*, 185, 77–85. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2018.04.023>
- Dickin, S. K., Schuster-Wallace, C. J., & Elliott, S. J. (2014). Mosquitoes and vulnerable spaces: Mapping local knowledge of sites for dengue control in

- Seremban and Putrajaya Malaysia. *Applied Geography*, 46(2014), 71–79.  
<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2013.11.003>
- Dirlikov, E., Major, C. G., Mayshack, M., Medina, N., Matos, D., Ryff, K. R., ...  
 Rivera-Garcia, B. (2016). Guillain-Barré syndrome during ongoing zika virus  
 transmission — Puerto Rico, January 1–July 31, 2016. *Morbidity and Mortality  
 Weekly Report*, 65(34), 910–914. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6534e1>
- Dom, N. C., Ahmad, A. H., Latif, Z. A., Ismail, R., & Pradhan, B. (2013). Coupling of  
 remote sensing data and environmental-related parameters for dengue transmission  
 risk assessment in Subang Jaya, Malaysia. *Geocarto International*, 28(3), 258–272.  
<https://doi.org/10.1080/10106049.2012.696726>
- Falcao, M. B., Cimerman, S., Luz, K. G., Chebabo, A., Brigido, H. A., Lobo, I. M., ...  
 Bandeira, A. C. (2016). Management of infection by the Zika virus. *Annals of  
 Clinical Microbiology and Antimicrobials*, 15(1), 1–15.  
<https://doi.org/10.1186/s12941-016-0172-y>
- Farinelli, E. C., Baquero, O. S., Stephan, C., & Chiaravalloti-Neto, F. (2018). Low  
 socioeconomic condition and the risk of dengue fever: A direct relationship. *Acta  
 Tropica*, 180, 47–57. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2018.01.005>
- Fernández, S. de la F. (2011). *Análisis Componentes Principales Santiago de la Fuente  
 Fernández*. 32.
- Forshey, B. M., Guevara, C., Laguna-Torres, V. A., Cespedes, M., Vargas, J., Gianella,  
 A., ... Kochel, T. J. (2010). Arboviral etiologies of acute febrile illnesses in  
 western south America, 2000-2007. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 4(8),  
 2000–2007. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0000787>
- Gómez, Z. (2018). *El virus del Zika en América : comportamiento epidemiológico y  
 clínico Zika virus in America : clinical and ep- idemiological behavior Resumen*

*Introducción*. 38(2), 56–63.

- Hagenlocher, M., Delmelle, E., Casas, I., & Kienberger, S. (2013). Assessing socioeconomic vulnerability to dengue fever in Cali, Colombia: Statistical vs expert-based modeling. *International Journal of Health Geographics*, 12, 1–14. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-12-36>
- Hii, Y. L., Zhu, H., Ng, N., Ng, L. C., & Rocklöv, J. (2012). Forecast of Dengue Incidence Using Temperature and Rainfall. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 6(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0001908>
- INEC. (2010). Séptimo Censo de Población y el sexto de Vivienda. *Inec*.
- Jansen, C. C., & Beebe, N. W. (2010). The dengue vector *Aedes aegypti*: what comes next. *Microbes and Infection*, 12(4), 272–279. <https://doi.org/10.1016/j.micinf.2009.12.011>
- Krishna Prasad, B. (1995). Application of Gis Modeling for Dengue Fever Prone Area Based on Socio-Cultural and Environmental Factors – a Case Study of Delhi City Zone. *Health San Francisco*, xxxvii(1), 165–170.
- Lambrechts, L., Paaijmans, K. P., Fansiri, T., Carrington, L. B., Kramer, L. D., Thomas, M. B., & Scott, T. W. (2011). Impact of daily temperature fluctuations on dengue virus transmission by *Aedes aegypti*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(18), 7460–7465. <https://doi.org/10.1073/pnas.1101377108>
- Lima, L. G., Monteiro, R. Q., Carlos, A., Janeiro, R. De, & Janeiro, R. De. (2013). *Ac ce pt an us cr ipt Ac ce pt cr*. 1–24.
- Maciel-de-Freitas, R., & Valle, D. (2014). Challenges encountered using standard vector control measures for dengue in Boa Vista, Brazil. *Bulletin of the World Health Organization*, 92(9), 685–689. <https://doi.org/10.2471/BLT.13.119081>

- Mamani, E. (2014). New serotype 5 of dengue virus: Need to strengthen the molecular surveillance in Peru. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 31(1), 171–173. <https://doi.org/10.1038/ki.2010.280.2>.
- Medlock, J. M., Hansford, K. M., Schaffner, F., Versteirt, V., Hendrickx, G., Zeller, H., & Bortel, W. Van. (2012). A review of the invasive mosquitoes in Europe: Ecology, public health risks, and control options. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 12(6), 435–447. <https://doi.org/10.1089/vbz.2011.0814>
- Mena, N., Troyo, A., Bonilla-Carrión, R., & Calderón-Arguedas, Ó. (2011). Factores asociados con la incidencia de dengue en Costa Rica. *Revista Panamericana de Salud Publica/Pan American Journal of Public Health*, 29(4), 234–242. <https://doi.org/10.1590/S1020-49892011000400004>
- MSP. (2014). Se confirma primer caso autóctono de chikungunya en Ecuador.
- MSP. (2017). MSP confirma primeros casos autóctonos de Zika en Ecuador. *Salud*.
- MSPA. (2013). Guía Para Equipo de Salud |Dengue. *Ministerio de Salud, Argentina*, 56.
- Mustafa, M. S., Rasotgi, V., Jain, S., & Gupta, V. (2015). Discovery of fifth serotype of dengue virus (denv-5): A new public health dilemma in dengue control. *Medical Journal Armed Forces India*, 71(1), 67–70. <https://doi.org/10.1016/j.mjafi.2014.09.011>
- OPS. (2016). Se presenta caso importado de chikungunya en Ecuador.
- OPS, OMS, Minsalud, INS, Paranaivitane, S. A., Gomes, L., ... Malavige, G. N. (2017). Informe De Evento Dengue, Colombia, 2017. *Organización Panamericana de La Salud*, 14(1), 1–22. <https://doi.org/10.1186/s12879-014-0570-8>
- Organizacion Panamericana de la Salud.(OPS/OMS). (2007). *Equidad En La Mira* : *Equidad En La Mira* : 122.
- Pandey, B. D., & Costello, A. (2019). The dengue epidemic and climate change in

- Nepal. *The Lancet*, 394(10215), 2150–2151. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)32689-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)32689-3)
- Parra, G. (2010). Sistemas de información geográfica y sensores remotos. Aplicaciones en enfermedades transmitidas por vectores. *CES Medicina*, 24(2), 75–89.
- Pincay, S., & Bedoya, C. (2015). *Estudio comparativo del ciclo de desarrollo y sobrevivencia del Aedes Aegypti durante la época seca y época lluviosa en la ciudad de Guayaquil*. 85.
- Pyszczyk, O. L. (2016). Ocurrencia y amenaza de dengue, chikungunya y zika causada por mosquitos del género Aedes. La situación en la República Argentina 2015. *Terra Nueva Etapa*, 32(51), 133–161.
- Quispe, E., Carbajal, A., Gozzer, J., & Moreno, B. (2014). Ciclo biológico y Tabla de Vida de Aedes aegypti, en laboratorio: Trujillo (Perú), 2014. *Revista REBIOLEST*, 3(1), 91–101.
- Real-cotto, J. J., Ernestina, M., Arrata, R., Elisa, V., Yépez, B., Tarquino, E., & Cobeña, J. (2017). *Evolución del virus dengue en el Ecuador . Período 2000 a 2015*. *Evolution of dengue virus in Ecuador 2000-2015*. 29–35.
- Rees, E. E., Petukhova, T., Mascarenhas, M., Pelcat, Y., & Ogden, N. H. (2018). Environmental and social determinants of population vulnerability to Zika virus emergence at the local scale. *Parasites and Vectors*, 11(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s13071-018-2867-8>
- Rey, J. R., & Lounibos, P. (2015). *2015 Ecología de Aedes aegypti y Aedes albopictus en América y transmisión de enfermedades*.
- Rodríguez Cruz, R. (2002). Estrategias para el control del dengue y del Aedes aegypti en las Américas. *Rev. Cuba. Med. Trop*, 54(3), 189–201.
- Rueda, L. M., Patel, K. J., Axtell, R. C., & Stinner, R. E. (1990). Temperature-

- dependent development and survival rates of *Culex quinquefasciatus* and *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology*, 27(5), 892–898.  
<https://doi.org/10.1093/jmedent/27.5.892>
- Ruiz-López, F., González-Mazo, A., Vélez-Mira, A., Gómez, G. F., Zuleta, L., Uribe, S., & Vélez-Bernal, I. D. (2016). Presencia de *Aedes (stegomyia) aegypti* (Linnaeus, 1762) y su infección natural con el virus del dengue en alturas no registradas para Colombia. *Biomedica*, 36(2), 303–308.  
<https://doi.org/10.7705/biomedica.v36i2.3301>
- Singh, N. K., & Tyagi, A. (2017). A detailed analysis of codon usage patterns and influencing factors in Zika virus. *Archives of Virology*, 162(7), 1963–1973.  
<https://doi.org/10.1007/s00705-017-3324-2>
- Sippy, R., Herrera, D., Gaus, D., Gangnon, R. E., Patz, J. A., & Osorio, J. E. (2019). Seasonal patterns of dengue fever in rural Ecuador: 2009-2016. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 13(5), 2009–2016.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007360>
- Siraj, A. S., Rodriguez-Barraquer, I., Barker, C. M., Tejedor-Garavito, N., Harding, D., Lorton, C., ... Perkins, T. A. (2018). Data Descriptor: Spatiotemporal incidence of Zika and associated environmental drivers for the 2015-2016 epidemic in Colombia. *Scientific Data*, 5, 1–11. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.73>
- Siriyasatien, P., Phumee, A., Ongruk, P., Jampachaisri, K., & Kesorn, K. (2016). Analysis of significant factors for dengue fever incidence prediction. *BMC Bioinformatics*, 17(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s12859-016-1034-5>
- Spiegel, J. M., Bonet, M., Ibarra, A. M., Pagliccia, N., Ouellette, V., & Yassi, A. (2007). Social and environmental determinants of *Aedes aegypti* infestation in Central Havana: Results of a case-control study nested in an integrated dengue

- surveillance programme in Cuba. *Tropical Medicine and International Health*, 12(4), 503–510. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3156.2007.01818.x>
- Stewart-Ibarra, M. A., Muñoz, G. Á., Ryan, J. S., Ayala, E. B., Borbor-Cordova, J. M., Finkelstein, L. J., ... Rivero, K. (2014a). Spatiotemporal clustering, climate periodicity, and social-ecological risk factors for dengue during an outbreak in Machala, Ecuador, in 2010. *BMC Infectious Diseases*, 14(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/s12879-014-0610-4>
- Stewart-Ibarra, M. A., Muñoz, G. Á., Ryan, J. S., Ayala, E. B., Borbor-Cordova, J. M., Finkelstein, L. J., ... Rivero, K. (2014b). Spatiotemporal clustering, climate periodicity, and social-ecological risk factors for dengue during an outbreak in Machala, Ecuador, in 2010. *BMC Infectious Diseases*, 14(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/s12879-014-0610-4>
- UNICEF. (2018). SISTEMATIZACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE COMBATE AL ZIKA.
- Velandia, M. L., & Castellanos, J. E. (2011). Dengue virus : structure and viral cycle. *Asociación Colombiana De Infectología*, 15(571), 33–43.
- Velandia, M. L., & Castellanos, J. E. (2014). Virus del dengue: estructura y ciclo viral. *Infectio*, 15(1), 33–43. [https://doi.org/10.1016/s0123-9392\(11\)70074-1](https://doi.org/10.1016/s0123-9392(11)70074-1)
- Yactayo, S., Staples, J. E., Millot, V., Cibrelus, L., & Ramon-Pardo, P. (2016). Epidemiology of chikungunya in the americas. *Journal of Infectious Diseases*, 214(Suppl 5), S441–S445. <https://doi.org/10.1093/infdis/jiw390>
- Zhou, S., Zhou, S., Liu, L., Zhang, M., Kang, M., Xiao, J., & Song, T. (2019). Examining the effect of the environment and commuting flow from/to epidemic areas on the spread of dengue fever. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(24). <https://doi.org/10.3390/ijerph16245013>

**INDICE DE TABLAS**

- Tabla 1. Distribución geográfica de los registros de ocurrencia de *A. aegypti* en América, Europa, África, Asia y Oceanía. Destacando los diez principales países en términos de registros de ocurrencia en cada continente. \_\_\_\_\_ 11
- Tabla 2. Nueve indicadores sociales tomados del censo de población 2010, para el estudio de caracterización de correlación con enfermedades transmitidas por el vector *A. Aegypti*. \_\_\_\_\_ 22
- Tabla 3. Datos notificados de DENV, CHIKV y ZIKV en la región costa del Ecuador en el periodo 2013-2018. \_\_\_\_\_ 26
- Tabla 4. Autocorrelación espacial (I de Moran Global) para (9) indicadores sociales obtenidos del censo de población del año 2010. \_\_\_\_\_ 43
- Tabla 5. Autocorrelación espacial (I de Moran Global) para las enfermedades del dengue, chikungunya y zika desde el año 2013 al 2018, información obtenida de la base de datos del MSP. \_\_\_\_\_ 44
- Tabla 6. Correlación estadística de índice total de enfermedades (2013-2018) transmitidas por *A. aegypti* con indicadores sociales tomados del censo de población 2010. \_\_\_\_\_ 46
- Tabla 7. Resumen estadístico básico del conjunto de indicadores sociales tomados del censo de población 2010 (PC1-PC9), provincias de la región costa del Ecuador. \_\_\_\_\_ 47

**INDICE DE FIGURAS**

Figura 1. El ciclo de vida de <i>A. aegypti</i> _____	12
Figura 2. Mapa del área de estudio; región costa del Ecuador._____	21
Figura 3. La herramienta Autocorrelación espacial (I de Moran Global)_____	24
Figura 4. Análisis de Morans de dengue, chikungunya y zika desde el año 2013 al 2018. _____	29
Figura 5. Análisis de Morans del indicador cómo eliminan basura vs. enfermedades dengue, chikungunya y zika 2013 a 2018._____	32
Figura 6. Análisis de Morans del indicador servicio higiénico no es exclusivo vs. enfermedades dengue, chikungunya y zika 2013 al 2018._____	33
Figura 7. Análisis de Morans del indicador de donde proviene el agua vs. enfermedades dengue, chikungunya y zika 2013 al 2018._____	35
Figura 8. Análisis de Morans del indicador del agua que toman vs. enfermedades dengue, chikungunya y zika 2013 al 2018._____	36
Figura 9. Análisis de Morans del indicador sabe leer y escribir vs. enfermedades dengue, chikungunya y zika 2013 al 2018._____	38
Figura 10. Análisis de Morans del indicador nivel de instrucción vs. enfermedades dengue, chikungunya y zika 2013 al 2018_____	39
Figura 11. Análisis de Morans del indicador seguro social vs. enfermedades dengue, chikungunya y zika 2013 al 2018._____	40
Figura 12. Análisis de Morans del indicador seguro privado vs. enfermedades dengue, chikungunya y zika 2013 al 2018_____	40
Figura 13. Análisis de Morans del indicador nivel de pobreza vs. enfermedades dengue, chikungunya y zika 2013 al 2018_____	42
Figura 14. Resultado de autocorrelación espacial (I de Moran) en los indicadores sociales. _____	43
Figura 15. Resultado de autocorrelación espacial (I de Moran Global) las enfermedades del dengue, chikungunya y zika desde el año 2013 al 2018, información obtenida de la base de datos del MSP._____	44
Figura 16. Correlación estadística de índice total de enfermedades (2013-2018) transmitidas por <i>A. aegypti</i> con indicadores sociales tomados del censo de población 2010._____	46
Figura 17. Resultado de Análisis de Componentes Principales (P1-P2) de nueve indicadores sociales en la región costa del Ecuador._____	47

