



Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Facultad de Enfermería y Nutrición

Maestría en Salud Pública



Evolución espacio temporal y determinación de la vulnerabilidad al dengue clásico y dengue hemorrágico dentro del estado de San Luis Potosí en los AGEBS rurales y urbanos.

TESIS

Para obtener el grado de Maestría en Salud Pública

Presenta:

EMSP. Daniel Sánchez Hernández

Director:

Dr. Darío Gaytán Hernández

Co asesores:

Dr. Eduardo Hernández Ibarra

MSP. Enrique Ibarra Zapata

San Luis Potosí, S.L.P., 10 de marzo, 2023



Evolución espacio temporal y determinación de la vulnerabilidad al dengue clásico y dengue hemorrágico dentro del estado de San Luis Potosí en los AGEBS rurales y urbanos. de Daniel Sánchez Hernández. está licenciado bajo una [Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) .

Resumen

Introducción: El dengue clásico es una enfermedad causada por los virus principalmente por mosquitos *Aedes aegypti* y el *Aedes albopictus*. Hoy en día millones de personas viven en zonas en donde se desarrolla la Fiebre de Dengue Clásico (FD) y la Fiebre Hemorrágica por Dengue (FDH) y miles de casos de dengue clásico son reportados año con año en todo el mundo. **Objetivo:** Analizar la evolución temporal y distribución espacial del dengue clásico y hemorrágico en el estado de San Luis Potosí, a nivel estado, municipio y AGEB y el desarrollo de dos modelos para estimar el grado de vulnerabilidad de la población, uno geoestadístico y otro estadístico. **Metodología:** Se partió de una base de datos oficial que incluyen todos los casos de dengue clásico y dengue hemorrágico de los años 2015 a 2020, los cuales se georeferenciaron a nivel AGEB y se calcularon las tasas. Se obtuvieron las variables ambientales, de proximidad y sociales, por medio de las bases de datos del CRU, SIMBAD-INEGI y el método de la distancia Euclidiana. Para determinar el grado de vulnerabilidad se utilizó el modelo Geoestadístico de Regresión Logística por medio del software IDRISI selva 17.0 y la curva ROC para validar este modelo. **Resultados:** Se identificaron un total de casos 132, 136, 116, 661, 1674 y 1925 para los años 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020. El modelo de regresión logística mostró que la mayor vulnerabilidad está hacia los centros de población y hacia los principales caminos que conectan a las zonas rurales con las zonas urbanas. Se determinó la predicción a la vulnerabilidad al dengue tomando los valores del área bajo la curva (ROC) que fueron de 0.9775 para el dengue clásico y 0.9722 para el dengue hemorrágico, ambos valores indican excelente predicción. **Conclusión:** El dengue hemorrágico tuvo una evolución creciente, mientras que el dengue clásico presento un incremento mayor en comparación con el dengue hemorrágico. La vulnerabilidad al dengue clásico se presentó con mayor intensidad en los centros urbanos, vías principales y zonas rurales, mientras que la vulnerabilidad para el dengue hemorrágico presentó una mayor tendencia hacia los centros poblacionales, tendiendo su crecimiento y contagio en zonas urbanas.

Palabras clave: Virus Dengue, Curva ROC, Análisis Espacial, Sistemas de Información Geográfica, Factores de Riesgo.

Abstract

Introduction: Classic dengue is a disease caused by viruses mainly by *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* mosquitoes. Today, millions of people live in areas where Dengue Fever Classic (FD) and Dengue Hemorrhagic Fever (DHF) develop, and thousands of cases of classic dengue are reported year after year around the world. **Objective:** To analyze the temporal evolution and spatial distribution of classic and hemorrhagic dengue in San Luis Potosi, at state, municipal and AGEBA levels and development of two models to estimate the degree of vulnerability of the population, one geostatistical and the other statistical. **Methodology:** We started from an official database that includes all cases of classic dengue and hemorrhagic dengue from the years 2015 to 2020, which were georeferenced at the AGEBA level and the rates were calculated. The environmental, proximity and social variables were obtained through the CRU, SIMBAD-INEGI databases and the Euclidian Distance method. To determine the degree of vulnerability, the Logistic Regression Model was used through IDRISI Selva software 17.0 and the ROC curve to validate this model. **Results:** A total 132, 136, 116, 661, 1674 and 1925 cases were identified for the years 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 and 2020. The logistic regression model showed that the greatest vulnerability is towards population centers and towards the main roads that connect rural areas with urban areas. The prediction of vulnerability to dengue was determined by taking the values of area under the curve (AUC) that were of 0.9775 for classic dengue and 0.9722 for hemorrhagic dengue fever, both values indicate excellent prediction. **Conclusion:** The hemorrhagic dengue had an increasing evolution, while the classic dengue presented a greater increase compared to the hemorrhagic dengue. The vulnerability to classic dengue was more intense in urban centers, main roads and rural areas, while vulnerability to hemorrhagic dengue showed a greater tendency toward population centers, tending to grow and spread in urban areas.

Key Words: Dengue Virus, ROC Curve, Spatial Analysis, Geographic information system, Risk factors.

Agradecimientos

1.-Agradezco de todo corazón al Doctor Darío Gaytán Hernández por estar siempre pendiente de las observaciones y avances de este proyecto y por su infinito interés en que se consumaran cada uno de los objetivos de esta tesis.

2.-A la Doctora Verónica Gallegos por sus infinitas aportaciones y observaciones que aportaron de manera muy valiosa en el escrito de esta tesis.

3.-Agradezco de verdad a la Secretaría de Salud por facilitarme la Base de Datos que hizo posible llevar todo el procesamiento de los datos y llegar a los resultados finales de este proyecto.

4.-Al Doctor Eduardo Ibarra por la guía y la paciencia en el desarrollo de todo este proyecto.

5.-Agradezco infinitamente al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por apoyar económicamente y poder hacer posible este proyecto.

6.-Agradezco infinitamente a mis padres que siempre están ahí conmigo de manera directa o indirecta apoyándome en todo momento para poder llevar a cabo mis metas.

7.-Al Doctor Carlos Arturo Aguirre Salado por todos sus atinados consejos y recomendaciones y sobre todo por su incondicional apoyo moral y profesional y por su calidad como ser humano que siempre lo caracteriza.

8.-A mi amigo, hermano y mentor deportivo Aldo Daniel Anguiano Jaime quién siempre me motivo mucho en mis entrenamientos físico-atléticos que de manera directa me aportaron la energía mental positiva para trabajar arduamente en esta tesis.

Índice General

I.- Introducción.....	1
II.- Planteamiento del problema.....	4
III.- Marco teórico.....	16
3.1. Características generales del mosquito vector <i>Aedes Aegypti</i>	16
3.2. Características generales del virus del dengue clásico y dengue hemorrágico y definiciones de conceptos esenciales para el estudio.....	20
3.3 Sistema de Información Geográfica (SIG) y su aplicación en salud pública.....	27
3.4. Sintomatología de la enfermedad.....	29
3.5. Tratamiento.....	30
3.6. La historia del dengue clásico en el Mundo, América y México.....	33
3.7. Causas de la transmisión del dengue clásico.....	38
3.8. Estudios anteriores.....	40
IV.- Hipótesis.....	43
V.- Objetivos.....	44
5.1 OBJETIVO GENERAL.....	44
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	44
VI.- Metodología.....	45
6.1 Tipo de estudio.....	45
6.2 Diseño metodológico.....	45
6.3 Límites de tiempo y espacio.....	45
6.4 Universo.....	45
6.5 Muestra.....	45
6.6 Criterios de inclusión.....	45
6.7 Criterios de exclusión.....	49
6.8 Criterios de eliminación.....	49

6.9.-Variables	49
7.0.-Procedimientos	50
7.1.-Tasa de crecimiento media anual.....	56
7.2.-Análisis estadístico	57
VIII RESULTADOS.....	59
8.1 Evolución temporal.....	59
8.2 Evolución Espacial	68
8.3 Correlaciones entre variables dependientes e independientes.....	82
8.4 Estimación del grado de vulnerabilidad al dengue clásico y hemorrágico	84
8.5 Vulnerabilidad al dengue clásico y dengue hemorrágico a nivel pixel.....	90
IX DISCUSIÓN	100
X CONCLUSIONES.....	104
XI RECOMENDACIONES	106
XII.-BIBLIOGRAFÍA	108
XIII.-ANEXOS	123
I.-Operacionalización de variables	123
II.- CONSIDERACIONES ÉTICAS Y LEGALES.....	128
III.- Carta de no conflicto de interés	¡Error! Marcador no definido.
IV.- Carta de autoría y coautoría	¡Error! Marcador no definido.
V.- Carta de registró de protocolo de investigación por el comité académico de salud pública	¡Error! Marcador no definido.
VI.- Carta de dictamen del comité de ética en investigación de la Facultad de Enfermería y Nutrición .	¡Error! Marcador no definido.

Índice de figuras

Figura 1	Evolución de los casos de dengue en San Luis Potosí durante el período de 1979 a 2014.....	9
Figura 2	Ciclo de vida del mosquito <u><i>Aedes aegypti</i></u>	18
Figura 3	Ciclo de vida del <u><i>Aedes aegypti</i></u>	19
Figura 4	Ciclo natural de transmisión del virus de dengue clásico.....	21
Figura 5	Distribución espacial de los casos de dengue clásico desde el año 1943 hasta el año 2013.....	40
Figura 6	Variables ambientales, aproximación, localización y sociales utilizadas en el estudio y el área de estudio en un contexto nacional.....	48
Figura 7	Localización del Área de estudio.....	51
Figura 8	Modelo entidad relación de la base de datos de los casos de dengue 2015 - 2020.....	55
Figura 9	Fórmula de la Tasa Media Anual del Crecimiento Poblacional.....	56
Figura 10	Fórmula de la Regresión logística.....	58
Figura 11	Evolución temporal de los casos de dengue en el periodo 2015 a 2020 del estado de San Luis Potosí.....	59
Figura 12	Distribución temporal mensual de los casos de dengue en el período 2015 a 2020 del estado de San Luis Potosí.....	60
Figura 13	Número de casos de dengue por jurisdicción sanitaria para el año 2015.....	63
Figura 14	Número de casos de dengue por jurisdicción sanitaria para el año 2016.....	64

Figura 15	Número de casos de dengue por jurisdicción sanitaria para el año 2017.....	64
Figura 16	Número de casos de dengue por jurisdicción sanitaria para el año 2018.....	65
Figura 17	Número de casos de dengue por jurisdicción sanitaria para el año 2019.....	65
Figura 18	Número de casos de dengue por jurisdicción sanitaria para el año 2020.....	66
Figura 19	Concentrado de dengue por jurisdicciones sanitarias 2015 – 2020.....	69
Figura 20	Distribución espacial de las tasas de dengue a nivel municipal en el estado de San Luis Potosí, en el año 2015.....	71
Figura 21	Distribución espacial de las tasas de dengue a nivel municipal en el estado de San Luis Potosí, en el año 2016.....	72
Figura 22	Distribución espacial de las tasas de dengue a nivel municipal en el estado de San Luis Potosí, en el año 2017.....	73
Figura 23	Distribución espacial de las tasas de dengue a nivel municipal en el estado de San Luis Potosí, en el año 2018.....	74
Figura 24	Distribución espacial de las tasas de dengue a nivel municipal en el estado de San Luis Potosí, en el año 2019.....	75
Figura 25	Distribución espacial de las tasas de dengue a nivel municipal en el estado de San Luis Potosí, en el año 2020.....	76
Figura 26	Distribución espacial de los casos de dengue a nivel AGEB Rural y Urbano en el estado de San Luis Potosí.....	78
Figura 27	Distribución espacial de los casos de dengue a nivel AGEB Rural y Urbano en el estado de San Luis Potosí.....	79
Figura 28	Propagación del dengue a través de los AGEBS urbanos a los AGEBS rurales dentro de la mancha urbana, visto a través de una imagen de Satélite Landsat 8 OLI compuesta por las bandas 5, 2, 1 del año 2021.....	81

Figura 29	Comportamiento de la curva ROC a) Dengue Clásico, b) Dengue Hemorrágico.....	89
Figura 30	Estimación de la vulnerabilidad al Dengue Clásico y Dengue Hemorrágico dentro de San Luis Potosí.....	92
Figura 31	Zoom a detalle de la estimación a la vulnerabilidad al Dengue Clásico y Dengue Hemorrágico en los AGEBS rurales y urbanos de la Región Media en San Luis Potosí, zona conurbada de Rio Verde y Ciudad del Maíz.....	93
Figura 32	Zoom a detalle de la estimación a la vulnerabilidad al Dengue Clásico y Dengue Hemorrágico en los AGEBS rurales y urbanos de la Región Centro de San Luis Potosí, zona conurbada de los municipios de San Luis Potosí y Soledad de Graciano Sánchez.....	94
Figura 33	Zoom a detalle de la estimación a la vulnerabilidad al Dengue Clásico y Dengue Hemorrágico en los AGEBS rurales y urbanos de la Región Altiplano de San Luis Potosí, zona urbana de los municipios de Matehuala, Cedral y Vanegas.....	95
Figura 34	Zoom a detalle de la estimación a la vulnerabilidad al Dengue Clásico y Dengue Hemorrágico en los AGEBS rurales y urbanos de la Región Huasteca Norte.....	96
Figura 35	Zoom a detalle de la estimación a la vulnerabilidad al Dengue Clásico en los AGEBS rurales y urbanos de la Región Huasteca Sur en municipios de Tamazunchale y Matlapa.....	97
Figura 36	Zoom a detalle de la estimación a la vulnerabilidad al Dengue Hemorrágico en los AGEBS rurales y urbanos de la Región Huasteca Sur	98
Figura 37	Estimación de la población al dengue clásico y dengue hemorrágico en base al Censo de Población y Vivienda 2020	99

Índice de tablas

		Página
Tabla 1	La introducción de los serio tipos de dengue 1, 2, 3, y 4 en las Américas.....	36
Tabla 2	Variables explicatorias en el presente estudio.....	47
Tabla 3	Clasificación de municipios por jurisdicción sanitaria.....	49
Tabla 4	Acumulado por jurisdicción sanitaria de los casos de dengue y las tasas por 100, 000 habitantes, durante los años 2015 a 2020.....	62
Tabla 5	Acumulado de los casos de dengue por tipo de diagnóstico a nivel jurisdicción sanitaria.....	67
Tabla 6	Estadísticas descriptivas de cada una de las variables explicatorias independientes de nuestro estudio.....	83
Tabla 7	Coefficientes de la correlación de Pearson entre las variables dependientes e independientes de nuestro estudio.....	84
Tabla 8	Coefficientes de estimación de la vulnerabilidad al dengue clásico.....	85
Tabla 9	Coefficientes de estimación de la vulnerabilidad al dengue hemorrágico.....	86

I.- Introducción

El dengue clásico es una enfermedad causada por los virus arbovirales provenientes de los mosquitos del género *Anopheles flavivirus*, por lo general el *Aedes aegypti* (*Ae.aegypti*) y el *Aedes albopictus* (*Ae.albopictus*), ambos también portadores de la malaria, la fiebre amarilla y la fiebre del oeste del Nilo. Estos mosquitos tienen su origen en la parte tropical de África, la cual incluye también a los mosquitos del género de *Stegomyia* (1). Hoy en día millones de personas viven en zonas en donde se desarrolla la Fiebre de Dengue Clásico (FD) y la Fiebre Hemorrágica por Dengue (FDH) y miles de casos de dengue clásico son reportados año con año en todo el mundo (2).

En la década de los años noventa y específicamente en el año de 1997, los casos de FD y los casos de FDH se convirtió en la enfermedad arboviral más importante en los humanos, con un estimado de 50 a 100 millones de FD y cientos de miles de FDH ocurridos alrededor del mundo de acuerdo con la actividad epidémica en esos años (3).

Comúnmente la FDH es la principal causa de hospitalización y muerte en la población infantil en muchos países del Sureste de Asia y además han afectado la región de América de manera muy similar, convirtiéndose en un problema de salud pública año con año (3). Además, los FD y FDH han tenido un gran impacto en la sociedad y la economía en la misma medida que la malaria, la tuberculosis y las enfermedades de transmisión sexual (4).

En México el problema se ha intensificado, ya que desde finales de la década de los setentas el dengue clásico se ha convertido en un problema de salud importante, ya que los FD y FDH han ido incrementando con el paso del tiempo llegando a reportar decenas de miles de casos en todo el país desde la década de los años ochenta, hasta las épocas modernas (2).

Específicamente en el estado de San Luis Potosí el comportamiento de los FD y FDH ha sido bastante errático e irregular, ya que desde finales de la década de los

setentas oficialmente comenzaron a reportarse y registrarse los primeros casos de esta enfermedad, manteniendo números bajos y discretos, sin embargo se tuvieron ligeros incrementos a mediados de los ochentas, llegando por primera vez a registrar ciento diez casos, al igual que a mediados de la década de los noventas su pico máximo registrado fue de ciento veinte casos. Aunque los verdaderos incrementos llegaron para el año 2010, 2012 y 2013 ya que registraron Doscientos cincuenta, Seiscientos diez y Seiscientos casos respectivamente (3,2).

Es por esta razón que el presente estudio tiene como propósito modelar y representar el cambio de la distribución espacial y temporal de los casos de dengue clásico y dengue hemorrágico dentro del periodo del 2015 a 2020 en todo el estado de San Luis Potosí, así como su nivel de vulnerabilidad en los municipios, Área Geoestadística Básica (AGEBS), localidades urbanas y rurales del estado.

La distribución espacial en salud se entiende como la representación y distribución espacial de las enfermedades en un determinado espacio geográfico. Esta distribución espacial, generalmente involucra y asocia a todos aquellos componentes que forman parte del entorno espacial, ya sea aspectos sociales, sociodemográficos, económicos, ambientales y climatológicos. Gracias a todo este conjunto de asociaciones es posible describir, cuantificar y explicar las variaciones geográficas de las enfermedades y con ello es posible determinar la relación existente entre las incidencias de la enfermedad y sus factores de vulnerabilidad y mediante esto poder identificar conglomerados espaciales o agrupamientos espaciales de las enfermedades (5).

Es mediante la distribución espacial que se busca en este estudio encontrar los patrones ambientales, sociales, climatológicos y de proximidad más relevantes para poder determinar todos aquellos factores claves que han creado una dinámica espacial y temporal con el fenómeno del dengue clásico y dengue hemorrágico, ya que la salud espacial nos ayuda a entender los indicadores geográficos que se relacionan de manera directa con los factores de riesgo, demográficos, ambientales, socioeconómicos e infecciosos.

Se entiende por dinámica espacio temporal a toda aquella interacción entre nuestro objeto de estudio que en este caso son los FD y FDH y todas aquellas variables que juegan un rol en su propagación, temporalidad y evolución a través del tiempo. Dentro de esta dinámica espacio temporal juegan un rol muy importante variables como la temperatura, la precipitación, la humedad por mencionar algunas otras como la cantidad de habitantes en una zona determinada que en este caso se conoce como densidad poblacional y también incluye variables que involucran el espacio geográfico como la distancia a los caminos, distancia a lugares boscosos y con alta vegetación y distancia a diferentes entornos acuáticos como pueden ser lagos, ríos, cuerpos de agua perenes etc. Por otro lado, tenemos que esta dinámica espacio temporal también involucra algunas de las variables sociales más determinantes para medir la calidad de vida de las poblaciones como son el índice de desarrollo humano, el índice de agua entubada y el índice de viviendas con drenaje. Para poder determinar y utilizar los valores de cada una de estas variables es indispensable contar con las fuentes de información pertinentes que nos permitan obtener dicha información, además es importante entender que existen diferentes herramientas que nos posibilitan el poder obtener y estimar los valores de algunas de estas variables como lo son los algoritmos de distancias euclidianas, métodos de interpolación como el Kriging o mediante el uso de la clasificación del suelo mediante técnicas de teledetección (2).

Este estudio ha generado información útil como gráficos que muestren una evolución temporal y mapas que muestren una distribución espacial que le puede servir a las autoridades sanitarias para diseñar estrategias que mejoren la atención a este problema de salud pública.

Este documento está constituido por: la introducción, planteamiento del problema, una metodología la cual tiene bien definidos los métodos, técnicas y procesos que nos llevarán a obtener los resultados deseados al final de la investigación planteada, los aspectos éticos y legales, el cronograma de actividades, los recursos humanos y financieros y la bibliografía de referencia.

II.- Planteamiento del problema

En las últimas décadas que comprenden desde el período de 1970 hasta la década del 2000, las tasas de dengue clásico a nivel mundial se han incrementado de forma exponencial. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha calculado que cada año se infectan por el virus del dengue clásico alrededor de 100 millones de personas en el mundo. Por otro lado, más del 40% de la población mundial, es decir cerca de 2,500 millones de personas están en riesgo de contraer dengue clásico (6). La incidencia y la distribución espacial del dengue clásico ha incrementado dramáticamente en los últimos años (7). Más de 100 países están reportando casos de dengue clásico y cerca del 40 por ciento de la población mundial está expuesta (7,8,9).

Los casos de dengue clásico han incrementado de manera dramática alrededor del mundo en las últimas 4 décadas (1970 - 2010). Cerca de la mitad de la población mundial ésta ahora en riesgo; es decir cerca de 3,500 millones de habitantes, con un millón de personas infectadas y miles de muertes cada año (9). La Organización Panamericana de la Salud (OPS) reportó más de 2 millones de casos de dengue clásico a nivel mundial en el año 2019 y estos comprendieron desde la semana 1 hasta la semana 35, mientras que para el año 2016, 2017 y 2018, reportó un gran número de casos de dengue clásico con una tasa de fatalidad del 0.04 por ciento (2). La enfermedad del dengue clásico ahora se expande a cerca de 124 países, amenazando a cerca de 2.5 billones de personas en los continentes de Asia, América, África, El Caribe y Oceanía (10).

El dengue clásico en las Américas recientemente registra el mayor número de casos registrados en la historia del continente, ya que cuenta actualmente con más de 2.7 millones de casos de dengue clásico y además registra un total de 22,127 casos graves y 1,206 muertes para finales de octubre del año 2019, de acuerdo con la última investigación y actualización epidemiológica de la OPS (8).

Las epidemias de dengue clásico, representan un grave problema que no sólo involucran morbilidad y una eventual mortalidad en los casos más graves, también produce un severo golpe a la actividad y producción de los países o ciudades que

la padecen, ya que la mayoría de la población activa queda paralizada durante las etapas de estado y convalecencia de la afección. Tan sólo es necesario revisar las cifras alcanzadas por algunos países como Cuba que en 1981 alcanzó un total de 344, 203 afectados, Brasil en 1987 obtuvo un total de 89, 394 afectados.

En cuanto a la población infantil y juvenil en las Américas tanto en el centro como en el sur se mantuvo a salvo del dengue clásico durante 3 décadas, sin embargo, en los últimos 10 años se ha incrementado (2000-2010). Durante los años 2000 a 2002 en el país del Salvador se observó un mayor incremento en los casos de FDH y síndrome de choque en niños de 3 a 4 años, además de que causaron mayor morbimortalidad (11). De manera similar en el país de Nicaragua durante el año 2001, se observó un incremento en los casos de FD y FDH en niños de 5 a 9 años, esto ocasionó un incremento en la gravedad en los niños (12).

Durante los años 2007 y 2008 en Brasil, el porcentaje de hospitalizaciones por FDH en jóvenes menores de 15 años fue aumentando a partir del año de 1998 hasta alcanzar un incremento del 9.5 %. Durante este periodo ocurrió un brote epidémico que resultó en un 88% de muertes causadas por FDH en el estado de Río de Janeiro (13).

En 2019 el país con mayor número de casos de dengue clásico fue Brasil con un total de 2, 070, 170 casos reportados. Nicaragua reportó un total de 157,573 casos, mientras que Colombia reportó un total de 106, 066 casos de dengue clásico y Honduras un total de 96, 379 casos.

Los cuatro serotipos del virus del dengue clásico están presentes en las Américas y la co-circulación de los 4 tipos de dengue clásico se reportan en países como Brasil, Guatemala y México para el año 2019. Las consecuencias de la circulación de los 4 serotipos de dengue clásico son delicadas, ya que aumenta la ocurrencia de casos de dengue clásico clasificados como graves.

Los países con las incidencias más altas fueron en su mayoría países de Centro América como Nicaragua 2,271 casos por cada 100, 000 habitantes, Belice con 1,021 casos por cada 100, 000 habitantes, Honduras con 9955 por cada 100, 000

habitantes y el Salvador con 374 casos por cada 100, 000 habitantes. Por otro lado, el quinto país de América con mayor tasa de incidencia fue Brasil con un total de 7112 casos por cada 100, 000 habitantes (12).

En México, la Fiebre de Dengue Clásico ha remergido después del final del programa de erradicación del mosquito *Ae.aegypti* por parte de la Organización Panamericana de la Salud en la década de 1970 y ha recuperado su distribución original (14).

México se ha caracterizado por el regreso del dengue clásico en el año de 1978 año a partir del cual se convirtió en un problema de salud importante, ya que la gente que más padeció esta enfermedad, se caracterizó por tener un índice de desarrollo humano muy bajo y contar con un pobre y carente sistema de servicios, además de que la enfermedad prevalecía en la población adulta. A través de los años 1980 a 2011 el fenómeno del dengue clásico ha evolucionado y cambiado, cada 10 años su dinámica y patrón de contagio cambia, observando siempre en cada década un brote importante y también se ha observado que cada grupo de edad está cambiando a través de los años, anteriormente las poblaciones con mayor edad eran las más afectadas, sin embargo, las últimas dos décadas esta dinámica ha cambiado hacia las poblaciones más jóvenes (15).

Durante el año 2002 el Instituto Mexicano del Seguro Social reportó un aumento en las incidencias de casos de dengue clásico infantil y juvenil en la población de derechohabientes (16).

México contabilizó un total de 51, 406 afectados en el año de 1980. En el año de 1981, México contabilizó un total de 213, 822 casos, En el año de 1983 en México se contabilizó un total de 19, 028 casos. Para el año de 1997 tuvo un total de 53, 541, en 1998 23, 639, para 1999 un total de 14, 875, para el año 2000 un total de 21, 715, para el año del 2001 tuvo un total de 6210 y para el año 2002 un total de 3005 (17).

Las cifras en México han jugado un cambio constante en sus tasas porcentuales, ya que durante la década de 1990 a 1999 la mayor tasa de incidencia se encontraba

entre la población de 25 a 44 años, con una tasa anual promedio de 30.7 % por cada 100, 000 habitantes, mientras que en la década del año 2000 al 2009 la tasa de incidencia más alta fue de la población de 15 a 24 años, con una tasa anual promedio de 51.31 % por cada 100, 000 habitantes. También cabe destacar que durante la década del 2000 al 2010, se determinó que hubo un aumento en las incidencias de FDH y un notable cambio en la población de riesgo, ya que la población infantil y juvenil fue la más afectada (15).

El incremento del dengue clásico en México y en el estado de San Luis Potosí a partir de la década de los 70'S, parece estar ligado estrechamente a los cambios demográficos y sociales del país, ya que en los últimos 50 años fenómenos como la migración de las personas del campo a las ciudades, el incremento de la población sin precedentes en los centros urbanos, la urbanización sin control, la falta de planeación y orden en la construcción de las viviendas, el amontonamiento, el deterioro del agua, el cambio climático, el cambio de uso de suelo desmedido y la pobreza extrema en el país han alterado el ciclo natural de la transmisión del dengue clásico aumentando el número de casos en las zonas endémicas, volviéndose zonas hiperendémicas en muchas partes del país y lo más preocupante es que está enfermedad se presenta de manera estacional en aquellos entornos urbanos y rurales que por naturaleza no reúnen las condiciones climatológicas que justifiquen la presencia de casos de dengue clásico en estas zonas (2).

En los últimos 30 años en San Luis Potosí se ha observado un comportamiento errático en los casos de dengue clásico por cada 100,000 habitantes entre el periodo de 1979 al 2014. En los años 1981, 1986, 1996 y 1999 los casos de dengue clásico tuvieron un patrón de incremento bastante pronunciado, mientras que en los periodos de los años 2001 a 2005 se observó que el virus decreció, pero para el ciclo 2005 a 2009 se dio nuevamente un ligero incremento en los casos de dengue clásico, esto de acuerdo con datos de la Dirección General de Epidemiología (DGEPI). Aunque de acuerdo con los datos de Sánchez-Hernández D et al., hubo un mayor crecimiento para los años 2010, 2012 y 2013, mientras que para el año

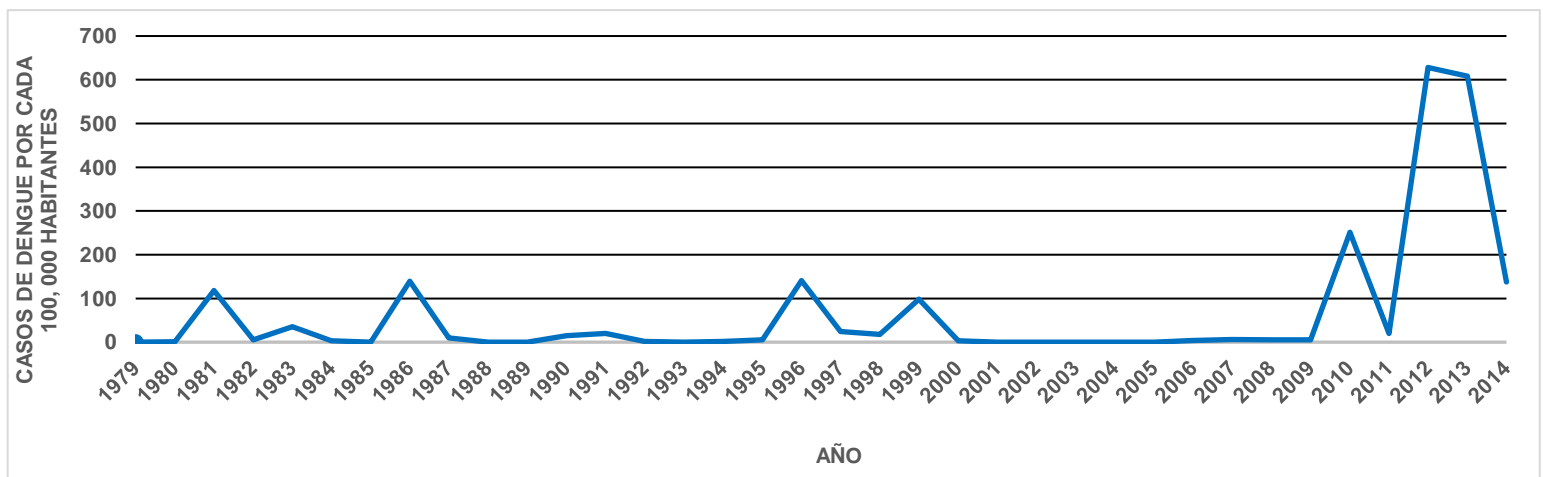
2011 y 2014 las cifras de casos de dengue clásico tuvieron un decremento considerable (2).

Las enfermedades transmitidas por *vectores* son un problema en muchos lugares tropicales y subtropicales del mundo, incluyendo las zonas costeras y húmedas de México y en las zonas más calurosas y húmedas de San Luis Potosí, aunque en los últimos 4 años el fenómeno del dengue clásico y dengue hemorrágico ha comenzado aparecer de manera inesperada en la capital del estado, principalmente en las zonas más vulnerables y marginadas de la capital (2), además de su constante expansión dentro de la Región Huasteca.

El dengue clásico y dengue hemorrágico es una enfermedad que afecta en todas las esferas al ser humano, no sólo en su salud física y emocional las que se ven afectadas, otras áreas de su vida como su economía, su nicho ecológico, su equilibrio y dinámica social también se ven afectadas por los constantes brotes que ocurren alrededor de todo el mundo en las regiones más vulnerables a esta enfermedad (18).

Los *vectores* son todos aquellos organismos agentes de patógenos capaces de transmitir enfermedades como la malaria, el dengue, la fiebre amarilla, el zika, el chikungunya, entre otras a través de su picadura o mordedura y generalmente son las especies de mosquitos *anopheles*, las garrapatas, las chinches y hasta los murciélagos los principales seres del reino animal que actúan como los principales vectores del mundo natural (19).

Figura 1 Evolución de los casos de dengue en San Luis Potosí durante el período de 1979 a 2014.



Fuente: elaboración propia con datos oficiales de Dirección General de Epidemiología (DGEPI) (2,3).

Diversos estudios alrededor del mundo han planteado la manera de contabilizar y representar de manera espacial los casos de dengue clásico que se presentan en las diversas regiones tropicales y subtropicales que son objeto de su estudio, con este tipo de análisis se ha logrado realizar una gran contribución al desarrollo del análisis espacial en las distintas enfermedades transmitidas por *vectores* como la Fiebre de Dengue Clásico, el Chikungunya o la Malaria (6). Dichos estudios son capaces de demostrar la evolución de dichos fenómenos de acuerdo a su semana epidemiológica y su distribución y evolución espacial, a través de mapas de vulnerabilidad por semana epidemiológica.

Se han realizado mapas de distribución espacial del riesgo de dengue clásico de manera global, así como a escalas locales (20). En 2014 se estudió la distribución espacio temporal de los diferentes tipos de virus del dengue clásico mediante la realización de un meta análisis que la condujeron a incorporar y analizar las publicaciones de datos recopilados alrededor del mundo desde el año 1943 hasta el 2013 y de una manera similar (21) realizó una predicción del riesgo de dengue clásico en Europa después de realizar un meta análisis de literatura combinando datos ambientales y datos provenientes de sensores remotos a un kilómetro de

resolución espacial los cuales se procesaron mediante un análisis discriminante no lineal.

En 2012 presentaron un estudio del riesgo potencial y el comportamiento espacial del dengue clásico a través de México utilizando el método de distribución de especies MaxEnt de una distribución y modelado espacial con datos capturados del periodo 1999 a 2006, enfocándose principalmente en las zonas urbanas a un kilómetro de resolución espacial (22).

Todos estos estudios revelan la importancia que tiene el representar un modelado espacial temporal a grandes y pequeñas escalas de las dinámicas espaciales temporales del dengue clásico y dengue hemorrágico, es por esta razón que en este estudio se busca plasmar un modelo a nivel estatal de la dinámica del dengue clásico y dengue hemorrágico en los últimos 5 años en San Luis Potosí y así determinar la correlación entre dicho fenómeno con variables ambientales, espaciales, de proximidad y sociales, para entender su dinámica espacial temporal (2).

El dengue representa una carga implacable para la economía y para la salud, los brotes de dengue se han vuelto cada vez más comunes, lo que ejerce gran presión en la infraestructura en salud y los servicios (23).

Halasa, Shepard, y Zeng, (2012) realizaron un estudio del costo económico del dengue en Puerto Rico. Utilizaron datos de casos de dengue del CDC para determinar el número promedio anual de casos de dengue reportados positivos por laboratorio (1,831), pero además proyectaron esos casos con factores de expansión para obtener los casos proyectados (4,431) más del doble.

Además, obtuvieron el costo promedio por adulto y por niño por tipo de costo (hospitalario, ambulatorio e indirecto) de 2002 a 2010. Otro de los aspectos que encontraron fue las fuentes de financiamiento como aseguradoras con un 22%, los hogares con un 48%, empleados 7% y el gobierno con 24%, resultando haber un mayor costo en los hogares sobre todo en los casos fatales. También se calculó el costo económico promedio anual agregado del dengue dividido en costo del

padecimiento calculado con el costo total de la enfermedad del 83% más el costo directo con un 41% más costo indirecto con un 41% del total y el control del vector y la vigilancia además de que el costo total de prevención fue de un 16%, el control del vector de un 15% y el costo de la vigilancia fue de 1.6% (24).

Añez et al., 2006 determinaron el impacto económico para el estado de Zulia, Venezuela en el periodo de 1997 a 2003. Durante este periodo se atendieron 33,857 casos de dengue, el 89.35% fueron dengue y el 10.65% fueron dengue hemorrágico o Síndrome de Choque por Dengue (SCD). Seis fallecieron. Los costos directos fueron de \$474,251.70 Dólares, de esta suma \$132,042.300 dólares correspondieron a la atención en los servicios de urgencia y \$342,209.400 dólares a los gastos de hospitalización de los casos con FDH y SCD. Los costos indirectos ascendieron a \$873,825.840 dólares y representan un 64% del gasto total ósea 1, \$348,077.540 dólares relacionado con esta enfermedad en los años estudiados (25).

El impacto económico directo del dengue en México para el año 2014 ascendió a un costo total del dengue en México en 2014 por atención medica hospitalaria y ascendió a poco más de \$290 millones de pesos, tan solo para la atención hospitalaria (24).

En términos generales los costos se concentran en los estados costeros del país, de sureste al noreste, sin embargo, hay presencia en estados sin salida al mar, semi-seco o desérticos, y de mayor altitud. De las 11 regiones epidemiológicas el 50% de los costos los absorben las regiones Ístmica Chiapaneca (87 millones de pesos), y la región del Golfo de California (59 millones de pesos), también sobresale la región Occidente que concentra el 14% de los costos (cuarenta y un millones), la Serrana y la Costa del Pacífico (11% y 10%, 31 y 28 millones respectivamente) y la Península de Yucatán (7%).

En contra parte las regiones que proporcionalmente estuvieron menos impactadas fueron: Golfo (10 millones de pesos 3%), Noreste (6 millones de pesos 2%), Central (4 millones de pesos 1%); la región Altiplano (1 millón doscientos ochenta y seis mil pesos 0.4%) y la región Mediterránea (doscientos setenta mil pesos 0.1%).

En el caso del tiempo que pasa un paciente en el hospital, se consideraron los días de estancia. El 63% de los pacientes estuvieron de 1 a 4 días hospitalizados 23% estuvo de 5 días a una semana, y el 14% restante paso más de una semana hospitalizados (24).

En la región epidemiológica 4 la Costa del Pacífico, comprende los estados de la costa del Pacífico mexicano desde Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, la porción sur del Estado de México y la mayor parte de la Costa de Oaxaca. Por sus condiciones ambientales costeras, cálidas y húmedas la mayor parte de sus municipios tienen al menos un caso de dengue en cifras oficiales. Se presenta en zonas costeras y en menor medida en zonas montañosas, especialmente en las ciudades de Acapulco, Colima, Manzanillo, Zihuatanejo, Tecomán, Lázaro Cárdenas, Puerto Escondido y Salina Cruz. En total en el periodo 2000-2014 se presentaron 12,219 casos de dengue, lo que la convierte en la tercera región más afectada del país solo por detrás de la Península de Yucatán y la Ístmica Chiapaneca, con un costo por atención anual promedio de \$28,689, 880.790 pesos mexicanos. Zonas Holoendémicas el 65% en hiperendémicas, el 12% en mesoendemicas 21% y el 5% en hipoendemicas. De los 107 854 km² de superficie solo el 3% de la región se encuentra por encima de los 2000 metros sobre el nivel del mar, con sus más de doce mil casos de dengue sobre todo en zonas cercanas al nivel del mar. Además, cuenta con áreas naturales protegidas estatales y federales, de playas, arrecifes y manglares, que por sus condiciones de humedad y sombra es un sitio potencial para poblaciones de mosquitos. Entre las áreas más destacadas se encuentran la Sierra de Manantlán, Chamela-Cuixmala, Las Huertas en Colima, El Veladero en Acapulco, Lagunas de Chacahua, Playa de Escobilla y Huatulco. Lo que distingue a esta región de las demás es su condición Costera y Serrana, en esta parte del país la costa no se extiende como en el Pacífico, zona de alta actividad sísmica e incluso volcánica. Las condiciones de marginación son muy altas, grupos indígenas son afectados por el dengue. Esta zona con alto impacto ambiental, visto un aumento de casos de dengue de 638 casos en 2002, a 3,709 en 2012 cuando se presentó un aumento significativo en la región, esto es un aumento del 580% en tan solo 10 años (24).

Aunado a lo anterior, la OPS realizó estudios en los que se estimó que el costo anual del dengue clásico que incluyó la lucha contra el vector y los costos hospitalarios, se estima que fue de 2.1 miles de millones de dólares entre los años del 2000 al 2007. Por otro lado, un estudio más en el continente asiático calculó que cada año el costo del dengue clásico que incluía todos los gastos médicos y hospitalarios fue de 959 millones de dólares, sin incluir la pérdida de la productividad y sin incluir los costos de control y prevención (15). En cuanto a las Américas se estima que el costo está entre uno y cuatro mil millones de dólares, mientras que, en México durante el año 2010, el costo estimado es de 486 dólares por pacientes ambulatorios y 1,209 dólares por paciente hospitalizado (17).

Por otro lado, la propagación se intensifica en la mancha urbana de la capital potosina y se requiere conocer la dinámica espacio temporal de la evolución del fenómeno del dengue clásico y dengue hemorrágico dentro de la mancha urbana del municipio de San Luis Potosí, ya que se considera la principal metrópoli del Estado y se sabe que anteriormente esta área conurbada no presentaban casos de dengue clásico y dengue hemorrágico y conforme ha pasado el tiempo, este fenómeno parece estar presentándose de manera estacional (2).

Por lo anterior, es muy importante llevar a cabo estudios que determinen la distribución, el impacto y la evolución que ha tenido esta enfermedad al menos en los últimos seis años en el estado de San Luis Potosí. También se considera importante conocer la distribución espacial de dicha enfermedad y las cargas del dengue clásico a nivel estatal, municipal y nivel AGEB, y así definir los patrones ambientales, sociales y espaciales que afectan a la población del Estado (8). Se generarán mapas a nivel AGEBs rurales y urbanos, de la vulnerabilidad al dengue clásico y dengue hemorrágico en cada uno de los municipios del estado, que muestre la evolución continua del fenómeno a través del tiempo y el espacio.

Por lo tanto, se van a generar mapas de grado por AGEBS en las zonas metropolitanas de San Luis Potosí, a través del método de interpolación IDW, con cinco rangos: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, para su análisis espacial también se incorporó la siguiente infraestructura o datos espaciales de colonias con

presencia de dengue, terminal de transportes terrestres, Áreas Naturales Protegidas Federales y Estatales, Carreteras, cuerpos de agua, límites de AGEBS y límites municipales.

Además, se realizará un análisis de la incidencia mensual mediante la elaboración de un gráfico que nos permita conocer la evolución temporal de todos los casos de dengue clásico y dengue hemorrágico para el periodo de análisis 2015-2020. Con la incidencia mensual se pretende observar y conocer las estaciones y épocas del año en las que el dengue clásico muestra un mayor número de casos y sus patrones temporales y las épocas del año con mayor cantidad de incidencias, así como aquellas características climatológicas que tienen una fuerte relación con la enfermedad (26, 27).

Además, es importante que las autoridades tomadoras de decisiones del sector Salud en San Luis Potosí conozcan la forma en que se presenta y se distribuye esta enfermedad por medio de datos visuales que hagan mucho más clara la propagación espacial y que mejor que hacerlo por medio de mapas probabilísticos a nivel AGEB.

Los resultados de esta investigación le van aportar principalmente a la salud pública en general, ya que es un estudio en el que se va a lograr un avance en el tema de la investigación en salud pública a través del tiempo y el espacio, aunque también le pueden servir a todo el personal de salud y especialistas en epidemiología, interesados en conocer la dinámica espacio temporal de la enfermedad del dengue clásico y su evolución a través de los años. Es sumamente importante que los especialistas en los temas de salud y de enfermedades transmitidas por *vectores*, puedan inferir y conocer aquellas asociaciones que tiene dicha enfermedad con otras variables y así entender la dinámica evolutiva y su distribución espacial dentro de los entornos urbanos y rurales. Mediante los análisis espaciales y mapas de vulnerabilidad generados a través de métodos de análisis espacial, es posible determinar aquellas zonas en las que los patrones del dengue clásico se presentan con mayor intensidad y los lugares en los que el riesgo de contraer dengue clásico es mayor.

Además de que cuenta con el conocimiento de la Norma 032-SSA2-2014 de vigilancia epidemiológica, la cual tiene como objetivo disminuir el riesgo de infección, enfermedades, complicaciones e inclusive muertes por enfermedades transmitidas por *vectores*. Esta norma es de observancia obligatoria en todo el territorio para el personal de los servicios de salud de los sectores público, social y privado que conforman el Sistema Nacional de Salud, que efectúen acciones de vigilancia, promoción, prevención y control de las enfermedades de esta norma (28).

Por lo anteriormente mencionado, se desprende la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es la evolución temporal y distribución espacial del dengue clásico y dengue hemorrágico en el estado de San Luis Potosí, a nivel AGEB urbano y rural y el grado de vulnerabilidad de la población de los mismos a esta enfermedad?

¿Existe correlación entre la enfermedad del dengue clásico y dengue hemorrágico y los índices de marginación y de desarrollo humano en los AGEBs rurales y urbanos del Estado?

III.- Marco teórico

3.1. Características generales del mosquito vector *Aedes Aegypti*

El mosquito *A.aegypti* es considerado como el mayor y más peligroso de todos los mosquitos a nivel mundial, debido a su gran capacidad de transmitir todo tipo de enfermedades arbovirales en comparación a todas las especies de mosquitos del género *anopheles*. Este mosquito originario de África, se cree que fue introducido al continente americano en las primeras embarcaciones colonizadoras entre los siglos XIII y XV, estableciéndose principalmente entre los trópicos y subtropicos entre las latitudes 45° N y 35° S (29).

El mosquito pertenece a la familia Culicidae y pertenece al orden de la Diptera, suelen considerarse cómo los artrópodos hematófagos más importantes, por su capacidad de alimentarse del hombre y de otros mamíferos como aves, bovinos, caballos, cerdos, peces, reptiles y anfibios. Además, es capaz de transmitir virus patógenos a todos los seres vivos de los que se alimenta, con excepción de los peces (30).

Los mosquitos son los principales *vectores* responsables de transmitir una serie de patógenos ya conocidos en todo el mundo cómo lo son: el Paludismo, la Fiebre amarilla, la Malaria, el Dengue clásico y Dengue hemorrágico, la Chikungunya, la Fiebre del Zika y el virus Mayaro (30).

Los mosquitos *A.aegypti* encuentran su mayor protección dentro de las viviendas humanas, debido a que encuentran la mayor protección contra las inclemencias del tiempo, gracias a los hábitos domésticos del hombre (29). Lo que hace que el mosquito *A.aegypti* tenga una enorme capacidad de transmitir enfermedades *arbovirales* al hombre (capacidad vectorial) y se debe principalmente a sus características biológicas como son su forma de alimentarse preferentemente hacia los humanos, sus hábitos de picadura, sus preferencias por un huésped humano, su gran susceptibilidad a ser vector del dengue clásico, la densidad con la que puede llegar a reproducirse y las variables ambientales, que juegan un rol muy

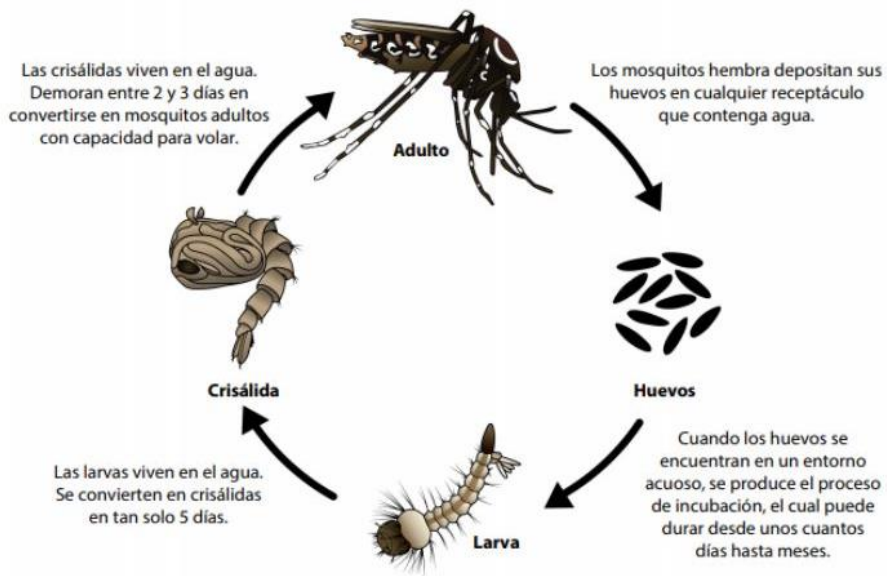
importante en su desarrollo como lo son: la temperatura, la precipitación pluvial, la humedad, la altitud, el tipo de vegetación y sus diferentes tipos de hábitos larvarios. La interacción de todas estas variables biológicas y ambientales son las que determinan en gran medida el desarrollo de algún serotipo de dengue clásico, dependiendo de la región geográfica y es mediante todos estos factores los que conllevan a generar transmisiones y epidemias más intensas (2).

A.aegypti se relaciona con el ser humano ya que su nicho ecológico se encuentra íntimamente relacionado con las costumbres domésticas. *A.aegypti* se cría y reproduce en cualquier objeto capaz de retener agua, entre los que destacan llantas, tinas, tanques, en cavidades naturales como son cáscaras de fruta, cavidades y huecos en los árboles. Generalmente las hembras del *A.aegypti*, utilizan los recipientes de boca ancha y que les brindan suficiente sombra con la finalidad de depositar sus huevecillos de forma segura (29).

El desarrollo de los huevos ocurre por lo general durante las primeras 48 horas después de la fecundación cuando las condiciones climáticas son húmedas y cálidas (29). Una vez que los huevecillos son depositados las primeras 48 horas, la humedad relativa y la temperatura es fundamental. El rango de humedad relativa en que se desarrolla *A.aegypti* durante las primeras 48 horas está entre 500 y 650 mm, mientras que la temperatura se encuentra entre 10°C y temperaturas no mayores a 42°C para su desarrollo y supervivencia óptima. Una vez que el huevecillo tiene contacto con el agua, la larva emerge en 15 minutos debido a la acción bacteriana de la materia orgánica que disminuye la tensión de oxígeno y facilita la eclosión. Las larvas pueden alimentarse de microorganismos que se encuentran en el agua, debido a ello se les considera omnívoras (29).

Figura 2 Ciclo de vida del mosquito *Aedes aegypti*.

Un huevo demora entre 7 y 10 días en convertirse en un mosquito adulto.



Fuente: Briones et al., 2018 (23).

En la figura 2 y 3 se muestra el ciclo de vida del mosquito *A. aegypti* el cual debe de pasar por cuatro fases esenciales, para completar su ciclo de vida natural (30). Una vez que la hembra ha emergido y completado su desarrollo, tiene la capacidad de aparearse de manera casi inmediata. Una vez que la hembra es copulada por el macho, está es capaz de producir huevecillos de manera proporcional a la cantidad de sangre que la hembra haya ingerido. Las hembras tienen la capacidad de producir huevos fértiles todo el tiempo, siempre y cuando se mantengan ingiriendo cantidades de sangre suficientes en cada ovipostura. Cuando la hembra esta lista para depositar los huevos, por lo general suele buscar objetos naturales o artificiales como recipientes o cavidades en los árboles, con la finalidad de depositarlos, completando así su ciclo de vida (31).

Figura 3 Ciclo de vida del Aedes Aegypti



Fuente: Thiri3n-Icaza, J. 2003 (31).

Este tipo de mosquitos por lo general prefieren los ambientes c3ldos con temperaturas que oscilen entre los 15 y 40°C, adem3s de incluir nichos ecol3gicos con precipitaciones pluviales altas. Anteriormente los mosquitos portadores de dengue cl3sico sol3an habitar en las zonas selv3ticas y rurales alrededor del mundo, sin embargo conforme fue pasando el tiempo y la poblaci3n se fue incrementando la proliferaci3n de mosquitos fue aumentando en los entornos urbanos, por lo tanto esta re infestaci3n junto con los cambios bruscos de temperatura y el calentamiento global, la din3mica de proliferaci3n y el ciclo de infecci3n se increment3 de manera dr3stica entre las poblaciones urbanas m3s vulnerables del mundo (32).

A.aegypti suele habitar cerca de las viviendas y entornos de vida cercanos al hombre, de acuerdo con Mart3nez (1987) menciona que muchos de sus criaderos en entornos naturales suelen encontrarse a 100 metros de distancia de las viviendas. En la isla de Anguila se registraron infestaciones de huevecillos en las cavidades de los corales marinos que se encontraban a 1 kil3metro de distancia de las viviendas (29). Tambi3n se afirma que se encontraron larvas en los corrales de

ganado a más de 400 metros de distancia de las viviendas (31). En el sureste de Texas se encontraron huevecillos en ovitrampas a más de 8 kilómetros y larvas en cavidades de árboles a más de 3.2 kilómetros de los ámbitos humanos. Aunque rara vez los mosquitos se alejan a más de 500 metros de los ámbitos humanos (30).

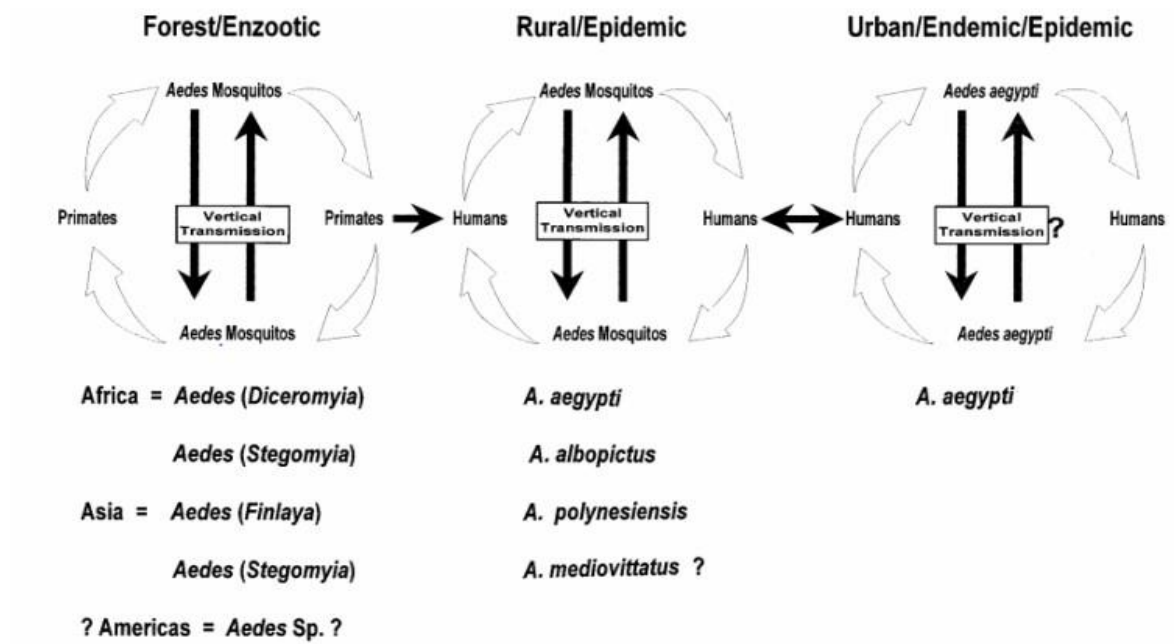
El mosquito *A.aegypti* suele habitar en casi todos los entornos urbanos del mundo, que contengan una alta densidad de población, ya que estos entornos urbanos contienen todas las condiciones del hombre moderno, las cuales reúnen todos los medios necesarios para la supervivencia y resistencia para el mosquito transmisor del dengue clásico como lo son lugares despejados, oscuros y ventilados dentro de las casas de las personas y añadido a esto muchos recipientes y superficies capaces de retener agua que con el tiempo se estanca y se ensucia, facilitando así la incubación y el desarrollo de las larvas y el surgimiento de lotes de nuevos mosquitos maduros listos para comenzar el ciclo de vida y que normalmente en las zonas climáticas cálidas y tropicales suelen desarrollar algún serotipo de dengue clásico (DENV 1 – DENV 4) que circula de manera estacional en esas regiones (18). Por otro lado es importante resaltar que el mosquito *A.aegypti*, suele presentar su ciclo de crecimiento natural en los lugares boscosos, selváticos y rurales de casi todo el mundo, normalmente en lugares con alta vegetación, agua y cavidades naturales en los árboles, por lo que muchas localidades rurales son propensas a desarrollar ciclos de transmisión de algún serotipo de dengue clásico (31).

3.2. Características generales del virus del dengue clásico y dengue hemorrágico y definiciones de conceptos esenciales para el estudio

El dengue clásico es una enfermedad transmitida por *vectores*, causada por cuatro diferentes tipos de virus del género *Flavivirus* (32). La familia de los *Flavivirus* son virus de cadena simple de RNA y son transmitidos principalmente por garrapatas y mosquitos. Existen cuatro tipos de virus de dengue clásico que van desde el DEN 1 hasta el DENV 4 y una persona que es contagiada por alguno de estos serotipos de dengue clásico, desarrolla inmunidad a largo plazo, sólo al serotipo del que se infectó, pero no desarrolla inmunidad para los otros tres restantes (33). Se cree que el ancestro de estos 4 serotipos de dengue clásico emergió hace unos 1,000 años

atrás con un ciclo de contagio entre primates y mosquitos de forma natural en un entorno selvático, pero la transmisión a los humanos se estableció de forma independiente por los cuatro serotipos de dengue clásico apenas hace unos cientos de años atrás (34). Durante la mitad del siglo XX se estuvieron reportando epidemias de dengue clásico en toda la región de la India y las islas del Pacífico y esta transmisión de dengue clásico se dio principalmente por su vector el mosquito *A.aegypti*, junto con la aceleración de la urbanización y la globalización en las siguientes décadas del siglo XX. En la región de América el dengue clásico es transmitido principalmente por la picadura de la hembra del mosquito *A.aegypti* y asociado con los entornos urbanos (34). Aunque recientemente el dengue clásico ha sido reportado en zonas semi-urbanas y regiones rurales (35). El dengue clásico es considerado la más importante de las enfermedades antropodo-viral en los humanos alrededor del mundo, y se estima que 50 a 100 millones de casos son reportados alrededor del mundo cada año (36, 37).

Figura 4 Ciclo natural de transmisión del virus de dengue clásico



Fuente: Gluber, D.J. 1998 (37).

Dentro de la figura 4 nos muestra claramente los distintos ciclos de transmisión que se han venido desarrollando a través de la historia de la enfermedad, por lo general

en cada una de las regiones del mundo en las que la enfermedad suele darse de manera natural y endémica (4). El dengue clásico se localiza principalmente en Asia, África, América, Oceanía, Australia y en el Sur de los Estados Unidos, siendo el continente asiático el más afectado, ya que es una de las principales causas de muerte en la población infantil y de edad mayor en estas regiones (29).

La infección del dengue clásico puede darse de manera asintomática, como un cuadro febril inespecífico o presentarse clínicamente con inicio súbito de fiebre, cefalea, dolor reticular, mialgias y artralgias, se presentan también escalofríos al tercer día de la fiebre y de manera eventual se puede presentar diarrea, náuseas y tos, mientras que el dengue hemorrágico es más grave y se asocia con pérdida del apetito, vómitos, fiebre alta, dolor de cabeza y dolor abdominal. Pueden ocurrir shock e insuficiencia circulatoria. El dengue hemorrágico sin tratamiento causa la muerte hasta en el 50 por ciento de los casos (36). Este es el cuadro clásico que en los años recientes se ha venido presentando y con frecuencia llega a evolucionar a formas más severas como dengue hemorrágico y síndrome de choque de dengue clásico, principalmente en Cuba, México, Venezuela, el Salvador y Brasil.

La tasa de ataque del dengue clásico puede llegar a afectar hasta a un 90% de las personas susceptibles, con un índice de letalidad de hasta 5 por ciento a nivel mundial. En 1999, la OMS incluyó al dengue clásico como una enfermedad de máxima importancia para la investigación (36).

Se cree que la hembra del *A.aegypti* adquiere el virus del dengue clásico de forma natural, de acuerdo a las observaciones y experimentos que se han realizado en algunos laboratorios. Sin embargo, es un fenómeno que aún no está comprobado en su totalidad. Por otro lado algunos otros especialistas creen que las hembras del *A.aegypti* se infectan y adquieren algún serotipo de dengue clásico al ingerir sangre humana contaminada de algún individuo que se encontraba en una fase virémica. Algunos otros investigadores creen que se infectan al momento de interrumpir la absorción de sangre de un huésped e inmediatamente pasan a morder y alimentarse de otro huésped diferente, adquiriendo así de manera mecánica algún serotipo de dengue clásico (30).

La infección del dengue clásico se puede presentar de manera muy discreta o en el caso contrario se puede presentar de una manera moderadamente intensa. Generalmente el período de incubación puede ser de 5 a 7 días, y en muchos de los casos las personas infectadas resultan ser asintomáticas (36, 37).

Por lo general las personas que se contagian de algún serio tipo de dengue clásico, suelen permanecer aislados y en reposo por un período de 7 a 10 días y los síntomas más comunes suelen ser malestar general, fiebre aguda, cefalea, dolor retro ocular, dolor muscular y dolores en las articulaciones. Muchos de los casos de dengue clásico suelen presentar formas mucho más graves de la enfermedad, en las que las manifestaciones hemorrágicas, asociadas a la pérdida de plasma suelen ser el padecimiento (38).

Por lo general los casos de dengue clásico graves suelen aparecer en personas que alguna vez ya padecieron dengue clásico por un serotipo y suelen infectarse nuevamente con otro distinto al primero.

Los estudios de 38, 39 y 40, han concluido que factores como el tipo de vecindario, el tipo de casas, la edad de las personas, el nivel de educación de las personas, la falta de condiciones sanitarias y el nivel de ventilación en los hogares y vecindarios han influido de manera significativa en la distribución espacial de la dispersión de la enfermedad del dengue clásico.

Otro de los factores más importantes en el crecimiento del virus del dengue clásico y de su contagio a nivel mundial se ha dado a través del constante cambio en la manera en cómo el hombre se transporta a través del espacio para realizar sus actividades cotidianas, ya sea por caminos pavimentados, brechas, terracerías, grandes carreteras y por supuesto por medio de aire a través de aviones, helicópteros o avionetas. Todos estos medios de transporte y comunicación hacen posible el traslado del vector transmisor del dengue clásico a través de este medio, no sólo de manera local y regional, sino también a nivel estatal y mundial, haciendo posible la expansión de la enfermedad del dengue clásico de un continente a otro (42, 43). Es por esta razón que muchos estudios realizados en Australia, en la parte Noroeste de la India y en Trinidad y Tobago, han encontrado una fuerte asociación

entre la presencia de *Aedes Aegypti*, transmisiones de dengue clásico y los lugares cercanos a las principales carreteras, asociándose así el movimiento constante de la gente con el incremento de contagios de dengue clásico alrededor del mundo (44, 45, 46, 47).

En cuanto a las condiciones climatológicas, el dengue clásico y su transmisión suelen verse significativamente influenciados por variables como la temperatura media anual, la precipitación media anual y la humedad relativa media anual, dependiendo siempre de la región climatológica, ya que un estudio en Asia llevado a cabo en Taiwán siguiere que los contagios y desarrollos de dengue clásico en el *A.aegypti* suelen variar mucho entre un año y otro y una de las principales razones de este incremento o decremento en los patrones de la enfermedad fue principalmente la variabilidad en algunas de estas tres variantes climáticas como lo son la humedad, la temperatura o la precipitación y esto ha ocasionado que no exista una estacionalidad y linealidad continua en esta región, por lo tanto se determinó que el clima es un factor determinante en los patrones e incrementos de contagios de la FD en Taiwán (26).

Otro estudio es el realizado por Hsue Y-H en el que representa las cantidades acumuladas de casos de dengue clásico por ciclos mensuales desde el periodo del año 2003 al 2008 y ejemplifica la contabilización y distribución del dengue clásico en toda la región de Kaoshiung City, Taiwan y su correlación con la población total y la densidad de población de dicha región (49). En el Sudeste de Asia existen diferentes serotipos de dengue clásico que se propagan y viajan a través de otras regiones de Taiwan y a otros países cercanos y mucha gente podría haber estado expuesto a los diferentes serotipos de dengue clásico, los cuales aún no han invadido la ciudad de Kaoshiung, Taiwan (26, 49).

Dengue clásico: El dengue clásico es una infección vírica transmitida por la picadura de las hembras infectadas de mosquitos del género *Aedes*, que normalmente es común en la zonas tropicales y subtropicales del mundo. Los síntomas aparecen de 3 a 14 días después de la picadura infectiva y a menudo es grave, similar a la gripe. Sus síntomas suelen comprender fiebre alta, cefalea

intensa, dolores musculares y articulares, náuseas y vómitos, acompañados de erupción cutánea y generalmente aquellos que se contagian por segunda vez, tienen mayores probabilidades de desarrollar la enfermedad de manera más grave (30).

Dengue hemorrágico: El dengue hemorrágico es una complicación del dengue clásico y en ocasiones mortal, que se caracteriza por fiebre alta y tendencia a la hemorragia. Al cabo de unos días de fiebre, el estado del paciente puede deteriorarse súbitamente y llegar a la insuficiencia circulatoria. Puede producirse la muerte entre 12 y 24 horas después, en ausencia de una atención hospitalaria adecuada (30).

Área geoestadística básica (AGEB): División territorial de las Áreas Geoestadísticas Municipales, con propósitos de cobertura y control de la información, las cuales se clasifican en urbanas y rurales (50).

A cada AGEB se le ha asignado una clave compuesta por tres caracteres numéricos, un guion y un número que va del 0 al 9, o la letra A; y aparece representada en la cartografía dentro de una elipse. Estas claves son únicas dentro de cada municipio, independientemente de que el AGEB sea urbano o rural.

Vulnerabilidad: La vulnerabilidad puede definirse como la capacidad disminuida de una persona o un grupo de personas para anticiparse, hacer frente y resistir a los efectos de un peligro natural o causado por la actividad humana, y para recuperarse de los mismos (39).

El grado de vulnerabilidad de las personas y alcance de su capacidad para resistir y hacer frente a los peligros y recuperarse de los desastres dependen de factores físicos, económicos, sociales y políticos. Desde luego, la pobreza contribuye de manera importante a la vulnerabilidad. Es más, probable que las personas pobres vivan y trabajen en zonas expuestas a peligros potenciales y menos probables que dispongan de los recursos necesarios para hacer frente a un desastre.

Para poder reducir la vulnerabilidad es necesario reducir los efectos del propio peligro mediante la mitigación, predicción, la alerta y la preparación. Fortalecer la

capacidad para resistir y hacer frente a los peligros; así como abordar las causas subyacentes a la vulnerabilidad, como la pobreza, el mal gobierno, la discriminación, la desigualdad y el acceso insuficiente a recursos y medios de subsistencia (39).

Marginación: Se puede definir como segregación social, incluso en términos espaciales o geográficos. Consiste en la separación efectiva de una persona, una comunidad, o un sector de la sociedad, respecto al trato social; el proceso puede mostrar diferentes grados y mecanismos, desde la indiferencia hasta la represión y reclusión geográfica, y con frecuencia trae aparejada la desconexión territorial (40).

Índice de Desarrollo Humano: es un indicador integral que considera además de las variables índice de agua entubada y el índice de drenaje, la calidad de vida dada por el ingreso per cápita (2).

Índice de Drenaje: es la proporción de la población en las viviendas particulares que disponen de algún tipo de drenaje conectado a la red pública (2).

Índice de Agua Entubada: Se refiere a la proporción de la población en las viviendas particulares que disponen de agua entubada, sin considerar la frecuencia con que se suministra (2).

3.3 Sistema de Información Geográfica (SIG) y su aplicación en salud pública

Un SIG se define como un conjunto de métodos, herramientas y aplicaciones que están diseñados para actuar coordinadamente y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica por medio de sus atributos espaciales con el fin de lograr diferentes objetivos, dependiendo del campo de aplicación para los cuales sean requeridos (51).

Es una tecnología que nos permite gestionar y analizar la información espacial, y que surgió como resultado de una necesidad de disponer rápida y de manera eficaz de la información para resolver diferentes problemas que involucran principalmente el ámbito espacial y poder realizar consultas espaciales de manera inmediata, con la finalidad de obtener información útil y válida (51).

Esta funciona en un amplio rango de tipos de hardware, equipos computacionales y medios electrónicos, desde equipos centralizados hasta configuraciones individuales de red. Es por esta razón que es indispensable que las organizaciones tengan un hardware suficientemente específico para cumplir con las necesidades específicas de cada aplicación (51).

La información espacial contiene atributos de manera muy específica y básica llamados *latitud y longitud* o una referencia mucho más conocida y usada comúnmente como lo es el domicilio o el código postal. Todas estas referencias como lo es el domicilio o el código postal pueden ser derivados de referencias mucho más explícitas mediante la geo codificación. Esta Herramienta funciona con dos tipos de información espacial básica que son el modelo vector y el modelo ráster (51).

Los SIG proveen herramientas y funcionalidades necesarias para almacenar, analizar y mostrar información geográfica y sus componentes básicos son:

- a) un sistema capaz de gestionar y almacenar bases de datos;
- b) una Interfaz Gráfica de Usuarios (IGU) para fácil acceso a las herramientas;

- c) herramientas para la gestión y desarrollo de generación de información espacial;
- d) herramientas para soporte de consultas, análisis y visualización de datos geográficos.

En cuanto al estudio de la *epidemiología espacial* se entiende que es el análisis de la interacción entre la enfermedad y su entorno geográfico, utiliza técnicas como el mapeo de enfermedades, estudios de correlación espacial, evaluación de los riesgos puntuales mediante la detección de conglomerados o agrupamientos de enfermedades. La epidemiología espacial tiene la intención de utilizar las bases de datos espaciales, con la finalidad de determinar las relaciones de los patrones espaciales entre los sujetos de estudio, la cercanía con los centros de salud y las enfermedades (51). Esta distribución espacial, generalmente involucra y asocia a todos aquellos componentes que forman parte del entorno espacial, ya sea aspectos sociales, sociodemográficos, económicos, ambientales y climatológicos.

La epidemiología espacial y social representa una herramienta esencial para poder entender la diseminación y la distribución de las enfermedades. La característica más significativa de los análisis espaciales, es que el lugar hace la diferencia, por lo tanto, la ubicación de los eventos necesita ser integrada en el análisis. Generalmente los epidemiólogos suelen enfrentarse a eventos de salud que les exige prestar atención a la ley de Waldo Tobler que dice que “todo está relacionado con todo lo demás”, pero que las cosas más cercanas están más relacionadas que las distantes (51,52).

El análisis de la información espacial geográfica requiere de herramientas propias que van más allá de las convencionales técnicas estadísticas y, por lo tanto, de programas informáticos específicos que permiten afrontar las particularidades inherentes de los datos espaciales. Este tipo de plataformas denominadas Sistemas de Ayuda para la toma de decisiones Espaciales (SADE) con las cuales se podrá realizar un completo análisis exploratorio (ESDA, por sus siglas en inglés), proveen al salubrista especialista en análisis espacial utilizar nuevos instrumentos para sus

investigaciones y aplicaciones en salud pública a través de un entorno de uso sencillo e intuitivo, como lo son los Sistemas de Información Geográfica (52,53).

3.4. Sintomatología de la enfermedad

Los síntomas de la enfermedad incluyen cuadros severos de fiebre, cefalea, mialgias, artralgia, epistaxis, entre otras (55).

Cefalea: Dolor que se localiza en la región occipital de la cabeza o en la frente, alcanzando en ocasiones a la región cervical. Las formas más frecuentes corresponden a la migraña o jaqueca y a la cefalea de tensión.

Mialgia: Dolor muscular y de huesos, los cuales se vuelven más propensos a fracturas. También incluye un deterioro de la visión, la deglución y la audición.

Artralgia: Dolor de articulaciones que es la inflamación de las articulaciones.

Epistaxis: Es el sangrado de la parte interior de su nariz y se produce cuando hay una lesión en los tejidos de la nariz que la hace sangrar. Generalmente los síntomas que se presentan son hemorragias nasales.

También suelen presentarse signos de alarma que la presencia de estos determina que el equipo de salud debe brindar una atención con controles estrechos con el paciente hospitalizado para lograr la recuperación. Los síntomas de empeoramiento en los pacientes se les conocen como signos clínicos de alarma y son los siguientes:

- 1.-Dolor abdominal intenso y sostenido.
- 2.-Vómitos persistentes.
- 3.-Derrame seroso (en peritoneo, pleura o pericardio).
- 4.-Hipotensión postural o lipotimia.
- 5.-Sangrado de mucosas.
- 6.-Cambio en el estado mental del paciente como somnolencia e irritabilidad.
- 7.-Hepatomegalia mayor a 2 cm.

8.-Incremento brusco del hematocrito concomitante con rápida disminución del recuento de plaquetas (signo tardío).

Los signos y síntomas de la Fiebre Hemorrágica Por Dengue o dengue clásico grave, que representa una urgencia que puede poner en riesgo la vida, comprenden:

- 1.-Dolor abdominal intenso.
- 2.-Vómitos constantes.
- 3.-Sangrado de encías o nariz.
- 4.-Sangre en la orina, las heces o el vómito.
- 5.-Sangrado debajo de la piel, que podría tener el aspecto de un moretón.
- 6.-Dificultad para respirar o respiración rápida.
- 7.-Piel fría o húmeda (choque).
- 8.-Fatiga.
- 9.-Irritabilidad o desasosiego.

3.5. Tratamiento

Hemograma: En general se presenta con leucopenia con linfocitosis relativa y trombocitopenia. El hemograma es un examen indispensable en todos los casos. Debido a que la extravasación de plasma el hematocrito sube; es un método confiable para el monitoreo de la fuga de plasma, siendo tardío para el diagnóstico de shock, no se debe esperar para clasificar al paciente como grave (55).

Se realizan estudios de imágenes como radiografía de tórax, ecografía, ya que son útiles para evaluar la presencia de líquido libre en la cavidad abdominal o en las serosas, antes de que sean clínicamente evidentes y para la evaluación de diagnósticos diferenciales.

En caso de tener pacientes con signos de alarma por causa de dengue clásico, el tratamiento en estos casos debe de ser siempre hospitalario ya que los signos de

alarma son indicadores indirectos de la existencia de extravasación de líquidos. Independientemente del nivel de complejidad del servicio de salud donde se asista al paciente inicialmente, incluso durante el traslado desde el domicilio al centro de salud, la reposición de volumen debe ser inmediata con 10 ml/kg/iv (Velocidad de perfusión IV para una dosis deseada) en la primera hora de suero fisiológico (solución salina isotónica al 0.9%). Luego de una hora de iniciado el tratamiento se revalorará al paciente monitorizando los signos vitales, presión arterial y diuresis que debe ser al menos 1 ml/kg/hora. Durante la segunda hora se mantiene la hidratación a 10 ml/kg/hora y se repite el hematocrito. Por tanto, cada fase de hidratación será de dos horas donde se aportará un máximo de cristaloides de 20 ml/kg para garantizar el aporte gradual y monitorizado de volumen (52). En caso de persistir los casos de alarma, se debe de persistir con el tratamiento una o dos veces más.

Es importante tener en cuenta que tanto el tratamiento como las medidas de control de la transmisión de la enfermedad no deben estar supeditados a los resultados de confirmación de laboratorio. Las técnicas que pueden utilizarse son:

- 1) Aislamiento viral, la cual es una técnica muy laboriosa no apta para los laboratorios de análisis clínicos.
- 2) Detección de antígeno NS1 por medio de técnicas rápidas o ELISA.
- 3) Detección del genoma viral (RT-PCR) de muestras de suero o tejidos, la cual también es útil para monitoreo de serotipo y genotipo.
- 4) Inmunohistoquímica en caso de muestras de tejidos.

El paracetamol (Tylenol y otros) puede aliviar el dolor y bajar la fiebre. Evita los analgésicos que puedan aumentar las complicaciones de sangrado, como la aspirina, el ibuprofeno (Advil, Motrin IB y otros) y el naproxeno sódico (Aleve y otros).

Si tienes un cuadro grave de dengue clásico, es posible que necesites:

- 1.-Atención complementaria en un hospital.
- 2.-Líquidos intravenosos (i.v.) y reemplazo de electrolitos.

3.-Control de la presión arterial.

4.-Transfusión para reemplazar la pérdida de sangre.

3.6. La historia del dengue clásico en el Mundo, América y México

En la época antigua el dengue clásico se transmitía de forma natural en lo que se conoce como el ciclo de transmisión enzootico-selvático, esto se daba de manera natural hace aproximadamente unos 2000 años entre mamíferos e insectos, estos mamíferos generalmente eran primates, murciélagos y mofetas y los insectos incluían desde todos los mosquitos del género *Aedes spp* que incluyen especies como *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*, *Aedes polynesiensis*, y *Aedes scutellaris*, hasta chinches y garrapatas (2). Hace apenas unos cientos de años este ciclo comenzó a cambiar, ya que el ciclo de transmisión enzoótico-selvático comenzó a transformarse en un ciclo epidémico de transmisión rural – epidémico, esto causado por la creciente actividad del hombre en las zonas forestales y tropicales del mundo causado por actividades como la agricultura y el aprovechamiento de los recursos naturales del entorno natural, lo que llevo a que comenzara un contacto más directo entre los primates contagiados de algún virus de dengue clásico y el hombre o entre los mosquitos y el hombre, así se generó los primeros contagios entre el hombre y los primates y los primeros contagios hacía el hombre provocados por la picadura de algún mosquito del género *Aedes spp* en las principales zonas selváticas, forestales y en los entornos tropicales naturales de todo el mundo entre los siglos XV y XVII (56). Más tarde la dinámica social, comercial, económica y tecnológica comenzó a cambiar en la historia de la humanidad ya que a mediados del siglo XVIII el fenómeno de la primera y segunda Revolución Industrial fueron los detonantes en el proceso de esta transformación ya que la explosión demográfica comenzó a darse y así se formaron los primeros centros urbanos en todo el mundo, incluyendo a todas las zonas selváticas y tropicales, alterando así los nichos ecológicos naturales de estos lugares que eran de forma natural zonas endémicas de muchas enfermedades arbovirales, todo esto provoco que el ciclo rural epidémico cambiara y evolucionara a un ciclo urbano-endémico-epidémico en todos los centros urbanos de los trópicos y subtropicos de Asia, África y América entre los siglos XIX y XX (2).

En las primeras travesías que se hicieron por el litoral mexicano, que comenzaron por la Península de Yucatán y el Golfo de México, se cuenta que se tocó tierra en

distintos puntos de estas áreas. Los cronistas e historiadores afirman que en esos puntos los navegantes llenaban sus toneles y vasijas de agua que traían consigo en las embarcaciones desde Europa y el Doctor Bustamante afirma que en los galones españoles se introdujo el mosquito *A.aegypti* al continente americano, ya que estos se encontraban infestados de larvas y huevos (56).

Durante el siglo XVI en México se tienen registradas dos grandes pandemias, la primera data del periodo del año 1492 al año 1548 y la segunda del año 1575 al año 1576. Durante estas dos grandes pandemias murió la mayoría de la población nativa y se cree que la población disminuyó en casi un 90% en comparación con el total de población que había registrada en el año de 1492 (57). Se cree que estas pandemias fueron causadas por un complejo conjunto de enfermedades que se presentaron de manera simultánea que incluyeron la gripe por dengue clásico, la gripe hemorrágica por dengue clásico, la malaria, sarampión, tifoidea, hepatitis, viruela y fiebre amarilla.

En el año de 1648 se registraron las primeras epidemias de fiebre amarilla que ocurrieron en Campeche y Mérida (57, 58). Para el año de 1650 se registró nuevamente la presencia de epidemias de dengue clásico y fiebre amarilla en las ciudades de Veracruz, Alvarado, Tlacotalpan y Ciudad del Carmen (58). Se tiene registros de que estas epidemias contagiaron a cabildos eclesiásticos y seculares, frailes franciscanos de Mérida, al gobernador de Mérida, y al rector de la compañía de Jesús entre otros. La expansión de estas epidemias por esos años continuó parcialmente por las islas de las Antillas, Cuba, la Unión Americana y Venezuela (59).

Se cree que el primer brote de dengue clásico en los Estados Unidos de América se dio en Filadelfia en el año de 1780, ya que en esa época se tienen relatos de una epidemia muy similar a los síntomas de la Fiebre De Dengue Clásico (59). Más tarde continuaron reportándose las primeras epidemias en América y se dieron principalmente en las zonas del Caribe y el sur de los Estados Unidos durante el año 1827 hasta el año 1880 (58). Los primeros brotes en Cuba se reportaron en el año de 1897, mientras que Panamá registro actividad epidémica entre los años de

1904 a 1912. La isla de Saint Thomas reportó casos en el año de 1917, mientras que para el año de 1922 se registraron miles de casos de Fiebre de Dengue Clásico en toda la frontera norte entre México y los Estados Unidos. Las islas de Martinica, Guadalupe y nuevamente Cuba reportaron epidemia de dengue clásico para el año de 1934 (60). Mientras que Brasil comenzó a reportar actividad epidémica del año de 1846 al año de 1848; otro brote de 1851 a 1853 y en el siglo XX comenzó a reportar actividad epidémica desde el año de 1916 al año de 1923 y nuevamente comenzaron a reportarse epidemias hasta finales de la década de los años 60 y nuevamente a partir del año de 1982. Perú por su parte reportó epidemias en la década de los años 50 (61, 62).

Las epidemias sometidas a pruebas de laboratorio comienzan en Trinidad en 1953-1954, cuando se logra el aislamiento del virus de tipo 2, en Venezuela y la cuenca del Caribe en 1963-1964, con sero tipificación del virus 3. La actividad de la enfermedad en América ha ido en aumento con brotes en el Caribe y las Antillas, como la epidemia de Colombia a mediados de los 70 por el serotipo 1, o la que este mismo virus provocó a partir de 1977 en Jamaica, con extensión a las otras islas caribeñas, Centroamérica y Colombia, Venezuela y Guayanas. El virus se introdujo en Norteamérica llegando a México, y en 1980 al estado de Texas (Estados Unidos). Pero las epidemias más importantes de la región ocurrieron en Cuba en 1981 y en Venezuela de 1989 a 1990. La epidemia en Cuba, motivada por el arribo del virus tipo 2, totalizó en 344, 203 casos notificados (62, 63), de los cuales 10,312 fueron graves, con 158 defunciones. En el caso de Venezuela, la transmisión de los serotipos 1, 2 y 4, entre octubre de 1989 y abril de 1990, motivaron 8,619 casos notificados, con 117 defunciones y presencia comprobada de casos de Fiebre Hemorrágica por Dengue. Los países del continente americano que constantemente han tenido brotes de dengue clásico en diferentes etapas de su historia han sido: Anguilla, Antigua y Barbuda, Aruba, Bahamas, Barbados, Belice, Bonaire, Brasil, Colombia, Cuba, Dominica, Dominicana, Ecuador, El Salvador, Estados Unidos, Granada, Guadalupe, Guatemala, Guayana Francesa, Guyana, Haití, Honduras, Islas Vírgenes, Jamaica, Martinica, México, Nicaragua, Paraguay, Perú, Puerto Rico, San Cristóbal y Nieves, Santa Lucía, San Martín, San Vicente y las Granaditas,

Venezuela y Trinidad y Tobago todos estos países han reportado dengue hemorrágico de forma grave (61, 62).

En 1968, una epidemia en Río de Janeiro, dio la pauta para que se propagara el dengue clásico por otros estados. Otro brote en Brasil durante la época moderna sucedió en el año de 1982, en el estado norteño de Roraima, mediante la llegada de los serotipos 1 y 4. Desde entonces Brasil se ha mantenido en una constante etapa de contagios anuales de dicha enfermedad, las cifras que ha alcanzado son de hasta 45, 238 infectados para el año de 1994 (64).

Tabla 1 La introducción de los serotipos de dengue 1, 2, 3 y 4 en las Américas.

YEAR	DEN-1	DEN-2	DEN-3	DEN-4	Comentarios y referencias
1980	Texas, Usa				La mayoría de los casos ocurrieron cerca de la frontera entre Texas y México.
1981	Puerto Rico	Cuba		Caribe América del Sur C. América México	Se introdujo una nueva cepa DEN-2 en Cuba; Primera gran epidemia de dengue hemorrágico, total de 344.203 casos, 10, 312 graves, 158 mortales.
1982	Colombia Brazil			Colombia Brazil El Salvador Puerto Rico	6776 casos Más de 12.000 5166 casos 9536 casos.
1983	Colombia México	Jamaica Trinidad y Tobago México		Colombia El Salvador Jamaica Trinidad	4977 casos 3814 casos Predominado por DEN-2 DENV-4 Predominó con 19.028 casos.
1984					Continuó circulando DEN-1,2,4, lo que provocó 43 435 casos en la región.

1985	Nicaragua Aruba El Salvador Venezuela Colombia Puerto Rico.	Nicaragua Venezuela Colombia Puerto Rico		Venezuela	17.483 casos 24.000 casos 7797 casos.
1986	Brazil Puerto Rico	 Puerto Rico		Puerto Rico	47.370 casos; gran brote ocurrió en Río de Janeiro. 10.659 casos, predominantemente DEN- 4, seguidos de brotes continuos desde entonces.
1987	Bolivia				1994 casos y 4847 casos al año siguiente.
1988	Paraguay Ecuador				1994 casos y 4847 casos el año siguiente, 405 casos seguidos de 41,800 casos el año siguiente. Epidemia ocurrió en Guayaquil, luego de re infestación de <i>Aedes</i> <i>aegypti</i> (detectada en 1985).
1989-1990	Venezuela	Venezuela		Venezuela	Segunda epidemia de dengue hemorrágico en las Américas: 3108 casos de dengue hemorrágico, 73 muertes, con epidemias anuales desde entonces; Predominó el DEN-2.
1990	Peru Brasil	 Brasil		Peru	7858 casos, seguidos de transmisión continua. La epidemia ocurrió en el estado de Río de Janeiro.

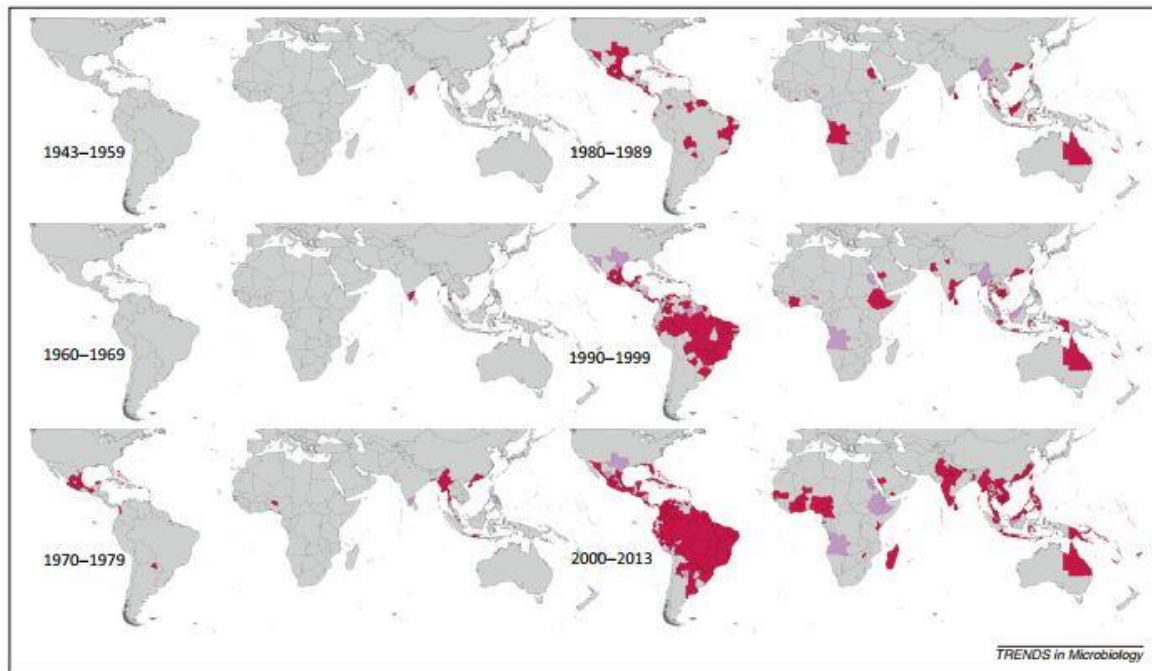
Fuente: Wilson et al., 2002 (18).

3.7. Causas de la transmisión del dengue clásico

Las principales causas de la enfermedad están asociadas principalmente a los cambios demográficos y sociales que se han dado a lo largo de la historia de la humanidad y más aún los sucedidos en los últimos 50 años (58, 59, 60). El movimiento constante de las personas alrededor del mundo ha generado una constante carga de la enfermedad debido a la facilidad que este movimiento globalizado ha desencadenado en un contagio mundial (37,61).

Otro factor sumamente determinante en la expansión de la enfermedad y en el desarrollo de nuevas zonas endémicas y la constante carga de la enfermedad se han asociado al constante cambio climático en todo el mundo, ya que este ligero incremento en las temperaturas que se ha venido dando año con año, han propiciado que el dengue clásico se desarrolle en aquellas zonas en las que anteriormente nunca se había desarrollado e incrementado el dengue clásico en diversas zonas que se consideraban endémicas hayan pasado a ser hiperendémicas. La temperatura juega un rol sumamente importante en el desarrollo de larvas de *A.aegypti* con el desarrollo de algún serotipo de dengue clásico, ya que temperaturas que oscilen entre los 15 y 30 grados centígrados constantemente, junto con una sensación en el aire de humedad alta y caliente, favorecen notablemente en el desarrollo de mosquitos más agresivos y hábiles para sobrevivir y buscar alimento; es decir hábiles para buscar personas a las cuales morder y alimentarse de su sangre y con esto las probabilidades de contagio aumentan considerablemente. Por otro lado la precipitación es muy importante, ya que altas y constantes precipitaciones en el medio natural junto con temperaturas calurosas y altas y una buena cantidad de humedad en el aire, son los tres elementos climatológicos perfectos para que se desarrollen muchos criaderos tanto naturales como artificiales de mosquitos *A.aegypti* y con ello desarrollar altas probabilidades de tener enjambres de mosquitos infectados por algunos de los serotipos de dengue clásico, tanto en zonas rurales tropicales, así como en los centros urbanos de las principales ciudades tropicales y subtropicales del mundo (2).

Figura 5 Distribución espacial de los casos de dengue clásico desde el año 1943 hasta el año 2013.



Fuente: Messina et al., 2014 (41).

3.8. Estudios anteriores

En diferentes estudios se han encontrado datos importantes como los siguientes: Los sistemas de alerta temprana operan en algunos países, como Australia y Singapur quienes están haciendo uso extensivo del SIG en sus programas de operación para el control de dengue clásico. Por ejemplo, en el Departamento de Salud de Queensland, Australia se emplea la cartografía actual de los lugares en los que se dan casos de dengue clásico en relación a la cobertura espacial de la implementación del control del vector para ayudar a determinar si las actividades de respuesta tienen una adecuada cobertura (65, 66). Mientras que la Agencia Nacional Ambiental de Singapur utiliza un sistema de alerta temprana para un amplio rango de actividades en operaciones de control del vector de dengue clásico incluyendo el rastreo de ubicaciones de casos de dengue clásico, así como la vigilancia y monitoreo del mosquito vector (67, 68). México también está comenzando a usar los sistemas de alerta temprana para controlar el vector de dengue clásico, así como el mapeo de casos y la vigilancia del mosquito vector (2, 39).

Actualmente en México se utilizan diversos métodos estadísticos para determinar el impacto del dengue clásico a través del mosquito transmisor *A.aegypti*. Fuentes et al., 2009 (68), utilizaron el Análisis Molecular de la Varianza (AMOVA, por sus siglas en inglés) e interpolaciones por medio de la Distancia Inversa Ponderada para determinar la densidad de mosquitos portadores del dengue clásico que circulan por todo el eje neo volcánico y con ello alertar sobre medidas preventivas en los estados de la República Mexicana cercanos al eje neo volcánico (69).

La transmisión de dengue clásico muestra un período significativo, con variación en diferentes regiones. Por ejemplo, en el sudeste de Asia se han mostrado grandes incrementos de transmisión que iban desde 3 a 5 años, mientras que en Brasil los mantuvo de 4 a 5 años. En China la provincia de Guangzhou es el epicentro de los brotes de dengue clásico en China y ha mantenido picos altos de transmisión de dengue clásico que se mantuvieron por 3 a 5 años continuos (70, 71).

La heterogeneidad temporal y espacial es un factor o componente muy importante e indispensable para comprender la transmisión de la enfermedad del dengue clásico, ya que se relaciona ampliamente con la distribución de la población, el medio ambiente y la ecología del entorno del mosquito transmisor del dengue clásico el *A.aegypti* (72). Mediante la combinación de información obtenida por medio de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), Sistemas de Percepción Remota (PR), y SIG, Jing, Q & Wang (71) lograron combinar estas tres herramientas y obtuvieron las coordenadas del GPS del sitio donde se dieron los casos de dengue clásico y mediante técnicas de PR lograron obtener una imagen de satélite que les permitió obtener el tipo de terreno del lugar, el tipo de suelo, la forma del terreno, el tipo de vegetación, las características hidrológicas, el clima e integrarlo todo en el SIG y de esta manera lograron asociar los casos de dengue clásico y la susceptibilidad de la población del lugar a la transmisión del dengue clásico y los factores ambientales involucrados en los patrones de transmisión (71).

Un estudio en Ciudad Juárez, México de Mora-Covarrubias 2010 (72), utilizó el método de las mini trampas CDC de luz y CO₂ como atrayente, con la finalidad de evaluar la distribución geoespacial del mosquito *A.aegypti*. Se colocaron trampas en cada AGEB. Las trampas fueron colocadas en las casas habitación ubicadas lo más cercanas al centroide de cada una de las AGEB, considerando aspectos como accesibilidad, ausencia de los moradores, seguridad y presencia de potenciales criaderos. Cada uno de los puntos de colecta fue georreferenciado con un GPS. Las pruebas del vecino más cercano y la función K de Ripley fue utilizada mediante el programa ARCVIEW 3.2 con la extensión Spatial Statistics para determinar el tipo de distribución de los mosquitos. También se evaluó la presencia del vector asociada con variables sociodemográficas utilizando los datos del Censo de Población y Vivienda del año 2000 por AGEB con datos integrados como la densidad de población, densidad en las viviendas, hacinamiento, viviendas con todos los servicios y viviendas con materiales de construcción precarios, mediante la prueba no paramétrica de χ^2 usando el paquete estadístico MINITAB (73, 74).

Chang et al llevaron a cabo un estudio en la provincia de Managua, Nicaragua en el cual utilizaron un conjunto de imágenes de satélite provenientes de la plataforma de Google Earth y crearon un mosaico mediante los SIG de Arcgis 9 y Erdas image con la finalidad de analizar y determinar los patrones espaciales y tendencias del mosquito *A.aegypti* y la propagación e intensidad de la infección del virus del dengue hacia la población y su asociación con los factores ambientales que producen la infestación del mosquito transmisor, como lo son la cercanía a lotes baldíos sucios, rellenos sanitarios, cuerpos de agua contaminados y cementerios (75, 76 y 77).

La prueba de autocorrelación (autocorrelación global) fue aplicada para las tasas de incidencia de dengue clásico. Diversos estudios han utilizado este método para analizar los patrones espaciales de dengue clásico y determinar que tanto se agrupan los casos de dengue clásico y cuáles son los factores que determinan dicha agrupación, un ejemplo de ello es un estudio realizado en la Provincia de Chachoengsao, Tailandia en donde se determinó la autocorrelación de la distribución espacial de dengue clásico en cada una de sus provincias y se determinó con ello cuales resultaron tener agrupaciones o dispersiones en el espacio con respecto a la tasa de morbilidad (proporción de personas que se enferman en un sitio y tiempo determinado) de la FD (26). Otro estudio realizado en la provincia de Kaohsiung, Taiwán utilizo el índice de Moran para medir los patrones espaciales con alta incidencia (agrupaciones con un elevado índice) y bajos índices (dispersos y aleatorios, con índices bajos) para todos los años que comprendió el estudio (2003 - 2008) (49).

IV.- Hipótesis

Existe evolución temporal y espacial del dengue clásico y dengue hemorrágico en el estado de San Luis Potosí, a nivel AGEBS rurales y urbanos.

El grado de vulnerabilidad de la población al dengue clásico y dengue hemorrágico ha aumentado en los AGEBS rurales y urbanos del Estado.

Existe correlación entre la enfermedad del dengue clásico y dengue hemorrágico y los índices totales de marginación y de desarrollo humano en los AGEBS rurales y urbanos del Estado (a mayor marginación mayor las tasas de dengue) (a menor desarrollo humano, mayor las tasas de dengue).

V.- Objetivos

5.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar la evolución temporal y distribución espacial del dengue clásico y hemorrágico en el estado de San Luis Potosí, a diferentes escalas geográficas y el desarrollo de un modelo geoespacial para estimar el grado de vulnerabilidad de la población, así como el desarrollo de un modelo geoestadístico entre el dengue y los factores de riesgo.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

5.2.1 Describir la evolución temporal del dengue clásico y dengue hemorrágico en diferentes escalas geográficas del estado de San Luis Potosí.

5.2.2 Describir la distribución espacial del dengue clásico y dengue hemorrágico en los AGEBS rurales y urbanos del estado de San Luis Potosí.

5.2.3 Identificar y describir los factores de riesgo ambientales, sociales y proximidad para el desarrollo del dengue clásico y dengue hemorrágico en los AGEBS rurales y urbanos del estado de San Luis Potosí.

5.2.4 Desarrollar un modelo geoespacial para identificar el grado de vulnerabilidad a dengue clásico y dengue hemorrágico, de la población, a nivel AGEBS rurales y urbanos del estado de San Luis Potosí.

5.2.5 Desarrollar un modelo estadístico para evaluar la relación entre el dengue clásico y dengue hemorrágico con los factores de riesgo.

VI.- Metodología

6.1 Tipo de estudio

Estudio cuantitativo con alcance correlacional.

6.2 Diseño metodológico

Es un estudio epidemiológico ecológico, observacional, transversal y retrospectivo.

6.3 Limites de tiempo y espacio

El estudio se desarrollará desde el mes de septiembre del 2020 a junio del 2022, en el Estado de San Luis Potosí.

6.4 Universo

El universo serán todos los registros de casos de dengue clásico y dengue hemorrágico del periodo 2015-2020 y se obtuvieron por medio del sistema de vigilancia epidemiológica (SUIVE) plataforma perteneciente a los servicios de salud del estado de San Luis Potosí. La Base de Datos de los casos de dengue clásico y dengue hemorrágico para el periodo de los años 2015 a 2020, serán por medio de una solicitud por escrito dirigida a los servicios de salud, por medio de la plataforma del Sistema de Solicitudes de Información del Estado de San Luis Potosí (INFOMEXSLP).

6.5 Muestra

No habrá muestra, ya que se considerarán todos los casos.

6.6 Criterios de inclusión

Registros de casos referentes a la enfermedad de dengue clásico y dengue hemorrágico, que correspondan al estado de San Luis Potosí.

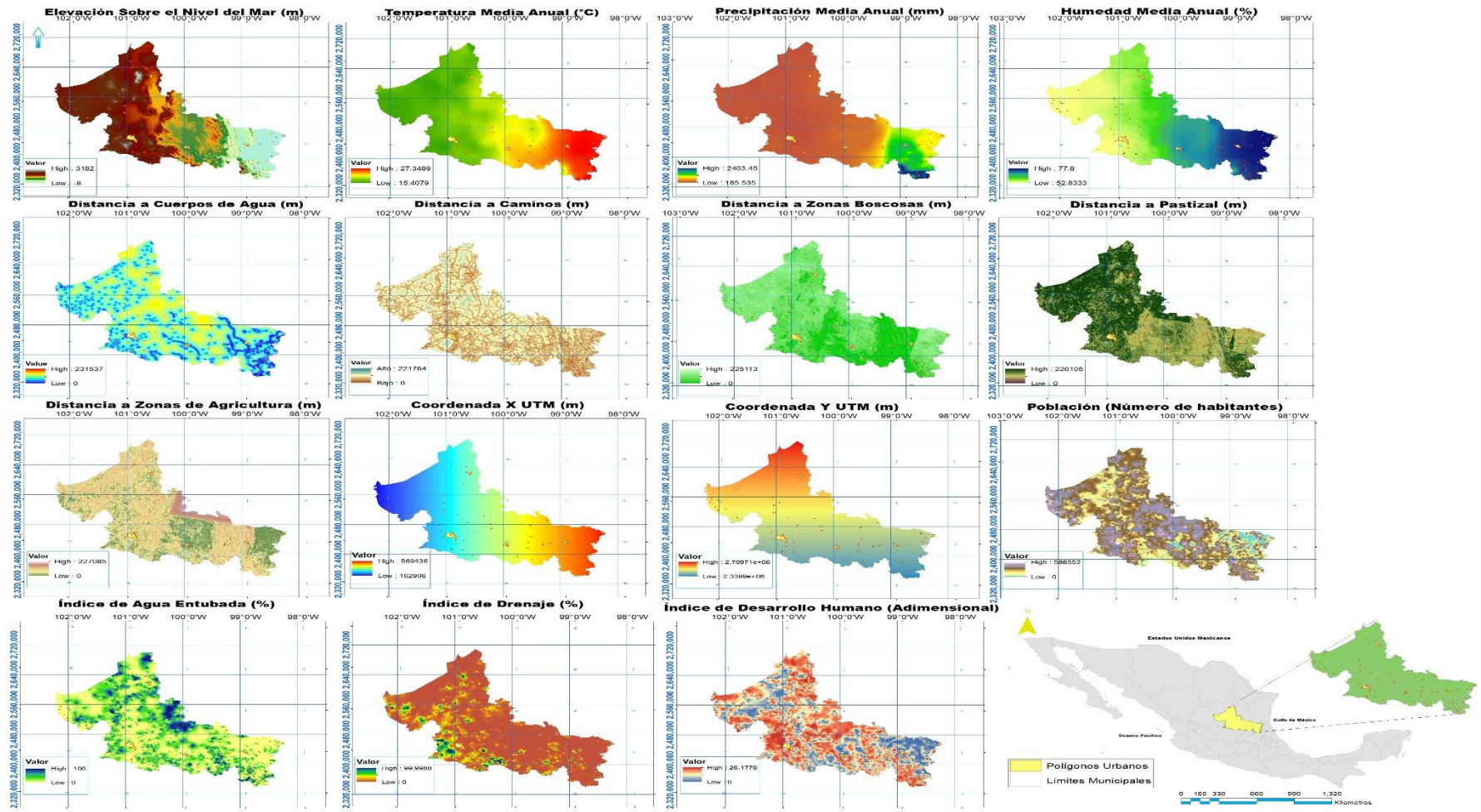
Tabla 2 Variables explicatorias en el presente estudio.

	Tipo de variable	Uso de la variable	Año	Fuente
Variables dependientes				
Casos de Fiebre de Dengue	Salud	Evolución temporal y espacial	2015 - 2021	Sistema Único de Información de Vigilancia Epidemiológica (SUIVE) (78)
Casos de Fiebre por Dengue Hemorrágico	Salud	Evolución temporal y espacial	2015 – 2021	Sistema Único de Información de Vigilancia Epidemiológica (SUIVE) (78)
Variables independientes				
Elevación Sobre el Nivel del Mar	Ambiental	Distribución espacial	2020	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) (79)
Temperatura	Ambiental	Evolución temporal	2015-2020	Instituto Mexicano del Agua (IMTA) (80)
Precipitación	Ambiental	Evolución temporal	2015-2020	IMTA (80)
Humedad	Ambiental	Evolución temporal	2015-2020	Climatic Research Unit (CRU) (81, 82)
Distancia a Caminos	Proximidad	Distribución espacial	2015-2020	INEGI (79).
Distancia a los Cuerpos de Agua	Proximidad	Distribución espacial	2015-2020	Landsat 8 OLI. Elaboración propia.
Distancia a Zonas Boscosas	Proximidad	Distribución espacial	2015-2020	OLI
Distancia a Pastizal	Proximidad	Distribución espacial	2015-2020	OLI
Distancia a Zonas Agrícolas	Proximidad	Distribución espacial	2015-2020	OLI
Coordenada XUTM	Localización	Distribución espacial	2020	Elaboración propia
Coordenada YUTM	Localización	Distribución espacial	2020	Elaboración propia
Población	Social	Evolución temporal y espacial	2015-2020	INEGI (79).
Porcentaje de viviendas con Agua Entubada	Social	Grado de vulnerabilidad e índices de marginación	2015-2020	INEGI (79).
Porcentaje de viviendas con drenaje	Social	Grado de vulnerabilidad e índices de marginación	2015-2020	INEGI (79).

Índice de Desarrollo Humano Social Grado de vulnerabilidad e índices de 2015-2020 INEGI (79).
marginación

Fuente: Elaboración propia con datos del Climatic Research Unit (CRU), IMTA, Landsat 8 OLI e INEGI.

Figura 6 Variables ambientales, aproximación, localización y sociales utilizadas en el estudio y el área de estudio en un contexto nacional.



Fuente: Elaboración propia con datos del Climatic Research Unit (CRU), IMTA, Landsat 8 OLI e INEGI.

6.7 Criterios de exclusión

Registros de casos que no correspondan al periodo 2015-2020 o que estén fuera de nuestra zona de estudio.

6.8 Criterios de eliminación

Registros de casos con datos incompletos que no contengan una dirección, colonia y que no contengan información espacial mínima para poder ser georreferenciados.

6.9.-Variables

Variables dependientes: Casos de dengue clásico y dengue hemorrágico.

Variables independientes: Temperatura, Precipitación, Humedad, Distancia a los Cuerpos de Agua, Distancia a Caminos, Distancia a Zonas Boscosas, Distancia a Pastizal, Distancia a Zonas Agrícolas, Coordenada XUTM, Coordenada YUTM, Población, Índice de Agua Entubada, Índice de drenaje e Índice de Desarrollo Humano (ver Anexo I).

Tabla 3 Clasificación de municipios por jurisdicción sanitaria.

Jurisdicción Sanitaria	Municipios
I	San Luis Potosí y Soledad de Graciano Sánchez.
II	Guadalcázar, Villa de la Paz, Villa de Guadalupe, Matehuala, Cedral, Villa de la Paz, Vanegas, Catorce, Charcas, Santo Domingo, Venado, Moctezuma.
III	Villa de Ramos, Salinas, Aqualulco, Mezquitic de Carmona, Villa de Arriaga, Villa de Arista, Villa de Hidalgo, Armadillo de los Infante, Cerro de San Pedro, Villa de Reyes, Zaragoza, Santa María del Río, Tierra Nueva.
IV	Cerritos, San Nicolas Tolentino, Villa de Juárez, Ciudad Fernández, Río Verde, Ciudad del Maíz, San Ciro de Acosta, Alaquines, Cárdenas, Rayón, Lagunillas y Santa Catarina.
V	Tamasopo, El Naranjo, Ciudad Valles, Tamuín y Ébano.

VI	Xilitla, Axtla de Terrazas, Tampacán, San Martín Chalchicuautla, Matlapa y Tamazunchale.
VII	Aquismón, Tancanhuitz, Huehuetlán, Coxcatlán, San Antonio, Tanlajas, Tampomolón Corona, Tanquián de Escobedo y San Vicente Tancuayalab.

Fuente: elaboración propia con datos del Departamento de vigilancia epidemiológica y urgencias epidemiológicas 2021 y del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) 2020 (78, 79).

7.0.-Procedimientos

San Luis Potosí es uno de los estados con mayor biodiversidad en México, ya que cuenta con un clima árido semiseco en la Región Altiplano y zona Centro, mientras que para la parte de la Región Media y Huasteca predomina un clima húmedo y cálido. Sus coordenadas extremas son 24° 29' 27" y 21° 90' 33" Norte, 98° 19' 48" a 102° 18' 10" Oeste contando con un área de 6 116 360.90 hectáreas distribuidas en 58 municipios. Se encuentra ubicado en la zona intertropical, cuenta con el sistema montañoso de la Sierra Madre Oriental que recorre a todo el estado desde la parte Norte principalmente y unas otras partes a la zona Sur del estado. Por otro lado, los vientos húmedos y calientes del Golfo de México influyen enormemente en sus diferentes condiciones climáticas y ecológicas en todas las zonas biogeográficas.

La precipitación promedio para la Región Media y Huasteca es de 1400 milímetros y su vegetación es verde y vigorosa la mayor parte del año, mientras que para la Región Altiplano y Centro la precipitación promedio es de menos de 600 milímetros decreciendo aún más durante la temporada seca, favoreciendo así el crecimiento de vegetación árida (83).

Figura 7 Localización del Área de estudio



Fuente: elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, (78).

Se solicitó a los Servicios de Salud del estado de San Luis Potosí la base de datos que incluyen todos los casos de dengue clásico y dengue hemorrágico desde el año 2015 al 2020, que incluyeron el año, la fecha de registro por día, municipio, la localidad, número de caso, el tipo de caso, la dirección del paciente infectado por dengue clásico o dengue hemorrágico y la latitud y la longitud en coordenadas geográficas decimales.

También se registró el protocolo ante el Comité Académico de la Maestría en Salud Pública de la Facultad de Enfermería y Nutrición de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) el cuál le asignó la clave GXI 19-2021 (ver anexo IV). Por otro lado, se sometió a registro ante el Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Enfermería y Nutrición (CEIFE) de la UASLP quién dictaminó la aprobación de este sin necesidad del registro oficial (ver anexo V).

Las variables empleadas en este estudio se clasificaron en 4 grupos: a) ambientales, b) de proximidad, c) localización y d) sociales (Tabla 2). Se obtuvieron las variables ambientales con la finalidad de caracterizar las condiciones del nicho ecológico y el crecimiento del mosquito todas con la misma resolución espacial de 30 metros y por esa razón se obtuvieron las elevaciones de todos los municipios del estado de San Luis Potosí, por medio del Modelo Digital de Elevación (MDE_1) de INEGI (2020) (84) y se obtuvieron los valores a nivel AGEB rural y urbano, por medio de la intercepción de los valores de las elevaciones, mediante los polígonos de dichos AGEBS.

Para la caracterización de las condiciones climatológicas adecuadas para el desarrollo el mosquito *A.aegypti*, se obtuvieron las variables como la temperatura (TMA_2) y la precipitación (PMA_3) (20, 21, 26) por medio de datos obtenidos de todas las estaciones meteorológicas del estado (IMTA) y los valores tanto para la temperatura, así como para la precipitación se interpolaron por medio del algoritmo de Inversa a la Distancia Ponderada (IDW, por sus siglas en inglés), con la finalidad de obtener sus valores a nivel píxel, por medio de la rasterización de dichos valores.

Mientras que la Humedad (HMA_4) se obtuvieron los valores para todo el estado, por medio de los archivos históricos de la Unidad de Investigación Climática (CRU,

por sus siglas en inglés) y estos valores se obtuvieron a nivel pixel, por medio de la rasterización de los mismos, utilizando el método de interpolación de Kriging ordinario (85).

Por otro lado, se ha encontrado en diferentes fuentes que el nicho ecológico del mosquito del dengue clásico se relaciona con rasgos geográficos estratégicos como la Distancia a Cuerpos de Agua (DAGUA_5), la Distancia a los Caminos (DCAM_6), a los diferentes usos de suelo como la Distancia a las Zonas Boscosas (DBOSQ_7), La Distancia a Pastizal (DPASTI_8) y La Distancia a Zonas Agrícolas (DAGRI_9) (26, 46, 49).

Por lo tanto, se empleó el algoritmo de la distancia Euclidiana para obtener los valores de proximidad a nivel píxel, para la Distancia a Cuerpos de Agua, Distancia a las Zonas Boscosas, la Distancia a Pastizales, Distancia a Zonas Agrícolas y la Distancia a Caminos para cada uno de los AGEBs tanto rurales como urbanos y se rasterizaron los valores de las distancias a una resolución espacial de 30 metros.

Mientras que para obtener el uso de suelo del estado se empleó un conjunto de imágenes de satélite del sensor Landsat 8 Operational Land Image (OLI) obtenidas a través de Glovis (<http://glovis.usgs.gov>). Escenas 028-043, 028-044, 028-045 y 029-044 con fechas desde el 16 de noviembre del 2021 hasta el 25 de diciembre del 2021 en temporada seca (86).

Los productos están pre-procesados con correcciones geométricas sistemáticas aplicadas, utilizando para ello Puntos de Control Terrestre (GCP, por sus siglas en inglés) o información de posición integrada a bordo para entregar una imagen registrada a una proyección cartográfica, referenciada a WGS84, G873 o a su versión actual.

Adicionalmente los datos también contienen una corrección topográfica por el desplazamiento del terreno debido al relieve, además se encuentran en formato de niveles digitales enteros (DN) con una resolución radiométrica de 16 bits. Estos se pueden convertir a valores de reflectancia en el techo de la atmósfera (TOA) ($\rho\lambda$) - (bandas 1-8) o radiancia ($L\lambda$) (bandas 1 - 8) con factores de escala previstas en los

metadatos producto (2). En este caso se aplicó una conversión a reflectancia (TOA) con corrección angular para las 4 escenas, empleando un mosaico con las imágenes estandarizadas.

Se realizó una clasificación supervisada con la finalidad de extraer los cuerpos de agua y los diferentes tipos de vegetación de todo el estado a partir de las imágenes de satélite Landsat 8 OLI estandarizadas, utilizando el Clasificador de Máxima Verosimilitud (MLC, por sus siglas en inglés) (85). Este método permite al usuario elegir un grupo de píxeles que representan las zonas de interés o clases, de manera supervisada, y con esto realizar la clasificación final de la imagen. De manera simultánea el coeficiente de Kappa "K" se utilizó para poder medir con exactitud la clasificación supervisada, incluyendo todos los valores de la matriz resultante (86).

Con la finalidad de obtener la tendencia cardinal de los casos de dengue clásico y dengue hemorrágico dentro del estado, se emplearon variables de localización que es la Coordenada XUTM_10 y la Coordenada YUTM_11, mediante un barrido horizontal y vertical por medio del programa IDRISI Selva versión 17.0 a una resolución espacial de 30 metros. También se consideró importante considerar el tamaño de la población a nivel localidad (POB_12), ya que a mayor población se asocia con mayores brotes de contagio (45). Por lo tanto, se utilizó el Marco Geoestadístico 2020, para poder obtener la población a nivel localidad (87).

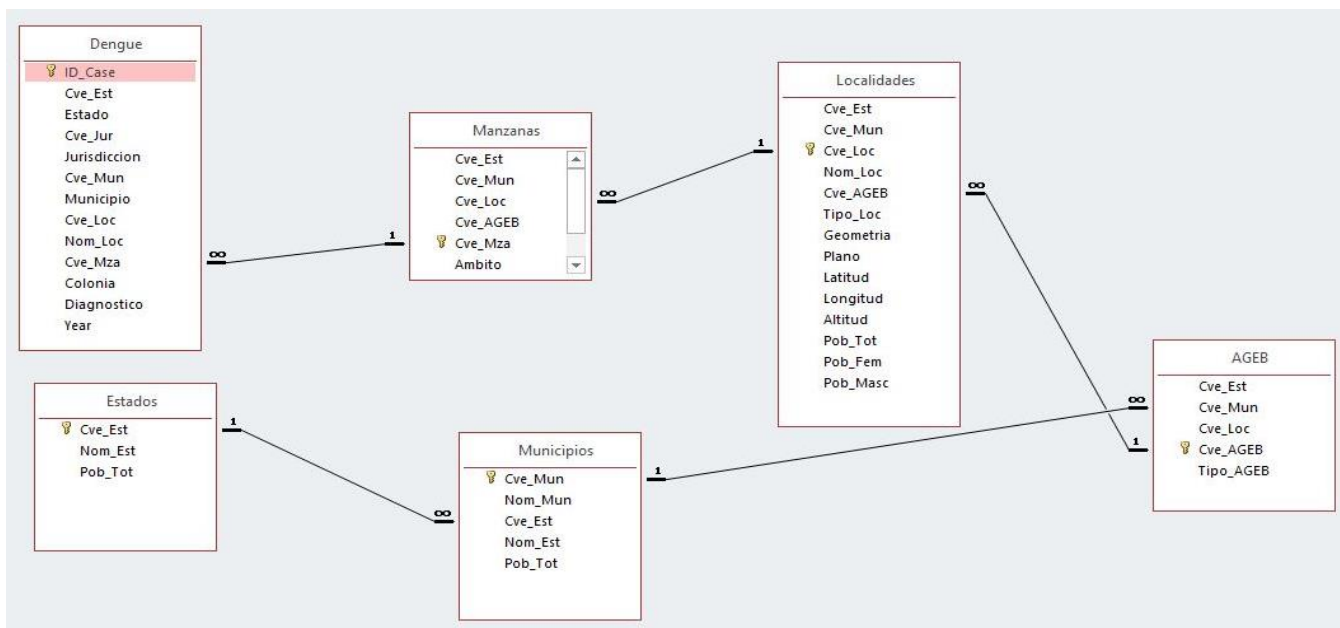
Los valores de población fueron interpolados a través del IDW. Mientras que las variables sociales como el Índice de Agua Entubada (IAE_13), El Índice de Drenaje (IDREN_14) y el Índice de Desarrollo Humano (IDH_15) se obtuvieron sus valores e indicadores por municipio, por medio de los datos obtenidos del Sistema Municipal de Bases de Datos (SIMBAD) (88) de INEGI y cada uno de los valores obtenidos por municipio se pasaron a formato ráster, con la finalidad de obtener los datos a nivel píxel y posteriormente obtener los datos a nivel AGEBA a una resolución espacial de 30 metros.

Se construyó una base de datos en el programa de Microsoft Access con la finalidad de poder obtener el modelo entidad relación, el cual nos permitió darle una estructura secuencial, jerarquizada y estructurada a toda nuestra base de datos de

los casos de dengue. El modelo se compone de todas las tablas que integran la estructura del modelo y que guardan una relación por medio de sus claves primarias, teniendo una relación de 1 a muchos.

Este modelo nos permitió crear una clave foránea llamada clave de localidad, la cual se encuentra dentro de la tabla que nombramos como dengue de manera general, ya que dicha tabla contiene todos los casos de todo el periodo 2015 a 2020 y fue por medio de esta clave que se pudo ligar a la tabla de todas las localidades rurales y urbanas del estado de San Luis Potosí y de esta manera se pudieron obtener las coordenadas de manera dinámica de cada uno de los casos de dengue, ya que originalmente la base de datos de los casos de dengue no contenía las coordenadas, solamente el nombre de las colonias de cada uno de los casos.

Figura 8 Modelo entidad relación de la base de datos de los casos de dengue 2015-2020.



Fuente: elaboración propia con datos del Departamento de vigilancia epidemiológica y urgencias epidemiológicas 2021 (78).

Se obtuvieron todos los casos de dengue y dengue hemorrágico del período del 2015 al 2020, a través del Departamento de Vigilancia Epidemiológica del estado de San Luis Potosí. Una vez obtenidos todos los casos de dengue, se construyó una base de datos que integró todos los registros de los casos dengue clásico y dengue hemorrágico, junto con la clave del estado, nombre del estado, la clave de

la jurisdicción sanitaria, el nombre de la jurisdicción sanitaria, la clave del municipio, el nombre del municipio, la clave de la localidad, el nombre de la localidad y el nombre de la colonia en la que se registró el caso, además de incluir el diagnóstico de la patología y el año de registro.

7.1 Tasa de crecimiento media anual

La tasa media anual de crecimiento poblacional es el ritmo al que la población aumenta o disminuye durante un período dado, debido al efecto de la natalidad, la mortalidad y las migraciones (83). Es el cambio relativo en promedio por año, de la población en un grupo de edad y nos permite conocer el ritmo de crecimiento o decrecimiento de los grupos poblacionales mayores susceptibles de atender los niveles pos básicos de educación. Esto permite establecer medidas prospectivas para atender las necesidades de la población que eventualmente podría requerir de dichos servicios educativos (89).

Figura 9 Fórmula de la Tasa Media Anual del Crecimiento Poblacional.

$$TMACP = \left[\left(\frac{N_f}{N_i} \right)^{\left(\frac{1}{t} \right)} \right] - 1$$

Fuente: Tasa media anual de crecimiento poblacional. INEE, estimaciones a partir del XIV Censo general de población y vivienda 2020 y del II conteo de población y vivienda del 2015, INEGI. (89).

Definición de variables

TMACP: Tasa media anual de crecimiento poblacional.

N_i: Población en el momento inicial del periodo.

N_f: Población al final del período.

t: Tiempo transcurrido entre i y f.

Se utilizó Google Earth como la herramienta principal que nos permitió obtener las coordenadas geográficas precisas de cada uno de los casos de dengue a nivel

colonia, dentro de la mancha urbana del municipio de San Luis Potosí. Básicamente se buscó cada uno de los casos por separado para colocarlos y ubicarlos dentro del polígono correspondiente, delimitado por un archivo kml el cual contiene el trazo de cada una de las colonias del municipio. Algunos de los casos de dengue contienen registradas colonias que Google Earth no contiene en su catálogo, por lo que fue indispensable utilizar herramientas complementarias en la Web, servidores de mapas como Google Maps, Herald Maps, roadonmap, Satellite-Maps, Map-Carta y Código Postal.mx.

7.2.-Análisis estadístico

Para la captura y procesamiento de los datos estadísticos se utilizó el software PASW Statistics 18, se aplicaron medidas de tendencia central (media, mediana moda) y de dispersión (mínimo, máximo, rango y desviación estándar) a las variables numéricas y frecuencias, gráficas y tablas a las variables cualitativas.

Para realizar las interpolaciones y obtener los datos a nivel AGEB se utilizó el ArcGis 10.6.10.

Se realizó un análisis de correlación de Pearson por medio del software PASW Statistics 18.0.0 tomando en cuenta el acumulado de los casos de dengue del periodo de años comprendido de este estudio, con la finalidad de realizar un análisis en particular y así conocer el grado de asociación entre la variable dependiente que son los casos de dengue clásico por municipio y AGEBs rurales y urbanos y todo el conjunto de variables independientes de tipo ambiental, de proximidad, de localización y sociales.

Para evaluar las asociaciones de manera individual y en conjunto entre los factores de riesgo para dengue clásico con los casos y las tasas de dengue clásico y dengue hemorrágico se utilizaron las pruebas: Correlación y regresión lineal.

Se empleó el modelo de regresión logística para conocer el potencial predictivo de algunos factores de tipo ambiental, de proximidad, de localización y sociales, para la estimación por separado de la presencia de dengue clásico y dengue hemorrágico. La regresión logística es un caso especial de regresión en el cual la

variable dependiente es discreta. La variable dependiente es dicotómica (es decir tiene la alternativa de tomar solo un valor de dos posibles). El modelo de regresión logística utiliza el LN (p/q) en donde p es la probabilidad de que ocurra y q es la probabilidad de que no ocurra, considerando 95% de confianza (83, 90). La ecuación de la regresión logística se expresa de la siguiente manera:

Figura 10 Fórmula de la Regresión Logística.

$$p(Y) = \frac{e^{(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_k X_k)}}{1 + e^{(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_k X_k)}}$$

Fuente: Modelo de regresión Logística aplicado a la susceptibilidad de deforestación en la Región Central de México, Miranda, 2012. (83, 90).

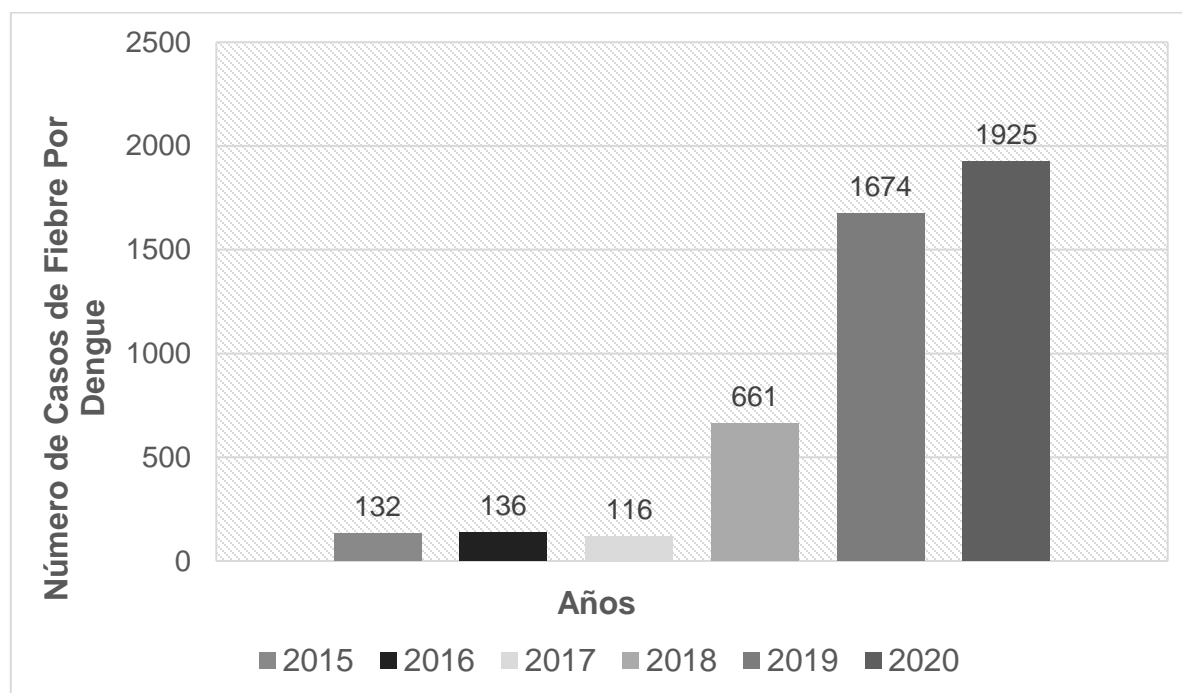
En donde **p** es la variable dependiente expresando la vulnerabilidad de dengue en términos de probabilidad. La letra **e^x** es el equivalente a la función exponencial. Por lo tanto, la variable **e** es la constante exponencial, aproximada a 2.71828. Los otros términos de la ecuación, tienen el mismo significado al igual que en las ecuaciones de regresión lineales múltiples. **X_k** son las variables explicatorias, y **β_k** son los parámetros a ser estimados mediante el método de la máxima verosimilitud. La relación entre la variable dependiente “y” y las variables independientes “x” muestran una curva logística. La transformación logarítmica de la ecuación se ajusta linealmente de manera efectiva al modelo, de manera tal que la variable dependiente de la regresión sea continua en el rango [0, 1] (2, 85). En las predicciones de incidencias de dengue, y = 1 y este valor representa el evento de que ocurran las incidencias de dengue y si y = 0 representa la ausencia de este fenómeno (83, 90).

VIII Resultados

8.1 Evolución temporal

Las ocurrencias de los casos de dengue del periodo 2015 al 2020 se presentan en una gráfica de manera ordenada, con la finalidad de determinar su distribución anual. De los 6 años del periodo, los años que más presentaron casos fueron el año 2018, 2019 y 2020 con un total de 661, 1674 y 1925. Mientras que para los años 2015, 2016 y 2017 el número de casos se mantuvieron bajos con 132, 136 y 116 respectivamente (Figura 11). Este análisis anual nos reveló una clara tendencia de aumento en los casos de dengue clásico y hemorrágico.

Figura 11. Evolución temporal de los casos de dengue en el periodo 2015 a 2020 del estado de San Luis Potosí.

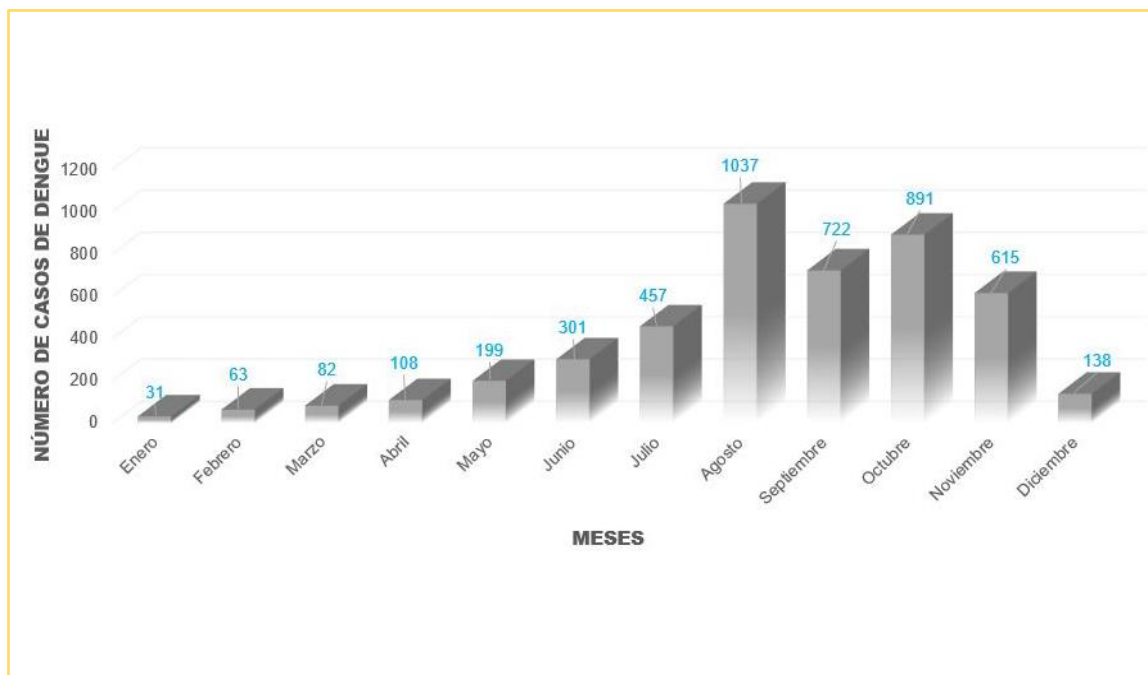


Fuente: elaboración propia con datos del Departamento de vigilancia epidemiológica y urgencias epidemiológicas 2021 (79).

Por otro lado, se construyó un gráfico en dónde se muestran las tendencias del número de casos de dengue a nivel mensual, mostrando el mayor acumulado de casos durante los meses de julio a octubre que es generalmente cuando las

temperaturas y las precipitaciones aumentan en todas las regiones del estado (Figura 12).

Figura 12. Distribución temporal mensual de los casos de dengue en el periodo 2015 a 2020 del estado de San Luis Potosí.



Fuente: elaboración propia con datos del Departamento de vigilancia epidemiológica y urgencias epidemiológicas 2021 (78).

Se realizó el cálculo de las tasas en base al número de casos acumulados en cada una de las jurisdicciones sanitarias por cada 100, 000 habitantes tomando como referencia el total de número de habitantes en cada uno de los municipios del estado. Las tasas del acumulado de los casos de dengue tuvieron una gran variación durante el período 2015 a 2020, ya que su clasificación colorimétrica presento cantidades muy variables, en base a las cuales se realizaron los mapas de tasas con una escala de muy bajo a muy alto (figura 20 - 25).

Las tasas más elevadas se presentaron durante todos los años para las jurisdicciones sanitarias V, VI y VII en los que representan municipios importantes como El Naranjo, Aquismón, Ciudad Valles, Ébano y Tamazunchale, mientras que las tasas más bajas durante todos los años se presentaron en las jurisdicciones sanitarias II y III comprendiendo municipios como Catorce, Matehuala, Vanegas,

Cedral y Guadalcázar, ya que cuentan con el menor número de casos en todo el período.

Para el caso de las Jurisdicciones sanitarias I y IV se mantuvieron con tasas bajas durante los años 2015 y 2016, mientras que para los años 2017, 2018, 2019 y 2020 se mostró con tasas medias a tasas altas de incidencias, las tasas altas se presentaron principalmente en la zona tomando en cuenta con el mayor número de habitantes que comprenden los municipios de dicha jurisdicción, estos municipios comprenden los principales zonas urbanas de la Jurisdicción I que involucra a los municipios de San Luis Potosí y Soledad de Graciano Sánchez, Ciudad Fernández y Rio Verde, aunque también se presentaron tasas altas en centros poblacionales mucho más pequeños y rurales en municipios cómo Cerritos, San Nicolás Tolentino, Villa Juárez, Santa Catarina, San Ciro de Acosta y Lagunillas (Tabla 4).

Tabla 4. Acumulado por jurisdicción sanitaria de los casos de dengue y las tasas por 100, 000 habitantes, durante los años 2015 a 2020.

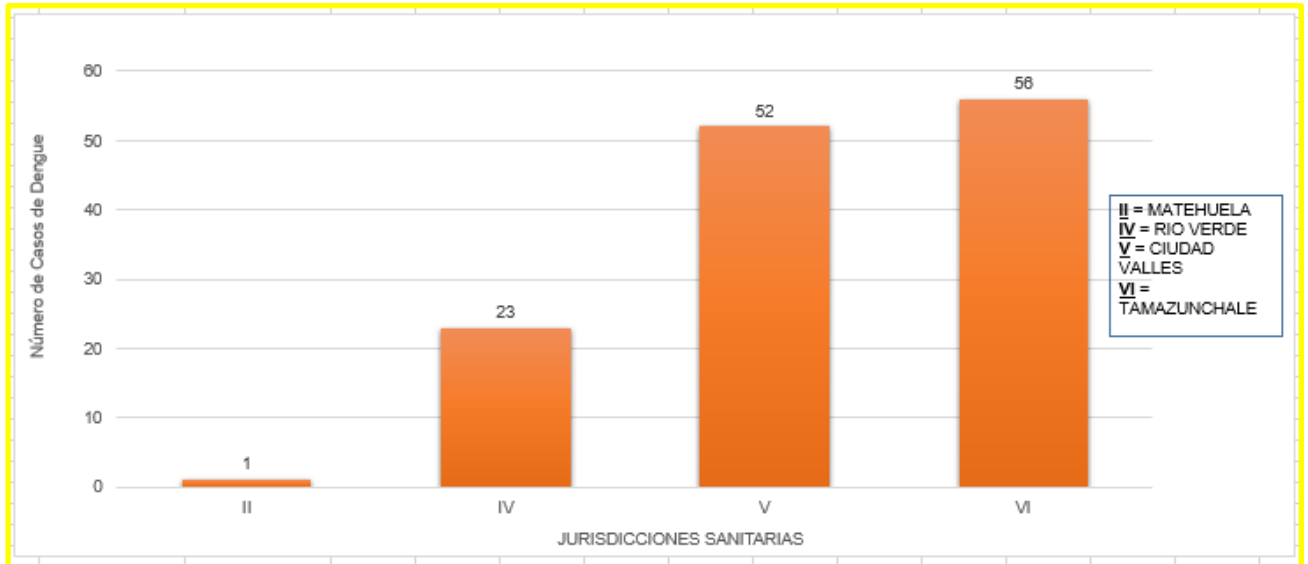
	2015		2016		2017		2018		2019		2020		Total	
Jurisdicción Sanitaria	Casos	Tasa	Casos	Tasa	Casos	Tasa	Casos	Tasa	Casos	Tasa	Casos	Tasa	Casos	Tasa
I	0	0.00	0	0.00	2	0.17	0	0.00	355	29.07	195	15.68	552	7.74
II	1	0.41	0	0.00	8	3.28	28	11.46	9	3.68	52	21.25	98	6.69
III	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	26	7.80	5	1.49	31	1.56
IV	23	8.26	18	6.44	10	3.57	127	45.20	322	114.24	155	54.82	655	38.90
V	42	13.49	51	16.42	33	10.65	31	10.03	602	195.36	394	128.18	1153	62.12
VI	52	20.83	47	18.99	49	19.98	415	170.67	217	90.00	995	416.08	1775	121.10
VII	14	8.01	20	11.51	14	8.11	60	35.00	143	83.96	129	76.22	380	36.82
Total	132	4.86	136	4.97	116	4.21	661	23.79	1674	59.78	1925	68.21	4644	27.95

Fuente: elaboración propia con datos del Departamento de vigilancia epidemiológica y urgencias epidemiológicas 2021 (79).

La evolución de los casos de dengue se mantuvo creciente y constante en las jurisdicciones pertenecientes a la Región Huasteca Ciudad Valles, Tancanhuitz de Santos y Tamazunchale en los años 2015, 2016 y 2017, mientras que la jurisdicción sanitaria de Río verde se mantuvo en decremento continuo durante este ciclo de años (Figura 13, 14 y 15).

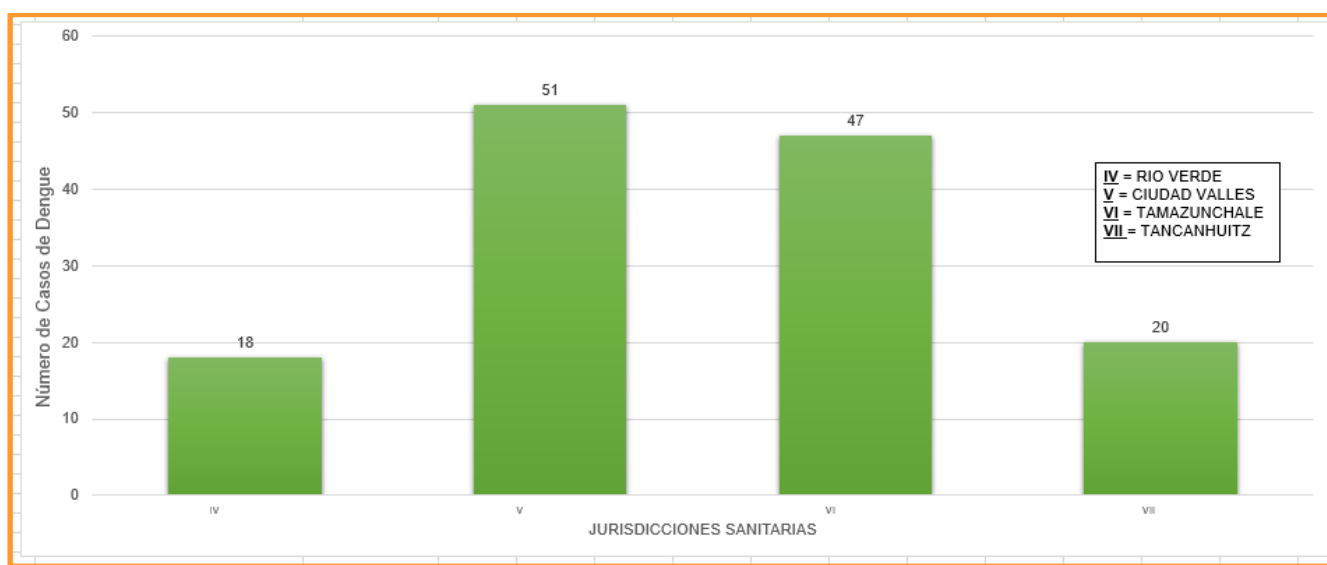
La jurisdicción de Matehuala mantuvo un crecimiento de los casos de dengue durante los años 2017, 2018 y 2020. Mientras que para los años 2019 y 2020 las jurisdicciones sanitarias de San Luis Potosí y Soledad de Graciano Sánchez tuvieron un incremento en el número de casos reportados, mientras que las jurisdicciones de Ciudad Valles, Tamazunchale, y Tancanhuitz de Santos mantuvieron un número elevado de casos de dengue en ese mismo período de años (Figura 16, 17 y 18).

Figura 13. Número de casos de dengue por jurisdicción sanitaria para el año 2015.



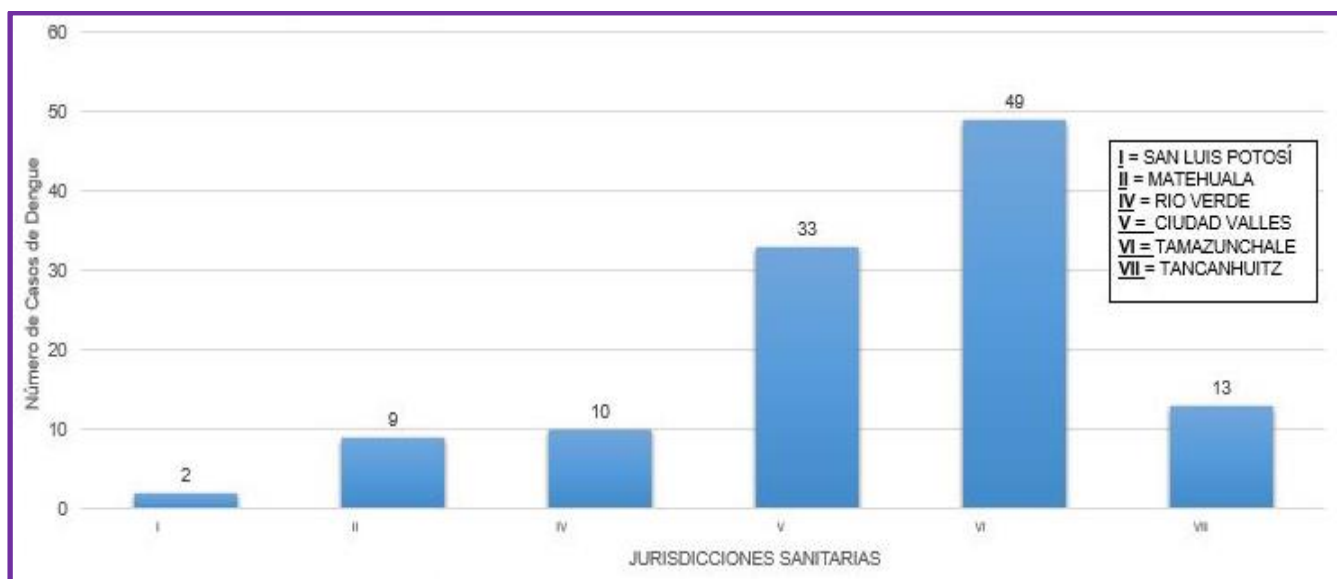
Fuente: elaboración propia con datos del Departamento de vigilancia epidemiológica y urgencias epidemiológicas 2021 (78).

Figura 14. Número de casos de dengue por Jurisdicción sanitaria para el año 2016.



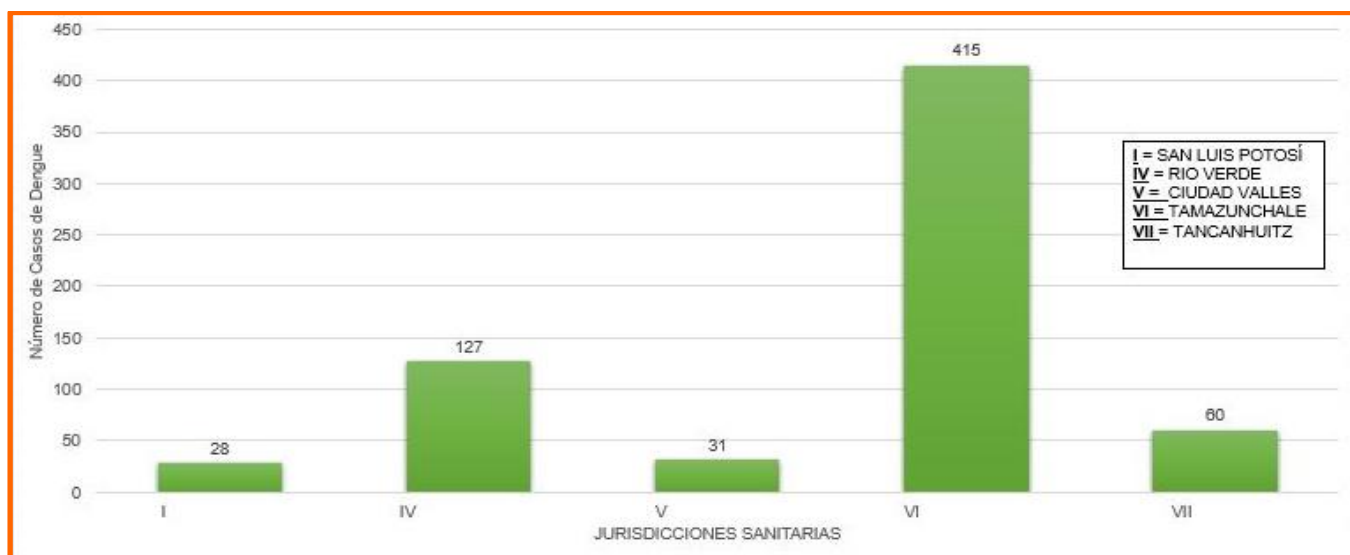
Fuente: elaboración propia con datos del Departamento de vigilancia epidemiológica y urgencias epidemiológicas 2021 (78).

Figura 15. Número de casos de dengue por Jurisdicción sanitaria para el año 2017.



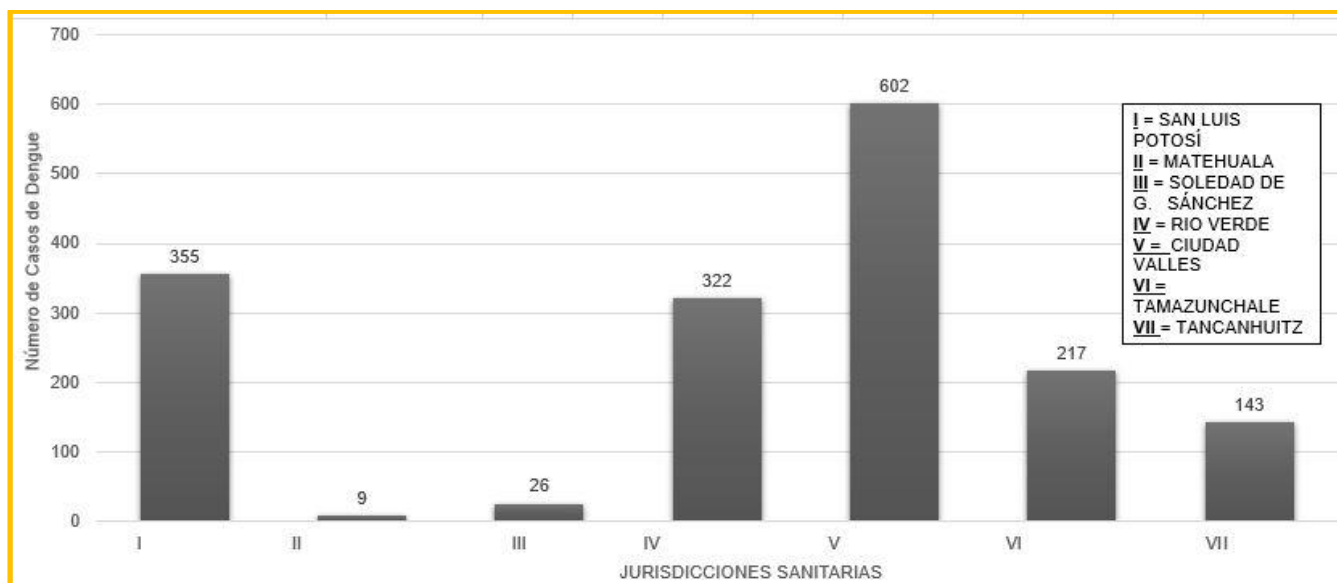
Fuente: elaboración propia con datos del Departamento de vigilancia epidemiológica y urgencias epidemiológicas 2021 (78).

Figura 16. Número de casos de dengue por Jurisdicción sanitaria para el año 2018.



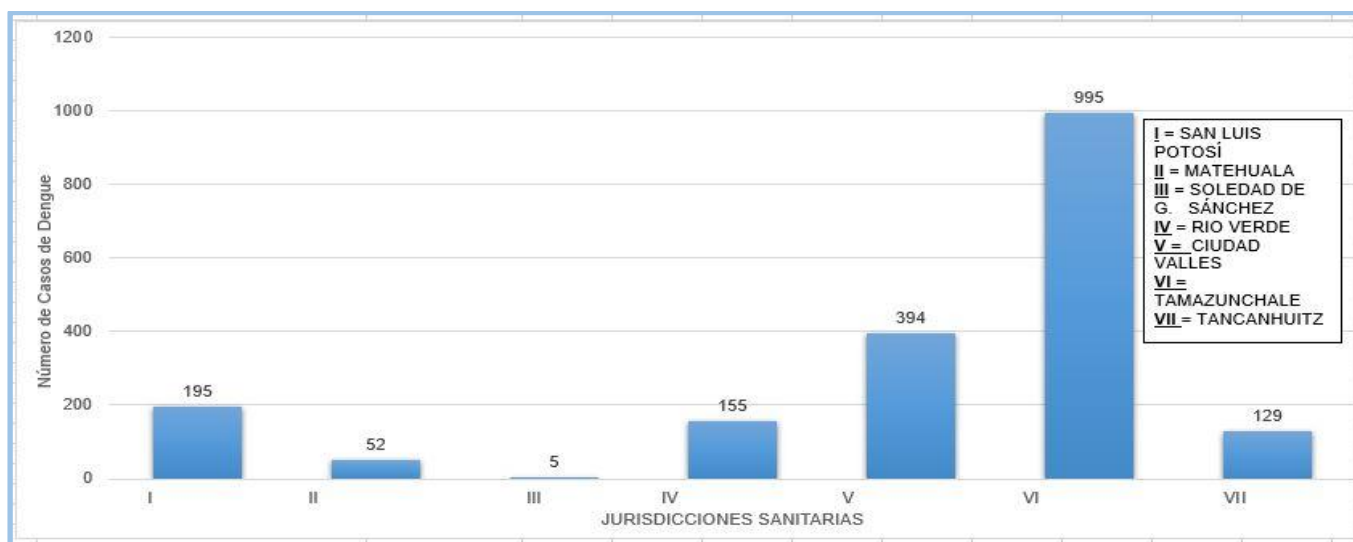
Fuente: elaboración propia con datos del Departamento de vigilancia epidemiológica y urgencias epidemiológicas 2021 (78).

Figura 17. Número de casos de dengue por Jurisdicción sanitaria para el año 2019.



Fuente: elaboración propia con datos del Departamento de vigilancia epidemiológica y urgencias epidemiológicas 2021 (78).

Figura 18. Número de casos de Dengue por Jurisdicción sanitaria para el año 2020.



Fuente: elaboración propia con datos del Departamento de vigilancia epidemiológica y urgencias epidemiológicas 2021 (78).

Se obtuvieron los estadísticos generales de todos los casos de dengue y dengue hemorrágico de los años 2015 al 2020, obteniendo un total de 4,644 casos, con una media de 2322 casos y una desviación estándar de 1340 casos. Se contabilizaron todos los casos de dengue por medio de una clasificación del diagnóstico, obteniendo un total de 178 casos de dengue con signos de alarma, 39 casos clasificados como dengue grave, 4,295 casos de dengue clasificados como no graves y 132 casos clasificados por fiebre de dengue en todo el estado (Tabla 5).

Se realizó una clasificación separada y por diagnóstico tomando como referencia a la base de datos del sistema SUIVE con la finalidad de poder conocer el tipo de dengue y su clasificación en base a cada una de las jurisdicciones sanitarias, realizando un conteo por jurisdicciones sanitarias (Tabla 5).

Tabla 5. Acumulado de los casos de dengue por tipo de diagnóstico a nivel jurisdicción sanitaria.

Jurisdicción sanitaria	Fiebre por dengue	Dengue con signos de alarma	Dengue grave	Dengue no grave	Dengue Clásico	Dengue Hemorrágico	Número de Casos
I	0	30	8	514	514	38	552
II	1	18	4	76	77	22	99
III	0	1	0	30	30	1	31
IV	23	19	2	611	634	21	655
V	52	28	13	1,070	1,122	41	1,163
VI	56	66	9	1,648	1,704	75	1,779
VII	0	16	3	346	346	19	365
Total, de número de casos de dengue	132	178	39	4,295	4,427	217	4,644

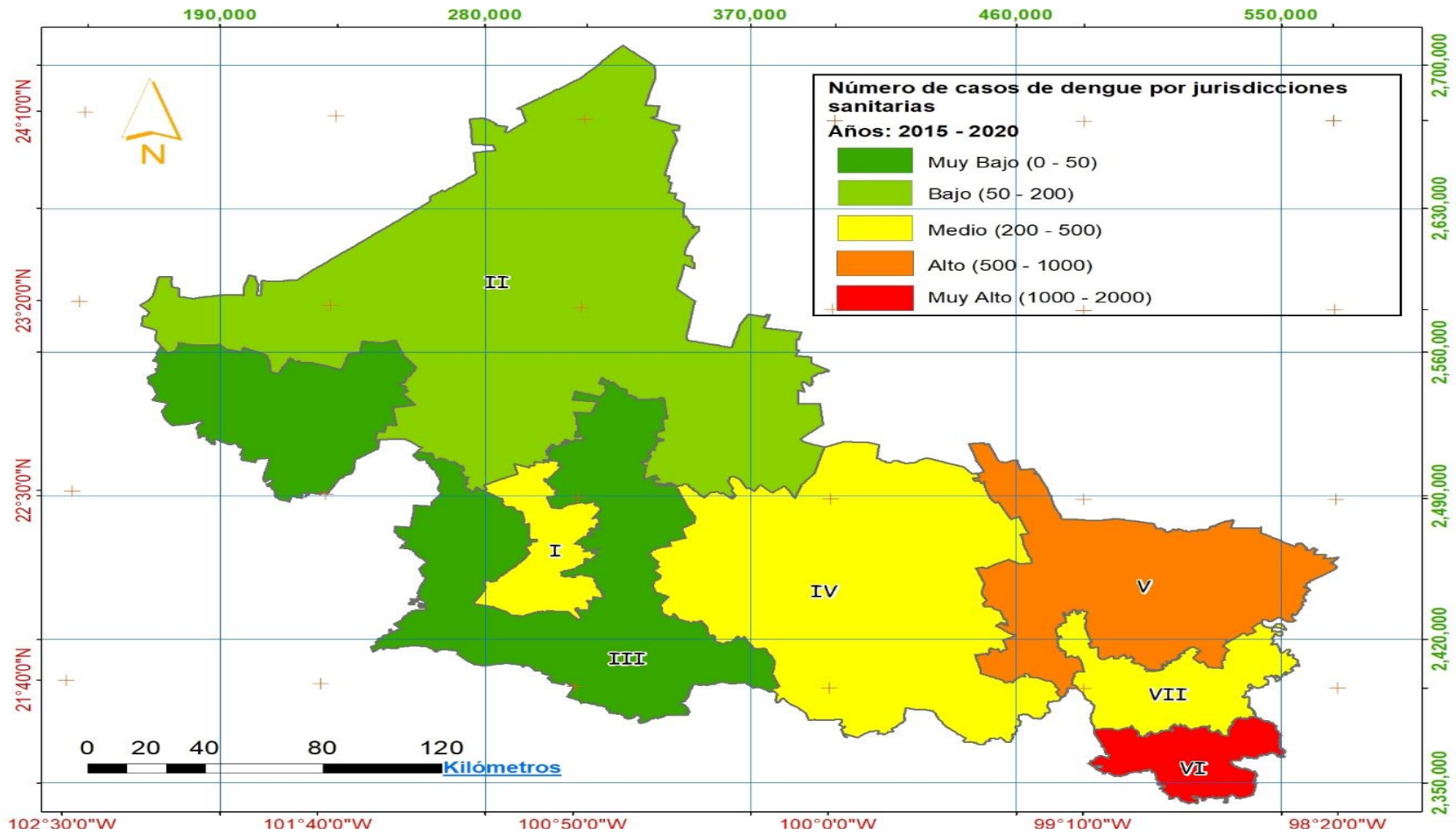
Fuente: elaboración propia con datos del Departamento de vigilancia epidemiológica y urgencias epidemiológicas 2021 (78).

8.2 Evolución Espacial

Para obtener una visión espacial de todo el acumulado de casos de dengue, se creó un mapa completo, el cuál concentró el número total de casos de dengue por jurisdicción sanitaria que se clasificó con base en el acumulado total de casos de dengue y dengue hemorrágico. Se enumeraron todas las jurisdicciones sanitarias, buscando mostrar un acumulado ilustrativo y evolutivo por jurisdicción sanitaria.

El mapa principal por jurisdicción, fue clasificado en 5 categorías o escalas que van desde el muy bajo (color verde) hasta el color rojo (muy alto), con la finalidad de poder obtener una visión de la evolución espacial a nivel jurisdiccional de este fenómeno y poder determinar aquellas regiones que se vieron más afectadas durante este período (2015 – 2020). La jurisdicción sanitaria que más número de casos acumuló fue la VI que es la que se representa en color rojo dentro del mapa con un total de 1179 casos, mientras que la más baja fue la jurisdicción sanitaria III con un total de 31 casos (Figura 19).

Figura 19. Concentrado de dengue por jurisdicciones sanitarias 2015 – 2020.



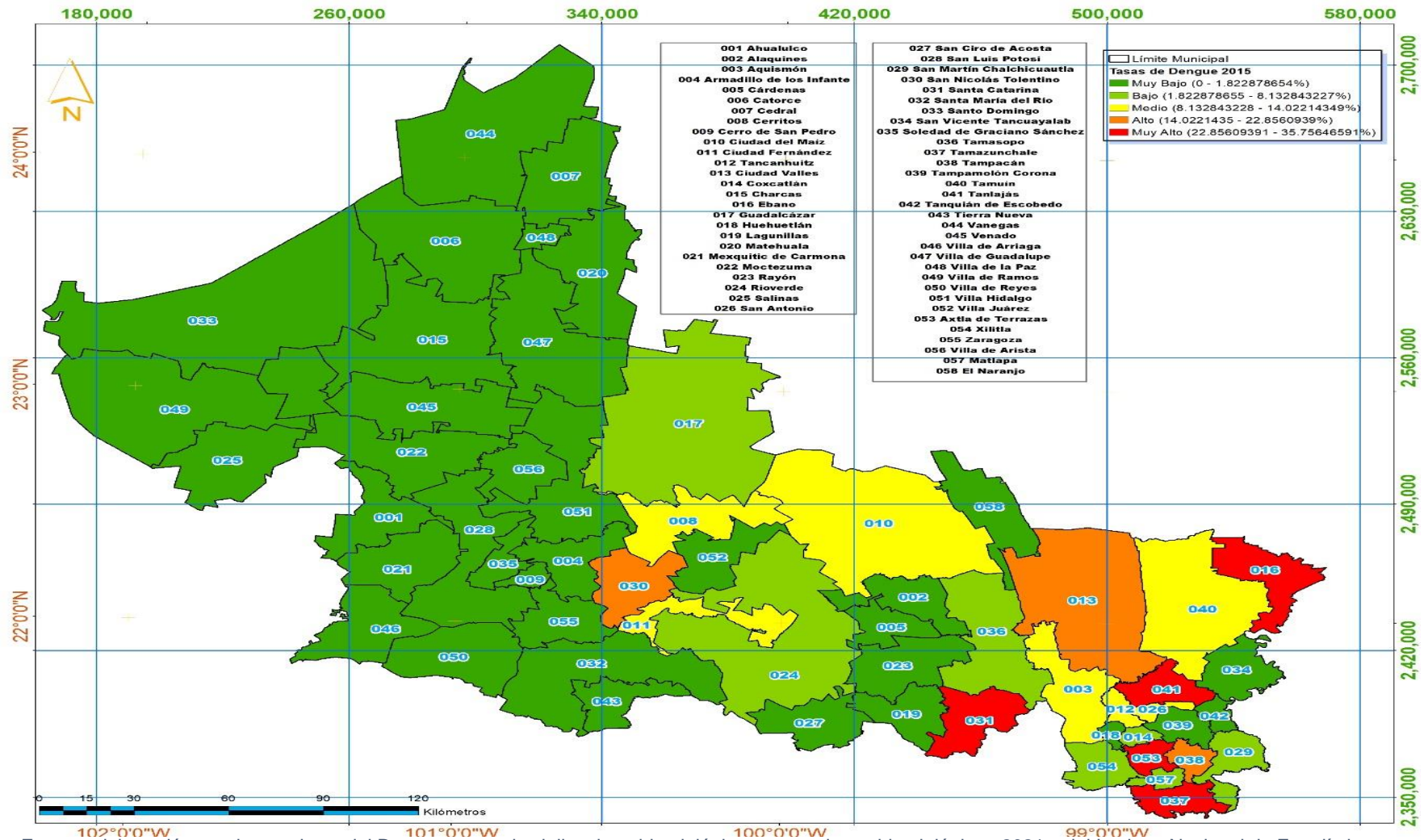
Fuente: elaboración propia con datos del Departamento de vigilancia epidemiológica y urgencias epidemiológicas 2021 y del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) 2020 (78, 79).

Por otro lado, se construyeron 6 mapas a nivel municipal que muestran las tasas de dengue por cada 100, 000 habitantes en cada uno de los municipios del estado. Las tasas se representaron en diferentes escalas dependiendo del año, ya que para cada ciclo anual las tasas cambiaron dependiendo de la cantidad de casos acumulados en cada municipio y el número de habitantes en dicho municipio. Los mapas se representaron por la escala de muy bajo a muy alto, utilizando la paleta de colores de verde a rojo (Figura 20 – 25)

Durante los años del 2015 al 2017, las tasas se mantuvieron bajas mostrando un porcentaje del 0 al 50%, siendo los municipios de San Nicolás Tolentino, Santa Catarina, Ciudad Valles, Ébano, Tanlajás, Axtla de Terrazas, Tampacán y Tamazunchale los que mostraron las mayores tasas (Figura 20-22).

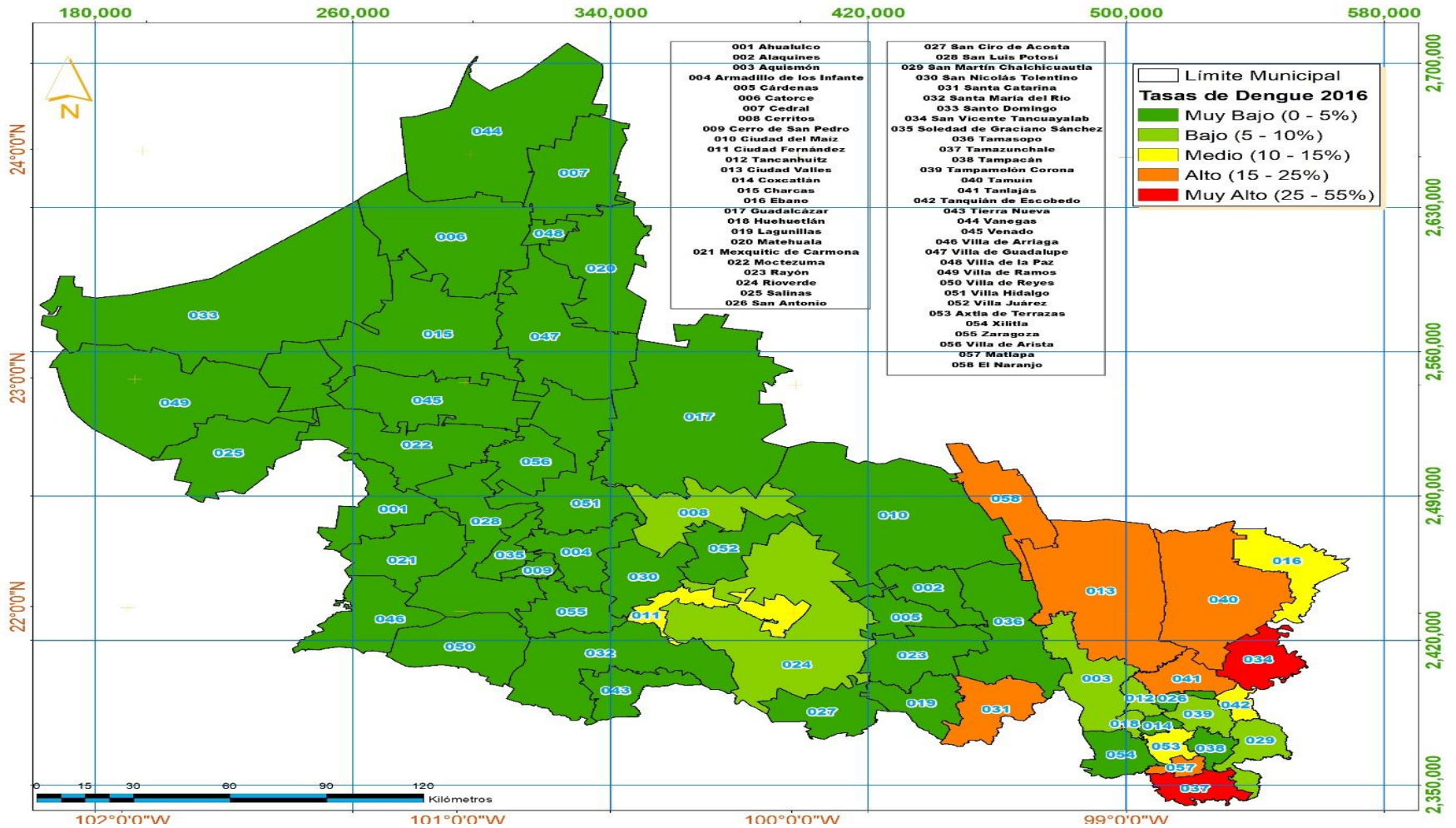
Mientras que para los años 2018, 2019 y 2020 se presentaron las mayores tasas con valores que van desde el 100% hasta el 800%. Siendo los municipios de San Nicolás Tolentino, Cerritos, Río verde, Rayón, Lagunillas, Tamasopo, Ciudad Valles, Ébano, Santa Catarina, San Vicente Tancuayalab, Coxcatlán, Huhuetlán, Xilitla, Axtla de Terrazas, Matlapa, Tamazunchale y San Martín Chalchicuautla los municipios que presentaron las mayores tasas en este período, debido a que no cuentan con una gran cantidad de habitantes, sin embargo, presentaron más casos de dengue en comparación con la cantidad de habitantes (Figura 23 - 25).

Figura 20. Distribución espacial de las tasas de dengue a nivel municipal en el estado de San Luis Potosí, en el año 2015.



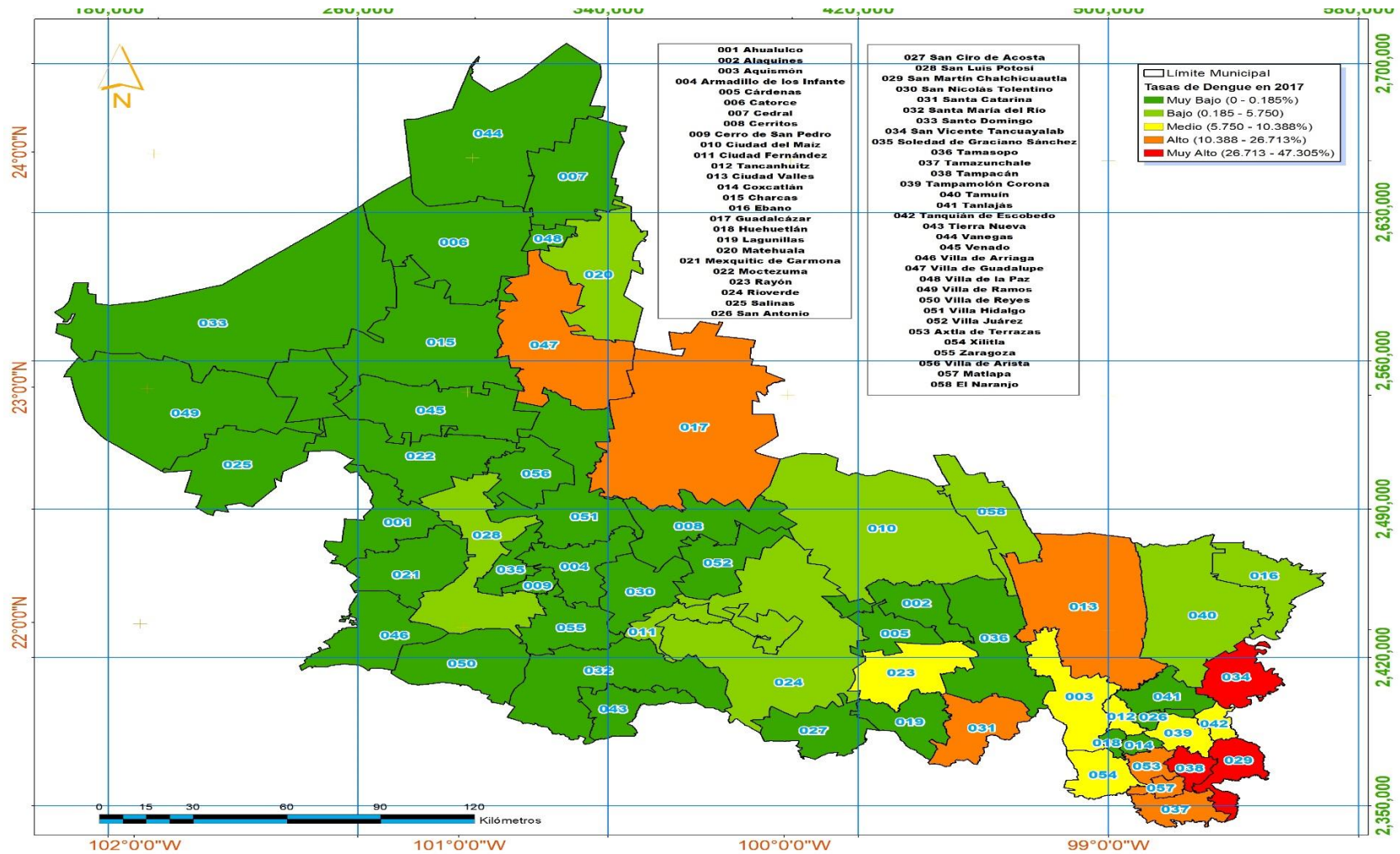
Fuente: elaboración propia con datos del Departamento de vigilancia epidemiológica y urgencias epidemiológicas 2021 y del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) 2020 (78, 79).

Figura 21. Distribución espacial de las tasas de dengue a nivel municipal en el estado de San Luis Potosí, en el año 2016.



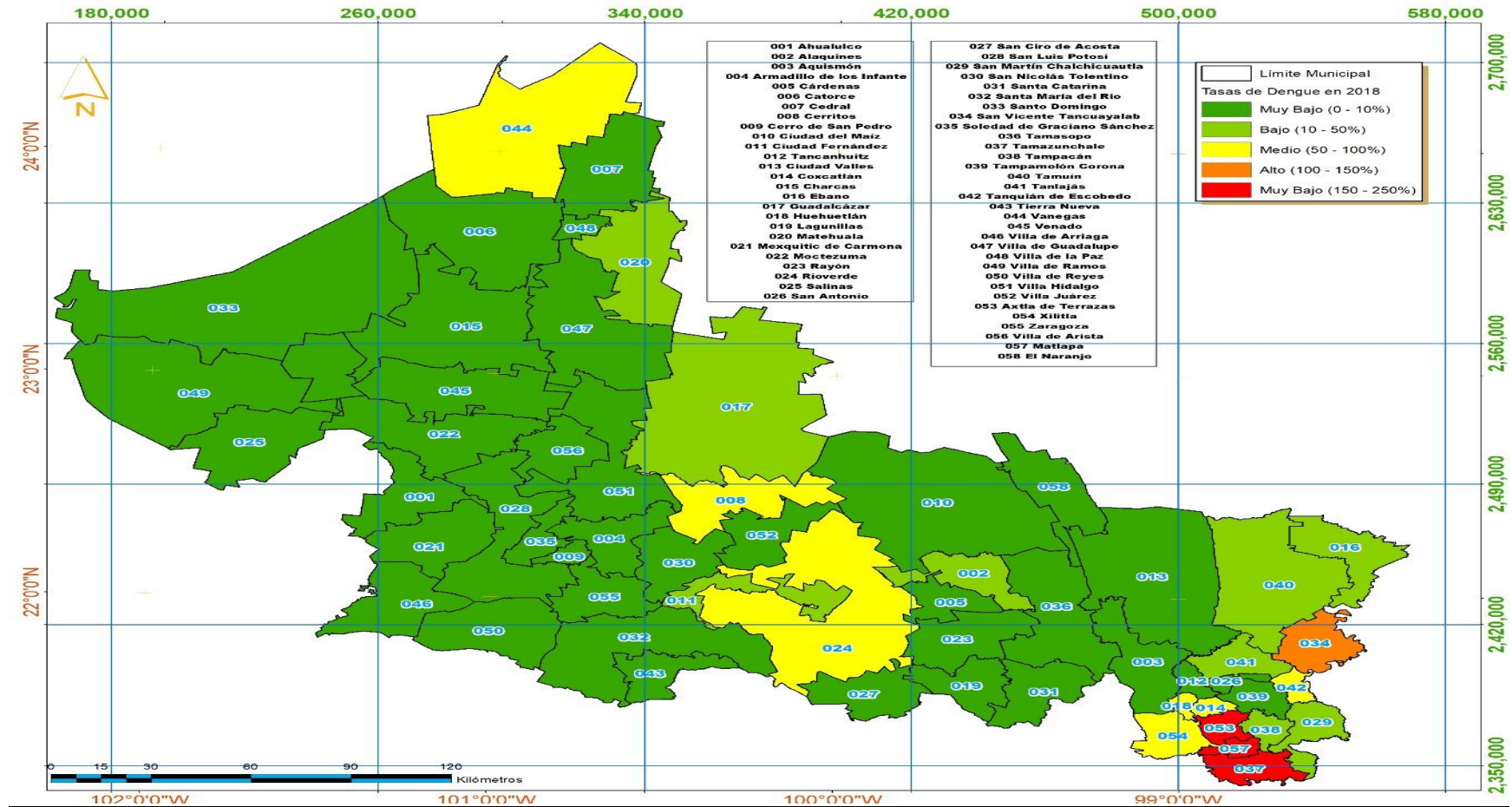
Fuente: elaboración propia con datos del Departamento de vigilancia epidemiológica y urgencias epidemiológicas 2021 y del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) 2020 (78, 79).

Figura 22. Distribución espacial de las tasas de dengue a nivel municipal en el estado de San Luis Potosí, para el año 2017.



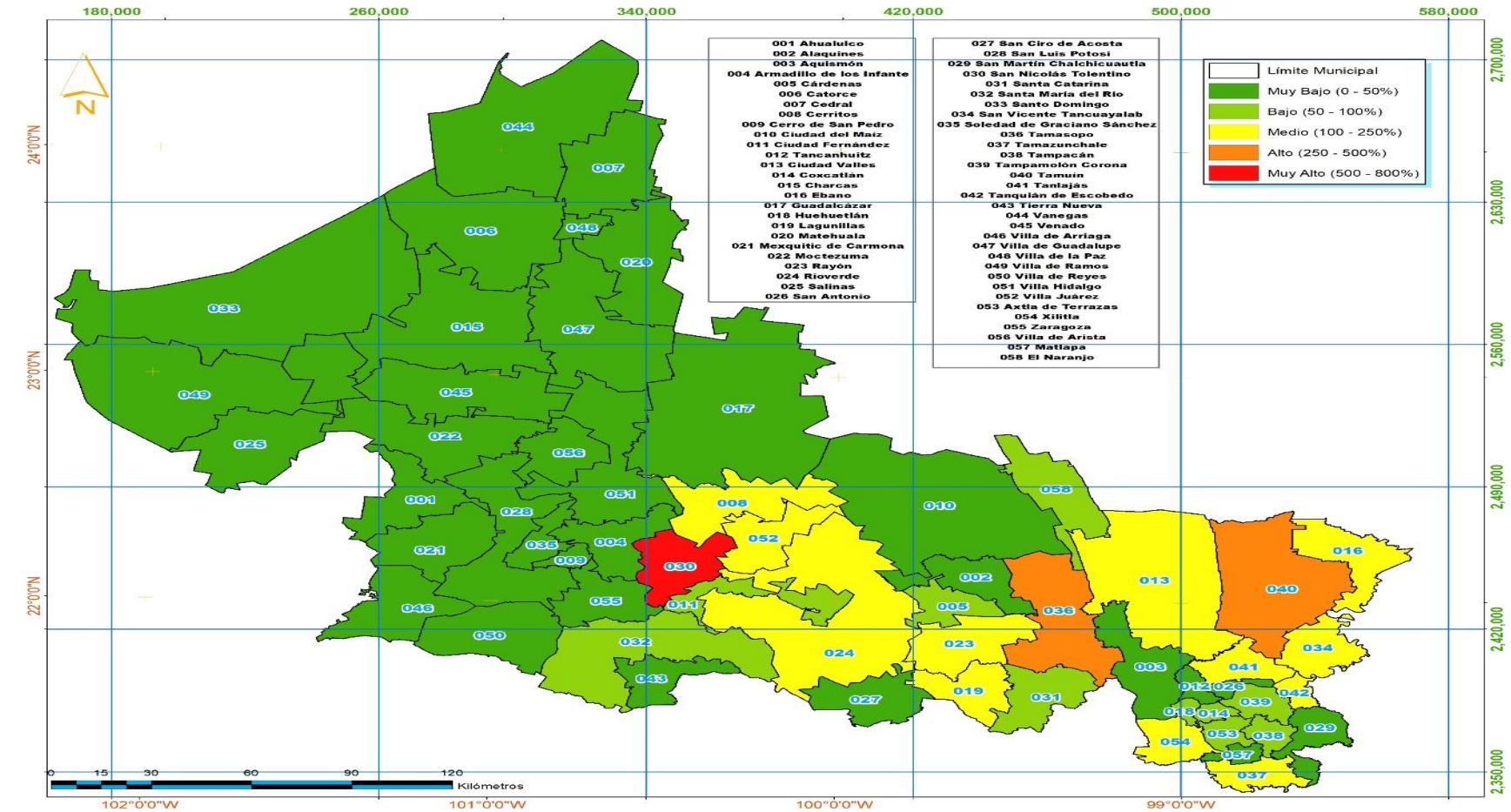
Fuente: elaboración propia con datos del Departamento de vigilancia epidemiológica y urgencias epidemiológicas 2021 y del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) 2020 (78, 79).

Figura 23. Distribución espacial de las tasas de dengue a nivel municipal en el estado de San Luis Potosí, para el año 2018.



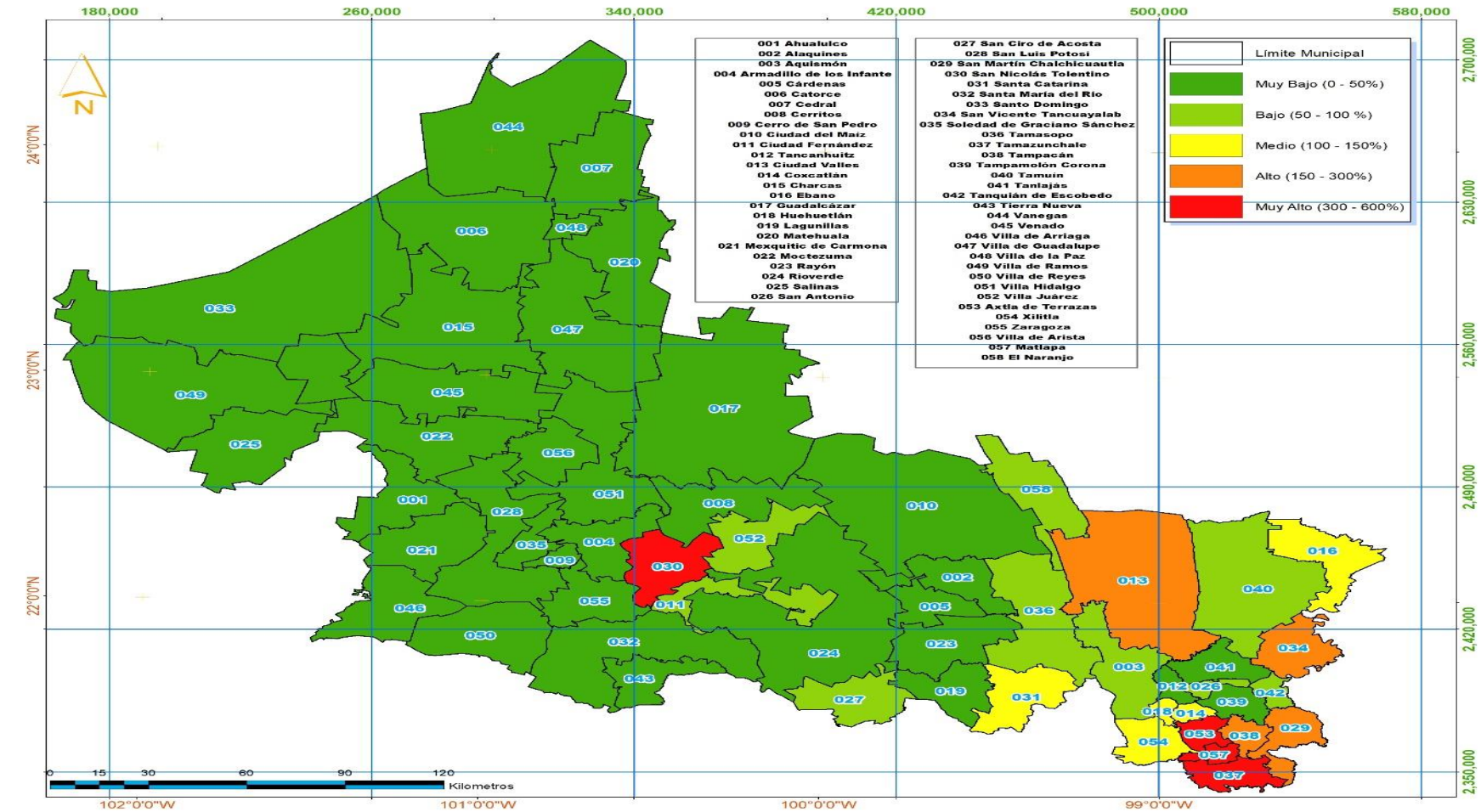
Fuente: elaboración propia con datos del Departamento de vigilancia epidemiológica y urgencias epidemiológicas 2021 y del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) 2020 (78, 79).

Figura 24. Distribución espacial de las tasas de dengue a nivel municipal en el estado de San Luis Potosí, para el año 2019.



Fuente: elaboración propia con datos del Departamento de vigilancia epidemiológica y urgencias epidemiológicas 2021 y del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) 2020 (78, 79).

Figura 25. Distribución espacial de las tasas de dengue a nivel municipal en el estado de San Luis Potosí, para el año 2020.

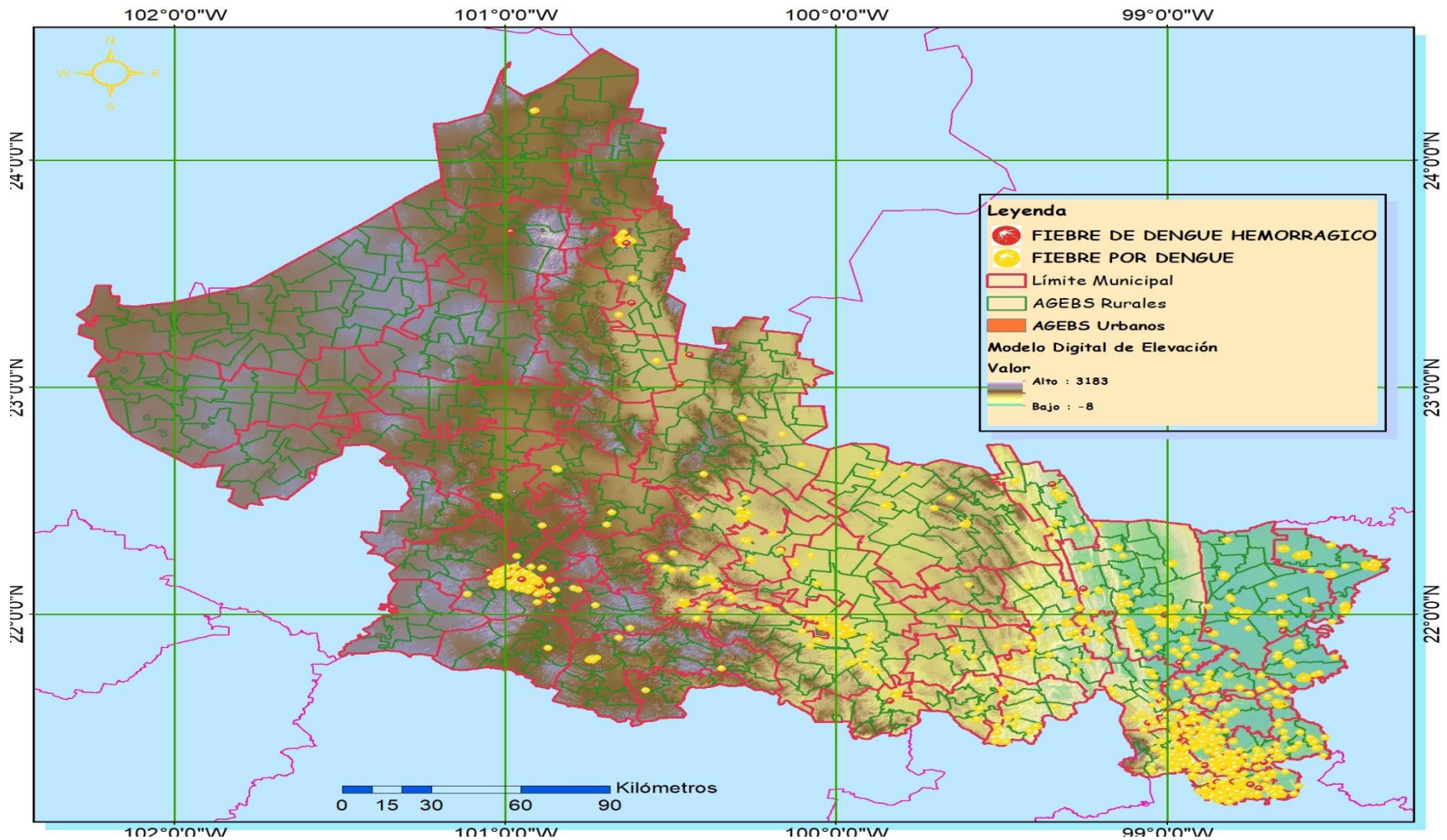


Fuente: elaboración propia con datos del Departamento de vigilancia epidemiológica y urgencias epidemiológicas 2021 y del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) 2020 (78, 79).

En la figura 26 se representa de una manera puntual cada uno de los casos de dengue, producto de una completa georreferenciación y depuración absoluta de la Base de Datos que contiene todos los casos y su correcta determinación espacial mediante los valores de su latitud y longitud geográfica (Figura 26). En el mapa se puede ver con claridad la distribución de todos los casos de manera puntual, observando una gran cantidad de casos en las regiones de Huasteca Norte y Huasteca Sur, sin embargo, también encontramos patrones espaciales en la Región Media y en la mancha urbana conurbada entre los municipios de San Luis Potosí y Soledad de Graciano Sánchez, aunque se presentan también algunos casos esporádicos y patrones espaciales hacia la Región Altiplano.

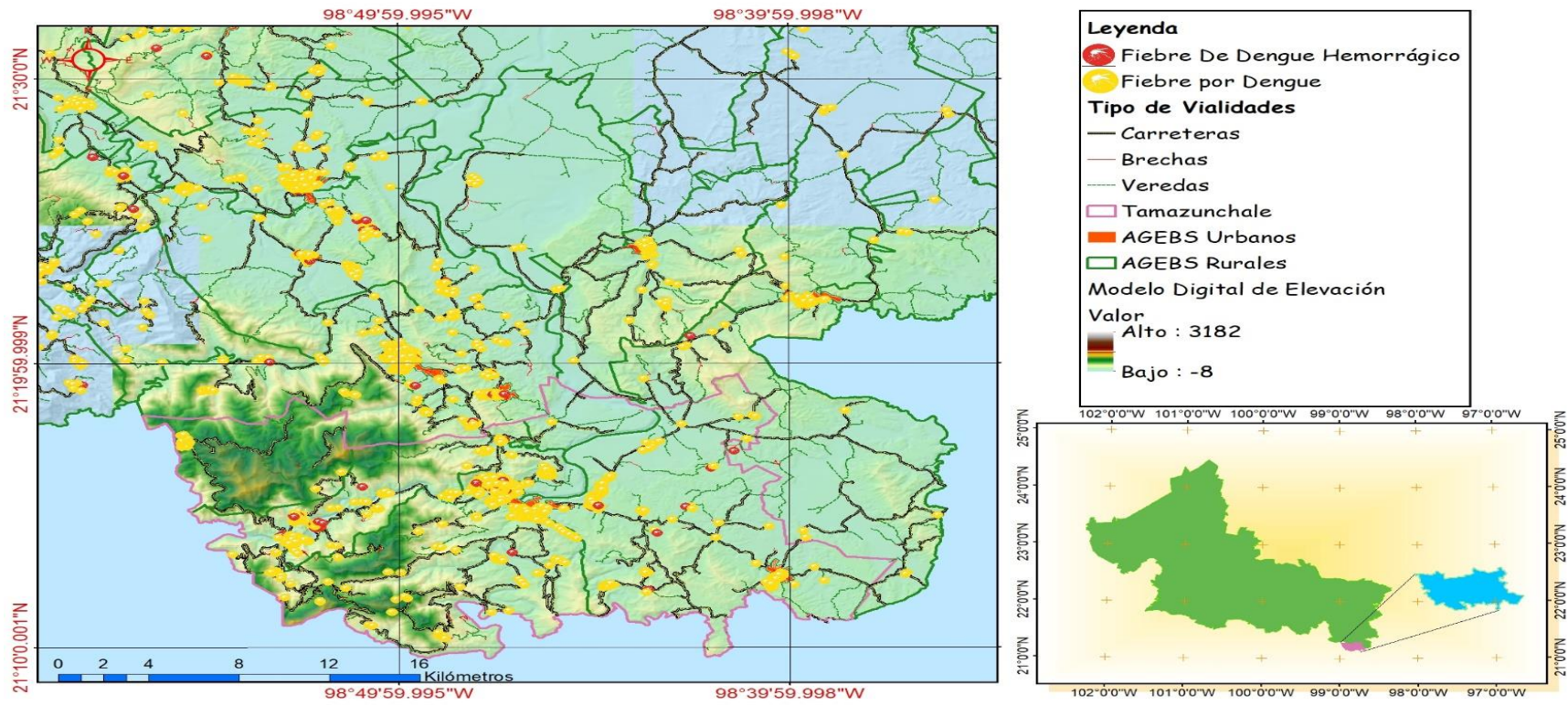
Uno de los municipios que presento las mayores incidencias fue Tamazunchale y al parecer sus patrones de incidencia de dengue se extendieron desde las zonas urbanas, hasta las localidades rurales más lejanas, algunas de estas cercanas a cuerpos de agua y otras a zonas montañosas con mayor Elevación Sobre el Nivel del Mar (Figura 27).

Figura 26. Distribución espacial de los casos de dengue a nivel AGEB Rural y Urbano en el estado de San Luis Potosí.



Fuente: elaboración propia con datos del Departamento de vigilancia epidemiológica y urgencias epidemiológicas 2021 y del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) 2020 (78, 79).

Figura 27. Distribución espacial de los casos de dengue a nivel AGEB Rural y Urbano en el municipio de Tamazunchale.

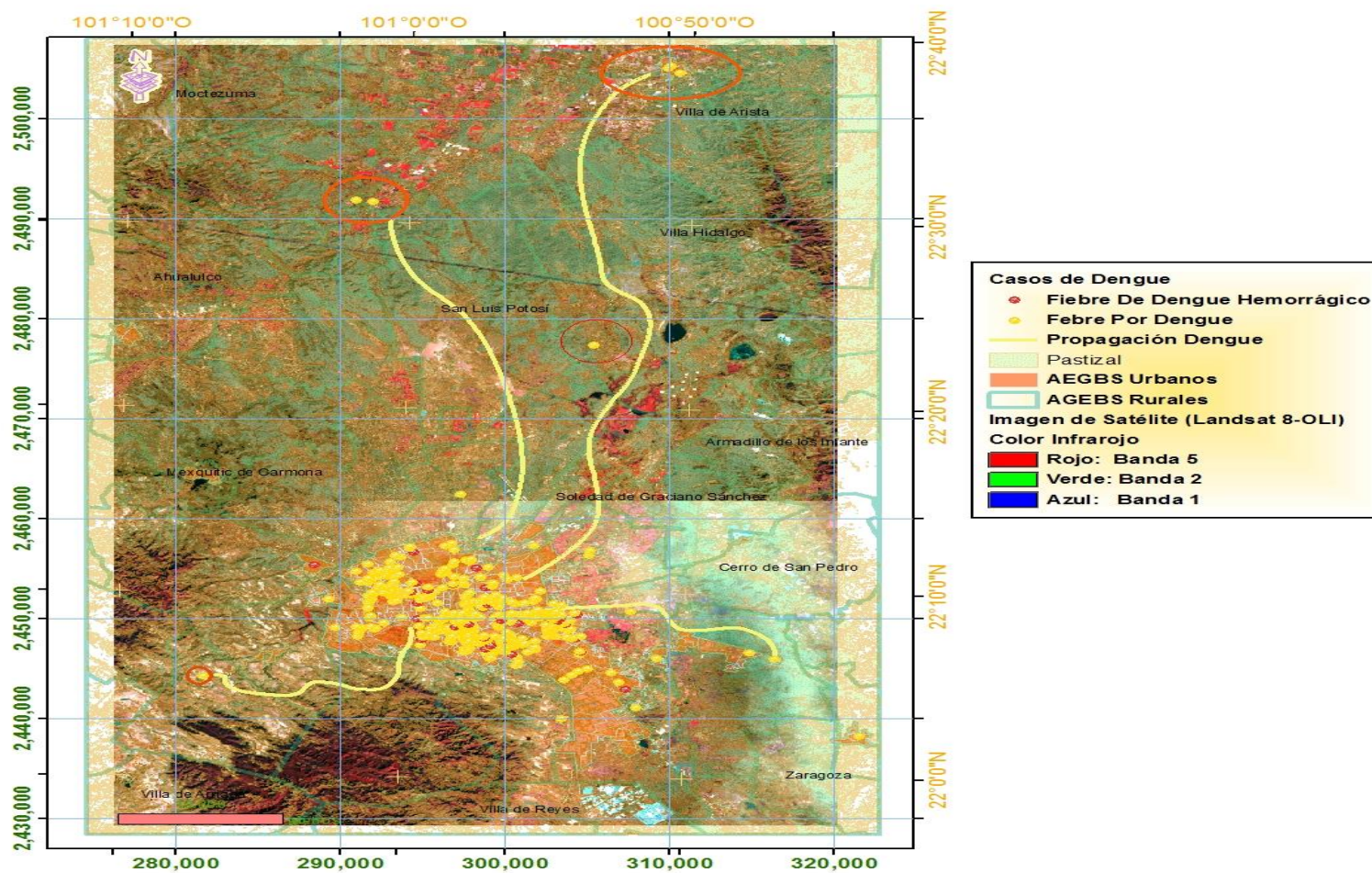


Fuente: elaboración propia con datos del Departamento de vigilancia epidemiológica y urgencias epidemiológicas 2021 y del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) 2020 (78, 79).

En este estudio se observó que muchos de los casos de dengue clásico se presentan en los centros urbanos de las principales manchas urbanas del estado, sin embargo, estos se van expandiendo a través de los caminos y accesos de la gente como avenidas, carreteras, brechas y veredas y después se presentan en lugares cercanos a cuerpos de agua y con un uso de suelo principalmente de pastizales y agricultura. Esto se pudo concluir gracias a la completa clasificación de uso de suelo en todo el estado potosino mediante conjunto de imágenes de satélite Landsat 8 OLI, que se desarrolló durante este estudio (Figura 28).

Por otro lado las manchas urbanas más grandes de nuestro Estado también presentaron un incremento notable de casos de dengue y dengue hemorrágico, tal es el caso de la metrópolis conurbada de los municipios de San Luis Potosí y Soledad de Graciano Sánchez, Ciudad Fernández, Rio Verde, Ciudad Valles y Tamazunchale, que han presentado una considerable cantidad de casos en casi todos sus AGEBS urbanos, ya que dentro de la mancha urbana potosina presentaron casos las colonias como Burócratas del Estado, Lomas tercera y cuarta sección, Villa Antigua, Campestre, Loma Dorada, Colinas del parque, las Pilitas, Progreso, Nueva Progreso, Los Arbolitos, Santa fe, Las Terceras, Cactus, Ciudad 2000, Prados de San Vicente, Villa Jardín, Hogares Obreros, Villa Alborada, la 21 de Marzo, Hogares Ferrocarrileros, Rinconada del Palmar y Prados B Anaya estas cuatro últimas colonias mencionadas consideradas con alta prevalencia de casos.

Figura 28. Propagación del dengue a través de los AGEBS urbanos a los AGEBS rurales dentro de la mancha urbana, visto a través de una imagen de Satélite Landsat 8 OLI compuesta por las bandas 5, 2, 1 del año 2021.



Fuente: Elaboración propia con datos de Landsat 8 OLI (<http://glovis.usgs.gov>) Escenas 028-043, 028-044, 028-045 y 029-044 con fechas desde el 16 de noviembre del 2021 hasta el 25 de diciembre del 2021 en temporada seca.

8.3 Correlaciones entre variables dependientes e independientes

Los valores de la correlación de Pearson fueron determinados por medio del acumulado de casos de dengue a nivel municipal y el valor promedio de cada una de las variables explicatorias. Los valores más altos de la correlación y aquellos que tuvieron un valor de significancia estadística menor al 95 % ($p\text{-value} \leq 0.05$) fueron la Elevación Sobre el Nivel del Mar (-0.2918), la Temperatura Media Anual (0.2866), la Precipitación Media Anual (0.4069), Distancia a Cuerpos de Agua (-0.3154), la Población Total (0.3439) y el Índice de Desarrollo Humano (-0.3617).

En términos del signo del coeficiente de correlación de Pearson negativo, indica que entre menor elevación y a menor distancia a cuerpos de agua mayor es la susceptibilidad a la población de mosquitos, por lo tanto, mayores tasas de casos de dengue, lo que indica que las zonas cerca de costas o climas cálidos semitropicales con mayor cantidad de cuerpos de agua, tienden a crear los nichos ecológicos adecuados para el desarrollo del mosquito *Aedes aegypti* (2).

Por otro lado, las variables climatológicas mostraron un signo positivo, es decir mayores temperaturas combinadas con mayores precipitaciones favorecen mayores tasas de dengue. En cuanto a las variables de tipo social, las dos variables que mostraron una correlación fue el número de habitantes POB_TOT (0.3439) y el IDH (-0.3617), para el caso de la POB_TOT el coeficiente de correlación fue positivo, lo que indica que entre mayor tiendan a crecer los centros urbanos y el número de habitantes dentro de los AGEBS urbanos y rurales, mayor es la tendencia a incrementar la vulnerabilidad de contraer dengue.

Por otro lado, el coeficiente de correlación fue negativo para el caso del IDH, lo cual indica que los AGEBS rurales y urbanos con una calidad de desarrollo humano baja tienden a mostrar mayores tasas de dengue.

Se elaboró una tabla de las estadísticas descriptivas de las 15 variables explicatorias independientes con la finalidad de mostrar las características cuantitativas de manera resumida y puntual de todas nuestras variables explicatorias (Tabla 6).

Tabla 6. Estadísticas descriptivas de cada una de las variables explicatorias independientes de nuestro estudio.

Variable	N	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Elevación Sobre el Nivel del Mar (m.s.n.m.)	4644	1467.587	686.124	-8	3182
Temperatura Media Anual (TMA)	4644	19.630	2.650	15.407	27.348
Precipitación Media Anual (PMA)	4644	541.718	410.000	185.534	2403.451
Humedad Media Anual (HMA)	4644	61.990	7.590	52.8333	77.800
Distancia a Cuerpos de Agua (DIST_AGUA)	4644	6915.311	5334.750	0	31811.798
Distancia a Caminos (DIST_CAM)	4644	1501.237	1511.133	0	11415.975
Distancia a Pastizal (DIST_PASTI)	4644	143.216	315.769	0	6650.331
Distancia a Zonas Boscosas (DIST_BOSQUE)	4644	664.102	1235.907	0	17348.951
Distancia a Zonas Agrícolas (DIST_AGRICU)	4644	652.054	2473.776	0	29253.076
Dirección XUTM	4644	354866.238	95058.097	162906.2	569436.187
Dirección YUTM	4644	2498200.584	80003.558	2339901	2709681.250
Población Total (POB_TOT)	4644	29553	6743	1	586552
Índice de Agua Entubada (IAE)	4644	21.813	23.344	0	99.999
Índice de Drenaje (IDREN)	4644	17.108	14.095	0	98.498
Índice de Desarrollo Humano (IDH)	4644	12.526	6.284	0	26.178

Fuente: Elaboración propia con datos del Climatic Research Unit (CRU), IMTA, Landsat 8 OLI e INEGI.

Tabla 7. Coeficientes de la correlación entre las variables dependientes e independientes de nuestro estudio.

Variables		
Independientes	Coeficiente de Pearson	P-VALUE ($\rho \leq 0.05$)
ELEVACIÓN	-0.291816025	0.046560909
TMA	0.286616856	0.050792363
PMA	0.406943953	0.004529219
HMA	0.259986305	0.077585636
DISTAGUA	-0.31542866	0.030795184
DISTCAM	0.199978144	0.177747463
DISTPASTI	0.102294884	0.493841107
DISTBOSQ	0.003140053	0.98328755
DISTAGRI	-0.053622234	0.720362605
XUTM	0.26495231	0.071887894
YUTM	-0.23342427	0.114316306
POBTOT	0.343938594	0.017925652
IAE	-0.073724854	0.622370748
IDREN	-0.133425359	0.371271692
IDH	-0.361721236	0.012479241

Fuente: Elaboración propia con datos del Climatic Research Unit (CRU), IMTA, Landsat 8 OLI e INEGI.

8.4 Estimación del grado de vulnerabilidad al dengue clásico y hemorrágico

El modelo de regresión logística nos muestra la vulnerabilidad de todos los AGEBS rurales y urbanos de todo el estado, ya que tiene la capacidad de predecir aquellos lugares en los que mayor susceptibilidad existe en base a todas las variables explicatorias. Para poder validar el efecto que tuvo cada una de las variables explicatorias (ambientales, proximidad, localización y sociales) en la variable dependiente que son los casos de dengue y dengue hemorrágico, se construyó el modelo de predicción en base a una secuencia de comandos en código SAS (2), con la finalidad determinar aquellas variables que fueron estadísticamente significativas, mediante el valor de $\rho \leq 0.05$ y su efecto en base al parámetro estimador β de la máxima verosimilitud para cada variable (Tabla 8).

Las variables que resultaron ser estadísticamente significativas para la Fiebre de Dengue fueron La Elevación sobre el Nivel del Mar, la Temperatura Media Anual (TMA), la Precipitación Media Anual (PMA), la Humedad Media Anual (HMA),

Distancia a Cuerpos de Agua (DIST_AGUA), Distancia a los Caminos (DIST_CAM), Distancia a Zonas de Pastizal (DIST_PASTI), Distancia a Zonas Boscosas (DIST_BOSQUE), Coordenada XUTM, Coordenada YUTM, Población (POB_TOT), Índice de Agua Entubada (IAE), Índice de Drenaje (IDREN) e Índice de Desarrollo Humano (IDH). Mientras que para la Fiebre de Dengue Hemorrágico las variables estadísticamente significativas fueron la Elevación Sobre el Nivel del Mar, Precipitación Media Anual (PMA), Humedad Media Anual (HMA), Distancia a Cuerpos de Agua (DIST_AGUA), Distancia a Caminos (DIST_CAM), Coordenada YUTM, Población Total (POB_TOT), Índice de Drenaje (IDREN) e Índice de Desarrollo Humano (IDH).

Tabla 8. Coeficientes de estimación de la vulnerabilidad al dengue clásico.

Variable	β_k	p-value	Fuente
Intercepción	22.63012		
Elevación Sobre el Nivel del Mar (m.s.n.m.)	- 0.00267	0.00003	INEGI
TMA	0.221000	0.00006	CRU
PMA	0.000796	0.00002	CRU
HMA	-0.1342	0.00008	CRU
DIST_AGUA	-0.00006	0.00001	Landsat 8 OLI
DIST_CAM	-0.00370	0.00002	Landsat 8 OLI
DIST_PASTI	0.00118	0.00006	Landsat 8 OLI
DIST_BOSQUE	0.000153	0.02026	Landsat 8 OLI
XUTM	-0.00002	0.00001	Elab. Propia
YUTM	-0.00000996	0.00004	Elab. Propia
POB_TOT	0.000185	0.00002	INEGI
IAE	-0.00874	0.00005	INEGI
IDREN	-0.02340	0.00003	INEGI
IDH	0.02094541	0.00009	INEGI

Fuente: Elaboración propia con datos del Climatic Research Unit (CRU), IMTA, Landsat 8 OLI e INEGI.

Tabla 9. Coeficientes de estimación a la vulnerabilidad al dengue hemorrágico.

Variable	β_k	ρ -value	Fuente
Intercepción	40.815132		
Elevación Sobre el Nivel del Mar (m.s.n.m.)	-0.0027382	0.00002	INEGI
PMA	0.00154147	0.00155	IMTA-CRU
HMA	-0.8847323	0.00362	IMTA-CRU
DIST_AGUA	0.23853776	0.00693	Landsat 8 OLI
DIST_CAM	-0.9342964	0.00014	Landsat 8 OLI
YUTM	-0.0000078	0.03799	Elab. Propia
POB_TOT	1.67287167	0.00008	INEGI
IDREN	-0.6104582	0.06220	INEGI
IDH	0.02692413	0.00026	INEGI

Fuente: Elaboración propia con datos del Climatic Research Unit (CRU), IMTA, Landsat 8 OLI e INEGI.

Por otro lado, para poder determinar la confiabilidad de cada uno de los modelos se construyó la gráfica de predicción para ambos tipos de dengue y se tomó en cuenta los valores del área bajo la curva ROC, que en este caso el indicador de bondad de ajuste ROC para el dengue clásico presentó un valor de 0.9775, mientras que el valor de bondad de ajuste para el Dengue Hemorrágico fue de 0.9722 lo cual nos indica que ambos modelos son excelentes para predecir la susceptibilidad al dengue en San Luis Potosí (2, 94) (Figura 29).

En la figura 29 se muestran ambas gráficas de la curva ROC mostrando el desempeño predictivo del modelo de regresión logística, en dónde la especificidad evalúa los valores negativos verdaderos; es decir, los lugares en los cuales se predice una nula susceptibilidad de que existan brotes de dengue en base a los datos de la muestra, mientras que la sensibilidad describe los lugares en los que se predice una alta susceptibilidad de que existan nuevos casos de dengue.

Se tomaron en cuenta también los signos de los parámetros estimadores de las variables, es decir si el signo resulto positivo quiere decir que la variable independiente tiene una relación directa con la variable dependiente y si el signo del parámetro es negativo en la variable independiente, esta tiene una relación inversa con la variable dependiente.

En este caso la Elevación Sobre el Nivel del Mar el parámetro estimador β mostró un signo negativo, lo que indica que entre menor elevación mayor es la probabilidad de presentar casos de dengue, debido a que el mosquito transmisor se desarrolla mucho mejor en condiciones a menor elevación, su estado larvario se reproduce mejor en menores elevaciones y es más susceptible que se desarrolle algún serio tipo de dengue en lugares cercanos a zonas tropicales y subtropicales como lo son zonas costeras, llanuras y valles fluviales (2, 3, 48).

Para el caso de las variables Temperatura Media Anual y Precipitación Media Anual, el signo del parámetro β resulto ser positivo, mientras que para la Humedad Media Anual fue negativo, por lo que las primeras dos variables ambientales tienen una relación directa con la propagación e intensidad de los casos de dengue; es decir si la temperatura se encuentre entre los 25 y 40 grados centígrados y se mantenga en ese rango alto de temperatura y constante, los períodos de incubación del desarrollo de las larvas de mosquitos de dengue se acortan y esto intensifica que las larvas desarrollen con mayor intensidad algún serio tipo de dengue (21, 22, 26).

Por otro lado, a mayor precipitación mayores son los estancamientos de agua tanto artificiales como naturales, lo que incrementa la proliferación de crianza de larvas de mosquitos y mayores probabilidades de intensificación de los casos de fiebre de dengue (21, 22, 26). En cuanto a la Humedad Media Anual el signo fue negativo, por lo que quizás un grado de humedad baja combinado con mayores temperaturas produce mayor intensidad en el desarrollo de algún serio tipo de dengue.

Para el caso de las variables de proximidad en este caso la Distancia a Cuerpos de Agua y Distancia a Caminos el signo de β fue negativo, lo que indica que entre menor distancia a cuerpos de agua y distancia a caminos es mayor la intensidad en los casos de Fiebre de Dengue Clásico, lo que nos indica que los cuerpos de agua

ya sean ríos, lagunas, lagos o pequeños ojos de agua perenes cercanos a zonas boscosas en las zonas rurales pueden ser factores potentes para el desarrollo masivo de mosquitos transmisores de dengue. Por otro lado, las principales vías de comunicación son un factor muy importante en la expansión del virus, ya que a través de los medios de transporte se pueden trasladar mosquitos infectados de una región a otra o transportar larvas en recipientes artificiales, lo que provoca que los patrones de contagio se incrementen de una región rural a una región urbana (46, 47, 49).

En cuanto a las distancias a zonas boscosas y pastizales el valor del parámetro estimador β resulto ser positivo, lo que indica que, a mayores distancias a estos rasgos de proximidad, mayores las prevalencias de casos de dengue. Esto nos indica que existen pocas personas viviendo en zonas boscosas y con grandes extensiones de pastizales secos o semiáridos, ya que la mayoría de las regiones con pastizales secos están en la región Altiplano en donde los casos de dengue fueron menores, por lo que las propagaciones de patrones de contagios son poco probables de que se den cerca de esos rasgos naturales.

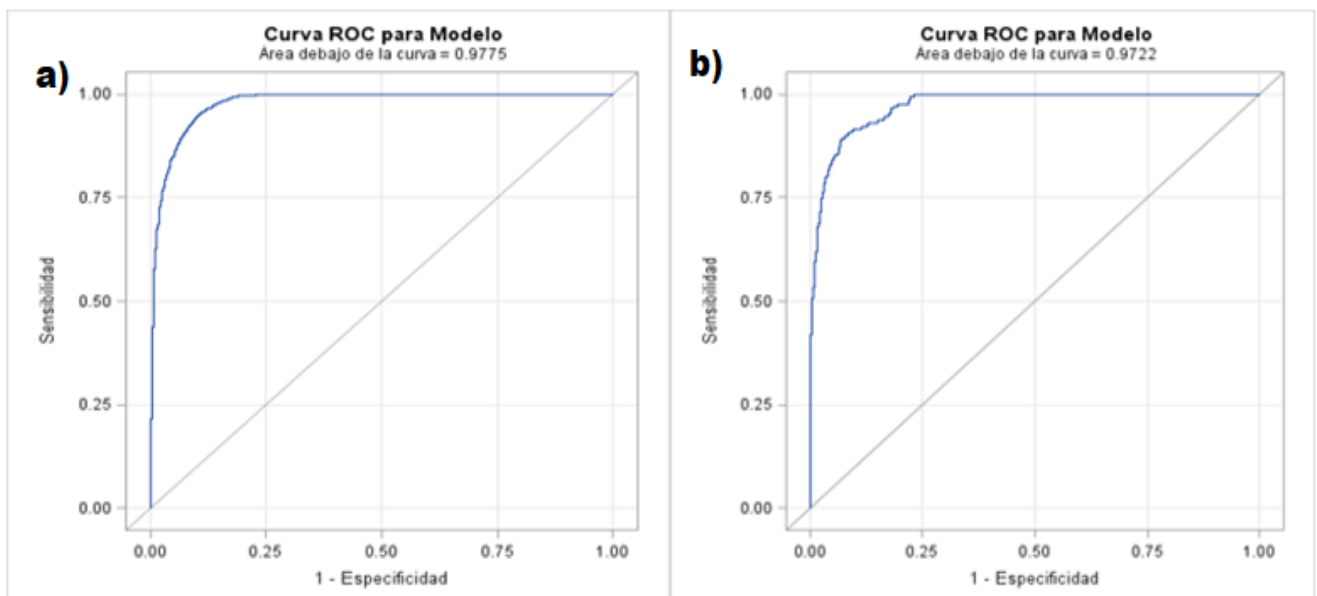
Para las variables de localización, ambas variables tuvieron un signo negativo del parámetro estimador β , lo que indica que a menor tendencia cardinal hacia el Norte mayor se propagan la cantidad de casos de dengue, es decir entre más al sur del estado existe mayor tendencia de casos de dengue y por otro lado entre menor sea la dirección cardinal en la coordenada XUTM, mayor dengue existe. Esto indica que las prevalencias de dengue se presentaron con mayor intensidad en aquellas regiones más hacia la dirección Oeste del estado.

Para el caso de las variables sociales el parámetro estimador β fue positivo para la variable Población y el Índice de Desarrollo Humano, lo que indica que entre mayores sean las poblaciones de habitantes en los centros urbanos o zonas rurales, mayores son los casos de dengue y dengue hemorrágico, lo cual está íntimamente asociado con algunos patrones vistos en el análisis de las tasas de dengue y a que a mayor densidad de población mayores probabilidades de desarrollar brotes de dengue, tal y como lo encontró en su estudio Khormi & Kumar 2012 (49). Además

de que un alto desarrollo humano indica que existen mucho más habitantes viviendo en una misma región en contacto todo el tiempo con su nicho urbano en el que el mosquito transmisor suele desarrollarse con mayor eficacia.

Por otro lado, las dos variables sociales restantes que son el Índice de Drenaje e Índice de Agua Entubada obtuvieron un valor negativo en el parámetro estimador β , lo cual indica que entre menor se den estos dos índices mayores son las propagaciones de dengue clásico y dengue hemorrágico. Esto posiblemente sea más razonable y coherente con aquellas zonas rurales en las que la falta de esta infraestructura básica, favorece a que las personas desarrollen costumbres cómo almacenar agua en depósitos artificiales, como tambos, jarrones, tinacos que sirven como reservorio del mosquito transmisor, además de que muchas personas que no cuentan con estos servicios suelen acostumbrar a visitar los ríos y lagos para satisfacer esta necesidad y ahí posiblemente sufran picaduras de mosquitos como el *Aedes aegypti* o *Aedes albopictus*.

Figura 29. Comportamiento de la curva ROC: a) Dengue Clásico, b) Dengue Hemorrágico.



Fuente: Elaboración propia con datos del Climatic Research Unit (CRU), IMTA, Landsat 8 OLI e INEGI.

8.5 Vulnerabilidad al dengue clásico y dengue hemorrágico a nivel pixel

En la figura 28 se muestra el mapa de la vulnerabilidad a) dengue clásico y b) dengue hemorrágico en toda nuestra área de estudio (San Luis Potosí). Para el caso del dengue clásico se presentó de una manera mucho más extendida, abarcando una mayor área geográfica, ya que involucra principalmente las zonas en donde se encuentran las principales zonas urbanas de todo el estado, aunque el modelo también abarca los caminos principales y algunas zonas de vegetación y cercanas a cuerpos de agua (Figura 30).

En cuanto al Modelo de Regresión Logística para el Dengue Hemorrágico se presentó de manera mucho más difusa y con menor área de propagación, ya que parece estar mucho más vinculado con los centros urbanos de las principales ciudades del estado y específicamente a los centros urbanos y rurales de la Huasteca Sur, que es la zona en la que el modelo tuvo la mayor predicción a la vulnerabilidad de Dengue Hemorrágico y posiblemente sea en estas zonas en las que el serotipo DENV-3 circula con mayor intensidad que es el principal causante de Dengue Hemorrágico (Figura 30 y 31).

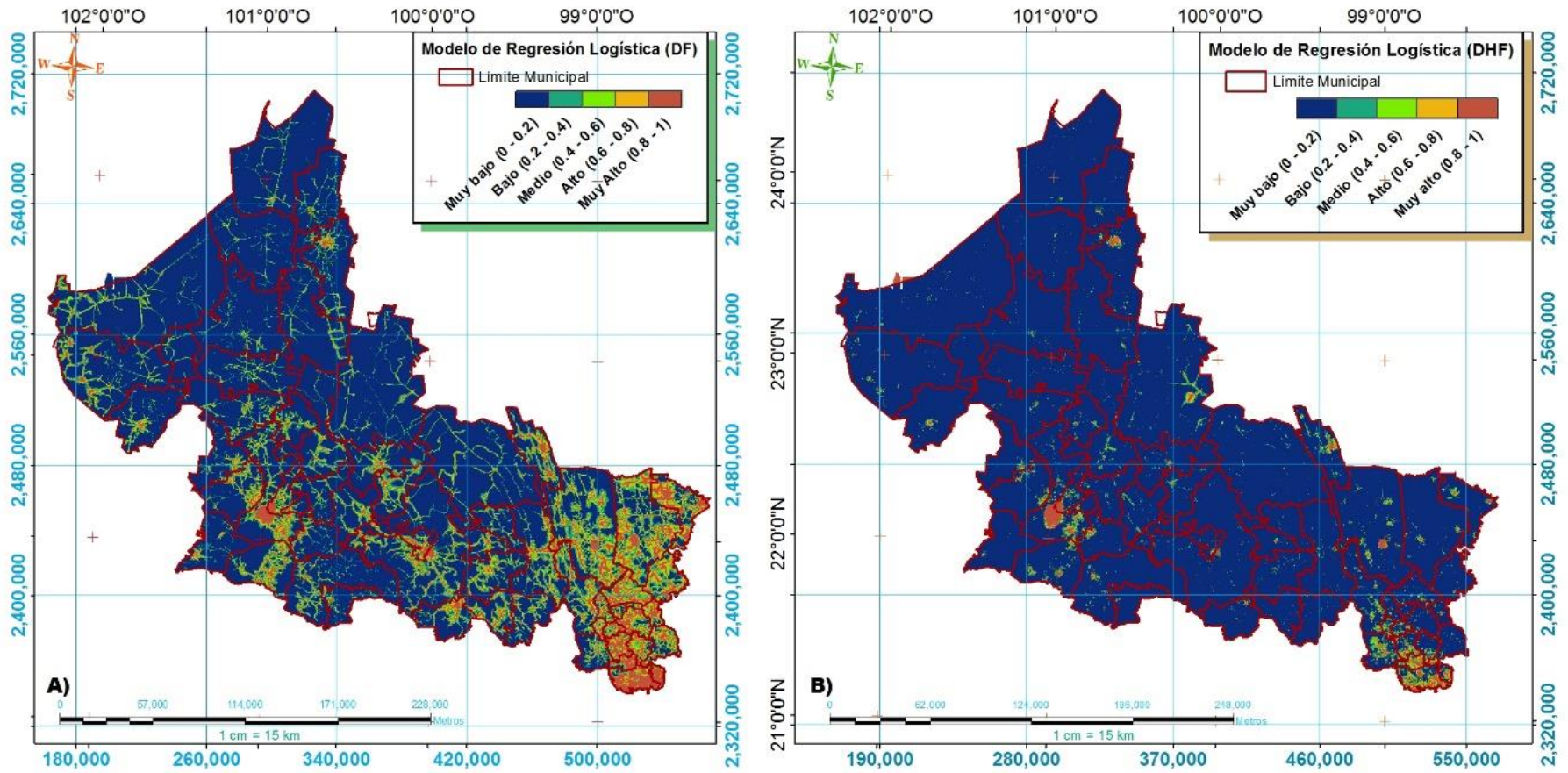
En ambos modelos podemos distinguir que los municipios que se encuentran con la mayor cobertura son en la parte centro del estado San Luis Potosí y Soledad de Graciano Sánchez, Mexquitic de Carmona y Villa de Arriaga, para la parte del Altiplano el municipio que presenta la mayor vulnerabilidad es Matehuala.

Por otro lado, en la parte de la Región Media los municipios con mayor vulnerabilidad al dengue clásico son Río verde, San Ciro de Acosta, San Nicolás Tolentino, Cerritos, Ciudad Fernández y Villa de Juárez (Figura 31). Para la parte de la Huasteca Norte se presentan con mayor vulnerabilidad los municipios de Tamasopo, El Naranjo, Ciudad Valles, Tamuín, Ebano y Aquismon, mientras que para la Huasteca Sur la mayor susceptibilidad se dio en los municipios de San Martín Chalchicuautla, Tamazunchale, Matlapa, Axtla de Terrazas, Tampomolon Corona y Huehuetlán (Figura 31 y 32).

La mayor parte de los casos de dengue y dengue hemorrágico ocurren dentro de las zonas en las que el modelo de regresión logística predijo como muy alta (0.8 –

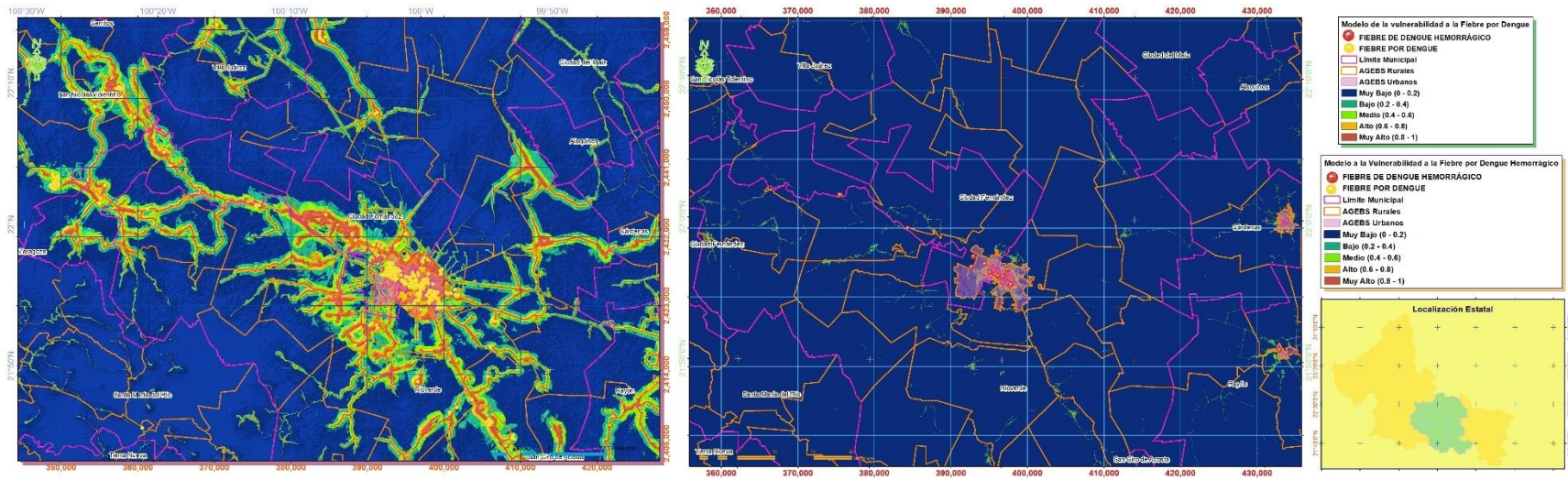
1.0), sin embargo, también se presentan casos en los que la susceptibilidad es media (0.4 – 0.6) y alta (0.6 – 0.8) (Figura 31).

Figura 30. Estimación de la vulnerabilidad al Dengue Clásico y Dengue Hemorrágico dentro de San Luis Potosí.



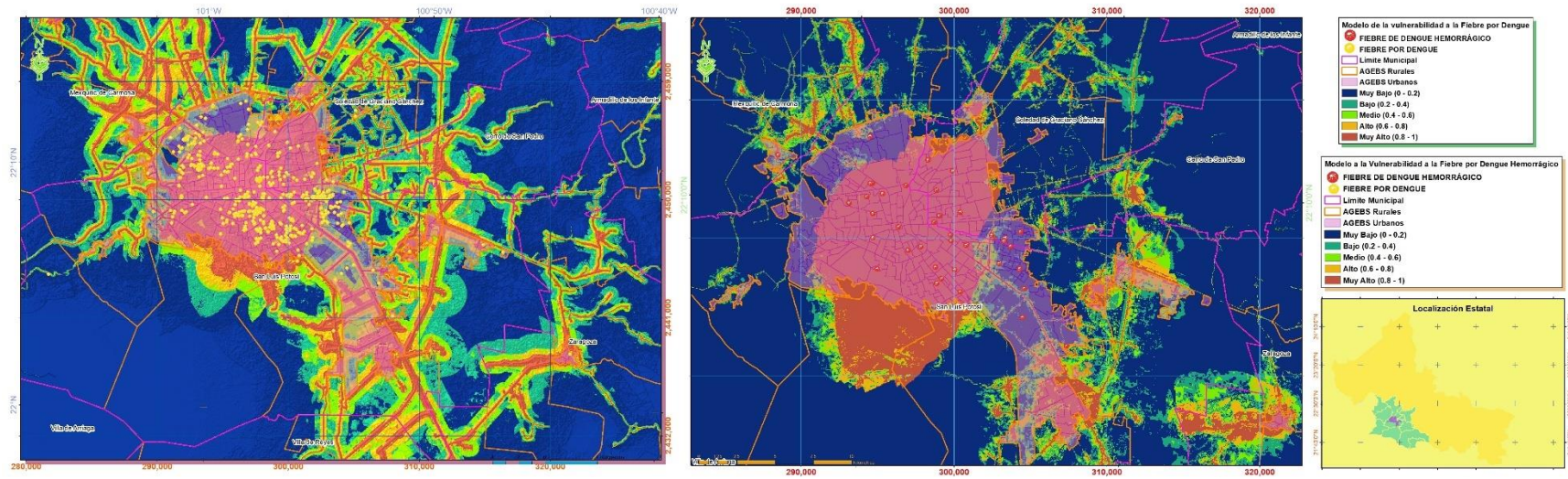
Fuente: Elaboración propia con datos del Climatic Research Unit (CRU), IMTA, Landsat 8 OLI e INEGI.

Figura 31. Zoom a detalle de la estimación a la vulnerabilidad al Dengue Clásico y Dengue Hemorrágico en los AGEBS rurales y urbanos de la Región Media en San Luis Potosí, zona conurbada de Río Verde y Ciudad del Maíz.



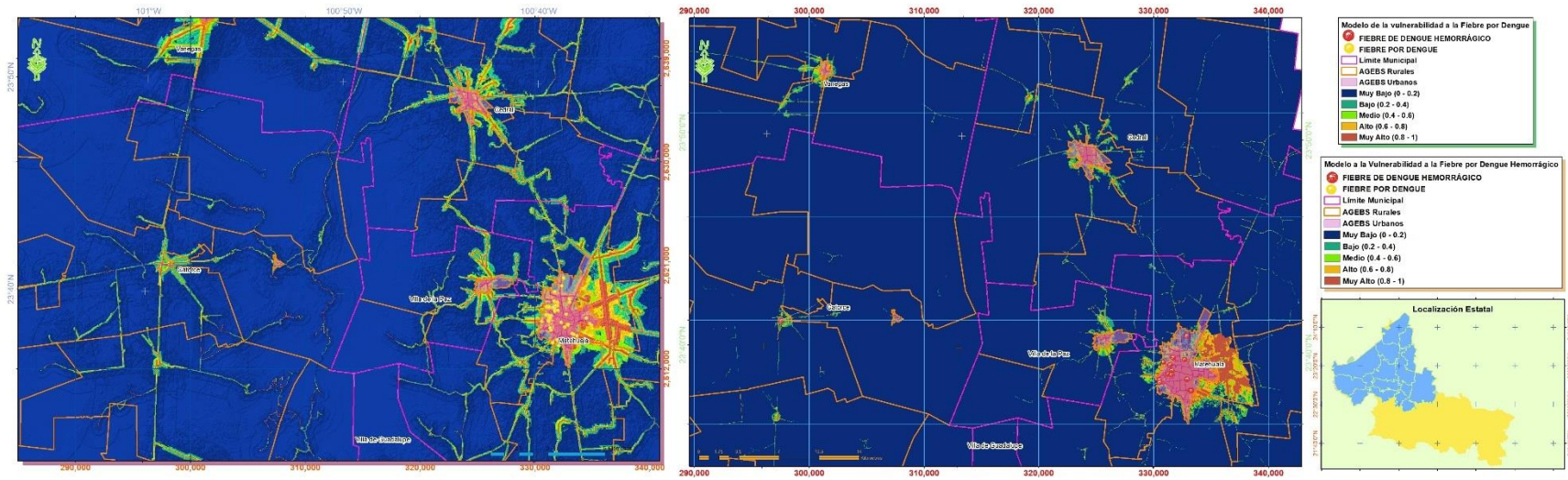
Fuente: Elaboración propia con datos del Climatic Research Unit (CRU), IMTA, Landsat 8 OLI e INEGI.

Figura 32. Zoom a detalle de la estimación a la vulnerabilidad al Dengue Clásico y Dengue Hemorrágico en los AGEBS rurales y urbanos de la Región Centro de San Luis Potosí, zona conurbada de los municipios de San Luis Potosí y Soledad de Graciano Sánchez.



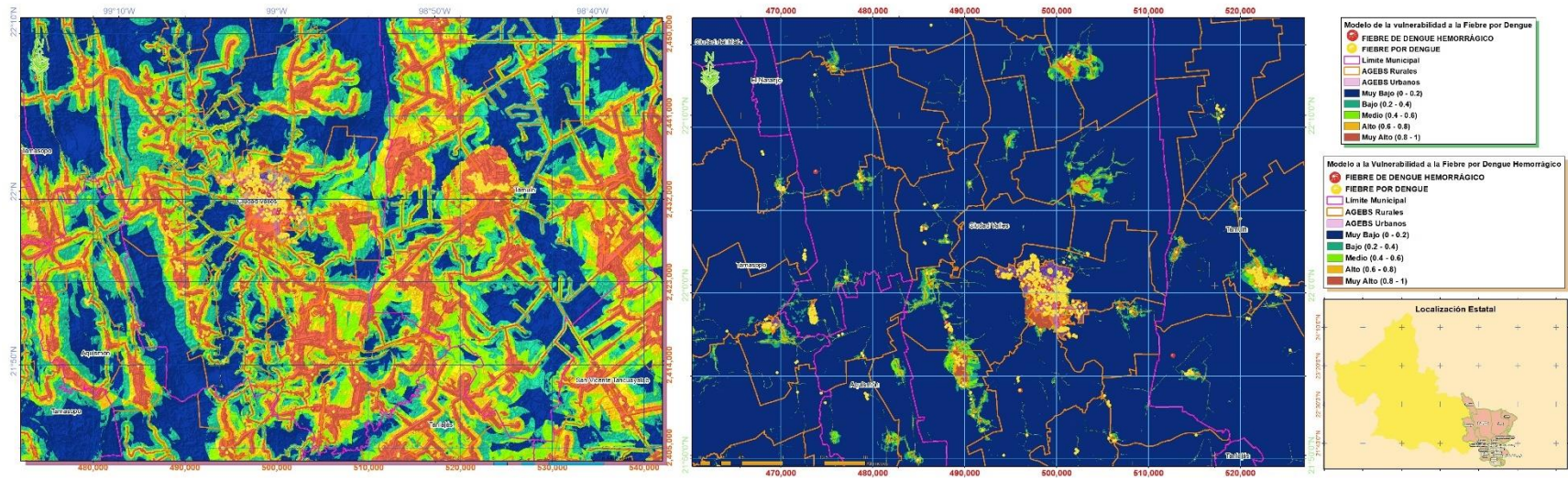
Fuente: Elaboración propia con datos del Climatic Research Unit (CRU), IMTA, Landsat 8 OLI e INEGI.

Figura 33. Zoom a detalle de la estimación a la vulnerabilidad al Dengue Clásico y Dengue Hemorrágico en los AGEBS rurales y urbanos de la Región Altiplano de San Luis Potosí, zona urbana de los municipios de Matehuala, Cedral y Vanegas.



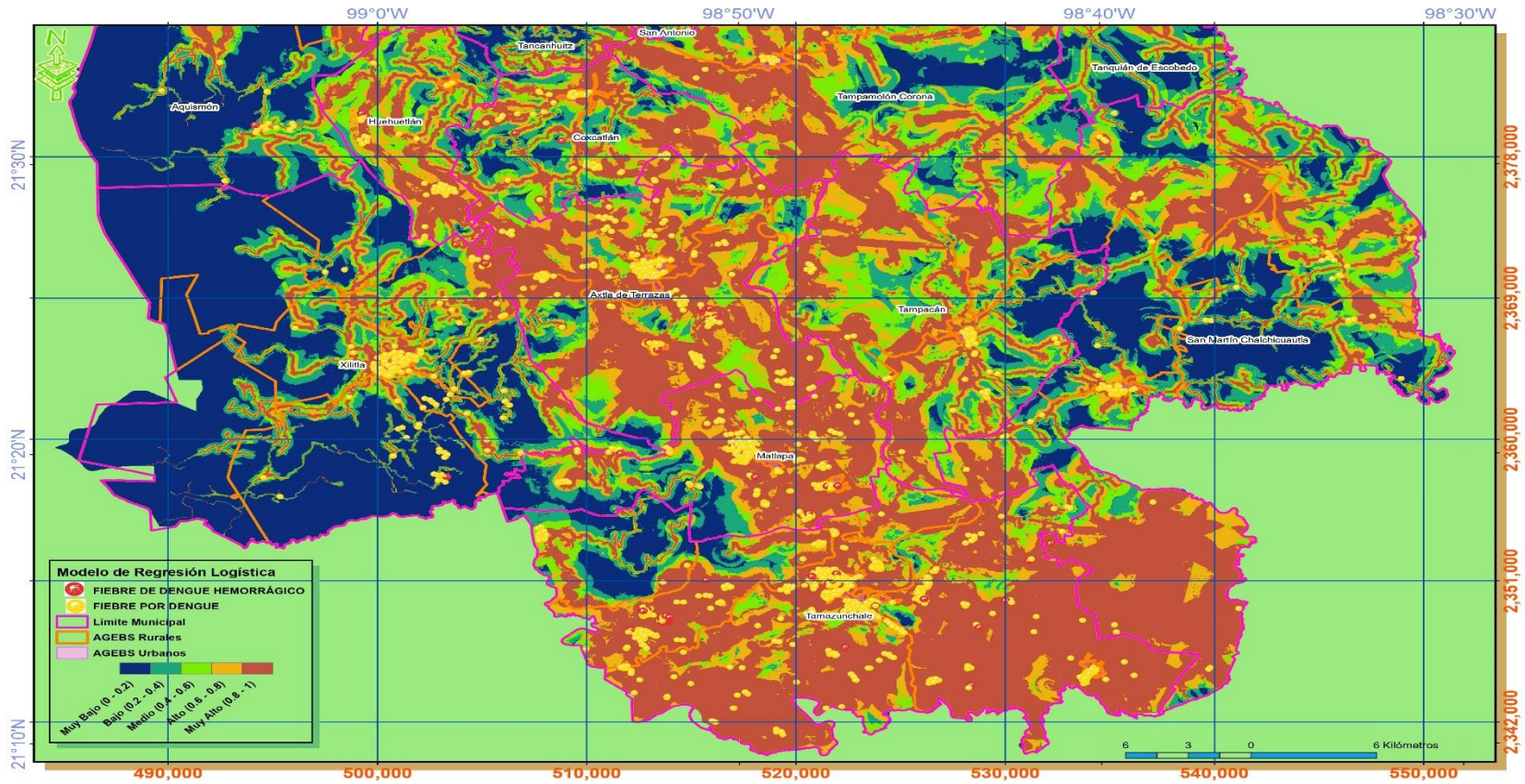
Fuente: Elaboración propia con datos del Climatic Research Unit (CRU), IMTA, Landsat 8 OLI e INEGI.

Figura 34. Zoom a detalle de la estimación a la vulnerabilidad al Dengue Clásico y Dengue Hemorrágico en los AGEBS rurales y urbanos de la Región Huasteca Norte.



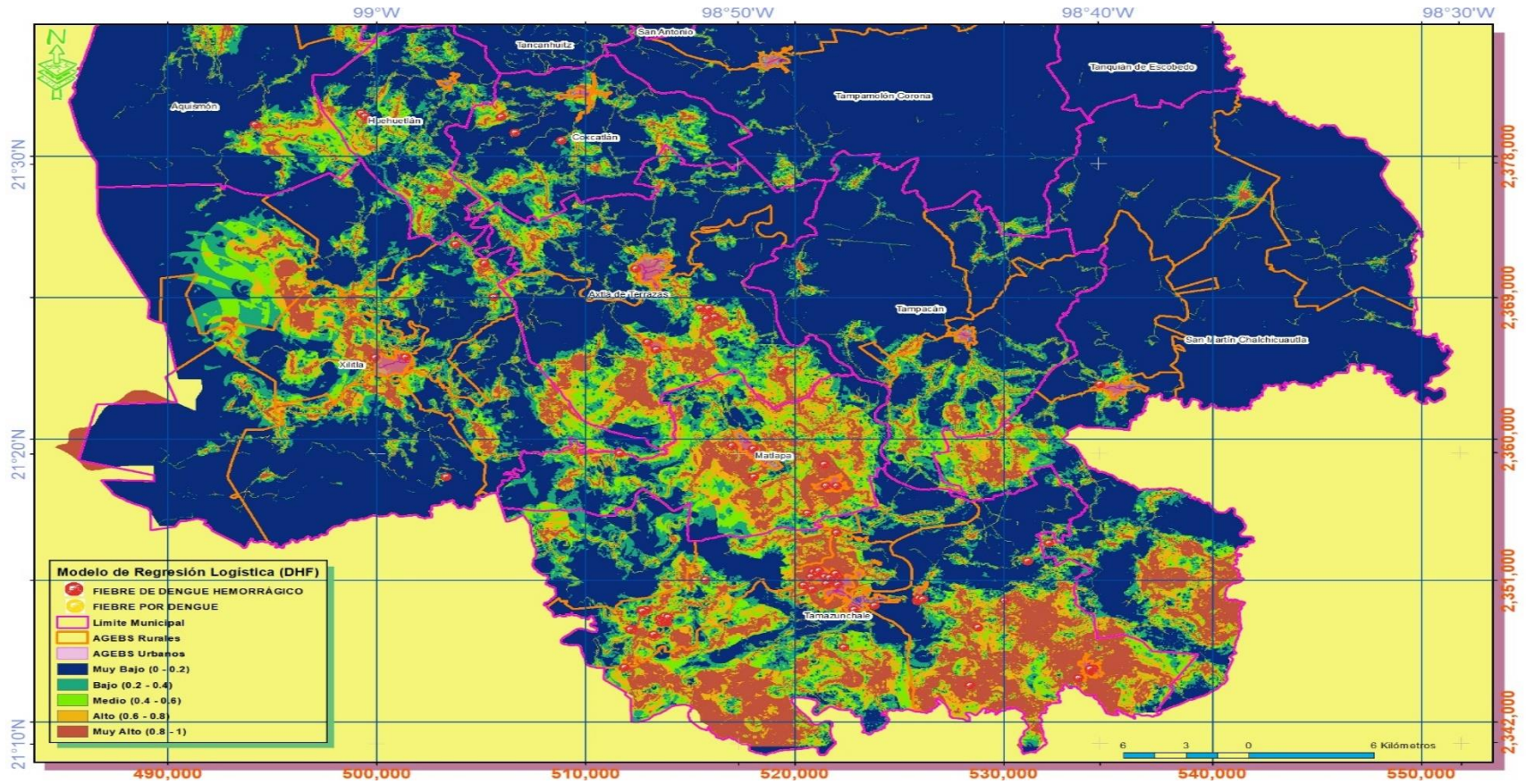
Fuente: Elaboración propia con datos del Climatic Research Unit (CRU), IMTA, Landsat 8 OLI e INEGI.

Figura 35. Zoom a detalle de la estimación a la vulnerabilidad al Dengue Clásico en los AGEBS rurales y urbanos en la Región Huasteca Sur en municipios de Tamazunchale y Matlapa.



Fuente: Elaboración propia con datos del Climatic Research Unit (CRU), IMTA, Landsat 8 OLI e INEGI.

Figura 36. Zoom a detalle de la estimación a la vulnerabilidad al Dengue Hemorrágico en los AGEBS rurales y urbanos de la Región Huasteca Sur.



Fuente: Elaboración propia con datos del Climatic Research Unit (CRU), IMTA, Landsat 8 OLI e INEGI.

Cabe mencionar que mediante el modelo de la estimación a la vulnerabilidad se logró determinar la cantidad de habitantes que se encuentran en riesgo de contraer dengue clásico y dengue hemorrágico dentro de todo el Estado de San Luis Potosí, tomando como referencia y base el Censo de Población y Vivienda 2020 (87), destacando que una gran cantidad de habitantes se encuentran en muy alto riesgo de contraer fiebre de dengue y dengue hemorrágico, lo que nos indica que gran cantidad de la población que habita dentro de las principales zonas urbanas está en riesgo de contraer alguno de los serotipos de dengue, en mayor proporción las zonas urbanas de la Región Huasteca (Figura 37).

Figura 37. Estimación de la población al dengue clásico y dengue hemorrágico en base al Censo de Población y Vivienda 2020.



Elaboración propia con datos del Departamento de vigilancia epidemiológica y urgencias epidemiológicas 2021. Censo de Población y Vivienda de INEGI 2020.

IX Discusión

Se presentaron casos en lugares con zonas desérticas y más frías esto puede ser por el cambio climático emergente en los últimos 5 años ya ha comenzado hacer estragos en los patrones de contagio, tal y cómo lo indica Gluber, D.J. y Nakhapakorn (26,48, 91), ya que las temperaturas están aumentando en zonas desérticas, junto con la explosión demográfica y un carente desarrollo humano en estas zonas, lo que hace propicio el desarrollo de brotes de enfermedades como el dengue y dengue hemorrágico (21, 26).

Se identificaron muchos casos en la zona urbana, estas colonias cuentan con viviendas con un Índice de Desarrollo Humano de medio a bajo y con problemas de abastecimiento de agua, por lo que necesitan ser subastadas de agua por medio de tambos, garrafones y llenado de pozos por medio de pipas de servicio municipal y como se ha encontrado en otros estudios, posiblemente algunas de las viviendas dentro de estos entornos urbanos cuentan con aljibes en condiciones muy deplorables, oxidados y en condiciones poco higiénicas, con calles y callejones que están llenos de basura con viviendas abandonadas y pasillos de edificios abandonados que sirven cómo reservorio de muchos desechos sólidos que se encharcan por meses, lo que aumenta la posibilidad de desarrollar crianza de mosquitos *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* y altos patrones de contagio, y esto concuerda con los estudios llevados a cabo alrededor del mundo en países como Jamaica, Pakistán y Sri Lanka (92, 93).

Aunque se encontró que algunas zonas con un alto Índice de Desarrollo Humano y perca pita alto también presentaron algunos casos de dengue clásico. Los casos dentro de estas colonias confirman que también se han visto afectadas posiblemente por la falta de información pertinente, educación y prevención en salud y el descuido de higiene y aseo público en las áreas comunes de estas colonias (2, 94).

Las zonas más afectadas por la presencia del dengue y dengue hemorrágico, en la mayoría de los municipios se ven influenciadas por el medio y bajo Índice de

Desarrollo Humano, un carente sistema de agua entubada y un bajo Índice de Drenaje lo que influye directamente en las propagaciones de dengue, ya que en otros estudios se ha encontrado que muchas personas posiblemente no cuentan con la educación y las condiciones económicas adecuadas que funcionen como un factor protector a la enfermedad de fiebre de dengue y dengue hemorrágico, lo cual coincide con los estudios de Hsue & Siqueria et al., 2004 (49, 95).

Se encontró que la interacción tan cercana a las principales vías de comunicación cómo caminos principales, veredas y brechas son rasgos que notoriamente funcionan como una fuente de propagación del dengue, ya que conectan a los principales centros poblacionales con los centros urbanos, ya que el mosquito puede ser transportado en los forrajes del ganado, dentro de toneles de agua, jarrones y tinacos que se trasladan de comunidades rurales a zonas urbanas y viceversa, además de que muchas de las vías de comunicación no están pavimentados o en malas condiciones de pavimentación, por lo que suelen tener pequeños y grandes charcos de agua sucia que sirve como reservorio natural del mosquito portador, esto coincide con los resultados de Nakahapakorn y Hsue (26, 49).

Se encontraron casos de dengue cerca de cuerpos de agua como ríos, lagos o presas o simplemente pequeños ojos de agua que propician el desarrollo de pastizales, desarrollo de zonas agrícolas o zonas boscosas cercanas a ríos y condiciones húmedas para el desarrollo de las dos especies que transmiten el dengue clásico y dengue hemorrágico que son el *Aedes Aegypti* y el *Aedes Albopictus* y de esta manera han aumentado los patrones de propagación y el número de casos en las estaciones del Verano y principios del Otoño que coincide con los resultados del estudio de Nakhapakorn, 2005 & Udayanga, 2020 (26, 93).

Por último, nuestro análisis nos mostró que el área más afectada por ambos tipos de dengue es definitivamente la región Huasteca y eso es debido a que está zona cumple con la mayoría de las condiciones climatológicas, ambientales y sociales para el desarrollo masivo de ambos mosquitos portadores del dengue. Encontramos grandes zonas de vulnerabilidad al dengue clásico y dengue hemorrágico, en un

80% de los AGEBS rurales y urbanos de la zona huasteca, en dónde las temperaturas altas con un alto grado de humedad favorecen el desarrollo del virus dentro del mosquito, lo cual coincide con los resultados obtenidos por Rogers, 2014, quién encontró en su estudio de predicción mundial que la vulnerabilidad al dengue es más intensa en aquellas regiones del mundo en las que las temperaturas son altas y con grandes cantidades de humedad (21).

Ejemplos de estos fenómenos son el Niño que está relacionado directamente con el calentamiento del océano pacífico oriental durante el otoño y principios del invierno, mientras que el fenómeno del Monson en el Océano Índico comienza a principios del verano, calentando la Tierra y generando grandes cantidades de lluvias por el efecto de los vientos oceánicos húmedos que se elevan sobre los sistemas montañosos (26, 35, 37, 48).

Por lo que podemos concluir que las variables ambientales son un factor íntimamente relacionado con los brotes de dengue en San Luis Potosí y que este aumento se ha venido observando a través del cambio climático y de hecho el 26 de agosto del 2018 San Luis Potosí fue considerado como uno de los 5 estados con mayor impacto en la población por las tasas de dengue y dengue hemorrágico (2).

Se encontró que los municipios que hacen frontera con las zonas costeras de Tamaulipas y Veracruz que son Ciudad Valles, Tamuín y Ébano, en donde predominan grandes temperaturas y una gran cantidad de uso de suelo para la agricultura y aunque la distancia a las zonas agrícolas no resultó ser una variable estadísticamente significativa, si lo fue la distancia a cuerpos de agua, por lo que están íntimamente relacionados a la mayoría de las zonas agrícolas de la Huasteca Norte, ya que se utilizan con fines de riego y cosecha.

Por otro lado las zonas con mayores precipitaciones son en la Huasteca Sur, zona en la que la cantidad de casos de dengue clásico y hemorrágico se intensificaron durante los años 2018, 2019 y 2020, ya que la mayoría de las zonas cuentan con Índice de Desarrollo Humano muy bajo, se ven afectados por grandes precipitaciones, el porcentaje de humedad es muy alta, hay una gran cantidad de cuerpos de agua y zonas selváticas boscosas, todos factores ambientales ideales

para la propagación de contagio de los 3 sero tipos que circulan en San Luis Potosí (DENV 1, DENV 2 y DENV 3).

X Conclusiones

En este estudio se logró determinar que existe un evidente crecimiento temporal tanto en los casos de dengue clásico, así como para los casos de dengue hemorrágico, presentándose los mayores números de casos durante las épocas de inicios del verano y finales del otoño, especialmente en la región huasteca, lo cual coinciden con altos porcentajes de humedad relativa, con las mayores cantidades de precipitaciones y temperaturas. Estas condiciones también se presentaron en la mayoría de los municipios del Estado pertenecientes a las regiones Altiplano, Centro, Media. Por otro lado, las tasas de dengue se mantuvieron altas en la mayoría de los municipios de la Huasteca y región media, mientras que para la zona centro y altiplano éstas fueron bajas en la mayoría de los años del período comprendido.

Se observó una distribución espacial creciente en la mayoría de las regiones del estado, principalmente hacia las partes Sureste y Noreste del estado, aunque en la parte norte también se mostró algunos patrones espaciales de conglomerado de casos que destacan por su evidente expansión abarcando tanto los AGEBS urbanos, así como los rurales.

Las variables explicativas significativas para el caso de la Fiebre de Dengue Clásico fueron la Elevación Sobre el Nivel del Mar, Temperatura Media Anual, Precipitación Media Anual, Humedad Media Anual, Distancia a Cuerpos de Agua, Distancia a Caminos, Distancia a Zonas de Pastizal, Distancia a Zonas Boscosas, Coordenada XUTM, Coordenada YUTM, Población Total, Índice de Agua Entubada, Índice de Drenaje y el Índice de Desarrollo Humano. Para el caso de la Fiebre por Dengue Hemorrágico las variables estadísticamente significativas fueron la Elevación Sobre el Nivel del Mar, Precipitación Media Anual, Humedad Media Anual, Distancia a Cuerpos de Agua, Distancia a Caminos, Coordenada YUTM, Población Total, Índice de Drenaje e Índice de Desarrollo Humano.

Por último, el modelo de regresión logística fue la técnica de predicción que nos permitió determinar aquellas regiones en las que se predice o se tiene ya una mayor propagación y una mayor vulnerabilidad en ambos tipos de dengue, siendo la de

mayor vulnerabilidad la mayoría de las zonas urbanas del estado de San Luis Potosí. Por otro lado, la menor predicción se dio hacia los AGEBS rurales de los municipios de la zona Altiplano, sin embargo, la zona mostró una alta vulnerabilidad en los AGEBS urbanos del municipio de Matehuala, mostrando un 70% de todo el territorio afectado por los casos dengue y dengue hemorrágico.

XI Recomendaciones

Se sugiere a los investigadores que deseen realizar un estudio de este tipo, que evalúen e investiguen acerca de cuáles son aquellos principales fuentes de origen del agua en las que las personas acuden para abastecerse de este servicio, ya sean tambos de agua comunitarios, pozos o cisternas, que se georreferencien mediante un GPS de precisión y se determine un algoritmo a la distancia Euclidiana a estos servicios de abastecimientos de agua, ya que seguramente están relacionados con la transmisión y propagación de la enfermedad de dengue clásico y dengue hemorrágico alrededor del mundo, pero en especial en el estado de San Luis Potosí.

Se recomienda realizar una exhaustiva investigación acerca de cuáles son las estaciones meteorológicas más recientes en todo el estado de San Luis Potosí y que estén obteniendo datos mucho más actualizados del clima cómo son temperatura mínima, temperatura media y temperatura máxima, así como la cantidad de precipitación y el porcentaje de humedad relativa, ya que son datos fundamentales para poder entender la dinámica de propagación y desarrollo de la enfermedad de dengue y dengue hemorrágico. Se recomienda construir gráficas climatológicas que nos muestren una relación directa con las tasas de dengue y su relación con las variables climatológicas.

Por último, se sugiere realizar un análisis estadístico que incluya el sexo de las personas infectadas por el alguno de los serio tipos de dengue (DENV1 – DENV3).

Cómo sugerencia a las autoridades sanitarias, especialmente me refiero a los Servicios de Salud del estado encargados de realizar las campañas de salud pública para la prevención y cuidado del bienestar de la población, que asistan a estos lugares en los que el modelo de vulnerabilidad predice con mayor intensidad al desarrollo de brotes de dengue.

Por otro lado, otra medida importante que se sugiere implementar es la de colocar mallas en las ventanas y en las principales rutas de ventilación de las casas para evitar el acceso de los mosquitos y proveer a estas poblaciones vulnerables de

repelentes efectivos que puedan colocarse durante el atardecer y el anochecer, que es cuando más activos se encuentran las hembras de *A.aegypti* y *Aedes Albopictus*.

XII.-Referencias Bibliográficas

1. Mora-Covarrubias, A., Jiménez-Vega, F., & Treviño-Aguilar, S.M. (2010). Distribución geoespacial y detección del virus del dengue clásico en mosquitos *Aedes (Stegomyia) aegypti* de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. *Salud Publica De Mexico*, 52, 127-133.
2. Sánchez-Hernández D, Aguirre-Salado CA, Sánchez-Díaz G, Aguirre-Salado AI, Soubervielle-Montalvo C, Reyes-Cárdenas O, et al. Modeling spatial pattern of dengue clásico in North Central Mexico using survey data and logistic regression. *International Journal of Environmental Health Research*. 2019:1-17.
3. Gluber, D.J. 1997. Epidemic Dengue clásico and dengue hemorrhagic fever its history and resurgence as a global public health problem in the 21st century. Division of vector-borne infectious diseases. National center for infectious diseases. Centers for disease control and prevention. Public health service.
4. SSA, Dirección General de Epidemiología (DGEPI) (1978-1988) (s. f.). Incidencia de enfermedades seleccionadas por entidad federativa (1978-1988). <https://www.gob.mx/salud/acciones-y-programas/direccion-general-de-epidemiologia>.
5. Fátima, M.P., Sandra, A.F., Ribeiro, C., Isabel, A., Olhero, C & Andreia. 2010. Epidemiología espacial: nuevos enfoques para viejas preguntas, *Universidad Odontológica*, 29 (47-65). Pontificia Universidad Javeriana Bogotá, Colombia.
6. Garay FP, Ortiz FM, Montoya RC, Gómez RL, Madrida JAP. La situación del dengue clásico. *Rev Med UAS*; Vol. 2014;4(2).

7. Rigau-Pérez, J. G., Clark, G. G., Gubler, D. J., Reiter, P., Sanders, E. J., & Vancie Vorndam, A. (1998). Dengue clásico and dengue haemorrhagic fever. *The Lancet*, 352(9132), 971e977.
8. WHO. (2009). Epidemiology, burden of disease and transmission. In *Dengue clásico: Guidelines for diagnosis, treatment, prevention and control* (pp 1e21). Geneva: World Health Organization.
9. Wilson, M. E., & Chen, L. H. (2002). Dengue clásico in the Americas. *Dengue clásico Bulletin, World Health Organization (South-East Asia and Western Pacific Region)*, 26, 44e61.
10. Brady, J.O., Geting, W.P., Bhatt, S., Messina, P.J., Brownstein, S.J., Hoen, G.A., Moyes, L.C., Farlow, W.A., Scott, W.T. & Hay, I.S. 2012. Refining the global spatial limits of dengue clásico virus transmission by evidence-based consensus. *Neglected Tropical Diseases*. 6(8):e1760.
11. Macías, C.A., Carmona, S. & López, T.E. 2017. Immunology of viral infections with a high impact in Mexico: Dengue clásico, Chikungunya and Zika. *Departamento de Patología Clínica de la Facultad de Medicina y Hospital Universitario*. 19 (77): 198-207.
12. Galicia, T.I., Poza, C.D. & Becker, I. 2014. Dengue clásico en México: incremento en la población juvenil durante la última década. *Boletín Médico del Hospital Infantil de México*. 71 (4): 196-201.
13. Hammond SN, Balmaseda A, Perez L, Tellez Y, Saborío SI, Mercado JC, et al. Differences in dengue clásico severity in infants, children, and adults in a 3-year hospital-based study in Nicaragua. *The American journal of tropical medicine and hygiene*. 2005;73(6):1063-70.

14. Teixeira MG, Costa MCN, Coelho G, Barreto ML. Recent shift in age pattern of dengue clásico hemorrhagic fever, Brazil. 2008.
15. Agrelo RS. *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus* (Diptera, Culicidae) y su papel como *vectores* en las Américas. La situación de Uruguay. Rev Med Uruguay. 1996; 12:28-36.
16. González Cortiñas M, Vidal González D, Cepero Cordero J, Lashley Oliveras ML. Dengue clásico hemorrágico: Estudio clínico de 200 pacientes. Revista cubana de medicina. 1999;38(1):13-8.
17. Navarrete J, Vásquez JL, Vásquez JA, Gómez H. Epidemiología del dengue clásico y dengue hemorrágico en el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). Rev Peruana Epidemiol. 2002;10(1):1-12.
18. Wilson, M. E., & Chen, L. H. (2002). Dengue clásico in the Americas. Dengue clásico Bulletin, WorldHealth Organization (South-East Asia and Western Pacific Region), 26, 44e61.
19. Organización Mundial de la Salud. 2020. Enfermedades transmitidas por vectores. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases>.
20. Messina JP, Brady OJ, Scott TW, Zou C, Pigott DM, Duda KA, et al. Global spread of dengue clásico virus types: mapping the 70 year history. Trends in microbiology. 2014;22(3):138-46.
21. Rogers DJ, Suk JE, Semenza JC. Using global maps to predict the risk of dengue clásico in Europe. Acta tropica. 2014;129:1-14.

22. Machado-Machado EA. Empirical mapping of suitability to dengue clásico fever in Mexico using species distribution modeling. *Applied Geography*. 2012;33:82-93.
23. Bowman, R.L., Tejeda, S.G., Coelho, E.G., Sulaiman, H.L., Gill, S.B., McCall, J.P., Olliaro, L.P., Ranzinger, R.S., Quang, C.L., Ramm, S.R., Kroeger, A. & Petzold, G.M. 2016. Alarm variable for dengue outbreaks: a multi-centre study in Asia and Latin America. *Plos One*, Alarm variables for dengue outbreaks.
24. Briones, T.A.H., Mendoza, G.G.M, Servín, C.C. & Vargas, O.A.L. 2018. Impacto económico del dengue en México por regiones epidemiológicas. *Plataforma de Vigilancia Sindromica y Alerta Epidemiológica de Vectores en Salud Humana*, apoyados en sensores remotos y geotecnologías. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
25. Añez, G., Balza, R., Valero, N. & Larreal, Y. 2006. Impacto económico del dengue y del dengue hemorrágico en el estado de Zulia, Venezuela, 1997-2003. *Revista panamericana de Salud pública, Public Health* 19 (5).
26. Nakhapakorn, K. and Jirakajohnkool S. 2006. Temporal and spatial autocorrelation statistics of Dengue clásico Fever. *Dengue clásico Bulletin* Volume 30.
27. Jeefoo, P. Tripathi, N.K. and Souris, M. 2011. Spatio - temporal diffusion pattern and hotspot detection of dengue clásico in Chachoengsao Province, Thailand. *International Journal of Enviromental Research and Public Health*. 8:51-74.

28. Norma oficial mexicana NOM-032-SSA2-2014, para la vigilancia epidemiológica, promoción, prevención y control de las enfermedades transmitidas por *vectores*.
29. Nelson, M. J. 1986. *Aedes aegypti*: Biología y Ecología. Organización Panamericana de la Salud. REF: PNSP/86-93. Washington, D.C: 50.
30. Harwood, R.F. & M.T. JAMES. 1987. Entomología Médica y Veterinaria. Primera Edición, LIMUSA, México: 201-203 & Halstead SB, GómezDantés H, ed. Dengue. A.
31. Thiri6n-Icaza, J. 2003. El mosquito *Aedes aegypti* y el dengue cl6sico en M6xico. Bayer Environmental Science. M6xico. 151p.
32. Mart6nez, F. C. 1987. Los Mosquitos de M6xico (Diptera: Culicidae) Taxonom6a, Distribuci6n Geogr6fica y su importancia en Salud p6blica. Tesis UNAM Facultad de Ciencias: 198.
33. Braga, C., Luna, C.F, Martelli, C.M., Souza, W.V., Cordeiro, M.T., Alexander, N., Albuquerque, M.F.P.M., J6nior, J.C.S., Marques, E.T. 2010. Seroprevalence and risk factors for dengue cl6sico infection in socio-economically distinct areas of Recife, Brazil. Acta Tropica. 113:234-240.
34. Kettle, D. S. 1993. Medical and Veterinary Entomology. Cab International. UK: 125-131, 451-471.
35. Thammapalo, S., Chongsuvivatwong, V., Greater, A., and Dueravee, M. 2007. Environmental factors and incidence of dengue cl6sico fever and dengue cl6sico haemorrhagic fever in an urban area, Southern Thailand. Epidemiology and Infection. 136 (1): 135e143.

36. World Health Organization, 2002. El dengue y dengue hemorrágico. Organización Panamericana de la Salud (OPS), División de Prevención y Control (HCP) y Programa de Enfermedades Transmisibles (HTC).
37. Gluber, D.J. 1998. Dengue and dengue hemorrhagic fever Division of Vector-Borne Infectious Diseases, National Center for Infectious Diseases, Centers for Disease Control and Prevention, Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services.
38. P.O. Box 2087, Fort Collins, Colorado 80522. Clinical Microbiology Reviews. 11:480-496.
39. IFRC. 2021. The International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies is the world's largest humanitarian network and is guided by seven Fundamental Principles: Humanity, impartiality, neutrality, independence, voluntary service, universality and unity (<https://www.ifrc.org/es/introduccion/disaster-management/sobre-desastres/que-es-un-desastre/que-es-la-vulnerabilidad/>).
40. Hart JT. 1971. The Inverse Care Law. Lancet. pp:405-12 (<https://es.wikipedia.org/wiki/Marginación>).
41. Halstead SB. Dengue clásico virus–mosquito interactions. Annu Rev Entomol. 2008;53:273-91.
42. Messina JP, Brady OJ, Scott TW, Zou C, Pigott DM, Duda KA, et al. Global spread of dengue clásico virus types: mapping the 70 year history. Trends in microbiology. 2014;22(3):138-46.

43. Machado-Machado EA. Empirical mapping of suitability to dengue clásico fever in Mexico using species distribution modeling. *Applied Geography*. 2012;33:82-93. Department of Health 2003, New York State.
44. Dos Reis, I.C., Honório, N.A., Codeco, C.T., Mafra Magalhaes, M.A.F., Olivera, R.L. and Barcellos, C. 2010. Relevance of differentiating between residential and non-residential premises for surveillance and control of *Aedes aegypti* in Rio de Janeiro, Brazil. *Acta Tropica*. 114:37-43.
45. Khormi, H.M. and Kumar, L. 2012. Assessing the risk for dengue clásico fever based on socioeconomic and environmental variables in a geographical information system environment. *Geospatial Health*. 6(2):171-176.
46. Mahabir, R.S., Severson, D.W. and Chadee, D.D. 2012. Impact of road networks on the distribution of dengue clásico fever cases in Trinidad, West Indies 2012. *Acta Tropica*. 123 (2012) 178 – 183.
47. Eisen, L and Eisen, R.J. 2011. Using geographic information systems and decision support systems for the prediction, prevention, and control of vector-borne diseases. *Annual Review of Entomology*. 56:41-61.
48. Gluber, D.J. 1998. *Aedes aegypti* and *Aedes aegypti*-borne disease control in the 1990's top down or bottom up. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 40:571-578.
49. Hsueh, Y.H., Lee, J. and Beltz, L. 2012. Spatio - temporal patterns of dengue clásico fever cases in Kaoshiung City, Taiwan. *Applied Geography*. 34: 587 - 594.

50. Manual de Cartografía del Instituto Nacional de Estadística, Informática y Geografía (INEGI), 2019.
51. Humboldt, A.B. 2006. Los sistemas de información geográfica. *Geoenseñanza*, 11 (107-116). Universidad de los Andes San Cristobal, Venezuela.
52. Lertxundi Manterola A. Métodos de estadística espacial para evaluar la influencia de factores medioambientales sobre la incidencia y mortalidad por cáncer: Universitat de Girona; 2007.
53. Celemín, J.P. 2009. Autocorrelación espacial e indicadores locales de asociación espacial. Importancia, estructura y aplicación. *Revista universitaria de geografía*, 18 (11-31). Universidad nacional del sur de la Bahía Blanca, Argentina.
54. Wu, P.C., Lay, J.G., Guo, H.R., Lin, C.Y., Lung, S.C. and Su, H.J. 2009. Higher temperature and urbanization affect the spatial patterns of dengue clásico fever transmission in subtropical Taiwan. *Science of the total environment*. 407:2224-2233.
55. Frantchez, V., Fornelli, R., Sartori, P.G., Artela, Z., Cabrera, S., Sosa, L. & Medina, J. 2016. Dengue clásico en adultos: diagnóstico, tratamiento y abordaje de situaciones especiales. *Revista Médica del Uruguay* 32(1): 43-51.
56. Miralles, J. 2001. Hernán Cortés inventor de México. 2º Edición. *Tiempo de Memorias Tus Quets Editores*. México: 694.
57. Adame, M. A. 2000. La conquista de México en la mundialización epidémica. *Ediciones Taller Abierto*. México: 38-39, 45-47, 90-93, 189-200.

58. Gómez Dantés y M. H. Rodríguez. 1994. Paludismo y Dengue clásico: de la erradicación a las zonas de vulnerabilidad. Cuadernos de Salud. Secretaría de Salud, México: 10, 55.
59. Oldstone, M.B.A. 2002. Virus, pestes e historia. Fondo de Cultura Económica. México: 67 - 101.
60. Torres, A. M. 1966. La fiebre amarilla en México. Erradicación del *Aedes aegypti*. Salud pública de México V (VIII):4, 561-570.
61. Halstead, S.B. & Gómez Dantés H. 1992. A Worldwide problem, a common strategy. Proceedings of the International Conference on Dengue clásico and *Aedes aegypti*. community-based Contnd. M&q FDi Secretaría de Salud Fundación Rockefeller.
62. OPS. 1997. Resurgimiento de Dengue clásico en las Américas. Boletín Epidemiológico/OPS, 18(2):1-6.
63. SECRETARIA DE SALUD. 1993. Monografía sobre la epidemiología de Dengue clásico. Dirección General de Epidemiología. México: 59. Seguro Social CC. Guía para la organización de la atención y manejo de pacientes con dengue clásico y dengue clásico grave. Volumen; 2013.
64. González Cortiñas M, Vidal González D, Cepero Cordero J, Lashley Oliveras ML. Dengue clásico hemorrágico: Estudio clínico de 200 pacientes. Revista cubana de medicina. 1999;38(1):13-8.
65. Ritchie, S.A., Hanna, J.N., Hills, S.L., Piispanen, J.P. and McBride, W.J.H. 2002. Dengue clásico control in North Queensland, Australia: case recognition and selective indoor residual spraying. Dengue clásico Bull. 26:7-13.

66. Ritchie, S.A., Hart, A., Long, S., Montgomery, B., Walsh, I. and Foley, P. 2001. Update on dengue clásico in North Queensland. *Arbovirus Research in Australia*. 8:294-299.
67. Ai-Leen, G.T. and Song, R.J. 2000. The use of SIG in ovitrap monitoring for dengue clásico control in Singapore. *Dengue clásico Bull.* 24:110-116.
68. Tang, C.S., Pang, F.Y., Ng, L.C. and Appoo, S.S. 2006. Surveillance and control of dengue clásico vectors in Singapore. *Epidemiology News Bulletin*. 32:1-9.
69. Fuentes, L.S., Salas, F.I., Muñoz, L.M., Rejon, G.J., Olson, E.K., Beaty, J.B. & Black, C.W. 2009. The Neovolcanic Axis is a Barrier to gene flow among *Aedes aegypti* populations in Mexico that differ in vector competence for dengue clásico 2 virus. *Neglected tropical diseases* 3(6) e 468.
70. Jing, Q.L., Marshall, J.M., Hu, W.B., Yang, Z.C. & Lu, J.H. 2018. Imported cases and minimum temperature drive dengue clásico transmission in Guangzhou, China: evidence from ARIMAX model. Cambridge University Press *Epidemiology and Infection*.
71. Jing, Q & Wang, M. 2019. Dengue clásico epidemiology. *Global Health Journal*. 3(2).
72. Mora-Covarrubias, A., Jiménez-Vega, F., & Treviño-Aguilar, S.M. (2010). Distribución geoespacial y detección del virus del dengue clásico en mosquitos

Aedes (Stegomyia) aegypti de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. *Salud Publica De México*, 52, 127-133.

73. Aviles, W., Ortega, O., Kuan, G., Coloma, J. and Harris, E. 2008. Quantitative assessment of the benefits of specific information technologies applied to clinical studies in developing countries. *American Journal Tropical Medicine Hygiene*. 78:311-315.
74. Teng, T.B. 2001. New initiatives in dengue clásico control in Singapore. *Dengue clásico Bull*. 25:1-6.
75. 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 clásico surveillance system for developing countries. *International Journal of Health Geographics*. 8:49.
76. Eisen, L & Fuentes, L.S. 2009. Use of mapping and spatial and space time modeling approaches in operational control of *Aedes aegypti* and dengue. Department of microbiology, immunology and pathology, Colorado State University, fort collins, Colorado, United States of America. *Neglected Tropical Diseases*.
77. Sun, H., Dickens, L.B., Richards, D., Ong, J., Rajarethinam, Hassim, E.E.M., Lim, T.J., Carrasco, R.L., Aik, J., Yap, G., Cook, R.A. & Ching, N.L. 2021. Spatio temporal analysis of the main dengue vector populations in Singapore. *Parasites & vectors* 14:41.

78. Dirección de salud pública subdirección de epidemiología. Departamento de vigilancia epidemiológica y urgencias epidemiológicas. 2021. Unidad de transparencia del organismo público descentralizado de los Servicios de Salud San Luis Potosí INFOMEX.
79. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), Marco Geoestadístico 2020.
80. IMTA (The Mexican Institute of Water Technology). 2006. Extractor Rápido de Información Climatológica III, v. 1.0. Climatic information available in CD. Jiutepec, Morelos, México.
81. Harris, I., Jones, P.D., Osborn, T.J., and Lister, D.H. 2013. Updated high-resolution grids of monthly climatic observations – the CRU TS3.10 Dataset. *International Journal of Climatology*. DOI: 10.1002/joc.3711.
82. New, M., Lister, D., Hulme, M. & Makin, I. 2002. A high-resolution data set of surface climate over global land areas. School of Geography and the Environment, University of Oxford, , Mansfield Road, Oxford OX1 3TB, United Kingdom Climatic Research Unit, and Tyndall Centre for Climate Change Research, School of Environmental Sciences, University of East Anglia, Norwich NR4 7TJ, United Kingdom, International Water Management Institute, PO Box 2075, Colombo, Sri Lanka. Vol. 21:1 - 25.
83. Miranda, A.L., Garza, T.E., Pérez, J.J., Aguirre, C.A., Tagle, G., García, P. and Aguirre, S.C. 2012. Modeling susceptibility to deforestation of remaining ecosystems in North Central Mexico with logistic regression. *Journal of Forestry Research*. Volume 23, Issue 3, pp 345-354.

84. INEGI (National Institute of Statistics and Geography - Mexico). 2011. Continuo de Elevaciones Mexicano version 3.0. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/>.
85. Aldrich, J. 1997. R.A. Fisher and the making of Maximum Likelihood 1912 - 1922. *Statistical Science*. 12(3):162-176.
86. Congalton, R.G. 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*. 37: 35 - 46.
87. Tasa media anual de crecimiento poblacional. INEE, estimaciones a partir del XIV Censo general de población y vivienda 2020 y del II conteo de población y vivienda del 2015, INEGI.
88. INEGI (National Institute of Statistics and Geography - Mexico). 2014. Sistema Estatal y Municipal de Bases de Datos (SIMBAD) Versión 2.0. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/234/dataprocessing>.
89. Indicadores del sistema educativo nacional. 2005. Tasa de Crecimiento media anual de la población. INEE, estimaciones a partir del XII Censo General de Población y Vivienda 2000 y del conteo de población y vivienda 2005, INEGI.
90. Amuzurrutia-Valenzuela, D., Aguirre-Salado, C.A. & Sánchez-Díaz, G. 2015. ¿Hacia dónde crecerá la ciudad de San Luis Potosí (México) después de 2009?. *Revista Latinoamericana de Estudios Urbano Regionales EURE*. In press.

91. Frizzelle, G.B., Evenson, R.K., Rodriguez, A.D. & Laraia, B. 2009. The importance of accurate road data for spatial applications in public health: customizing a road network. *International journal of health geographics*, 8:24.
92. Kroeger, A., Lenhart, A., Ochoa, M., Villegas, E., Levy, M., Alexander, N & MacCall, J. 2006. Effective control of dengue vectors with curtains and water container covers treated with insecticide in Mexico and Venezuela: cluster randomised trials. *British Medical Journal (BMJ)* 332:1274.
93. Udayanga, L., Gunathilaka, N., Iqbal, M.C.M., Lakmal, K., Amarasinghe, S.U. & Abeyewickreme, W. 2018. Comprehensive evaluation of demographic, socio-economic and other associated risk factors affecting the occurrence of dengue incidence among Colombo and Kandy districts of Sri Lanka: a cross-sectional study. *Parasities and Vectors* 11:478.
94. Talarmin, A., Peneau, C., Dussart, P., Pfaff, F., Courcier, M., Serra, R.B. & Sarthou, J.L. 2000. Surveillance of dengue fever in French Guiana by monitoring the results of negative malaria diagnoses. *Epidemiology Infections*, Cambridge University.
95. Siqueira, B.J., Martelli, M.C., Maciel, J.I., Oliveria, M.R., Ribeiro, G.M., Amorim, P.F., Moreira, C.B., Cardoso, D.P., Souza, V.W. & Andrade, L.A. 2004. Household survey of dengue infection in central Brazil: spatial point pattern analysis and risk factors assessment. *The American society of tropical medicine and hygiene* 71 (5), pp. 646-651.

96. Castro, R., & Alejandro, P. (2015). Dynamics of dengue transmission in the arid region of Sonora, Mexico.
97. Geoffrey, J. 2013. A research agenda: Does geocoding positional error matter in health GIS studies? *Spatiotemporal Epidemiological* 3(1): 7-16.
98. Davis, B & Carpenter, C. 2009. Proximity of fast-food restaurants to schools and adolescent obesity. *American Journal of Public Health*, vol 99, No.3.
99. Goldberg, W.D., Wilson, P.J. & Knoblock, A.C. 2007. From text to geographic coordinates: the current state of geocoding. *URISA Journal Volumen* 19, No.1.
100. Krieger, N., Chen, T.J., Waterman, P., Rehkopf, H.D. & Subramanian, S.V. 2003. Race/Ethnicity, gender, and monitoring socioeconomic gradients in health: a comparison of area-based socioeconomic measures. The public health disparities geocoding project. *American Journal of Public Health*, vol 93, No.10.
101. Whitehorn, J. and Farrar, J.2010. Dengue. *British Medical Bulletin* 95:161-173.
102. Khormi, H.M., Kumar, L. and Elzahrany R.A. 2011. Modelling spatio-temporal risk changes in the incidence of dengue fever in Saudi Arabia: a geographical information system case study. *Geospatial Health*. 6(1):77-84.
103. Thompson T, Lloyd A, Joseph A, Weiss M. 2017. The Weiss functional impairment rating scale-parent form for assessing ADHD: evaluating diagnostic accuracy and determining optimal thresholds using ROC analysis. *Qual Life Res*. 26:1879–1885.

XIII.-Anexos

I.-Operacionalización de variables

<u>Variables</u>	<u>Definición conceptual</u>	<u>Definición operacional</u>	<u>Escala</u>	<u>Unidad de medida</u>	<u>Rango de valores</u>
Dengue clásico	<p>El dengue clásico es una infección vírica transmitida por la picadura de las hembras infectadas de mosquitos del género Aedes.</p> <p>Los síntomas aparecen 3–14 días (promedio de 4 –7 días) después de la picadura infectiva. El dengue clásico es una enfermedad similar a la gripe que afecta a lactantes, niños pequeños y adultos.</p>	Por medio de la revisión de los registros de casos contenidos en la base de datos de los casos de dengue clásico del periodo de años del 2015 al 2020.	cuantitativa	Casos dengue clásico (numérica)	De cero a infinito (desconocido)
Dengue hemorrágico	<p>El dengue hemorrágico es una complicación a veces mortales del dengue clásico, que se caracteriza por fiebre alta y tendencia a la hemorragia. Al cabo de unos días de fiebre, el estado del paciente puede deteriorarse súbitamente y llegar a la insuficiencia circulatoria. Puede producirse el fallecimiento entre 12 y</p>	Por medio de la revisión de los registros de casos contenidos en la base de datos de los casos de dengue clásico del periodo de años del 2015 al 2020.	cuantitativa	Casos dengue clásico hemorrágico (numérica)	De cero a infinito (desconocido)

	24 horas después, en ausencia de una atención hospitalaria adecuada.				
Elevación Sobre el Nivel del Mar	Es la elevación de cualquier lugar, tomando como referencia el nivel medio del mar.	Obtenidas del Modelo Digital de Elevación por medio del procesamiento de dicho modelo en formato ráster, obtenido de INEGI del año 2020 (CEM).	Cuantitativa	Metros	Negativos y positivos.
Temperatura	Es una magnitud referida a la noción de calor mediante un termómetro.	Obtenida de los registros históricos del periodo del año 2015 a 2020, de todas las mediciones tomadas por todas las estaciones meteorológicas del estado.	Cuantitativa	Grados centígrados	De 0 a infinito (se desconoce)
Precipitación	Es cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmosfera y llega a la superficie terrestre.	Obtenida de los registros históricos del periodo del año 2015 a 2020, de todas las mediciones tomadas por todas las estaciones	cuantitativa	Milímetros cúbicos.	De 0 a infinito (se desconoce).

		meteorológicas del estado.			
Humedad	Cantidad de agua, vapor de agua o cualquier otro líquido que está presente en la superficie o el interior de un cuerpo o en el aire.	Obtenidos los valores del archivo histórico del Centro de Investigación Climatológico (CRU).	Cuantitativa	Porcentaje de humedad	De 0 a infinito (se desconoce).
Uso de suelo	Es básicamente las distintas formas en las que el hombre hace uso de la Tierra para producir, modificarla o mantenerla.	Obtenido por medio de una clasificación del suelo, por medio de una imagen de satélite de la plataforma de Landsat 8 Operational Land Image (OLI) 8.	Cualitativa	Tipo de uso de suelo.	Categorico.
Distancia a la Vegetación	Es la distancia del centro de las zonas urbanas o rurales, hacia los lugares con mayor densidad de vegetación, generalmente se mide en metros lineales.	Obtenida del algoritmo del cálculo de la distancia euclidiana.	Cuantitativa	Metros.	De cero a infinito (desconocido).
Distancia a los Cuerpos de Agua	Es la distancia del centro de las zonas urbanas o rurales, principalmente hacia los mayores cuerpos de agua como lagos, lagunas, ríos y grandes	Obtenida del algoritmo del cálculo de la distancia Euclidiana.	Cuantitativa	Metros.	De cero a infinito (desconocido).

	ojos de agua, generalmente se mide en metros lineales.				
Distancia a Caminos	Es la distancia del centro de las zonas urbanas o rurales, hacia los principales caminos como brechas, veredas, avenidas pavimentadas y carreteras, generalmente se mide en metros lineales.	Obtenida del algoritmo del cálculo de la distancia Euclidiana.	Cuantitativa	Metros.	De cero a infinito (desconocido).
Coordenada XUTM	Es la distancia en metros lineales, generalmente medida hacia el Este, desde cualquier punto de referencia.	Obtenida mediante un algoritmo de barrido horizontal, generado por el programa de IDRISI Selva.	Cuantitativa	Metros.	De cero a infinito (desconocido).
Coordenada YUTM	Es la distancia en metros lineales, generalmente medida hacia el Norte, desde cualquier punto de referencia.	Obtenida mediante un algoritmo de barrido vertical, generado por el programa de IDRISI Selva.	Cuantitativa	Metros.	De cero a infinito (desconocido).
Población	Es el número de habitantes concentrados en un mismo lugar.	Obtenido mediante los datos del Censo de Población y Vivienda 2020.	Cuantitativa	Adimensional.	De cero a infinito (desconocido).

Porcentaje de viviendas con Agua Entubada	Se refiere a la proporción de la población en las viviendas particulares que disponen de agua entubada, sin considerar la frecuencia con que se suministra.	Obtenidos mediante datos del SIMBAD de INEGI.	Cuantitativa	Porcentaje.	De 0 a 1
Porcentaje de viviendas con drenaje	es la proporción de la población en las viviendas particulares que disponen de algún tipo de drenaje conectado a la red pública.	Obtenidos mediante datos del SIMBAD de INEGI.	Cuantitativa	Porcentaje.	De 0 a 1
Índice de Desarrollo Humano	es un indicador integral que considera además de las variables anteriores (IAE e IDREN), la calidad de vida dada por el ingreso per cápita.	Obtenidos mediante datos del SIMBAD de INEGI.	Cuantitativa	Porcentaje.	De 0 a 1



II.- Consideraciones éticas y legales

Durante la realización de este estudio se tomará en cuenta lo establecido en la Ley General de Salud en materia de investigación:

El Artículo 14 fracción I que a la letra dice “Deberá adaptarse a los principios científicos y éticos que justifican la investigación médica, especialmente en lo que se refiere a su posible contribución a la solución de problemas de salud y al desarrollo de nuevos campos de la ciencia médica.

Respecto a la declaración de Helsinki relacionada con los principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos, esta propuesta de estudio respeta cada uno de los acuerdos firmados.

La investigación médica en seres humanos sólo debe realizarse cuando la importancia de su objetivo es mayor que el riesgo y los costos para la persona que participa en la investigación.

En cuanto a la confidencialidad de los datos quien apruebe la información necesaria para llevar a cabo este estudio, estará pertinentemente informado ya que se hará una solicitud formal por escrito, en la que se pedirá la información y se referenciará a los Servicios de Salud como su principal fuente de información sobre la Base de Datos y de esta manera la confidencialidad de los datos se mantendrá intacta y protegida. Se utilizarán bases de datos secundarias sin conocer el nombre de los pacientes por lo cual quedan protegidos tanto la identidad como sus datos personales.

Este estudio se enfocará en los grupos más vulnerables con riesgo a contraer la enfermedad del dengue y dengue hemorrágico, por lo que parte de las poblaciones más vulnerables como lo son niños y adultos mayores se verán beneficiados por los conocimientos y nuevas prácticas a través de los resultados esta investigación.

Se considera que, teniendo en cuenta las recomendaciones anteriores es factible realizar este estudio ya que no viola ninguna de estas recomendaciones. Por lo tanto, se considera una investigación sin riesgo, pues se analizarán bases de datos y no se tendrá contacto con ningún paciente.



El presente proyecto de investigación se someterá al comité de ética e investigación de la Facultad de Enfermería y Nutrición.

Las cartas de no conflicto de intereses y la carta de derechos de autoría y coautoría se presentan en los anexos 2 y 3.