



UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM

Facultad de Ciencias de la Vida

Carrera de Ingeniería en Ecosistemas

***Efectos de factores socioeconómicos y características del
paisaje urbano de Tena sobre el riesgo en la transmisión de
Dengue.***

Jonathan Javier Luzuriaga González

27 de agosto del 2021, ciudad de Tena, Napo, Ecuador

Declaración de derecho de autor, autenticidad y responsabilidad

Tena, 27 de agosto de 2021

Yo, Jonathan Javier Luzuriaga González con documento de identidad N° 1106870701, declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento en este documento final, previo a la obtención del título Ingeniero en Ecosistemas son absolutamente inéditos, originales, auténticos y personales.

En virtud de lo cual, el contenido, criterios, opiniones, resultados, análisis, interpretaciones, conclusiones, recomendaciones y todos los demás aspectos vertidos en la presente investigación son de mi autoría y de mi absoluta responsabilidad.

Por la favorable atención a la presente, suscribo de usted,

Atentamente,

Firma:



Jonathan Javier Luzuriaga González

Certificado de dirección de trabajo de integración curricular

Certifico que el trabajo de integración curricular titulado: “Efectos de factores socioeconómicos y características del paisaje urbano de Tena sobre el riesgo en la transmisión de Dengue”, en la modalidad de: proyecto de investigación en formato artículo original, fue realizado por: Jonathan Javier Luzuriaga González, bajo mi dirección.

El mismo ha sido revisado en su totalidad y analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad Regional Amazónica Ikiám, para su entrega y defensa.

Quito, 27 de agosto de 2021



firmado digitalmente por:
**JONATHAN
LIRIA**

Firma:

PhD. Jonathan Liria

C.I: 1757595788

AGRADECIMIENTOS.

Al Hospital Velasco Ibarra por la ayuda al recopilar y suministrar información epidemiológica.

Al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Tena por la información relevante necesaria para este trabajo. A la Universidad Regional Amazónica Ikiam, por mi educación, que me formó en mi interés por la ciencia y que hizo posible las alianzas con actores clave para este trabajo. Al PhD Willin Álvarez Irausquin por sus observaciones y comentarios sobre el análisis estadístico. Finalmente, a mi tutor, el PhD Jonathan Liria, a quien también considero mi mentor. Por su valioso tiempo, paciencia, guía y conocimiento que ha sabido compartir conmigo desde el momento en que nos conocimos. A la pasión por la entomología médica que poco a poco ha ganado mi interés y de la cual me ha permitido participar y formar parte, hasta este momento de culminar mi trabajo de titulación en este ámbito tan importante de la ciencia.

DEDICATORIA.

A mi madre y a mi padre, por confiar en mí por encima de cualquier persona, y darme la oportunidad de demostrarles que puedo salir adelante. Por su incondicional apoyo, amor y consejo, que siempre han estado ahí para mí, no solo en los momentos buenos, sino también en aquellos más difíciles dentro de mi vida universitaria, aunque no los tenga cerca.

A mis amados hermanos, por ser fuerza y amor, por inspirarme a ser mejor para mí, un mejor hermano, un mejor ser humano, ciudadano y profesional. Sin su ayuda, nada hubiera sido lo mismo. A mis familiares, en especial a mis abuelos maternos y paternos, que han sido mis segundos padres, que me han sabido corregir y darme la mano, ser hombro y apoyo cuando más lo he necesitado. Gracias por confiar en mí, dedico este trabajo y esfuerzo a su fe, a su esperanza, a su amor.

Finalmente, a todas mis amistades, a mis maestros y a la juventud ecuatoriana. Porque seamos capaces de sobresalir ante cualquier panorama, porque seamos capaces de creer en nosotros mismos, en nuestro potencial, pese a las circunstancias o lo que piensen de nosotros. Soy el vivo ejemplo de aquel del que no se esperaba nada, pero lo he dado todo, y la vida me ha sabido abrir las puertas para encontrar mi camino. Dedico este trabajo a toda aquella juventud que es señalada con el dedo, que aún no ha sabido encontrar sus motivaciones y que anda descarriada entre las penumbras de una vida sin pasiones. A ustedes hermanos míos, mi trabajo es para ustedes, yo creo en ustedes. Gracias por creer en mí.

ÍNDICE GENERAL

CARÁTULA

DERECHO DE AUTOR	ii
CERTIFICADO DEL DIRECTOR	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIA	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii

Artículo desarrollado de acuerdo a las directrices editoriales de publicación de la Revista Biomédica.....	1
------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Matriz de datos final usada para el análisis; posee la identificación de la unidad de análisis Barrios en forma de fila, mientras las variables discretas y continuas se encuentran en forma de columna para cada barrio.....	29
Cuadro 2. Correlación (r y ρ) entre el total de casos de dengue y las variables continuas y discretas de la matriz final de composición urbana de Tena.....	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio, casco urbano ciudad de Tena. A) Composición del paisaje urbano de la ciudad de Tena y casos de dengue a nivel barrial, B) Recolección de residuos a nivel barrial, y C) Red de agua y red sanitaria urbana.....	28
Figura 2. Comparación de conglomerados formados. A) Conglomerados con variable espacial, B) Conglomerados sin variable espacial, y C) Ubicación de barrios del casco urbano de Tena: 1) Central, 2) Bellavista, 3) Gil Ramírez Dávalos, 4) Palandacocha, 5) San Jorge, 6) San Antonio, 7) Aeropuerto 1, 8) Aeropuerto 2, 9) Las Palmas, 10) Dos Ríos, 11) El Dorado, 12) El Terere, 13) Paushiyacu, 14) Vista Hermosa, 15) Ciudadela del Chofer, 16) Eloy Alfaro, 17) Mariscal Sucre, 18) Paraíso Amazónico, 19) Los pinos, 20) Rubén Learson, 21) Las Hierbitas, 22) 13 de abril, 23) Santa Rosa, 24) 3 de mayo, 25) Huertos Familiares, 26) San Pedro de Apayacu, 27) Amazonas, 28) Jumandy, 29) El Buen Pastor, 30) Santa Inés, 31) Reina del Cisne, 32) San Jacinto, 33) Nuevo Tena Amazónico, 34) Sagrado Corazón de Jesús, 35) Uglopamba, 36) San Luis, 37) La Unión.....	32

RESUMEN

El dengue es una enfermedad transmitida por mosquitos sinantrópicos del género *Aedes*. En Ecuador la especie implicada es *Aedes aegypti*, que tiene un área de distribución asociada a factores antropogénicos y por tanto a características del paisaje urbano. El objetivo del estudio fue analizar factores socioeconómicos, de saneamiento y de composición del paisaje urbano de Tena, para identificar las características de barrios relacionadas con los casos de dengue en la ciudad. Utilizando correlaciones (Spearman y Pearson) se relacionaron los casos totales de dengue de 2 años (2019-2020), y 15 variables predictoras: 4 socioeconómicas, 3 de saneamiento y 8 de composición del paisaje urbano. Paralelamente, se realizaron dos análisis de conglomerados, uno con componente espacial y otro sin considerar esta variable. Finalmente, se calculó el índice de Moran para evaluar la correlación espacial de barrios con la variable epidemiológica. Se encontraron correlaciones significativas entre la variable epidemiológica y: el número de casas ($\rho = 0,75$; $p < 0,001$), usuarios de agua ($\rho = 0,70$; $p < 0,001$), área ocupada por estructura ($r = 0,64$; $p < 0,001$), canchas totales ($\rho = 0,46$; $p < 0,05$), lavadoras de autos ($\rho = 0,44$; $p < 0,05$) y talleres mecánicos ($\rho = 0,33$; $p < 0,05$). El índice de Moran ($I = 0,36$; $z = 3,09$; $p = 0,01$) y los análisis de conglomerados sugieren correlación espacial entre barrios con alta y baja incidencia de dengue en el centro de la ciudad. La urbanización desordenada y el inadecuado manejo de los espacios que componen los barrios, influyen sobre los casos de dengue en Tena.

ABSTRACT

Dengue is a disease transmitted by synanthropic mosquitoes of the genus *Aedes*. In Ecuador, the species involved is *Aedes aegypti*, which has a distribution area associated with anthropogenic factors and therefore, with urban landscape patterns. The objective of the study was to analyze socioeconomic and sanitation factors and composition of the urban landscape of Tena, to identify the neighborhoods patterns related to dengue cases in the city. Using correlations (Spearman and Pearson), the total 2-year dengue cases (2019-2020) were related with 15 predictive variables: 4 socioeconomic, 3 of sanitation, and 8 urban landscape composition. In parallel, two cluster analyzes were performed, one with a spatial component and other without considering this variable. Finally, the Moran index was calculated to evaluate spatial correlation of neighborhoods with epidemiological variable. Significant correlations were found between epidemiological variable and: number of houses ($\rho= 0,75$; $p < 0,001$), water users ($\rho= 0,70$; $p < 0,001$), area occupied by structure ($r= 0,64$; $p < 0,001$), total courts ($\rho= 0,46$; $p < 0,05$), car washers ($\rho= 0,44$; $p < 0,05$) and mechanical workshops ($\rho= 0,33$; $p < 0,05$). The Moran index ($I= 0,36$; $z= 3,09$; $p= 0,01$) and the cluster analyzes suggest spatial correlation between neighborhoods with high and low incidence of dengue in the city center. Disorderly urbanization and inadequate management of the spaces that make up neighborhoods, influence the cases of dengue in Tena.

CONTENIDO

Artículo redactado en formato de la revista Biomédica

(<https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/about/submissions>)

Efectos de factores socioeconómicos y características del paisaje urbano de Tena sobre el riesgo en la transmisión de Dengue.

Effects of socioeconomic factors and urban landscape patterns of Tena city on Dengue transmission risk.

Jonathan Luzuriaga-González¹.

¹Facultad de Ciencias de la vida, Universidad Regional Amazónica Ikiam, Napo, Tena, Ecuador.

Introducción. El dengue es una enfermedad transmitida por mosquitos sinantrópicos del género *Aedes*. En Ecuador la especie implicada es *Aedes aegypti*, que tiene un área de distribución asociada a factores antropogénicos y por tanto a características del paisaje urbano.

Objetivos. Analizar factores socioeconómicos, de saneamiento y de composición del paisaje urbano de Tena para identificar las características de barrios relacionadas con los casos de dengue en la ciudad.

Materiales y métodos. Utilizando correlaciones (Spearman y Pearson) se relacionaron los casos totales de dengue de 2 años (2019-2020), y 15 variables predictoras: 4 socioeconómicas, 3 de saneamiento y 8 de composición del paisaje urbano. Paralelamente, se realizaron dos análisis de conglomerados, uno con componente espacial y otro sin considerar esta variable. Finalmente, se calculó el

índice de Moran para evaluar la correlación espacial de barrios con la variable epidemiológica.

Resultados. Se encontraron correlaciones significativas entre la variable epidemiológica y: el número de casas ($\rho= 0,75$; $p < 0,001$), usuarios de agua ($\rho= 0,70$; $p < 0,001$), área ocupada por estructura ($r= 0,64$; $p < 0,001$), canchas totales ($\rho= 0,46$; $p < 0,05$), lavadoras de autos ($\rho= 0,44$; $p < 0,05$) y talleres mecánicos ($\rho= 0,33$; $p < 0,05$). El índice de Moran ($I= 0,36$; $z= 3,09$; $p= 0,01$) y los análisis de conglomerados sugieren correlación espacial entre barrios con alta y baja incidencia de dengue en el centro de la ciudad.

Conclusiones. La urbanización desordenada y el inadecuado manejo de los espacios que componen los barrios, influyen sobre los casos de dengue en Tena. **Palabras clave:** Análisis espacial, *Aedes aegypti*, Epidemiología, Ecuador, Amazonía, factores de riesgo, características del paisaje.

Introduction. Dengue is a disease transmitted by synanthropic mosquitoes of the genus *Aedes*. In Ecuador, the species involved is *Aedes aegypti*, which has a distribution area associated with anthropogenic factors and therefore, with urban landscape patterns.

Objectives. Analyze socioeconomic and sanitation factors, and composition of the urban landscape of Tena, to identify the neighborhoods patterns related to dengue cases in the city.

Materials and methods. Using correlations (Spearman and Pearson), the total 2-year dengue cases (2019-2020) were related with 15 predictive variables: 4 socioeconomic, 3 of sanitation, and 8 urban landscape composition. In parallel, two cluster analyzes were performed, one with a spatial component and other without considering this

variable. Finally, the Moran index was calculated to evaluate spatial correlation of neighborhoods with epidemiological variable.

Results. Significant correlations were found between epidemiological variable and: number of houses ($\rho= 0,75$; $p < 0,001$), water users ($\rho= 0,70$; $p < 0,001$), area occupied by structure ($r= 0,64$; $p < 0,001$), total courts ($\rho= 0,46$; $p < 0,05$), car washers ($\rho= 0,44$; $p < 0,05$) and mechanical workshops ($\rho= 0,33$; $p < 0,05$). The Moran index ($I= 0,36$; $z= 3,09$; $p= 0,01$) and the cluster analyzes suggest spatial correlation between neighborhoods with high and low incidence of dengue in the city center.

Conclusions. Disorderly urbanization and inadequate management of the spaces that make up neighborhoods, influence the cases of dengue in Tena.

Keywords: Spatial analysis, *Aedes aegypti*, Epidemiology, Ecuador, Amazon, risk factors, landscape patterns.

Introducción.

El dengue, Zika, Chikungunya y otros arbovirus, causan enfermedades cuando son transmitidos al ser humano por el vector *Aedes aegypti*. Tanto los virus como el vector, circulan en áreas templadas, zonas tropicales y subtropicales (1–3). *Ae. aegypti* es una especie sinantrópica, posee una alta tolerancia para explorar y colonizar nuevos lugares, con diferentes microclimas en ambientes altamente urbanizados (4). El mosquito tiene preferencia por zonas urbanizadas de alta densidad humana, en especial, aquellas con baja calidad ambiental que proporcionan reservorios artificiales para la oviposición de las hembras (1,4,5).

En la última década (2010-2019) se reportaron más de 16 millones de casos de dengue en América, de estos, 3.1 millones de casos fueron reportados en 2019, incluyendo 22.127 casos graves y 1.206 muertes hasta finales de octubre del mismo año (6,7). El

impacto económico de la enfermedad, le cuesta al sistema público de los países afectados alrededor de USD 3 mil millones como valor anual promedio. En América se estimó que la enfermedad del dengue tenía un costo promedio de USD 2.1 mil millones por año, además de pérdidas sustanciales de productividad (8–10).

El paisaje se entiende como un área heterogénea sobre la superficie, con un arreglo específico que resulta de las condiciones ambientales y sus interacciones, únicas de manera espacio-temporal; éste juega un rol importante para entender las dinámicas de los vectores y de las enfermedades que transmiten (4,11). La urbanización es un complejo gradiente ambiental, donde la actividad antropogénica promueve la homogeneización de la biodiversidad y, es el ser humano el principal agente modificador. De esta manera, el sistema urbano resulta de la alteración del paisaje natural, por medio de procesos sociales que determinan el espacio urbano consolidado (12).

Aunque los distintos componentes y servicios de la ciudad estén dirigidos a proveer bienestar a sus habitantes, se ha demostrado que la composición de un paisaje urbano sin planificación, puede dar cabida a dinámicas perjudiciales dentro del paisaje, tal como la propagación de enfermedades transmitidas por vectores (ETV) (4,11,13–17). Cada paisaje urbano puede tener sus propias características de composición que promuevan los brotes del mosquito, de manera que el complejo de variables tiene el potencial de explicar la distribución de los sitios idóneos para el desarrollo de los vectores (13,17–19).

La incorporación de un enfoque ecosistémico de la salud pública es importante para el desarrollo de metodologías eficientes, capaces de actuar sobre los determinantes sociales y ambientales que significan un riesgo para la salud (19). Los Sistemas de

Información Geográficas (SIG) facilitan el análisis y la visualización de información de las características del paisaje y su relación con la salud pública. De esta manera, es posible encontrar patrones espaciales en el paisaje urbano, relacionados a la incidencia de brotes de ETV (20–24). La elección de las unidades espaciales de agregación y recolección de datos más adecuadas a los procesos sociales y ambientales, tienen el potencial para mejorar las estrategias de acción y políticas públicas de salud en la vigilancia y control del vector.

El análisis geoespacial permite identificar patrones espaciales en una unidad geográfica definida; por sus características de percepción remota, se usan como instrumento de análisis, gestión y planificación (18,20,26). La autocorrelación espacial (AE) refleja la magnitud de asociación o dependencia espacial entre objetos o actividades en un área específica (27,28). El Índice de Moran mide la AE a través de un conjunto de entidades y un atributo asociado, indicando que tan similares son los objetos a otros, en unidades geográficas próximas. Este índice evalúa si el patrón expresado está agrupado, disperso o es aleatorio (20,22,29,30).

Varios estudios sobre la dispersión del vector y la prevalencia de las enfermedades, concuerdan en que los métodos convencionales como la fumigación son inadecuados para el control de estos insectos. Esto es atribuido principalmente a la resistencia que los vectores desarrollan luego de repetidas aplicaciones de insecticidas y larvicidas (25–27). En contraste, se ha concluido que el manejo y recolección de residuos, además de la gestión ambiental enfocada en la comunidad, son herramientas seguras en el control y la vigilancia de las enfermedades (27).

La Región Amazónica cuenta con un área de 7 millones de km², posee altas temperaturas, precipitación y humedad abundantes. Estas características suponen

condiciones favorables para la transmisión de arbovirus, además de un riesgo para la población que habita las áreas urbanas en zonas idóneas para la transmisión de ETV (1,11,28). La región abarca el territorio de 9 países: Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Bolivia, Brasil, Guayana Francesa, Guyana y Surinam. En Ecuador específicamente, la región amazónica reúne una población de 956.699 habitantes, mostrando la mayor tasa de crecimiento entre las regiones del país (3.33%) según estimaciones para el 2020 (29,30). La región contempla 6 ciudades: Sucumbíos, Orellana, Napo, Pastaza, Morona Santiago y Zamora. A nivel provincial, Napo ocupa el cuarto puesto en la tasa de crecimiento poblacional (3%) y el cantón Tena es el territorio con la mayor urbe y concentración de habitantes de la provincia (29–31). La apertura de carreteras desde el descubrimiento del petróleo en 1967, dio cabida a la migración masiva de personas. Desde entonces, la región ha venido experimentando un crecimiento demográfico y urbanístico acelerado como respuesta a los procesos extractivistas, por lo que su crecimiento ha sido desorganizado, con poca o nula planificación (32).

Entender las dinámicas entre los brotes de ETV y su relación con las características del paisaje urbano de Tena, es de gran importancia para la planificación de la ciudad, su habitabilidad y la salud de sus habitantes (33). Teniendo en cuenta que los estudios epidemiológicos, al igual que los análisis espaciales enfocados a la transmisión de dengue son limitados en la región, el objetivo de este estudio fue analizar factores socioeconómicos, de saneamiento y de composición del paisaje urbano de Tena, para identificar las características de barrios relacionadas con los casos de dengue en la ciudad.

Materiales y métodos.

Se realizó un estudio descriptivo a través del análisis de datos epidemiológicos y variables que describen las condiciones socioeconómicas y el paisaje urbano de la ciudad de Tena para el periodo enero 2019 a diciembre 2020. La variable dependiente de este estudio fue el número de casos positivos totales de dengue representados en el casco urbano, tomando a cada barrio de la ciudad como la unidad mínima de análisis. Seguidamente, se eligieron 15 variables predictoras a partir de la revisión bibliográfica (18,39–41), tomando en cuenta aquellas asociadas a la incidencia de dengue y la presencia *Ae. aegypti*.

El cuadro 1 muestra las 16 variables usadas, que abarcan aspectos Socioeconómicos: número de usuarios de agua potable (UA), promedio de distancia de casas a la red sanitaria (PDRS), longitud de red sanitaria (LRS), promedio de distancia de casas a la red de agua (PDRA), longitud de red de agua (LRA); Saneamiento: promedio de distancia de casas a la red de recolección de desechos (PDRD), longitud de ruta de recolección de desechos (LRD), número de contenedores de basura (CDB); y Composición del paisaje urbano: número de casas por barrio (NC), número de cementerios (CM), número de mercados (MER), número de talleres mecánicos (MC), número de lavadoras de autos (LA), número de canchas de fútbol y vóley totales (CT), área ocupada por estructuras construidas (casas, canchas, talleres, negocios y estructuras en general) (AOE); finalmente se añadió la variable epidemiológica con el total de casos de personas infectadas de dengue en todo el intervalo de tiempo analizado (TCD).

Área de estudio.

La investigación se realizó en la ciudad de Tena, al centro oeste de la Región Amazónica Ecuatoriana (figura 1). La ciudad reúne el 59,22% de los habitantes de la provincia del Napo según estimaciones para el 2020 (31). La ciudad de Tena, experimenta un crecimiento superior al de las parroquias rurales aledañas, posee 2.618 km² de superficie, de los cuales, 18 km² están ocupados por viviendas y edificios destinados a colectividades o servicios públicos (31,34,35). La ciudad se sitúa a una elevación de 510 m s.n.m., con un clima cálido-húmedo característico de la región, temperatura (18 - 34°C) y humedad relativa alta (90 - 100%)(35). Registros oficiales del Ministerio de Salud Pública (MSP), indican la presencia de varias enfermedades metaxénicas provocadas por virus transmitidos por artrópodos vectores, causando síndromes de ciclo febril en seres humanos (36,37). Además de las consecuentes pérdidas económicas, de bienestar y productividad a la población afectada.

Datos epidemiológicos de dengue y variables socioeconómicas.

La incidencia y densidad para positivos de dengue en la ciudad, se obtuvo a través de información suministrada por MSP - Hospital Velasco Ibarra. La información epidemiológica comprendió el total de casos del periodo enero 2019 a diciembre 2020; estos datos se presentaron a escala barrial. En casos donde se usó el nombre de calles, lotizaciones o referencias físicas, se procedió a usar el nombre del barrio para asignar la referencia geográfica. Los casos positivos de dengue se totalizaron incluyendo los síntomas de infección (con o sin signos de alarma). Una vez establecida la unidad barrial como la mínima escala de estudio (figura 1), el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal (GADM) de la ciudad de Tena suministró la información de

las variables socioeconómica, de saneamiento y composición del paisaje urbano que se muestran en el cuadro 1.

Tratamiento de datos.

A partir de la información suministrada por MSP y GADM Tena, se empleó QGIS Desktop versión 3.18.0 y GRASS GIS versión 7.8.5 (38) con la finalidad de explorar los datos y utilizar cartografía barrial en formato shape para mapear los casos totales de dengue. En particular, las variables asociadas con el suministro de agua, alcantarillado y rutas de recolección, consistieron redes representadas en polilíneas. Debido a esto, se crearon variables basadas en longitudes y número de vértices de las redes por unidad barrial, asumiendo que mayor complejidad de la red se relaciona a mejores condiciones de servicios de agua, alcantarillado y recolección de desechos. Paralelamente, se estableció la distancia entre las viviendas de cada unidad barrial y estas redes, para estimar cuales barrios poseen viviendas alejadas o cercanas a estos servicios. Las variables de composición del paisaje como número de casas, número de canchas deportivas de fútbol y vóley totales, cementerios, talleres mecánicos, entre otros, fueron contabilizados por cada unidad barrial, usando su posición geográfica.

Análisis estadísticos.

La matriz de datos consistió en 16 variables (cuadro 1) incluyendo, el total de casos de dengue, recolección de desechos, suministro de agua, áreas de recreación, y numero de estructuras por barrios, entre otras. Con el programa R x64 versión 4.1.0 (42), se determinaron correlaciones entre casos totales de dengue y las distintas variables (43,44). En las variables discretas: TCD, NC, UA, CM, MER, MC, LA, CT, CDB, se empleó la correlación de Spearman (ρ), mientras que en las continuas: TCD,

AOE, PDRS, LRS, PDRA, LRA, PDRD y LRD, se consideró la correlación de Pearson (r) (cuadro 2).

Por otro lado, con el fin de determinar si los barrios se agrupan por características y su incidencia de dengue, se realizó un análisis de conglomerados (45). Se consideró el método de K medias para el análisis, agrupando a los barrios en k grupos basados en sus características. El agrupamiento se da por la reducción de diferencias entre cada barrio y el centroide que conforma cada grupo (se estableció K=3 como la mejor representación para el número los agrupamientos).

Análisis Geoespacial.

A partir de la matriz conteniendo las 16 variables, se utilizó la información espacial para determinar la presencia de agrupamientos de barrios según los casos de dengue, características socioeconómicas, y el paisaje urbano. En el programa GeoDA (46) se determinó el índice univariado de Morán, considerando el criterio de vecindad de reina (Queen) al vecino más cercano. Este índice se calculó a partir de los casos totales de dengue y su representación espacial en las unidades barriales del casco urbano (46–48).

Finalmente, mediante este programa se efectuó un segundo análisis de conglomerados utilizando el componente espacial y el método de K medias, para comparar los agrupamientos establecidos considerando los atributos espaciales, respecto a los resultados sin incluir dicho componente.

Resultados.

Entre enero de 2019 a diciembre de 2020 se registraron 325 casos de dengue en la ciudad de Tena (figura 1); los barrios con mayor número de casos fueron San Jorge (60 casos) y Eloy Alfaro (57 casos), seguidos de Aeropuerto 2 (27), Central (23),

Aeropuerto 1 (19), Palandacocha (18), y Sagrado Corazón de Jesús (16). El mayor número de casos se concentra en la parte central de la ciudad, aunque 32 de los 37 barrios cuentan con al menos un caso. San Jorge, Eloy Alfaro, Palandacocha y Sagrado Corazón, están ubicados contiguamente al centro sur de la ciudad, por otro lado, está el barrio Central, Aeropuerto 1 y 2, agrupados de manera contigua en el centro del casco urbano.

Análisis de correlación.

El análisis de correlación (cuadro 2) determinó relación positiva y significativa entre el total de casos de dengue con: número de casas ($\rho= 0,75$; $p < 0,001$), número de usuarios de agua ($\rho= 0,70$; $p < 0,001$), área ocupada por estructuras ($r= 0,64$; $p < 0,001$), número de contenedores de basura ($\rho= 0,60$; $p < 0,001$), número de canchas de fútbol y vóley totales ($\rho= 0,46$; $p < 0,05$), número de talleres mecánicos ($\rho= 0,33$; $p < 0,05$) y lavadoras de autos ($\rho= 0,44$; $p < 0,05$).

Análisis de conglomerados.

Los barrios con alto número de casos se agruparon tanto para el análisis de conglomerados espacial, como para el que no contempló esta variable (figura 2). El análisis sin la componente espacial recogió 5 barrios en esta agrupación: San Jorge (60 casos), Eloy Alfaro (57), Aeropuerto 2 (27), Barrio Central (23), y Mariscal Sucre (10), que concuerdan con altas incidencias. El agrupamiento incluyendo la variable espacial agrupó a 6 barrios: Eloy Alfaro (57), Aeropuerto 2 (27), Barrio Central (23), Mariscal Sucre (10), Bellavista (10) y Gil Ramírez Dávalos (9 casos), excluyendo a San Jorge (60). Los barrios circundantes a aquellos con mayor incidencia, fueron marcados

como una agrupación diferente en ambos tratamientos; 11 barrios para el análisis espacial, y 14 en el análisis sin la componente espacial.

Aun cuando los resultados de ambos análisis fueron similares en cuanto a las agrupaciones formadas, la suma total de cuadrados varió según el análisis: Los conglomerados sin considerar el componente espacial ($SSB/SSW = 0,39$), respecto al realizado tomando esta variable ($SSB/SSW = 0,78$). Esto muestra que los conglomerados de variable espacial son el doble de consistentes internamente y más distintos entre agrupaciones, representando de mejor manera los grupos formados (figura 2).

Índice de Morán

Los patrones de asociación espacial de los casos de dengue en la ciudad de Tena fueron significativos ($I = 0,36$; $z = 3,09$; $p = 0,01$). Estos resultados indican que el total de casos de dengue tienden a agruparse en el espacio, determinando la presencia de tres grupos: El primero formado por barrios con alto número de casos (San Jorge, Mariscal Sucre, Eloy Alfaro, Palandacocha, y Ciudadela del Chofer), seguido por el grupo que contempla un barrio que posee bajo número de casos (Paraíso amazónico) y está rodeado por áreas con mayor número de casos, y el último grupo, formado por los barrios de bajo número de casos (Santa Inés, Jumandy, y Dos Ríos).

Discusión

Los resultados indican que la ubicación de estructuras como casas, talleres mecánicos, lavadoras de autos, canchas de fútbol y vóley, en barrios de Tena con deficientes servicios básicos como la recolección de residuos, o la presencia de alcantarillado, inciden en la prevalencia de dengue. Las observaciones primarias de los casos a través de la representación geográfica muestran cercanía y contigüidad

entre los barrios con más casos de dengue, además de una tendencia de agrupación hacia el centro de la ciudad (figura 2). La relación positiva observada entre la variable de los casos totales de dengue y el número de casas, así como el área total ocupada por las estructuras construidas en cada barrio, demuestran la preferencia de los insectos vectores por zonas densamente ocupadas por estructuras o altamente urbanizadas. Esto concuerda con estudios previos realizados en diferentes países, donde se reporta la relación entre la densidad de la urbanización desordenada con la presencia del vector, los reservorios para la oviposición y las enfermedades que transmiten (41,49,50). Es necesario entender el término urbanización como el proceso de transformar y ordenar la ciudad (50). La ciudad de Tena hasta antes del año 2021, no contaba con un Plan de Ordenamiento Urbanístico en sus Planes de Ordenamiento Territorial. Por este motivo, las estructuras con distintos fines, y actividades del casco urbano, no contaban con un área específica indicada para su desarrollo. La desordenada urbanización se refleja en barrios como San Jorge, con talleres mecánicos en áreas residenciales, alto número de casas en áreas sin una buena representación de los servicios de recolección de residuos y alcantarillado, o planicies de inundación habitadas, entre otras características (cuadro 1). Esto podría implicar que las áreas habitadas más antiguas de la ciudad (centro sur y centro) tuvieran un crecimiento desordenado, promoviendo así la densidad, permanencia y cantidad de criaderos disponibles para las fases inmaduras de los insectos vectores (41,50,51). La deficiencia en el servicio de agua potable ha sido descrita en varios estudios como un predictor de la presencia del vector y a la transmisión de las diversas enfermedades asociadas a este, debido al inadecuado almacenamiento de agua para el consumo, que aumenta la probabilidad de reservorios para la oviposición (40,52,53). La relación

positiva significativa, entre la densidad de casos y el número de usuarios de agua ($\rho=0,70$; $p < 0,001$), podría indicar que, en el caso de la ciudad de Tena, los focos de infección no se relacionan con este servicio. O más bien, que la representación usada de este servicio no fue la más apropiada para demostrar una relación significativa. La cobertura del servicio de agua se evidencia en la alta correlación positiva entre el número de casas y usuarios de agua ($\rho=0,83$, $p < 0,001$), por lo que se podría esperar que gran parte de los hogares de la ciudad tengan acceso normal al servicio. Sin embargo, el almacenamiento de agua para otras actividades diferentes al consumo podría no reflejarse en esta variable, tal como la recolección de agua lluvia para el riego, el lavado de autos, o el almacenamiento en cisternas y tanques, ya que la ciudad presenta cortes esporádicos del servicio.

El análisis de conglomerados sin la componente espacial agrupó 5 barrios según sus características: San Jorge, Eloy Alfaro, Aeropuerto 2, Barrio Central, y Mariscal Sucre, también reflejados en el conglomerado espacial, salvo la excepción de San Jorge (figura 2). La revisión específica del conglomerado muestra una semejanza en la longitud de la ruta de recolección de desechos para San Jorge, Eloy Alfaro y Mariscal Sucre, además, valores altos en el promedio de distancia a la ruta de recolección y un alto valor de área ocupada por estructuras (cuadro 1). Esto podría sugerir que, a mayor distancia de la ruta de recolección de desechos, existe una tendencia en el aumento de los casos de dengue, dependiendo el nivel de urbanización en cada barrio, reflejado en área total ocupada por estructuras. Mientras más casas, canchas, mecánicas o lavadoras de autos, se encuentren alejadas de la ruta de recolección de basura, existe la posibilidad de que los habitantes de cada barrio elijan alternativas poco adecuadas

para la disposición de desechos. Este hecho, sumada las características de precipitación de la región, aumentaría el número de potenciales reservorios de agua y la probabilidad del establecimiento del vector, reflejada en un aumento de los casos (40,53).

La agrupación San Jorge, Eloy Alfaro y Mariscal Sucre, tienen factores en común en cuanto a la composición de barrios, existen 4 talleres mecánicos presentes en cada uno, sólo superadas por el barrio Las Palmas que posee 5. Sin embargo, este último barrio posee un área pequeña de ocupación por estructura respecto a los anteriores. De igual forma, la longitud de las rutas de recolección de desechos está bien representada con un valor alto de longitud de la ruta, reflejándose en un bajo promedio de distancia de las casas a la ruta (cuadro 1). La presencia de talleres mecánicos en los barrios mostró correlación positiva significativa, con el número de casos de dengue ($\rho = 0,33$; $p < 0,05$). Una relación similar se da entre los casos totales y el número de lavadoras de autos por barrio ($\rho = 0,44$; $p < 0,01$). Esto podría relacionarse con el deficiente manejo de desechos producidos en este tipo de servicios, específicamente llantas, lo que en combinación con un constante suministro de agua como en las lavadoras, puede proveer de reservorios perfectos para la oviposición (51,54). Todas las lavadoras de autos se encuentran en barrios con alta densidad de casos, lo que podría explicar la incidencia para Aeropuerto 2, con alta densidad urbana, 2 lavadoras de autos y un taller mecánico (cuadro 1).

Por otro lado, la red de saneamiento o alcantarillado en la ciudad, es la más deficiente de los servicios básicos mapeados en este trabajo (figura 1), 13 de 37 barrios poseen acceso parcial al servicio, ubicándose de manera específica en ciertas zonas de la

ciudad. No obstante, no se encontró relación significativa entre el servicio de alcantarillado y la incidencia de la enfermedad. Esto contrasta con el hecho de que varios estudios indican asociación directa respecto al tratamiento de las aguas de alcantarillado y la transmisión de dengue (39,55). Sin embargo, los barrios Gil Ramírez, Paushiyacu, Vista hermosa y Jumandy son los mejores representados en este servicio. Todos a excepción de Jumandy, poseen áreas pequeñas y un alto número de casas (cuadro 1), lo que podría incidir en los casos de dengue para estos barrios.

Seidahmed, y otros (2018) mencionan en su estudio una relación positiva entre la densidad de la red de drenaje y la incidencia del mosquito, ya que, a mayor complejidad de la red, la probabilidad de los estancamientos aumenta, formando reservorios adecuados para la proliferación del mosquito (56). Esto, sumado a las características pluviales de la región y sin un buen mantenimiento de las redes de drenaje, podría explicar el porqué de los casos de dengue en los barrios con mayor longitud de red de alcantarillado. Este mismo hecho podría explicar por qué no se encontró una relación significativa entre la red sanitaria y el vector en la ciudad de Tena. Al no existir la probabilidad de estancamiento en condiciones adecuadas, sombra y agua constante en los barrios sin acceso al alcantarillado, el mosquito podría elegir otro tipo de reservorios más específicos como: desechos, llantas y cisternas, que mantienen las condiciones por tiempos más prolongados y estimulan la postura de las hembras (57,58).

Las canchas de fútbol y vóley que se encuentran en los barrios Gil Ramírez, Palandacocha y San Jorge, se encuentran en áreas con deficiente acceso a las rutas de recolección de desechos y carecen de un número significativo de tachos de basura (cuadro 1), lo que podría implicar un escaso servicio de mantenimiento y la

acumulación de basura en el lugar. Esta quizá sea la razón por la cual los análisis indican una correlación positiva ($\rho= 0,63$; $p < 0,001$) entre la variable epidemiológica y el número de canchas totales por barrios. Estudios sugieren que las correctas prácticas de manejo ambiental son de gran importancia para el eficaz control de las ETV en los espacios verdes urbanos en zonas tropicales (59). Además, aunque las relaciones encontradas sean entre la incidencia de casos y los componentes del paisaje como las áreas verdes urbanas, son más bien sus características, composición, uso y manejo en el lugar, las que pueden explicar de manera más precisa su relación con la presencia de dengue (4,13,18).

El agrupamiento de barrios del análisis geoespacial, sugiere que este tipo de variable (espacial) es importante en la representación tanto de los casos totales de dengue, como para las características generales de los barrios. La separación del barrio San Jorge del agrupamiento con alta incidencia (figura 2), sugiere la presencia de características particulares que promueven los brotes de dengue. Pese a compartir componentes similares, e inclusive ser próximo a otros barrios con alta densidad de casos, el análisis muestra que este barrio no se asocia espacialmente con los demás. Este mismo hecho, sugiere que los barrios del agrupamiento 2 en donde se incluye San Jorge, son potencialmente barrios en riesgo; 10 de 11 barrios agrupados se comparten en la agrupación de características similares sin el componente espacial y rodean a los barrios con alta incidencia de dengue. Los barrios con un riesgo potencial a aumentar los casos de dengue están ubicados en la parte central de la ciudad: Palandacocha, Sagrado Corazón de Jesús, Ciudadela del Chofer, Gil Ramírez

Dávalos, Bellavista, Vista Hermosa, Aeropuerto 1, San Antonio, El Tereré, Paushiyacu, Las Palmas (figura 2).

El índice de Moran, muestra que existe una baja tendencia a la agrupación espacial de los casos de dengue en los barrios de la ciudad ($I= 0,36$). Esto se debe a que la variable epidemiológica por sí sola, no se explica de la misma manera en todos los barrios, ni se relaciona a las mismas características, tal como se ha discutido en este estudio. Las agrupaciones que forman el análisis, demuestran que los casos en los barrios no están dispersos de forma aleatoria. El caso de la agrupación formada por barrios con alto número de casos: San Jorge, Mariscal Sucre, Eloy Alfaro, Palandacocha, y Ciudadela del Chofer; muestra que estos tienen características parecidas que podrían relacionarse a la presencia de vectores. Esto también puede deberse a la naturaleza del vector y a la calidad de los datos, ya que, al ser un insecto volador, es probable que mosquitos se trasladen entre diferentes barrios cercanos en busca de huéspedes de los que alimentarse. Los datos epidemiológicos usados, pueden no tener la georreferenciación adecuada al grano fino necesario para poder rastrear los casos en cada barrio, pudiendo los casos de un barrio en específico, inflar los datos de los barrios contiguos. El barrio Paraíso amazónico, rodeado por áreas con mayor número de casos, podría explicarse con el bajo número de casas presentes en el barrio (88 unidades), a diferencia de la primera agrupación, que posee una alta densidad de casas, superiores a 450 unidades.

Este estudio tuvo ciertas limitantes derivadas de la escasa o deficiente georreferenciación de los atributos que componen el paisaje y los casos epidemiológicos, que no permitieron mapear exactamente a una escala fina la ubicación de los casos en el casco urbano. Esto podría incidir en la inflación de la

característica epidemiológica de los barrios, presumiendo que el vector se reproduzca en zonas más alejadas, y acceda a las zonas pobladas para su alimentación. Se sugiere llevar a cabo inspecciones epidemiológicas, así como recolección de larvas y adultos en futuros estudios dentro del casco urbano y las zonas con alta incidencia, para corroborar y contrastar los resultados de este estudio.

Aunque los datos epidemiológicos suministrados para este trabajo, solo contemplaban el número de casos de dengue por barrio, el uso de variables demográficas podría cambiar la comprensión de los resultados, mostrando nuevas características de los habitantes, relacionadas con la aparición del vector. El número de habitantes, sexo, edad y origen, podrían ayudar a esclarecer las particularidades de los grupos de riesgo a la transmisión de dengue. Estudios han documentado la relación entre el nivel de educación alcanzado de los habitantes, con la transmisión de la enfermedad, debido a que un nivel bajo de educación se ha relacionado con la deficiente calidad ambiental y el desconocimiento de la enfermedad, el mosquito y las características que promueven su proliferación (57,58). Por tal motivo se vuelve relevante, no solo el mapeo de las características demográficas de los habitantes de la ciudad, sino también, la educación continua respecto a la enfermedad y el mosquito en la ciudadanía, como estrategia de control del vector.

En este estudio se demostró la correlación espacial de los barrios según la incidencia de dengue. La urbanización desordenada representada en la baja organización y deficiente acceso a los servicios básicos de las estructuras que componen el paisaje urbano, potencia la aparición de focos de infección en aquellos barrios con una mayor área urbanizada y mayor densidad de estructuras. Las características de composición como: número de talleres mecánicos, número de lavadoras de autos, número de

canchas de fútbol y vóley, y alto número de casas, por unidad barrial, parecen mostrar que el manejo de los espacios y la disposición de los desechos generados en las actividades en cada lugar, pueden estar relacionadas con el número de casos de dengue. Finalmente, para contrastar estos supuestos, el servicio de recolección de basura es deficiente en los barrios con mayor número de casos. Sin embargo, el servicio de recolección, así como la red de saneamiento, no parecen relacionarse de manera general con la presencia de la enfermedad en este estudio, pese a ser deficientes dentro de gran parte del casco urbano. Esto podría indicar que las variables usadas en estos casos, no fueron las más adecuadas para representar estos servicios, volviéndose necesaria una mejor medición de los mismos. Esta información es relevante para las autoridades públicas municipales, encargadas de la planificación de la urbanización de la ciudad, así como las autoridades de salud, encargadas de la vigilancia epidemiológica del dengue.

Agradecimientos

Se agradece al Hospital Velasco Ibarra por la ayuda al recopilar y suministrar información epidemiológica. Al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Tena por la información relevante necesaria para este trabajo. A la Dirección de Vinculación de la Universidad Regional Amazónica Ikiam, que hizo posible las alianzas con actores clave. Finalmente, al PhD Willin Álvarez Irausquin por sus observaciones y comentarios sobre el análisis estadístico.

Declaración de conflicto de intereses

Se declara que no existen conflictos de intereses.

Financiación

Este trabajo fue autofinanciado.

Referencias

1. Arredondo-García JL, Méndez-Herrera A, Medina-Cortina H, Arredondo-García JL, Méndez-Herrera A, Medina-Cortina H. Arbovirus en Latinoamérica. *Acta Pediátrica México*. abril de 2016;37(2):111-31.
2. Álvarez Escobar M del C, Torres Álvarez A, Torres Álvarez A, Semper AI, Romeo Almanza D. Dengue, chikungunya, Virus de Zika. Determinantes sociales. *Rev Médica Electrónica*. febrero de 2018;40(1):120-8.
3. Silva MMO, Tauro LB, Kikuti M, Anjos RO, Santos VC, Gonçalves TSF, et al. Concomitant Transmission of Dengue, Chikungunya, and Zika Viruses in Brazil: Clinical and Epidemiological Findings From Surveillance for Acute Febrile Illness. *Clin Infect Dis Off Publ Infect Dis Soc Am*. 15 de octubre de 2019;69(8):1353-9.
4. Montagner FRG, Silva OS, Jahnke SM. Mosquito species occurrence in association with landscape composition in green urban areas. *Braz J Biol*. 27 de julio de 2017;78(2):233-9.
5. Villabona-Arenas CJ, Oliveira J, Capra C, Balarini K, Loureiro M, Fonseca C, et al. Detection Of Four Dengue Serotypes Suggests Rise In Hyperendemicity In Urban Centers Of Brazil. *PLoS Negl Trop Dis*. 1 de febrero de 2014;8:e2620.
6. Villegoueix I. OPS/OMS | 11 de noviembre de 2019: Dengue - Actualización Epidemiológica [Internet]. Pan American Health Organization / World Health Organization. 2019 [citado 28 de septiembre de 2021]. Disponible en: https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=15588:11-november-2019-dengue-epidemiological-update&Itemid=42346&lang=es
7. Dengue - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud [Internet]. [citado 28 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/dengue>
8. Shepard DS, Coudeville L, Halasa YA, Zambrano B, Dayan GH. Economic Impact of Dengue Illness in the Americas. *Am J Trop Med Hyg*. 4 de febrero de 2011;84(2):200-7.

9. Laserna A, Barahona-Correa J, Baquero L, Castañeda-Cardona C, Rosselli D. Economic impact of dengue fever in Latin America and the Caribbean: a systematic review. *Rev Panam Salud Pública*. 17 de septiembre de 2018;42:e111.
10. Oliveira LN da S, Itria A, Lima EC. Cost of illness and program of dengue: A systematic review. *PLOS ONE*. 20 de febrero de 2019;14(2):e0211401.
11. Ellwanger JH, Kulmann-Leal B, Kaminski VL, Valverde-Villegas JM, Veiga ABGD, Spilki FR, et al. Beyond diversity loss and climate change: Impacts of Amazon deforestation on infectious diseases and public health. *An Acad Bras Ciênc [Internet]*. 17 de abril de 2020 [citado 21 de agosto de 2021];92. Disponible en: <http://www.scielo.br/j/aabc/a/frVhxyPq4NLCsKTZPJmzV8J/?lang=en>
12. McDonnell M, Pickett STA. Ecosystem Structure and Function Along Urban-Rural Gradients: An Unexploited Opportunity for Ecology. *Ecology*. 1 de agosto de 1990;71.
13. Zhao J, Tang T, Wang X. Effects of landscape composition on mosquito population in urban green spaces. *Urban For Urban Green*. 1 de febrero de 2020;49:126626.
14. Lyytimäki J, Petersen LK, Normander B, Bezák P. Nature as a nuisance? Ecosystem services and disservices to urban lifestyle. *Environ Sci*. 1 de septiembre de 2008;5(3):161-72.
15. Lyytimäki J, Sipilä M. Hopping on one leg – The challenge of ecosystem disservices for urban green management. *Urban For Urban Green*. 1 de enero de 2009;8(4):309-15.
16. Shackleton CM, Ruwanda S, Sinasson Sanni GK, Bennett S, De Lacy P, Modipa R, et al. Unpacking Pandora's Box: Understanding and Categorising Ecosystem Disservices for Environmental Management and Human Wellbeing. *Ecosystems*. 1 de junio de 2016;19(4):587-600.
17. Benitez EM, Ludueña-Almeida F, Frías-Céspedes M, Almirón WR, Estallo EL. Could land cover influence *Aedes aegypti* mosquito populations? *Med Vet Entomol*. 2020;34(2):138-44.

18. Yang L, Turo K, Riley C, Alfaro E, Tian J, Hoekstra N, et al. Can urban greening increase vector abundance in cities? The impact of mowing, local vegetation, and landscape composition on adult mosquito populations. *Urban Ecosyst.* 1 de octubre de 2019;22.
19. Mol MPG, Queiroz JTM, Gomes J, Heller L. Gestão adequada de resíduos sólidos como fator de proteção na ocorrência da dengue. *Rev Panam Salud Pública.* 9 de abril de 2020;44:1.
20. Krieger N. Place, Space, and Health: GIS and Epidemiology. *Epidemiology.* julio de 2003;14(4):384-5.
21. Duncombe J, Clements A, Hu W, Weinstein P, Ritchie S, Espino FE. Geographical Information Systems for Dengue Surveillance. *Am J Trop Med Hyg.* 1 de mayo de 2012;86(5):753-5.
22. Mutucumarana C, Bodinayake C, Nagahawatte A, Devasiri V, Kurukulasooriya R, Anuradha T, et al. Geospatial analysis of dengue emergence in rural areas in the Southern Province of Sri Lanka. *Trans R Soc Trop Med Hyg.* 24 de diciembre de 2019;114.
23. Lee S, Jarvis C, Edmunds W, Economou T, Lowe R. Spatial connectivity in mosquito-borne disease models: A systematic review of methods and assumptions. *J R Soc Interface.* 1 de mayo de 2021;18:20210096.
24. Oliveira MA de, Ribeiro H, Castillo-Salgado C. Geospatial analysis applied to epidemiological studies of dengue: a systematic review. *Rev Bras Epidemiol.* diciembre de 2013;16:907-17.
25. Maestre Serrano R, Gómez-Camargo D, Ponce G, Flores A. Susceptibility to insecticides and resistance mechanisms in *Aedes aegypti* from the Colombian Caribbean Region. *Pestic Biochem Physiol.* 16 de octubre de 2014;
26. Karunaratne SHPP, Weeraratne TC, Perera MDB, Surendran SN. Insecticide resistance and, efficacy of space spraying and larviciding in the control of dengue vectors *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in Sri Lanka. *Pestic Biochem Physiol.* septiembre de 2013;107(1):98-105.
27. Buhler C, Winkler V, Runge-Ranzinger S, Boyce R, Horstick O. Environmental methods for dengue vector control - A systematic review and meta-analysis. *PLoS Negl Trop Dis.* julio de 2019;13(7):e0007420.

28. Tauil PL. The Status of Infectious Disease in the Amazon Region. *Emerg Infect Dis.* abril de 2009;15(4):625.
29. Villacís B, Carrillo D. Estadística Demográfica en el Ecuador: Diagnóstico y Propuestas. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Quito- Ecuador; 2012.
30. Villacis B, Carrillo D. La nueva cara sociodemográfica del Ecuador. [Internet]. Analitika. Quito- Ecuador: Analitika; 2012. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Libros/Economia/Nuevacarademograficadeecuador.pdf>
31. Chacón S. Proyecto de Actualización Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la provincia de Napo [Internet]. Napo; 2018 [citado 28 de junio de 2021]. Disponible en: http://www.napo.gob.ec/website/phocadownload/lotaip2018/Anexos/Lit.K/138_actualizacion_pdyot.pdf
32. Bilsborrow RE, Barbieri AF, Pan W. Changes in population and land use over time in the Ecuadorian Amazon. *Acta Amaz.* diciembre de 2004;34:635-47.
33. Rodríguez-Morales AJ. Ecoepidemiología y epidemiología satelital: nuevas herramientas en el manejo de problemas en salud pública [Internet]. 2005 [citado 16 de marzo de 2021]. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342005000100009
34. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Proyecciones poblacionales cantonales 2020 [Internet]. Instituto Nacional de Estadística y Censos. 2012 [citado 28 de abril de 2021]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/inec-presenta-sus-proyecciones-poblacionales-cantonales/>
35. GAD TENA. ACTUALIZACIÓN PDOT-PUGS-2020-2023 [Internet]. 2020 [citado 17 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://tena.gob.ec/index.php/tena/plan-de-desarrollo>
36. Rojo Marcos G, Cuadros González J, Arranz Caso A. Enfermedades infecciosas importadas en España. *Med Clin (Barc).* octubre de 2008;131(14):540-50.

37. SNEM. PROYECTO DE VIGILANCIA Y CONTROL DE VECTORES PARA LA PREVENCIÓN DE LA TRANSMISIÓN DE ENFERMEDADES METAXENICAS EN EL ECUADOR. [Internet]. Guayaquil: SNEM; 2013. Disponible en: <http://instituciones.msp.gob.ec/dps/snem/images/proyectocontroldevectoresmetaxenicass.pdf>
38. Bienvenido al proyecto QGIS! [Internet]. [citado 22 de agosto de 2021]. Disponible en: <https://www.qgis.org/es/site/>
39. Silva JCB, Machado CJ. ASSOCIATIONS BETWEEN DENGUE AND SOCIO-ENVIRONMENTAL VARIABLES IN CAPITALS OF THE BRAZILIAN NORTHEAST BY CLUSTER ANALYSIS. *Ambiente Soc* [Internet]. 31 de enero de 2019 [citado 27 de agosto de 2021];21. Disponible en: <http://www.scielo.br/j/asoc/a/Sy7DfKTC5NrFLcfQqw5rmsp/?lang=en>
40. Navarro J-C, Liria J, Salazar J, Duque P, Burgaleta E, Arrivillaga-Henríquez J. Mosquito Diversity and Public Services as Risk Factors for Emerging Diseases in a Small Village, Ecuador Amazon. 25 de octubre de 2018;5:91-105.
41. Li Y, Kamara F, Zhou G, Puthiyakunnon S, Li C, Liu Y, et al. Urbanization Increases *Aedes albopictus* Larval Habitats and Accelerates Mosquito Development and Survivorship. *PLoS Negl Trop Dis*. 13 de noviembre de 2014;8(11):e3301.
42. R: The R Project for Statistical Computing [Internet]. [citado 22 de agosto de 2021]. Disponible en: <https://www.r-project.org/>
43. Martínez Ortega RM, Tuya Pendás LC, Martínez Ortega M, Pérez Abreu A, Cánovas AM. EL COEFICIENTE DE CORRELACION DE LOS RANGOS DE SPEARMAN CARACTERIZACION. *Rev Habanera Cienc Médicas*. junio de 2009;8(2):0-0.
44. Restrepo B LF, González L J. De Pearson a Spearman. *Rev Colomb Cienc Pecu*. junio de 2007;20(2):183-92.
45. Pardo CE, Del Campo PC. Combinación de métodos factoriales y de análisis de conglomerados en R: el paquete FactoClass. *Rev Colomb Estad*. diciembre de 2007;30(2):231-45.

46. GeoDa on Github [Internet]. [citado 28 de junio de 2021]. Disponible en: <https://geodacenter.github.io/>
47. Cuartas DE, Martínez G, Caicedo DM, Garcés J, Ariza-Araujo Y, Peña M, et al. Spatial distribution of potential and positive *Aedes aegypti* breeding sites. *Biomédica*. 29 de marzo de 2017;37:59-66.
48. Triana-Vidal LE, Morales-García MA, Arango-Cárdenas MJ, Badiel-Ocampo M, Cuartas DE, Triana-Vidal LE, et al. Análisis de la distribución espacial y temporal de los virus del Dengue (2006-2017), Zika (2015-2017) y Chikungunya (2014-2017) en Colombia. *Infectio*. diciembre de 2019;23(4):352-6.
49. Kolimenakis A, Heinz S, Wilson ML, Winkler V, Yakob L, Michaelakis A, et al. The role of urbanisation in the spread of *Aedes* mosquitoes and the diseases they transmit—A systematic review. *PLoS Negl Trop Dis*. 9 de septiembre de 2021;15(9):e0009631.
50. Alavo T, Abagli Z, Accodji M, Djouaka R. Unplanned Urbanization Promotes the Proliferation of Disease Vector Mosquitoes (Diptera: Culicidae)~!2009-05-22~!2009-08-14~!2010-02-04~! Open Entomol J. 5 de marzo de 2010;4:1-7.
51. Wilke ABB, Chase C, Vasquez C, Carvajal A, Medina J, Petrie WD, et al. Urbanization creates diverse aquatic habitats for immature mosquitoes in urban areas. *Sci Rep*. 25 de octubre de 2019;9(1):15335.
52. Bayona A, Acevedo Guerrero T, Artur C. Cities with Mosquitoes: A Political Ecology of *Aedes Aegypti*'s Habitats. 9 de febrero de 2021;
53. Olano VA. *Aedes aegypti* en el área rural: implicaciones en salud pública. *Biomédica*. junio de 2016;36(2):169-73.
54. Pliego E, Velázquez-Castro J, Eichhorn M. Increased Efficiency in the Second-Hand Tire Trade Provides Opportunity for Dengue Control. *J Theor Biol*. 19 de enero de 2017;437.
55. Rodrigues NCP, Lino VTS, Daumas RP, Andrade MK de N, O'Dwyer G, Monteiro DLM, et al. Temporal and Spatial Evolution of Dengue Incidence in Brazil, 2001-2012. *PLoS ONE*. 10 de noviembre de 2016;11(11):e0165945.

56. Seidahmed OME, Lu D, Chong CS, Ng LC, Eltahir EAB. Patterns of Urban Housing Shape Dengue Distribution in Singapore at Neighborhood and Country Scales. *GeoHealth*. 26 de enero de 2018;2(1):54-67.
57. Bravo Vallejos ND. Diseño, construcción, validación de sistema de puntuación de riesgo de dengue basado en conocimientos, actitudes, prácticas, Aldea Santa Rosa, Honduras, 2014. [Internet] [masters]. CIES UNAN-Managua; 2015 [citado 21 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/7732/>
58. Marquetti M del C, Bisset J, Suárez S, Pérez O, Leyva M. Bebederos de animales: depósitos a tener en cuenta por el Programa de Control de *Aedes aegypti* en áreas urbanas de Ciudad de La Habana, Cuba. *Rev Cubana Med Trop*. abril de 2006;58(1):0-0.
59. Lee JM, Wasserman RJ, Gan JY, Wilson RF, Rahman S, Yek SH. Human Activities Attract Harmful Mosquitoes in a Tropical Urban Landscape. *EcoHealth*. 1 de marzo de 2020;17(1):52-63.

Cuadros y figuras con sus respectivas leyendas.

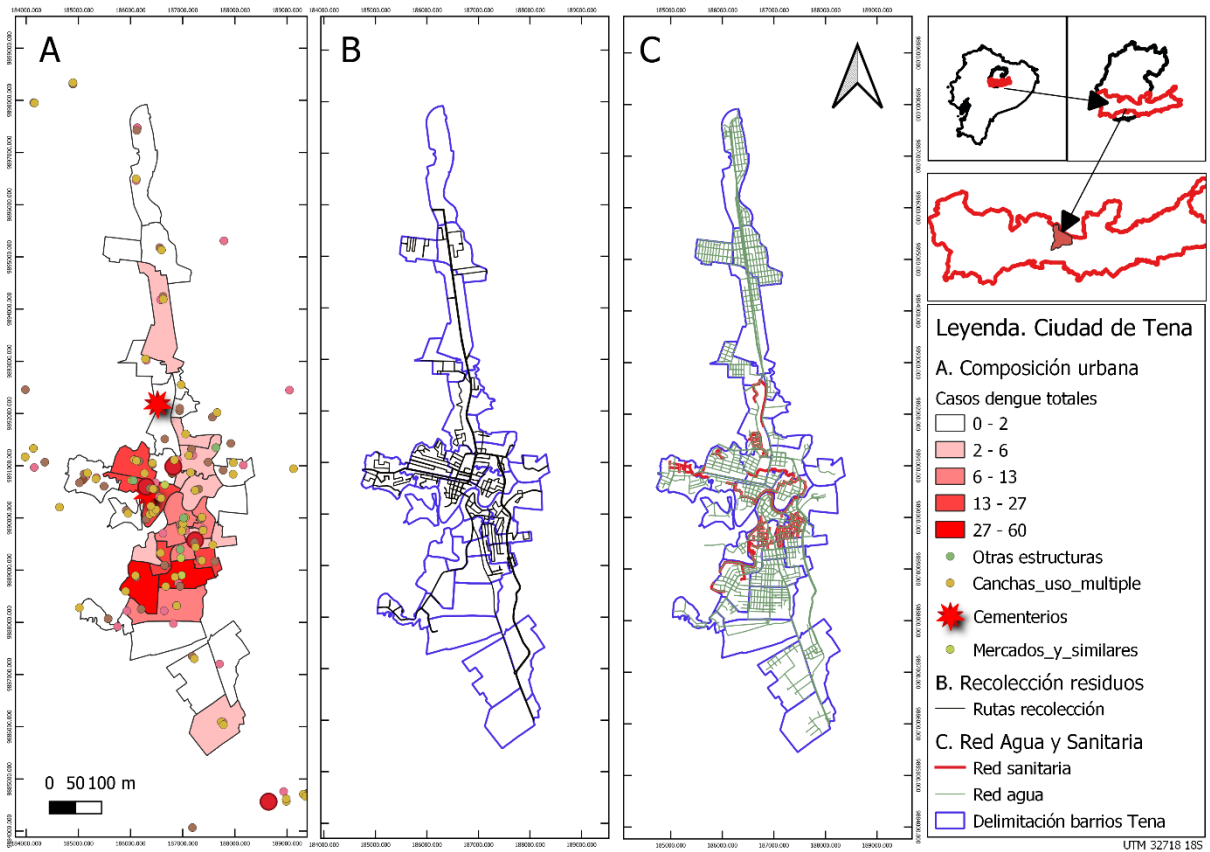


Figura 1. Área de estudio casco urbano ciudad de Tena. A) Composición del paisaje urbano de la ciudad de Tena y casos de dengue a nivel barrial, B) Recolección de residuos a nivel barrial, y C) Red de agua y red sanitaria urbana.

Cuadro 1. Matriz de datos final usada para el análisis; posee la identificación de la unidad de análisis Barrios en forma de fila, mientras las variables discretas y continuas se encuentran en forma de columna para cada barrio.

Barrio	TCD	NC	UA	CM	MER	MC	LA	CT	CDB	AOE	PDRS	LRS	PDRA	LRA	PDRD	LRD
CENTRAL	23	653	366	1	1	0	0	9	5	69.025,1	83,9	1.153,2	15,8	6.918,7	16,0	10.039,6
BELLAVISTA	10	817	417	0	0	0	0	2	4	50.813,1	76,5	959,1	14,2	6.359,8	21,9	5.888,2
GIL RAMÍREZ	9	590	347	0	0	1	0	4	0	46.936,7	25,6	2.371,1	16,1	4.271,3	78,6	1.314,2
PALANDACOCHA	18	480	193	0	0	1	1	2	3	23.509,3	63,4	1.448,4	16,7	3.671,5	72,3	666,9
SAN JORGE	60	784	575	0	0	4	0	3	3	35.934,8	145,6	930,2	21,9	7.679,0	137,3	1.689,0
SAN ANTONIO	2	595	386	0	0	0	0	5	4	33.414,2	136,0	1.292,8	30,4	6.191,4	26,6	9.674,8
AEROPUERTO 1	19	339	186	0	0	0	0	2	2	23.123,5	100,2	451,4	16,8	2.807,9	14,4	7.227,2
AEROPUERTO 2	27	637	505	0	0	1	2	4	8	45.572,9	162,3	535,0	18,8	9.132,4	21,2	10.358,3
LAS PALMAS	1	310	168	0	0	5	0	3	3	37.057,1	110,5	681,9	19,7	6.064,2	23,3	13.678,3
DOS RÍOS	4	317	297	0	0	2	0	4	5	25.764,1	215,3	279,0	19,4	7.208,6	26,6	13.957,0
EL DORADO	6	269	109	0	0	0	0	1	3	14.568,2	115,6	121,4	18,0	1.517,6	19,1	3.594,4
EL TERERE	4	282	140	0	0	1	0	2	2	21.400,7	97,5	1.620,9	20,3	6.310,3	22,7	6.978,6
PAUSHIYACU	13	543	213	0	0	0	0	3	3	23.661,1	28,7	2.557,5	15,5	6.936,4	20,2	6.500,1
VISTA HERMOSA	5	437	267	0	0	0	0	2	2	29.810,0	43,5	1.543,9	17,1	3.008,9	17,9	2.841,2
CIUDELA CHOFER	12	450	299	0	1	1	0	1	4	41.792,8	98,7	424,0	17,0	3.499,6	47,6	1.853,8
ELOY ALFARO	57	1108	474	0	1	4	1	3	1	74.789,3	357,2	0,0	16,7	9.078,9	103,5	2.960,6
MARISCAL SUCRE	10	1055	542	0	0	4	1	3	2	59.447,0	607,2	0,0	19,0	12.994,0	259,6	1.811,4
PARAÍSO AMA.	3	88	52	0	0	0	0	0	0	3.728,3	154,5	0,0	26,8	1.421,7	409,3	0,0
LOS PINOS	1	99	58	0	0	0	0	1	1	6.524,2	105,2	0,0	27,2	1.471,4	36,1	3.070,9

Cuadro 1. Matriz de datos final usada para el análisis; posee la identificación de la unidad de análisis Barrios en forma de fila, mientras las variables discretas y continuas se encuentran en forma de columna para cada barrio.

Barrio	TCD	NC	UA	CM	MER	MC	LA	CT	CDB	AOE	PDRS	LRS	PDRA	LRA	PDRD	LRD
RUBEN LEARSON	0	56	0	0	0	0	0	3	0	4.293,2	590,1	0,0	82,5	442,2	51,7	1.494,4
LAS HIERBITAS	0	134	67	0	0	0	0	0	1	4.049,1	179,8	33,9	30,6	2.859,6	26,9	5.246,6
13 DE ABRIL	1	113	61	0	0	0	0	0	1	7.168,1	1.959,8	0,0	28,1	5.638,7	95,8	6.596,8
SANTA ROSA	3	265	153	0	0	0	0	2	0	11.328,8	3.091,0	0,0	60,9	3.050,1	211,7	2.118,7
3 DE MAYO	1	287	191	0	0	0	0	2	1	18.332,7	2.032,8	0,0	41,6	5.456,3	305,9	1.508,4
HUERTOS FAMILIARES	2	135	38	0	0	0	0	0	0	2.841,2	1.083,7	0,0	77,0	3.306,3	170,2	919,9
SAN PEDRO APAYACU	1	190	0	0	0	1	0	0	0	7.740,2	677,7	0,0	46,0	2.200,4	40,4	3.133,9
AMAZONAS	0	162	84	0	0	0	0	2	0	4.519,4	552,1	0,0	55,8	975,1	346,6	0,0
JUMANDY	2	207	128	1	0	1	0	1	2	12.232,1	67,2	3.186,8	24,9	7.158,5	33,5	11.875,7
EL BUEN PASTOR	0	100	116	0	0	0	0	1	0	6.078,4	506,7	0,0	18,1	5.691,3	52,1	2.233,2
SANTA INES	4	178	0	0	0	0	0	2	0	8.613,4	1.533,8	0,0	15,7	14.072,4	45,7	20.485,2
REINA DEL CISNE	0	171	0	0	0	0	0	0	0	6.060,1	2.724,8	0,0	15,1	7.378,7	33,2	2.213,4
SAN JACINTO	2	208	21	0	0	2	0	2	0	12.026,3	4.466,6	0,0	19,4	17.183,8	1.185,2	4.670,0
NUEVO TENA AMA.	1	412	0	0	0	0	0	2	1	15.365,6	2.559,6	0,0	15,9	18.266,8	41,0	12.482,9
SAGRADO CORAZON	16	387	214	0	0	0	0	2	2	21.646,1	323,8	0,0	23,0	3.664,4	18,1	5.781,9
UGLOPAMBA	1	46	33	0	0	0	0	2	0	6.267,5	260,3	0,0	62,7	905,0	224,4	1.492,2
SAN LUIS	3	147	81	0	0	1	0	1	1	8.568,3	257,8	0,0	29,9	1.719,6	35,1	3.211,6
LA UNION	4	117	4	0	0	0	0	1	1	5.025,0	273,5	0,0	65,9	1.601,7	42,5	3.370,8

TCD=Total Casos dengue; NC=Número de casas; UA=Usuarios de agua; CM=Cementerios; MER=Mercados; MC=Mecánicas; LA=Lavadoras de autos; CT=Canchas totales; CDB=Contenedores de basura; PDRS=Promedio distancia a la red sanitaria; PDRA=Promedio distancia a la red de agua; PDRD=Promedio distancia a la ruta de recolección de desechos; LRS= Longitud de la red sanitaria; LRA= Longitud de la red de agua potable; LRD= Longitud de la ruta de recolección de desechos; AOE= Área ocupada por estructura (casas-edificios).

Cuadro 2. Correlación (r y ρ) entre el total de casos de dengue y las variables continuas y discretas de la matriz final de composición urbana de Tena.

		TCD	AOE	PDRS	LRS	PDRA	LRA	PDRD	LRD
r	TCD	1,000	-	-	-	-	-	-	-
	AOE	0,645**	1,000	-	-	-	-	-	-
	PDRS	-0,260	-0,308	1,000	-	-	-	-	-
	LRS	0,130	0,306	-0,389*	1,000	-	-	-	-
	PDRA	-0,308	-0,492**	0,111	-0,341*	1,000	-	-	-
	LRA	0,169	0,306	0,514**	0,031	-0,485**	1,000	-	-
	PDRD	-0,101	-0,154	0,624**	-0,243	0,109	0,329*	1,000	-
	LRD	-0,063	0,131	0,015	0,189	-0,380*	0,526**	-0,255	1,000
		TCD	NC	UA	CM	MER	MC	LA	CT
ρ	TCD	1,000	-	-	-	-	-	-	-
	NC	0,751**	1,000	-	-	-	-	-	-
	UA	0,708**	0,834**	1,000	-	-	-	-	-
	CM	0,118	0,112	0,123	1,000	-	-	-	-
	MER	0,392*	0,371*	0,344*	0,367*	1,000	-	-	-
	MC	0,336*	0,426**	0,397*	0,019	0,187	1,000	-	-
	LA	0,449**	0,463**	0,434**	-0,083	0,207	0,457**	1,000	-
	CT	0,464**	0,667**	0,634**	0,104	0,186	0,325*	0,316	1,000
CDB	0,608**	0,675**	0,713**	0,241	0,267	0,273	0,260	0,457**	

TCD=Total Casos dengue; AOE=Área ocupada por estructura; LRS=Longitud red sanitaria; LRA=Longitud red agua; LRD=Longitud recolección desechos;

NC=Número de casas; UA=Usuarios agua; CM=Cementerios; MER=Mercados; MC=Mecánicas; LA=Lavadoras de autos; CT=Canchas totales; CDB=

Contenedores de basura; PDRS=Promedio distancia red sanitaria; PDRA=Promedio distancia red de agua; PDRD=Promedio distancia recolección

desechos. **, La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral); *, La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

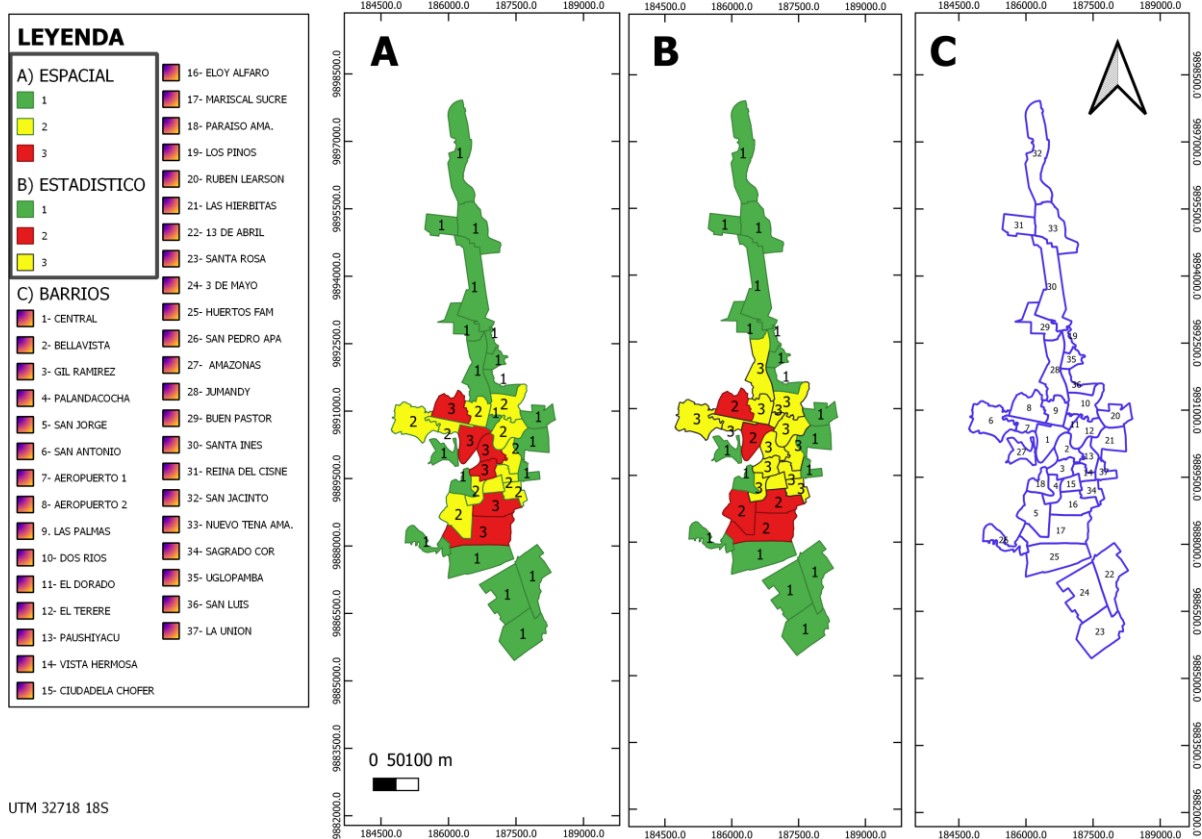


Figura 2. Comparación de conglomerados formados. A) Conglomerados con variable espacial, B) Conglomerados sin variable espacial, y C) Ubicación de barrios del casco urbano de Tena: 1) Central, 2) Bellavista, 3) Gil Ramírez Dávalos, 4) Palandacocha, 5) San Jorge, 6) San Antonio, 7) Aeropuerto 1, 8) Aeropuerto 2, 9) Las Palmas, 10) Dos Ríos, 11) El Dorado, 12) El Terere, 13) Paushiyacu, 14) Vista Hermosa, 15) Ciudadela del Chofer, 16) Eloy Alfaro, 17) Mariscal Sucre, 18) Paraíso Amazónico, 19) Los pinos, 20) Rubén Learson, 21) Las Hierbitas, 22) 13 de abril, 23) Santa Rosa, 24) 3 de mayo, 25) Huertos Familiares, 26) San Pedro de Apayacu, 27) Amazonas, 28) Jumandy, 29) El Buen Pastor, 30) Santa Inés, 31) Reina del Cisne, 32) San Jacinto, 33) Nuevo Tena Amazónico, 34) Sagrado Corazón de Jesús, 35) Uglopamba, 36) San Luis, 37) La Unión.