

Recibido: 27-02-2025
Aceptado: 02-06-2025

CREENIEMIENTO URBANO Y VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LA CONURBACIÓN DE QUEVEDO, ECUADOR¹

URBAN GROWTH AND VULNERABILITY TO CLIMATE CHANGE OF THE QUEVEDO CONURBATION,
ECUADOR

CARLOS NIETO-CAÑARTE ²

PEDRO HARRYS LOZANO-MENDOZA ³

VÍCTOR MANUEL GUAMÁN-SARANGO ⁴

MAYRA CAROLINA VÉLEZ-RUIZ ⁵

WILMER MARIO DOMÍNGUEZ-ZÚÑIGA ⁶

1 Artículo desarrollado con base en los resultados Tesis, trabajo de grado, curso, proyecto de investigación de los autores.

- 2 Máster en Planificación Territorial y Gestión Ambiental
Profesor - Investigador, Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador
<https://orcid.org/0000-0003-1817-9742>
cnieta@uteq.edu.ec
- 3 Magíster en Cambio Climático
Profesor - Investigador, Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador
<https://orcid.org/0000-0001-5771-2680>
plozano@uteq.edu.ec
- 4 Doctor en Ciencias Agrícolas
Profesor - Investigador, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador
<https://orcid.org/0009-0007-4135-2394>
vguaman@uteq.edu.ec
- 5 Doctora en Entomología
Profesor - Investigador Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador
<https://orcid.org/0000-0003-4407-2965>
mvelez@uteq.edu.ec
- 6 Magíster en Riego y Drenaje
Profesor - Investigador Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador
<https://orcid.org/0009-0009-4625-1132>
wdominguez@uagraria.edu.ec



El cambio climático es un desafío global con impacto desigual. En Ecuador, el Cantón Quevedo, por su ubicación geográfica y características topográficas, es vulnerable a riesgos climáticos. Este estudio identificó la vulnerabilidad al cambio climático vinculada al crecimiento urbano del Cantón Quevedo, se utilizaron herramientas de sistemas de información geográfica (sig) para generar mapas de amenaza, exposición, sensibilidad, adaptación y riesgo climático, a través de un diseño cuasiexperimental y de enfoque cuantitativo. Los resultados indican un alto riesgo climático en general; 32,62 % del territorio presenta una exposición muy alta, especialmente en zonas con pendientes pronunciadas. Las zonas con alta sensibilidad y baja capacidad adaptativa son principalmente rurales y periféricas. En conclusión, el crecimiento poblacional causa la expansión urbana no planificada, que genera impactos ambientales negativos, como la degradación de la cubierta vegetal, que disminuye la resiliencia ecológica y la provisión de servicios ecosistémicos. esto incrementa la exposición y la sensibilidad (asociada a infraestructuras inadecuadas), y reduce la capacidad de adaptación. Se propone mejorar la infraestructura de drenaje, construir viviendas más resilientes y programas de educación y capacitación en cambio climático, así como promover soluciones basadas en la naturaleza.

Palabras clave: resiliencia, adaptación, riesgo, vulnerabilidad, cambio climático.

Climate change is a global challenge with uneven impact. In Ecuador, the Quevedo Canton, due to its geographical location and topographical characteristics, is vulnerable to climate risks. This study identified the vulnerability to climate change linked to urban growth in the Quevedo Canton. Geographic information system (GIS) tools were used to generate maps of threat, exposure, sensitivity, adaptation, and climate risk through a quasi-experimental design and a quantitative approach. The results indicate a high overall climate risk, with 32.62% of the territory being highly exposed, particularly in areas with steep slopes. Areas with high sensitivity and low adaptive capacity are mainly rural and peripheral. In conclusion, population growth leads to unplanned urban expansion, resulting in adverse environmental impacts, including degradation of vegetation cover, which reduces ecological resilience and the provision of ecosystem services. This increases exposure and sensitivity (associated with inadequate infrastructure) and reduces adaptive capacity. It is proposed to improve drainage infrastructure, build more resilient housing, implement climate change education and training programs, and promote nature-based solutions.

Keywords: resilience, adaptation, risk, vulnerability, climate change.

I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento urbano rápido y no planificado ha sido un fenómeno global que ha transformado la organización espacial y social de las ciudades, al ser un desafío ecológico y humano clave del siglo XXI (Jordán et al., 2017). Para 2045, se espera que la población urbana mundial aumente 1,5 veces (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2024), impulsada por factores como la migración rural-urbana, la industrialización y la globalización (Jordán et al., 2017). En Latinoamérica, esta urbanización acelerada no ha garantizado desarrollo económico sostenible ni reducción significativa de pobreza y desigualdad (ONU, 2024). Contrariamente, la degradación medioambiental consume tierras agrícolas y hábitats, al fragmentar ecosistemas (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2022) y amenazar a un estimado de millón de especies en extinción si no se implementan cambios ecológicos importantes en los próximos años (Díaz et al., 2019).

De esta manera, la deforestación y la pérdida de espacios verdes reducen el secuestro de carbono y conducen a una deficiente calidad del aire y del agua. Con alteración en el ciclo natural del agua, lo que causa sequías más largas y precipitaciones intensas, lo que induce un aumento de la escorrentía y una menor infiltración. Esto ocasiona escasez de agua e inundaciones (Gómez-Guerrero et al., 2021). El desarrollo antropogénico insostenible, especialmente, el crecimiento urbano, es el principal motor del cambio climático; las ciudades consumen más de dos tercios de la energía global y emiten el 70 % de los gases de efecto invernadero (Masson-Delmotte et al., 2019). Por lo tanto, las poblaciones urbanas son más vulnerables, al experimentar temperaturas de 3 a 5°C más altas que las zonas rurales circundantes, debido al llamado efecto de isla térmico urbano generado por las grandes superficies de hormigón y la falta de cubierta vegetal (Lane et al., 2024).

Bajo este argumento, los asentamientos informales son los más sensibles a riesgos derivados de patrones climáticos. Por lo que es relevante el análisis de vulnerabilidad en áreas con alta demanda de suelo y gran afectación ecológica (Duque y Montoya, 2021), lo que implica la disminución de contrastes térmicos y humedad (Mendes et al., 2020). Asimismo, se ha reportado la destrucción de 85% de los humedales y 23 % de la tierra en el planeta se considera ecológicamente degradada; la destrucción de manglares costeros amenaza a 300 millones de personas (Díaz et al., 2019), debido a la vulnerabilidad ecosistémica asociada a la baja capacidad resiliente. Por tanto, la urbanización sin planificación representa un desarrollo insostenible, que amplía los peligros climáticos o geológicos (ONU, 2024).

En el Ecuador han surgido nuevas ciudades intermedias, a lo largo de ejes antes inexistentes, como la conurbación de

Quevedo (Narváez Quiñonez et al., 2020). Esta consta de una zona metropolitana, así como parroquias y ciudades intermedias. De esta manera, se confirma la funcionalidad y operación de esta conurbación, aunque no esté definida ni administrativa, ni políticamente (EcuRed, 2025) Quevedo está expuesto a amenazas naturales, geológicas e hidrometeorológicas, con riesgos de degradación del suelo y la escasez de agua (Narváez Quiñonez et al., 2020). Los patrones anuales de lluvia han incrementado la intrusión de agua salada, el evado el nivel del mar y el aumento de la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos, como inundaciones y huracanes (Song et al., 2023).

Fenómeno que se ha documentado en las provincias costeras como Manabí y Guayas, dañando más de 6 900 viviendas y destruyéndose 72 de ellas (Fan y Zhao, 2025).

Por lo tanto, es significativo deducir cómo la expansión urbana no planificada agudiza la vulnerabilidad climática en Quevedo mediante la generación de mapas de amenaza, exposición, sensibilidad, adaptación y riesgo climático, al utilizar herramientas avanzadas de procesamiento de datos en sistemas de información geográfica (SIG). Bajo esta perspectiva, se establece como objetivo de investigación identificar la vulnerabilidad al cambio climático vinculado al crecimiento urbano del cantón de Quevedo, al generar datos para comprender desafíos específicos y facilitar estrategias de adaptación efectivas. Asimismo, la información ambiental obtenida puede ayudar a mejorar la interpretación de estos espacios y su consideración en los cálculos de la resiliencia local (Hernández Aja et al., 2020), que contribuya a la planificación urbana sostenible. Este planteamiento local puede extrapolarse a nivel nacional e incluso regional.

II. MARCO TEÓRICO

El crecimiento urbano hace referencia al cambio del uso del suelo que requiere de planificación, diseño, construcciones de espacios y estructuras en búsqueda de mejorar la calidad de vida de sus pobladores y que garanticé un desarrollo urbano sostenible. Sin embargo, la migración rural-urbana fomenta ciudades informales sin planificación (Jordán et al., 2017), lo que contribuye al cambio climático. Este último es la variación prolongada de patrones meteorológicos por causas naturales o, principalmente, por quema de combustibles fósiles y deforestación (ONU, 2024). En la urbanización informal, el uso y cambio de uso de la tierra son las mayores fuentes de emisiones netas de CO₂ (Ghosh et al., 2022; Kim y Park, 2023; Bufalo et al., 2024).

En este contexto, la planificación es esencial para mitigar los efectos del cambio climático a través de la creación de estructuras resilientes enmarcadas en políticas ecológicamente

amigables y sostenibles (Murillo Delgado et al., 2023). Lo que en la práctica implica un reto, en particular en aquellas zonas que deberían protegerse por sus aportes ecosistémicos o por su mayor vulnerabilidad a los cambios. De manera que la planificación del desarrollo urbano y ambiental debe fundamentarse en los beneficios que los ecosistemas ofrecen para garantizar el bienestar humano, conocidos como servicios ecosistémicos, los que incluyen la provisión de recursos indispensables (agua, alimentos y medicinas). Así como sus contribuciones en la estabilización del clima, la regularización del ciclo del agua, su función protectora ante inundaciones, erosión del suelo, deslizamiento de tierra, entre otros (Córdoba-Hernández, 2021).

Para una planificación eficiente, se deben identificar áreas de alto valor ecosistémico que requieran protección y conservación. Además, asegurar la integración de los ambientes en estrategias de mitigación y adaptación, que incluyen la implementación de soluciones basadas en la naturaleza (SbN), que son acciones para proteger, gestionar de forma sostenible y restaurar ecosistemas naturales o modificados, abordándose desafíos socioambientales de manera eficaz y adaptativa, y proporciona simultáneamente beneficios para el bienestar humano y la biodiversidad (Rojas Morales, 2024). Por ende, resulta importante mencionar que la vulnerabilidad climática es la susceptibilidad al daño por el cambio climático, que abarca sensibilidad y capacidad de respuesta. La vulnerabilidad ecosistémica se asocia a la pérdida de hábitats y la sustitución de ecosistemas con menor resiliencia futura. Mientras que la vulnerabilidad por pérdida de recursos ecosistémicos ocurre cuando los suelos pierden la capacidad de aportar bienes, funciones y servicios ecosistémicos esenciales, que afectan la recuperación territorial ante una crisis ambiental (Córdoba-Hernández, 2021).

De lo anterior resulta significativo definir resiliencia ecosistémica, que es la capacidad de un sistema para mantenerse o regresar a las funciones deseadas ante una perturbación, adaptándose y transformándose sistemas limitantes (Meerow et al., 2016). Esto debería considerarse junto a la transformación del hábitat, el cambio climático, la sobreexplotación de recursos, la introducción de especies invasoras, la contaminación y el enriquecimiento de nutrientes (Córdoba-Hernández, 2021), tanto en planificación urbanística como en las estrategias territoriales de desarrollo urbano y de vivienda para los próximos años. Por lo tanto, la vulnerabilidad climática contempla la exposición de bienes, infraestructuras, activos, personas, especies o ecosistemas en entornos afectados. Asimismo, el grado en que un sistema resulte afectado por el cambio climático, de manera directa o indirecta, se le denomina sensibilidad. Finalmente, la capacidad

adaptativa se refiere a la facultad que tienen los sistemas ecológicos, sociales o económicos, institutos humanos y otros organismos para tomar ventaja de las oportunidades o responder a las consecuencias climáticas.

III. ESTUDIO DE CASO

El cantón Quevedo pertenece a la provincia de Los Ríos y abarca áreas urbanas y rurales (Figura 1). Está situado a 74 msnm; Quevedo tiene una extensión de 303 km². Limita con los cantones Buena Fe y Valencia al norte, El Empalme al este, Mocache al sur y Quinsaloma al oeste. Sus coordenadas proyectadas UTM son Este (X) 670965 y Norte (Y) 9886264. La zona principal es Quevedo, donde ha surgido un importante desarrollo poblacional y económico. Entre los factores ecosistémicos, se destaca el río Quevedo, que atraviesa la zona urbana de la ciudad y prácticamente todo el cantón, y otras fuentes hídricas que influyen en el clima y la biodiversidad, lo que favorece a los servicios ecosistémicos. Además, se ha identificado fragmentación del paisaje a causa de la conversión de bosques en tierras agrícolas o urbanas, que alteran la conectividad ecológica, dificultándose el movimiento de especies (Villavicencio-Ordóñez et al., 2024). Asimismo, a causa de la fuerte actividad agrícola, los cuerpos de agua pueden verse afectados por el uso de fertilizantes y pesticidas (EcuRed, 2025).

La descomposición de la línea del tiempo (Figura 2) de precipitación para el cantón Quevedo (Figura 2.A) expone un patrón de precipitación estacional lluvioso sólidamente definido. Las lluvias alcanzan picos significativos, especialmente alrededor del año 2000, debido a eventos climáticos extremos como El Niño. Así mismo, la desintegración de la línea del tiempo de temperatura representada en la Figura 2.B, se describe un patrón estacional con variaciones anuales acentuadas. Desde la década de los 40, las temperaturas han mostrado un incremento gradual, seguido de fluctuaciones en torno a un nivel constante. Ocasionalmente, se observan eventos de temperaturas extremas, como olas de calor.

Quevedo es considerada la décima ciudad más poblada de Ecuador; según los datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censo [INEC] del año 2022, el incremento de su número de habitantes ha sido considerable. En 2010, se registraron 150 827 habitantes y para el 2022 era de 177 792 habitantes (INEC, 2022). La estimación de pobladores para el año 2024 fue de 208 000 personas. La mancha urbana de Quevedo en el 2000, abarcaba de 932,55 habitantes. Al representar el censo poblacional y de vivienda de 2010 sobre la mancha urbana, Narváez Quiñónez et al. (2020) indicaron una tasa de crecimiento de 41,72 %. Del mismo modo, con su investigación de simulación entre los años 1998 y 2019, revelaron que el crecimiento orgánico es más de cuatro veces. Con una superficie, para el 2020, de 304,67 km². Y advirtieron acerca del probable aumento, basándose en el crecimiento poblacional en la zona, el que se estima sea para

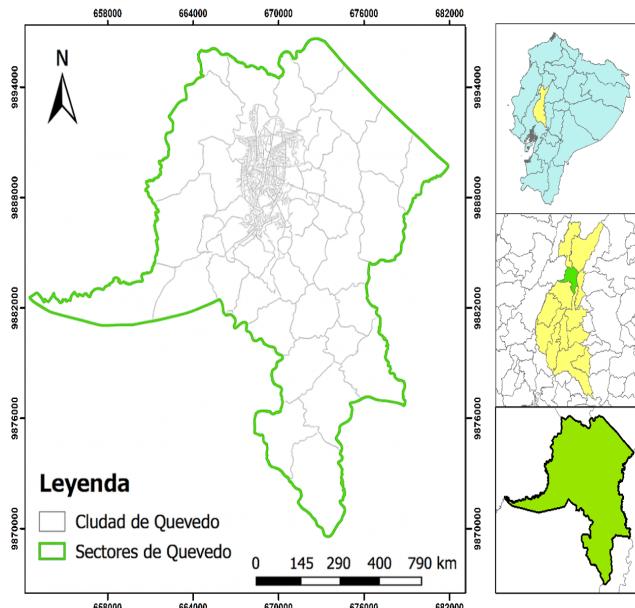


Figura 1: Mapa de ubicación del cantón Quevedo. Fuente: Elaboración de los Autores a partir de datos en formato shape del año 2023 del Geoportal Militar Ecuador (2024).

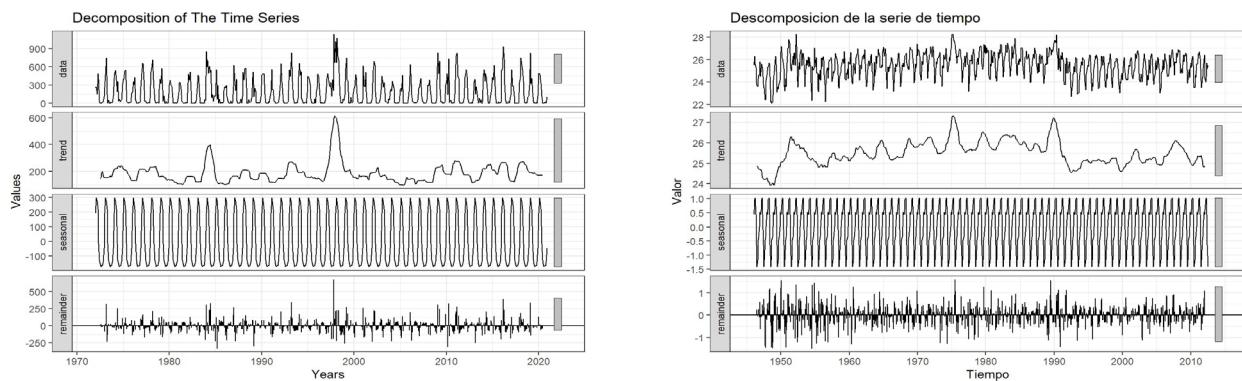


Figura 2: A. Registro de precipitación. B. Registro de temperatura en una descomposición de tiempo. Fuente: Elaboración de los Autores a partir de datos del año 2023 del Geoportal Militar Ecuador (2024).

el año 2030 de 251 922 habitantes (Villavicencio-Ordóñez et al., 2024).

Se caracteriza por ser una zona casi plana, por lo que facilita desarrollar infraestructura urbana, caminos y áreas agrícolas sin enfrentar grandes desafíos geográficos como montañas o pendientes pronunciadas. A pesar de poseer una gran cantidad de quebradas y cuerpos de agua, las pendientes no sobrepasan los 10 grados, condiciones que hacen el área tendenciosa a

inundaciones (EcuRed, 2025). Franjas bajas del área oeste del cantón también son propensas a inundarse en la temporada lluviosa (Flores y Vlassova, 2022). Es hacia estas zonas amenazadas donde se expande la mancha urbana del cantón, que no considera realidades físico-naturales como cercanía a cuerpos de agua, pendientes, falta de servicios en el sector ni la periodicidad de eventos negativos en la zona, lo que impacta el ambiente e incrementa el riesgo de desastres (Narváez Quiñonez et al., 2020; Flores y Vlassova, 2022).

De clima subhúmedo-tropical, se distinguen dos temporadas, lluviosa y seca. La temperatura anual oscila entre 22 °C y 31 °C. Se registran abundantes precipitaciones superiores a 2600 por año, con patrón regular (EcuRed, 2025). Estos datos meteorológicos son considerados para la variable exposición. Mientras que, para la sensibilidad, se evaluó la densidad poblacional, acceso a servicios básicos, zona de expansión y cobertura vegetal. Finalmente, para la capacidad de adaptación se tomó en cuenta el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PLANACC) de Ecuador, 2023-2027 (MAATE, 2023).

IV. METODOLOGÍA

El presente estudio se fundamentó en un diseño cuasiexperimental y de enfoque cuantitativo. Con el objetivo de identificar la vulnerabilidad al cambio climático vinculado al crecimiento urbano del cantón Quevedo. Para ello, se realizó una investigación aplicada y exploratoria.

Para determinar el nivel de exposición al riesgo climático se usó un software de SIG con shapefiles del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2022). Se añadieron y ajustaron las capas a los límites del cantón al usar la herramienta "Clip." Se consideraron la capa de pendientes (derivada de un Modelo Digital de Elevaciones, MDE) para calcular amenaza y exposición, la capa de cantones y provincia, limitada al cantón Quevedo. Además, Geodatabase de sectores de Quevedo (shapefile de unidades de análisis) para asignar valores por sector y tabla de atributos de Redatam (variables censales 2022) unida por "Join" para sensibilidad y capacidad de adaptación (Nieto Cañarte et al., 2023). En primer lugar, se calculó la exposición de cada tipo de suelo basado en su pendiente, clasificándose por grado de exposición, descrito en la Tabla 2. La capa final se convirtió a ráster y se reclasificó para obtener la escala de exposición.

Así mismo, la amenaza climática se determinó al emplear el software de SIG y la capa del área de estudio, en que se añadió una nueva columna llamada "Amenaza" en su tabla de atributos (Tabla 1). Con la herramienta "Field Calculator", se asignó un valor de cuatro (4) a todo el cantón basado en las condiciones meteorológicas, se utilizó este valor para clasificar el nivel de amenaza según el grado de exposición. En cuanto al análisis del rango de exposición climática, se basó en los aspectos establecidos por el MAATE (2019) (Tabla 2).

Para la observación de la vulnerabilidad a los riesgos ambientales se realizó un análisis de sensibilidad con datos socioeconómicos procesados en "Red7 Process". Se crearon dos archivos Excel: uno para sensibilidad (considerándose tipo de vivienda y materiales de construcción) y otro para capacidad de adaptación (que incluyó analfabetismo y acceso a servicios). Se calcularon porcentajes y promedios, y dicha información se unió al shapefile de sectores del cantón, para posteriormente clasificar

Grado de exposición		Rangos	
	1	Muy baja	≤5%
	2	Baja	>5 - 12%
	3	Moderada	>12 - 25%
	4	Alta	>25 - 50%
	5	Muy alta	>50

Tabla 1: Atributos según los Grado de exposición. Fuente: MAATE, 2019

Exposición	Interpretación del grado de exposición
	Muy baja. Proporción del área: 0 % al 20 %.
	Baja. Proporción del área: 21% al 40%.
	Moderada. Proporción del área: 41% al 60%.
	Alta. Proporción del área: 61% al 80%.
	Muy alta. Proporción del área: 81% al 100%.

Tabla 2: Niveles de exposición climática. Fuente: MAATE, 2019.

Sensibilidad	Interpretación del grado de exposición
	Muy poco susceptible, permitiendo la normal operación del programa/proyecto.
	Poco susceptible, permitiendo que el programa opere con relativa normalidad.
	Medianamente susceptible, limitando la normal operación del programa/proyecto.
	Altamente susceptible, provocando cierres temporales pero frecuentes del proyecto.
	Susceptibilidad muy alta, provocando cierres permanentes de los programas.

Tabla 3: Consideraciones para el análisis de sensibilidad. Fuente: MAATE, 2019.

las variables y se transformó a formato ráster para su análisis según las directrices del MAATE (2019). Seguidamente, para el análisis de vulnerabilidad, se consideró la susceptibilidad de ser afectado por el cambio climático, que abarcó la sensibilidad al daño y la capacidad de respuesta.

Para estimar la vulnerabilidad, es crucial analizar la relación entre "sensibilidad" y "capacidad de adaptación". En el caso del cantón Quevedo, la sensibilidad se evalúa según los criterios detallados en la Tabla 3, que considera el grado de exposición para el análisis de sensibilidad.

La capacidad adaptativa se analizó al evaluar el potencial de respuesta del cantón Quevedo, que considera la capacidad de los sistemas, las instituciones, los seres humanos y otros organismos para acoplarse, prepararse y responder ante posibles daños, aprovechar las oportunidades o afrontar las consecuencias de las amenazas climáticas o sus efectos y los proyectos con mejores respuestas ante las amenazas climáticas (Tabla 4).

Finalmente, para determinar el riesgo climático se efectúa el cálculo de los raster con la herramienta "raster calculator", aplicando la fórmula (1):

$$\text{Riesgo climático} = \left\{ (\text{Peligro})(\text{Exposición}) \left[\frac{(\text{Sensibilidad})}{(\text{Capacidad adaptativa})} \right] \right\}$$

Los resultados se transforman en ráster y se reclasifican para analizar los niveles de riesgo climático del cantón, clasificándose según el grado de exposición.

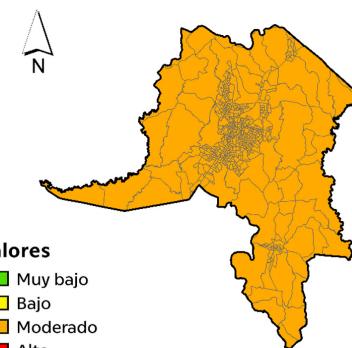
V. RESULTADOS

El nivel de amenaza, calculado con base en la capa de pendiente y registros meteorológicos que demuestran que el cantón Quevedo es una zona que experimenta lluvias intensas, indica una alta probabilidad de inundaciones. La figura 3 muestra que la mayor parte del cantón posee un nivel de amenaza moderado (amarillo). Existen algunas áreas dispersas con amenaza alta (naranja), las que corresponden a pendientes más pronunciadas, haciéndolas más susceptibles a deslizamientos, erosión y escorrentía. En cuanto al nivel de exposición, valorada también por la capa de pendiente y la presencia de elementos (población, infraestructura, bienes), el 32,62 % del territorio se encuentra en un nivel muy alto de exposición (rojo). Esta zona, principalmente central y suroriental del cantón, presentan pendientes significativas (que indican potencial peligro) con una alta concentración de población y/o infraestructura, lo que agrava la vulnerabilidad. En tanto el resto del territorio se encuentra en un nivel moderado de exposición

Capacidad de adaptación	Interpretación del grado de exposición
Capacidad de los sistemas, las instituciones, los seres humanos y otros organismos para acoplarse, prepararse y responder ante posibles daños, aprovechar las oportunidades o afrontar las consecuencias de las amenazas climáticas o sus efectos.	Muy poca. No reduciría los daños.
	Poca capacidad. No reduciría la totalidad de los daños.
	Moderada. Reduciría parcialmente los daños.
	Alta capacidad. Reduciría significativamente los daños.
	Muy alta. Reduciría completamente los daños.

Tabla 4: Consideraciones para el análisis de la capacidad adaptativa. Fuente: MAATE, 2019.

Nivel de amenaza



Valores

- Muy bajo
- Bajo
- Moderado
- Alto
- Muy alto

Nivel de exposición

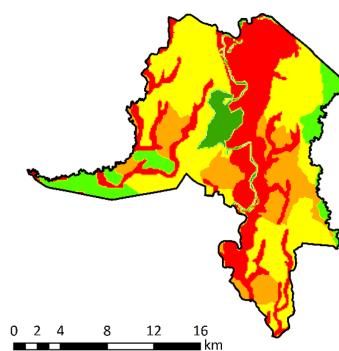


Figura 3: Mapa de amenaza y exposición del cantón Quevedo. Fuente: Elaboración de los Autores a partir de datos en formato shape del INEC (2022).

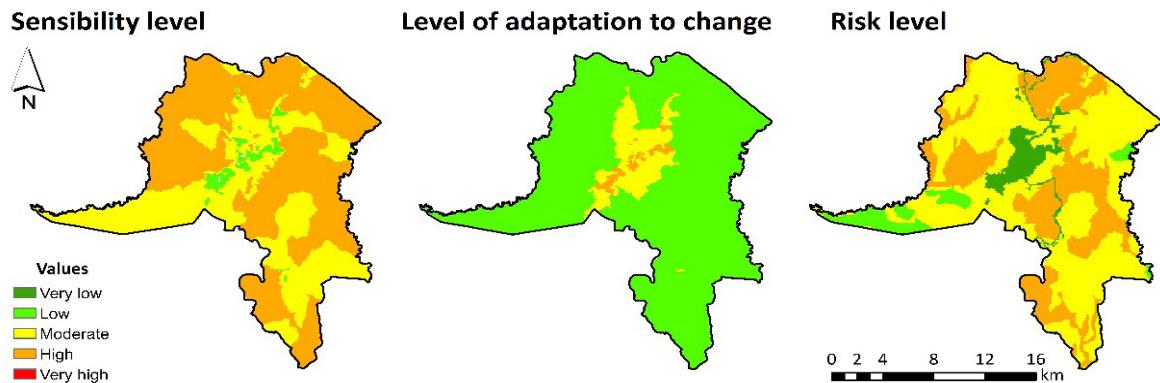


Figura 4: Mapas de sensibilidad, nivel de adaptación al cambio y riesgo climático en el cantón Quevedo. Fuente: Elaboración de los Autores a partir de datos en formato shape del INEC (2022).

(naranja) con 39,24 %, corresponde al área rural, lo que alerta a una amenaza considerable debido a la morfología del terreno y la falta de planificación urbanística. Los niveles bajo y muy bajo representan solo el 13,41 %, que refleja zonas relativamente más seguras, pero de menor extensión (Figura 3).

Por otra parte, la figura 4 muestra zonas con distintos niveles de sensibilidad. Una extensa área del cantón, que incluye zonas rurales, presenta sensibilidad moderada (amarillo), refleja una susceptibilidad intermedia a los impactos del cambio climático, en combinación con factores socioeconómicos y biofísicos. No obstante, las zonas de alta sensibilidad (naranja) concentradas en el centro y área suroriental corresponden a zonas con alta densidad poblacional y dependencia de agricultura intensiva, lo que las hace más vulnerables al cambio climático. En relación al nivel de adaptación, las áreas verdes, en el mapa, indican una baja capacidad de adaptación, lo que resulta en mayor vulnerabilidad por falta de recursos, educación e infraestructura. En cambio, en algunas áreas urbanas y desarrolladas (amarillo) se señalan mayor capacidad de adaptación, al sugerir mejores condiciones de vida. Las zonas rurales y algunas urbanas menos favorecidas están en desventaja para enfrentar los desafíos climáticos.

Finalmente, el mapa de riesgo climático (Figura 4), que combina amenaza, exposición, sensibilidad y adaptación, destaca que las zonas de alto riesgo (naranja) se concentran en el centro y área suroriental del cantón. Esto probablemente se debe a una combinación desfavorable de alta amenaza, alta exposición, alta sensibilidad y baja capacidad de adaptación. La investigación indica que los ecosistemas más presionados son las áreas urbanas, los cultivos y las fuentes hidrológicas. Las proyecciones sugieren que los impactos serán más evidentes en la zona central y suroriental del cantón. El cambio climático afectará moderadamente, pero suelos urbanizados, tierras agrícolas y el río Quevedo serán los más vulnerables a variaciones de temperatura y precipitación, con mayor probabilidad de eventos extremos. Las áreas urbanas presentan el mayor nivel de

peligro, y la contaminación y el enriquecimiento de nutrientes impactarán significativamente los ecosistemas urbanos, agrícolas y la principal fuente hídrica de Quevedo.

VI. DISCUSIONES

Para mitigar el cambio climático, especialmente en los países en vías de desarrollo, es necesario comprender el crecimiento urbano, el que ha sido acelerado. La creación de ciudades intermedias sin planificación desmantela la cubierta vegetal natural, aumenta la necesidad de servicios y recursos, lo que contribuye a la contaminación ambiental (Duque y Montoya, 2021). El presente estudio corrobora que la expansión urbana no planificada en Quevedo conduce a la degradación progresiva de ecosistemas naturales, manifestada en pérdida de bosques ribereños, alteración de suelos y humedales. Esta transformación del paisaje urbano reduce intrínsecamente la resiliencia ecológica del territorio, al comprometer la capacidad de los sistemas naturales para regular el ciclo hídrico y mitigar la intensidad de los eventos climáticos extremos. Así, los resultados de esta investigación mostraron relación entre el crecimiento urbano no planificado, el cambio climático y la vulnerabilidad climática, que revela un crecimiento hacia zonas amenazadas propensas a inundaciones, aumentándose de esta manera la exposición y la vulnerabilidad climatológica (Song et al., 2023; Lane et al., 2024). Es fundamental reconocer que la urbanización informal no solo incrementa la exposición física, sino que también agrava las desigualdades sociales preexistentes, al dejar a las poblaciones más vulnerables con menor acceso a recursos y servicios básicos para afrontar los impactos climáticos (ONU, 2024).

Por otra parte, se alcanzó a precisar la distribución espacial de niveles de amenaza y exposición, sensibilidad, adaptación y

riesgo climático, que facilitan la identificación de zonas vulnerables en el cantón. Los resultados son similares a los reportados por otros investigadores (Ghosh et al., 2022; Kim y Park, 2023; Fan y Zhao, 2025; Kythreotis et al., 2024) quienes afirman que los principales riesgos de vulnerabilidad son la contaminación del agua y del suelo, el surgimiento y aumento de la pobreza, la confirmación de plagas por el cambio climático y la variabilidad climática. De la misma manera, se confirma que el área de estudio presenta riesgo moderado, similar a lo señalado por Burgos Choez, et al. (2019) en su estudio realizado en la provincia de Manabí, Quevedo-Ecuador, a través del análisis de los componentes físicos, sociales, económicos y ecológicos, estimaron la vulnerabilidad global en media (55 %), influenciada principalmente por el aspecto social por la falta de preparación ante el riesgo de parte de las instituciones gubernamentales locales y habitantes; le sigue el aspecto físico, por la cercanía de gran parte de viviendas al río; el ecológico, por la disminución de la cobertura vegetal y el sellado de suelo, lo que impacta negativamente la provisión de servicios ecosistémicos vitales como la regulación hídrica y la protección contra erosión (Córdoba-Hernández, 2021) y, en menor proporción, el económico, por la ubicación de la zona comercial sobre el área con pendientes inferiores a 2,5 grados. Esta interconexión entre los factores biofísicos, sociales y económicos exige un enfoque holístico en la evaluación de la vulnerabilidad, que no solo mapee los riesgos, sino que también comprenda las dinámicas socioeconómicas subyacentes que amplifican o mitigan los impactos climáticos.

La vinculación de estos hallazgos demuestra la importancia de la planificación del crecimiento urbano de manera sostenible con la implementación de estrategias integrales que puedan lidiar con la vulnerabilidad climatológica (Ávila, 2024). Con base en la literatura (Burgos Choez et al., 2019; Mendes et al., 2020), se comprobó la necesidad de realizar estudios de variabilidad climática, histórica en la región, especialmente ante eventos extremos (sequías, inundaciones, olas de calor), para determinar vulnerabilidades y capacidad de las comunidades ante estos riesgos (Gómez-Guerrero et al., 2021; Murillo Delgado et al., 2023). Los estudios de riesgos climáticos, junto con planes de ordenamiento territorial, respuesta/emergencia y estrategias de adaptación, son cruciales para generar conocimientos y capacidades en las comunidades más vulnerables (Dey y Lewis, 2021; Duque y Montoya, 2021). Para abordar esta vulnerabilidad y fortalecer la resiliencia ecológica, es esencial implementar SbN las que contribuyen directamente a la mitigación del cambio climático y a la mejora de los servicios ecosistémicos (Rojas Morales, 2024) en el cantón Quevedo.

VII. CONCLUSIONES

En síntesis, la expansión urbana no planificada en Quevedo es un factor clave que degrada los ecosistemas locales y, consecuentemente, debilita la resiliencia ecológica del cantón, al aumentar su vulnerabilidad a amenazas climáticas. El análisis cartográfico revela que el cantón Quevedo enfrenta un alto nivel de amenaza climática en toda su extensión, especialmente

en áreas con pendientes pronunciadas que incrementan la susceptibilidad a inundaciones. Las zonas rurales, con exposición moderada, son igualmente susceptibles a desastres naturales, lo que incrementa la vulnerabilidad climática. Al considerar la sensibilidad y la capacidad de adaptación, se identifica que las zonas periféricas y algunas áreas rurales muestran niveles de sensibilidad de moderados a muy altos, asociados a condiciones inadecuadas de vivienda y materiales de construcción, y, presentan una baja capacidad de adaptación debido a limitaciones en recursos económicos, nivel educativo y acceso a servicios. La pérdida de la cobertura vegetal de estas zonas también afecta la provisión de servicios ecosistémicos cruciales como la regulación del ciclo del agua y la protección del suelo, al disminuir aún más su capacidad para afrontar riesgos. La ausencia y el incumplimiento de marcos regulatorios de uso del suelo exacerbar esta vulnerabilidad.

Por lo tanto, para mitigar los riesgos climáticos en el cantón Quevedo, es fundamental monitorear continuamente las áreas de alta exposición y mejorarla infraestructura de drenaje al integrar principios de drenaje sostenible urbano. Se debe promover la construcción de viviendas más resistentes y la mejora de las existentes en áreas de alta sensibilidad, al fomentar el uso de materiales locales y técnicas resilientes/eficientes. También, es crucial implementar programas participativos de educación y capacitación en cambio climático y gestión de riesgos para aumentar la capacidad de adaptación de la comunidad, preparándolos para enfrentar los desafíos climáticos futuros. Finalmente, la reforestación y conservación del entorno natural, son esenciales para fortalecer la resiliencia ecológica y mejorar los servicios ecosistémicos. Así como, la implementación de políticas de ordenamiento territorial que restrinjan el desarrollo en zonas de alto riesgo y protejan los ecosistemas clave, serán crucial para asegurar el éxito a largo plazo de estas medidas.

VIII. CONTRIBUCIÓN DE AUTORES CRedit:

Conceptualización, C.A.N.C.; Curación de datos, V.M.G.S.; Análisis formal, M.C.V.R.; Adquisición de financiación, C.A.N.C.; Investigación, P.H.L.M.; Metodología, M.C.V.R.; Administración de proyecto, W.M.D.Z.; Recursos, C.A.N.C.; Software, P.H.L.M.; Supervisión, M.C.V.R.; Validación, P.H.L.M.; Visualización, W.M.D.Z.; Escritura – borrador original, V.M.G.S.; Escritura – revisión y edición, W.M.D.Z.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ávila Chacón, B. (2024). El desarrollo rural sostenible como discurso de las políticas de Estado para el Agro Ecuatoriano 1994-2020 y 2020-2030. [Tesis de Maestría, Universidad Andina Simón Bolívar]. Repositorio UASB. <http://hdl.handle.net/10644/10257>

Bufalo, M., Ceci, C., y Orlando, G. (2024). Addressing the financial impact of natural disasters in the era of climate change. *The North American Journal of Economics and Finance*, 73, 102152. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2024.102152>

- Burgos Choez, B. D., Cartaya Ríos, S. J., y Mero del Valle, D. J. (2019). Análisis de la vulnerabilidad a inundaciones de la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga, provincia de Manabí, Ecuador. *Investigaciones Geográficas*, (98), 2448-7279. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112019000100003
- Córdoba-Hernández, R. (2021). La vulnerabilidad ecosistémica según el planeamiento en la protección del suelo de la comunidad de Madrid. *Urbano*, 24(43), 18-29 <https://doi.org/10.22320/07183607.2021.24.43.02>
- Dey, R., y Lewis, S. C. (2021). Natural disasters linked to climate change in T. M. Letcher (Ed.), *The Impacts of Climate Change: A Comprehensive Study of Physical, Biophysical, Social, and Political Issues*, 177-193. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822373-4.00004-5>
- Díaz, S., Settele, J., Brondizio, E. S., Ngo, H. T., Guèze, M., Agard, J., Arneth, A., Balvanera, P., Brauman, K. A., Butchart, S. H. M., Chan, K. M. A., Garibaldi, L. A., Ichii, K., Liu, J., Subramanian, S. M., Midgley, G. F., Miloslavich, P., Molnár, Z., Obura, D., Pfaff, A., Polasky, S., Purvis, A., Razzaghe, J., Reyers, B., Roy Chowdhury, R., Shin, Y. J., Visseren-Hamakers, I. J., Willis, K. J., y Zayas, C. N. (eds.). (2019). *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services*. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, IPBES secretariat: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3553579>.
- Duque Franco, I., y Montoya Garay, J. W. (2021). Cambio climático y urbanización. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 30(2), 274-279. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/crg/article/view/97354>
- EcuRed. (01 de febrero de 2025). *Cantón Quevedo (Ecuador)*. [Enciclopedia Cubana]. [https://www.ecured.cu/Cant%C3%B3n_Quevedo_\(Ecuador\)](https://www.ecured.cu/Cant%C3%B3n_Quevedo_(Ecuador))
- Fan, H., y Zhao, K. (2025). Uncovering the intensity of climate risk and opportunity: awareness and effectiveness. *The British Accounting Review*, 57(2), 101469. <https://doi.org/10.1016/j.bar.2024.101469>
- Flores, B. E. y Vlassova, L. (2022). *Variabilidad climática en zonas de alto riesgo del cantón Quevedo, Ecuador*. Quevedo: UTEQ. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6734>
- Geportal Militar Ecuador. (2024). Mapas para la descargar. <https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/descargas/geoinformacion/>
- Ghosh, J., Chakraborty, S., Díaz Ceballos, A. S., y Adiaba, A. I. J. (2022). A just transition: How can we fairly assign climate responsibility. *Earth4All: Deep-Dive paper 06*, 2-18. https://www.clubofrome.org/wp-content/uploads/2022/07/Earth4All_Deep_Dive_Ghosh.pdf
- Gómez-Guerrero, A., Correa-Díaz, A. y Castruita-Esparza, L. U. (2021). Cambio climático y dinámica de los ecosistemas forestales. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(4), 673-682. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.4.673>
- Hernández Aja, A., Aparicio Mourelo, Á., Gómez García, M. V., González García, I., Córdoba Hernández, R., Díez Bermejo, A., Sánchez-Toscano Salgado, G., Sanz Fernández, Á., Álvarez del Valle, L., Carmona Mateos, F., Carpíño Pinedo, J., Gómez Giménez, J. M., Jiménez Romera, C., Morán Alonso, N., y Picardo Costales, L. (2020). *Resiliencia funcional de las áreas urbanas. El caso del Área Urbana de Madrid*. Instituto Juan de Herrera. <http://oa.upm.es/63377>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censo [INEC]. (2022). *Censo poblacional y de vivienda 2022*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- Jordán, R., Riff, L., y Prado, A. (Cds.). (2017). *Desarrollo sostenible, urbanización y desigualdad en América Latina y El Caribe. Dinámicas y desafíos para el cambio estructural*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/12/5937/11.pdf>
- Kim, S. K., y Park, S. (2023). How does exposure to climate risk contribute to gentrification? *Cities*, 137, 104321. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2023.104321>
- Kythreotis, A. P., Hannaford, M., Howarth, C., y Bosworth, G. (2024). Translating climate risk assessments into more effective adaptation decision-making: The importance of social and political aspects of place-based climate risk. *Environmental Science & Policy*, 154, 103705. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2024.103705>
- Lane, K., González, A., Rodríguez, R., Adya, M., Herrera, G. E., Brown, W., Gutiérrez, D., Rodríguez, M., y Navarro, R. (2024). Impact of Urbanization on Public Health: An Analysis of Lifestyle-Related Diseases in Urban Areas in Panama. *Multidisciplinary & Health Education Journal*, 6(1), 702-712. <https://journalmhe.org/ojs3/index.php/jmhe/article/view/103>
- Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica [MAATE]. (2019). *Herramienta para la integración de criterios de Cambio Climático en los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Ministerio del Ambiente, Ecuador. <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2019/09/Caja-de-herramientas-Cambio-Climático-.pdf>
- Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica [MAATE]. (2023). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático del Ecuador (2023-2027). Ministerio del Ambiente, Ecuador. https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/02/PNA_Plan-Nacional-de-Adaptacion_2023_2027.pdf
- Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H.-O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P. R., Pirani, A., Moufouma-Okia, W., Péan, C., Pidcock, R., Connors, S., Robin Matthews, J. B., Chen, Y., Zhou, X., Gomis, M. I., Lonnoy, E., Maycock, T., Tignor, M., y Waterfield, T. (Eds.). (2019). *Calentamiento global de 1,5°C. Resumen para responsables de políticas*. Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático [IPCC]. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf
- Meerow, S., Newell, J. P., y Stults, M. (2016). Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning*, 147, 38-49. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.11.011>
- Mendes, F. H., Romero, H., y Ferreira da Silva Filho, D. (2020). Cambio Climático adverso provocado por la urbanización sin planificación ni evaluación ambiental en Santiago de Chile. *Revista de geografía Norte Grande*, (77), 191-210. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022020000300191>
- Murillo Delgado, C. J., Calderón Muñoz, A. C., Icaza Valencia, H. J., y Sánchez Bazantes, L. C. (2023). Sustainable urban development in Latin America. *Universidad Ciencia Y Tecnología*, 27(119), 116-126. <https://doi.org/10.47460/uct.v27i119.713>
- Narváez Quiñonez, I. T., Durán Saavedra, G. A., Menoscal Cevallos, J. J., y Bayón Jiménez, M. (2020). Espacio urbano periférico y la construcción social del riesgo en ciudades intermedias. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 13. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cvu13.eupc>
- Nieto Cañarte, C. A., Jordán Hernán, M. S., Guamán Sarango, V. M., y Burgos-Carpio, B. A. (2023). Condiciones edafoclimáticas actuales y futuras para establecimiento de la balsa (*Ochroma spp.*) con pastos en el Oriente Ecuatoriano. *Revista de Climatología*, 23, 167-178. <https://doi.org/10.59427/rcli/2023/v23.167-178>
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2024). *Las ciudades seguirán creciendo, sobre todo en los países en desarrollo*. Noticias ONU. <https://www.un.org/es/desa/2018-world-urbanization-prospects#:~:text=Actualmente%2C%20el%2055%20%25%20de%20las,oficial%20de%20asuntos%20de%20poblaci%C3%B3n>
- Organización Mundial para la Salud [OMS]. (2022). *Naturaleza, biodiversidad y salud: una descripción general de las interconexiones*. Oficina Regional de la OMS para Europa. <https://iris.who.int/handle/10665/352803>
- Rojas Morales, J. R. (2024). La era de la ebullición global: desafíos y oportunidades para la resiliencia climática en la región Centroamericana. *Revista de Ciencias Ambientales*, 58(2), 1-20. <https://doi.org/10.15359/rca.58-2.9>
- Song, Y., Wang, C., y Wang, Z. (2023). Climate risk, institutional quality, and total factor productivity. *Technological Forecasting and Social Change*, 189, 122365. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122365>
- Villavicencio-Ordóñez, J. E., López-Guzmán, D. R., y Velásquez-Cajas, Á. P. (2024). Crecimiento urbano y vulnerabilidad al cambio climático de Calderón en el distrito Metropolitano de Quito, Ecuador. *Urbano*, 27(49), 94-107. <https://doi.org/10.22320/07183607.2024.27.49.07>