

RESEARCH ARTICLE

Estudio de vulnerabilidad climática en el cantón Mocache, Los Ríos, Ecuador

Carlos Alberto Nieto-Cañarte ^{1*}  Pedro Harrys Lozano-Mendoza ¹  Paula Mishell Corella-Romero ¹ 
Magina Noelia Sánchez-Loor ¹  Narcisa Claribel Sánchez-Loor ¹  Kevin Ismael Muñoz-Rodríguez ¹ 

¹ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Quevedo, Ecuador.

✉ Correspondencia: cnieto@uteq.edu.ec ☎ + 593 98 208 0000

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj72168>

Resumen: Este estudio analiza los riesgos climáticos y las vulnerabilidades del cantón Mocache. A través de una metodología de evaluación de riesgos adaptada a las condiciones particulares de catón, se determinaron las áreas más vulnerables a los impactos del cambio climático. Los resultados muestran que las áreas rurales son especialmente susceptibles debido a la falta de infraestructura adecuada y a la deforestación. Este estudio contribuye a la comprensión de las dinámicas de riesgo en áreas rurales y destaca la importancia tomar de acciones coordinadas para mitigar los efectos adversos del cambio climático en Mocache.

Palabras claves: Cambio climático, Vulnerabilidad climática, Riesgo climático.

Climate vulnerability study in the Mocache canton, Los Ríos, Ecuador

Abstract: This study analyses the climate risks and vulnerabilities of the Mocache canton. Through a risk assessment methodology adapted to the particular conditions of the canton, the areas most vulnerable to the impacts of climate change were determined. The results show that rural areas are especially susceptible due to the lack of adequate infrastructure and deforestation. This study contributes to the understanding of risk dynamics in rural areas and highlights the importance of taking coordinated actions to mitigate the adverse effects of climate change in Mocache.

Keywords: Climate change, Climate vulnerability, Climate risk.

1. Introducción

El cambio climático es un fenómeno mundial que cada vez suscita más interés en ámbitos científicos, políticos, sociales y mediáticos debido a sus efectos que impactan y modifican casi todas las actividades humanas [1]. Asimismo, altera el funcionamiento de la biosfera y la integridad de los ecosistemas, afectando los ciclos biogeoquímicos vitales [2]. Además, es un tema de conflicto y polarización política, donde con demasiada frecuencia prevalecen los intereses económicos, sin



Cita: Nieto-Cañarte, C. A., Lozano-Mendoza, P. H., Corella-Romero, P. M., Sánchez-Loor, M. N., Sánchez-Loor, N. C., & Muñoz-Rodríguez, K. I. (2024). Estudio de vulnerabilidad climática en el cantón Mocache, Los Ríos, Ecuador. Green World Journal, 07(02), 168.

<https://doi.org/10.53313/gwj72168>

Received: 20/July /2024

Accepted: 01/August/2024

Published: 30/August/2024

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



considerar la creciente vulnerabilidad que este fenómeno provoca, especialmente en las zonas tropicales y las regiones más pobres [3].

América Latina y el Caribe es una región especialmente vulnerable a las amenazas del cambio climático. Esto se debe, entre otras razones, a su gran riqueza en biodiversidad y a los altos niveles de especies endémicas que posee [4]. Los países de América Latina han implementado políticas que vinculan la conservación de la biodiversidad con el cambio climático. Estas políticas se han agrupado en varias categorías: mitigación y adaptación al cambio climático, fortalecimiento de las áreas naturales protegidas (ANP), conservación y gestión de recursos forestales e hídricos, observación y monitoreo, y reducción de la erosión [5].

El clima en Ecuador se caracteriza por dos estaciones: una cálida y otra fría, también conocidas como verano e invierno, debido a su ubicación en la línea ecuatorial y la influencia de la humedad proveniente de la región Amazónica [6]. Por esta razón, es importante destacar la vulnerabilidad del país frente a posibles alteraciones causadas por el calentamiento global. Los efectos observados en Ecuador se manifiestan en la percepción biofísica del territorio, como el deshielo de los nevados andinos, el aumento de la temperatura, inundaciones, sequías, elevación del nivel del mar, impactos negativos en las actividades productivas y biodiversidad, entre otros [7].

Asimismo, la incidencia de fenómenos climáticos como El Niño provoca severas afectaciones en el territorio nacional, tales como sequías e inundaciones [8]. En Ecuador se presentan dos escenarios: Fase El Niño (etapa cálida) con un aumento de las precipitaciones; y Fase La Niña (etapa fría) con una disminución de las precipitaciones [9]. Las consecuencias observadas incluyen el incremento de las temperaturas máximas y mínimas, así como las variaciones en las precipitaciones.

El país está dedicado a la protección del medio ambiente y la lucha contra el cambio climático [10]. De tal manera que ha puesto en marcha una serie de procesos y acciones destinadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mitigar sus impactos [11]. Estos esfuerzos abarcan diversos sectores y tienen como objetivo promover un desarrollo sostenible y resiliente en el país [12].

El estudio tiene como finalidad analizar los riesgos y vulnerabilidades que enfrenta el cantón Mocache, Los Ríos, Ecuador ante el cambio climático. Para ello, se utilizó información precisa y una metodología de campo con el objetivo de determinar el nivel de riesgo en términos de exposición y amenazas asociadas a este fenómeno. Este análisis permite comprender la situación en la que se encuentra la comunidad y facilitará la adopción de medidas adecuadas para afrontar los desafíos climáticos identificados.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

El análisis de vulnerabilidad climática se llevó a cabo en el cantón Mocache, provincia de Los Ríos, identificando los riesgos climáticos mediante la evaluación de la amenaza, sensibilidad, exposición y capacidad de adaptación, tal como se muestra en la Figura 1.

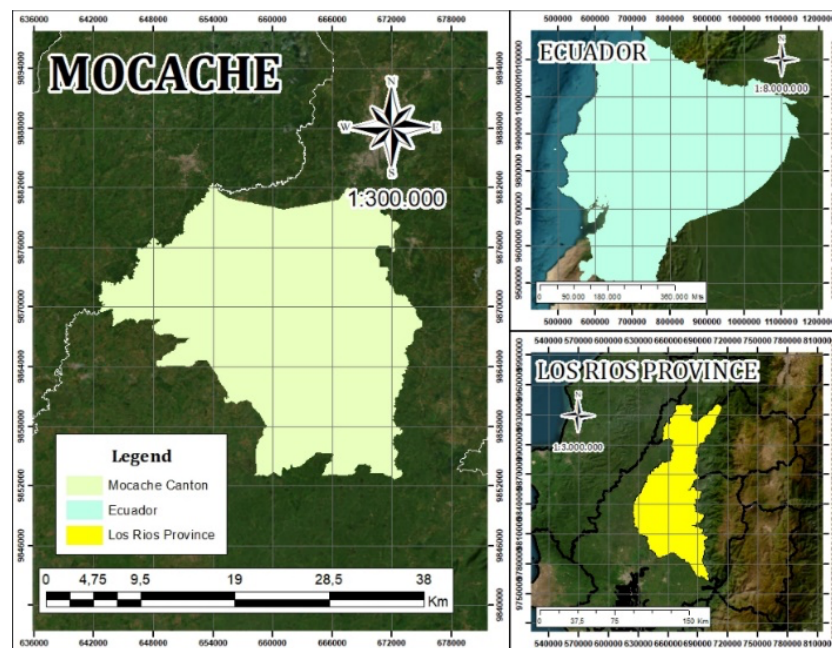


Figura 1. Ubicación del área de estudio

2.2. Métodos

El cantón Mocache cuenta con un clima tropical cálido semihúmedo, con una estación lluviosa intensa y una estación seca bien definida, se encuentra localizado a 85 metros sobre el nivel mar [13]. La Figura 2 muestra la estacionalidad de la precipitación entre 1972 y 2020. Se identifican picos de lluvia en ciertos meses, mostrando la variabilidad interanual y la distribución de las precipitaciones, así como la presencia de eventos extremos. Del mismo modo, la Figura 3, muestra la temperatura del cantón, la misma que fue utilizada para este estudio, muestra la variación estacional y anual de las temperaturas, destacando patrones consistentes en la estacionalidad y fluctuaciones a lo largo del tiempo, junto con la distribución y variabilidad de las temperaturas mensuales.

Figura 2. Precipitación

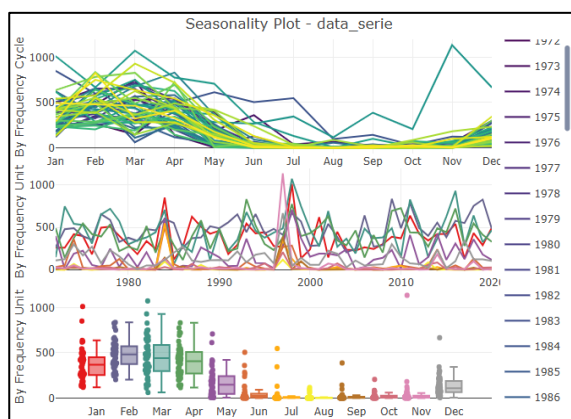
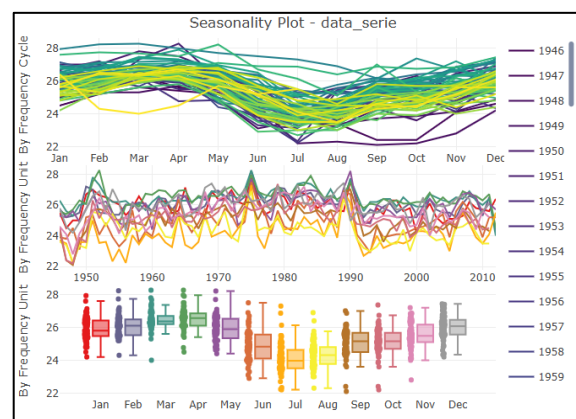


Figura 3. Temperatura



2.2.3. Vulnerabilidad a los riesgos ambientales mediante el análisis de la sensibilidad y capacidad de adaptación ante el riesgo climático del cantón Mocache

Para definir la vulnerabilidad en el cantón Mocache, se evaluaron la sensibilidad y la capacidad de adaptación para determinar el riesgo climático presente [14]. Se descargó una base de datos actualizada y se cargó en el sistema de información geográfica (SIG) la capa de sectores del Ecuador, ajustándola al cantón Mocache. Se utilizó una base de datos adicional para calcular la sensibilidad y la capacidad de adaptación, que fue procesada mediante un software especializado. La información específica para la Provincia de Los Ríos y el cantón Mocache se seleccionó y guardó. Se eligieron las variables necesarias para calcular la sensibilidad y la capacidad de adaptación del cantón. Para la sensibilidad, se consideraron cinco variables evaluadas en una escala del 1 al 5, según lo indicado en la Tabla 1.

Tabla 1. Variables evaluadas para el análisis de sensibilidad

Variables	Rangos	Niveles
Estado de piso; Estado del techo o cubierta; Estado de las paredes exteriores	20 - 39	2
	40 - 59	3
	60 - 79	4
	80 - 90	5
Tipo de vivienda	1 - 19	2
	20 - 39	3
	40 - 59	4
	60 - 70	5
Sabe leer y escribir	1 - 9	3
	10 - 19	4
	20 - 30	5

Para evaluar la capacidad de adaptación ante potencial riesgo climático para el cantón Mocache (Tabla 2), se seleccionaron las siguientes variables, con sus respectivos rangos y por ende niveles:

Tabla 2. Variables evaluadas para el análisis de adaptación

Variables	Rangos	Niveles
Dispone de automóvil y camioneta para uso exclusivo	1 - 5	2
	6 - 15	3
	16 - 25	4
Dispone de servicios a internet fijo	40 - 59	3
	50 - 79	4
	80 - 100	5
En los últimos 3 meses ha utilizado internet	1 - 19	2
	20 - 39	3
	40 - 59	4
	60 - 70	5
Disponibilidad a espacio con instalación para bañarse	20 - 39	2
	40 - 59	3
	50 - 79	4
	80 - 100	5
Condición analfabetismo	70 - 80	4

Variables	Rangos	Niveles
	90 - 100	5

Amenaza climática:

Para elaborar un mapa de amenaza utilizando un sistema de información geográfica, se cargó la capa de cantones y se recortó el cantón Mocache. Se añadió una columna nueva en la tabla de atributos titulada "amenaza" y se utilizó el Field Calculator para asignar el valor 4, que se seleccionó según los criterios establecidos en la Tabla 3. Este valor permitió clasificar la simbología con un tono anaranjado, representando así la amenaza del cantón.

Tabla 3. Clasificación de Amenazas climáticas

Nula	Muy baja	Baja	Moderada	Alta	Muy alta
0	1	2	3	4	5

Fuente: Ministerio del Ambiente de Ecuador [15]

Nivel de exposición al riesgo:

Para evaluar la exposición al riesgo climático en el cantón Mocache, se utilizó un Sistema de Información Geográfica (SIG). Primero, se cargó la capa de suelo de Ecuador en el SIG y se recortó para ajustarla a los límites del cantón Mocache. Esta preparación permitió enfocar el análisis específicamente en el área de interés. A continuación, se añadió una nueva columna titulada "Exposición" en la Tabla de atributos de la capa de suelo. Se asignaron valores numéricos del 2 al 5 a cada tipo de suelo, basándose en los rangos de porcentaje de afectación indicados en la Tabla 4. Esta clasificación facilitó la evaluación precisa de la exposición al riesgo climático en el cantón.

Tabla 4. Nivel de exposición respecto al porcentaje de exposición

Nula	Muy baja	Baja	Moderada	Alta	Muy alta
Sin información	≤5%	>5 - 12%	>12 - 25%	>25 - 50%	>50

Fuente: Ministerio del Ambiente de Ecuador [15]

Para el análisis del rango de exposición climática, se toman en cuenta los detalles presentados en la Tabla 5, que exhibe los distintos niveles de exposición utilizados para evaluar el riesgo climático en el cantón Mocache. Finalmente, la capa resultante se transformó en un formato ráster y se reclasificó para establecer una escala de niveles de exposición, la cual fue analizada posteriormente [15].

Tabla 5. Nivel o grado de Exposición climática

Exposición	Interpretación
	La exposición climática es muy baja cuando la proporción del área del elemento expuesto es de 0% al 20%.

Exposición	Interpretación
La estimación del grado de exposición se basa en los siguientes aspectos: - Proporción del elemento expuesto que es susceptible a una amenaza climática. - Cambios en la exposición a una amenaza climática con el tiempo. - Frecuencia de eventos climáticos extremos y sus efectos físicos directos (como derrumbes e inundaciones).	La exposición climática se considera baja cuando la proporción del área del elemento expuesto del 21% al 40%.
	La exposición climática es moderada cuando la proporción del área del elemento expuesto es del 41% al 60%.
	La exposición climática es alta cuando la proporción del área del elemento expuesto es de 61% al 80%.
	La exposición climática es muy alta cuando la proporción del área del elemento expuesto es del 81% al 100%.

Fuente: Ministerio del Ambiente de Ecuador [15]

Cálculo de Sensibilidad y Capacidad de Adaptación:

Una vez seleccionadas las variables, se realizó el cálculo utilizando una función específica, generando automáticamente Tablas de datos en formato Excel para sensibilidad y capacidad de adaptación. En Excel, se llevó a cabo los cálculos necesarios para ambas categorías. Se sumó los valores de cada variable, se multiplicaron por 100 y se dividieron entre el total. Para variables binarias, se consideró únicamente una opción. Los datos se ordenaron de menor a mayor y se asignó una clasificación manual del 2 al 5. Posteriormente, se calcularon los promedios sumando las cinco variables y dividiendo entre el total.

Las Tablas finales con los valores de sensibilidad y capacidad de adaptación se guardaron como archivos CSV delimitados por comas. Estos archivos se importaron en el sistema de información geográfica (SIG), donde se añadió una nueva columna denominada "SEC", que se alineó con los valores de sectores en la capa correspondiente. Se realizó una unión entre los archivos de sensibilidad y capacidad de adaptación y la capa de sectores utilizando las columnas respectivas. Finalmente, se llevó a cabo la clasificación simbólica para ambas categorías y se transformaron las capas en formato ráster mediante el SIG.

Análisis de la vulnerabilidad:

Después de calcular la sensibilidad y la capacidad de adaptación, se procedió a determinar la vulnerabilidad climática, que se define como la propensión a ser afectado negativamente [16]. La vulnerabilidad abarca varios aspectos, incluyendo la susceptibilidad al daño y la capacidad de respuesta y resiliencia [17]. Para calcular la vulnerabilidad, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Vulnerabilidad} = \left[\frac{(\text{Sensibilidad})}{(\text{Capacidad de adaptación})} \right]$$

Para calcular la vulnerabilidad, es importante evaluar tanto la "sensibilidad" como la capacidad de adaptación. El análisis de sensibilidad se realizó de acuerdo con los parámetros establecidos en la Tabla 6.

Tabla 6. Consideraciones para el análisis de sensibilidad

Sensibilidad	Grado de sensibilidad
Depende de las características propias del elemento expuesto que lo vuelven susceptible frente a amenazas climáticas. - Puede ser más pronunciada cuando las consecuencias de la amenaza climática afecten a un recurso clave para alcanzar el objetivo del proyecto. - Puede verse acentuada por “presiones no climáticas” (ambientales, sociales, políticas o económicas) que un determinado elemento expuesto enfrente, mismas que pueden identificarse durante la fase de diagnóstico del PDOT.	El elemento expuesto es muy poco susceptible a presentar daños frente a la amenaza climática, permitiendo la normal operación del programa / proyecto.
	El elemento expuesto es poco susceptible a presentar daños frente a la amenaza climática, permitiendo que el programa/proyecto opere con relativa normalidad
	El elemento expuesto es medianamente susceptible a presentar daños frente a la amenaza climática, limitando la normal operación del programa / proyecto
	El elemento expuesto es altamente susceptible a presentar daños frente a la amenaza climática, provocando cierres temporales pero frecuentes del programa / proyecto
	El elemento expuesto tiene una susceptibilidad muy alta a presentar daños frente a la amenaza climática, provocando cierres permanentes de los programas / proyectos

Fuente: Ministerio del Ambiente de Ecuador [15]

Por otro lado, los criterios para evaluar la capacidad adaptativa se encuentran en la Tabla 7, y estos serán utilizados para medir cómo el cantón Mocache puede responder ante las amenazas.

Tabla 4. Consideraciones para el análisis de la capacidad adaptativa

Capacidad de adaptación	Grado de la Capacidad de adaptación
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. Los proyectos con mayor capacidad adaptativa pueden responder mejor ante las amenazas climáticas.	El elemento expuesto tiene muy poca capacidad de respuesta para hacer frente a las amenazas climáticas. Esta capacidad de adaptación no reduciría los daños ocasionados por la amenaza climática, ocasionando cierres permanentes del programa/proyecto.
	El elemento expuesto tiene poca capacidad de respuesta para hacer frente a las amenazas climáticas. Esta capacidad de adaptación no reduciría la totalidad de los daños ocasionados por la amenaza climática, provocando cierres frecuentes del mismo.
	El elemento expuesto tiene una capacidad de respuesta moderada para hacer frente a las amenazas climáticas. Esta capacidad de adaptación reduciría, parcialmente, los daños ocasionados por la amenaza climática, limitando el funcionamiento normal del proyecto.
	El elemento expuesto es altamente susceptible a presentar daños frente a la amenaza climática, provocando cierres temporales pero frecuentes del programa/proyecto.
	El elemento expuesto tiene una muy alta capacidad de respuesta a las amenazas climáticas. Esta capacidad de adaptación reduciría completamente los posibles daños ocasionados por las amenazas, permitiendo el funcionamiento normal del proyecto.

Fuente: Ministerio del Ambiente de Ecuador [15]

Determinación y análisis del nivel de riesgo climático

Para establecer el riesgo climático en la zona de estudio, se analizó la probabilidad y la magnitud de los impactos negativos del cambio climático en la comunidad [18]. Esta evaluación ofreció datos esenciales para la planificación y toma de decisiones en la gestión del riesgo climático [19]. Se tuvieron en cuenta factores fundamentales como las amenazas climáticas, la vulnerabilidad, la exposición, la sensibilidad y la capacidad de adaptación [20]. La fórmula utilizada para el cálculo fue:

$$\text{Riesgo climático} = \left\{ (\text{Amenaza})(\text{Exposición}) \left[\frac{(\text{Sensibilidad})}{(\text{Capacidad de adaptación})} \right] \right\}$$

Con base en los resultados obtenidos, se estableció el nivel de riesgo de la comunidad, que se clasifica de acuerdo con los criterios presentados en la Tabla 3.

3. Resultados

El mapa de amenaza climática del Cantón Mocache (Figura 4) una evaluación integral de la amenaza del cantón a fenómenos meteorológicos adversos, como precipitaciones fuertes, deslizamientos e inundaciones. Este análisis se basó en el estudio estadístico de las variables meteorológicas, cuyo resultado indica que todo el territorio del cantón tiene una amenaza alta, lo que lo que representa un alto riesgo para la población, la infraestructura, y las actividades económicas de la región. Dicho mapa revela una situación crítica, con todo el territorio clasificado en un nivel de amenaza alta. La magnitud del riesgo subraya la necesidad urgente de medidas de mitigación y adaptación, como mejorar la infraestructura de drenaje y fomentar la reforestación para prevenir la erosión.

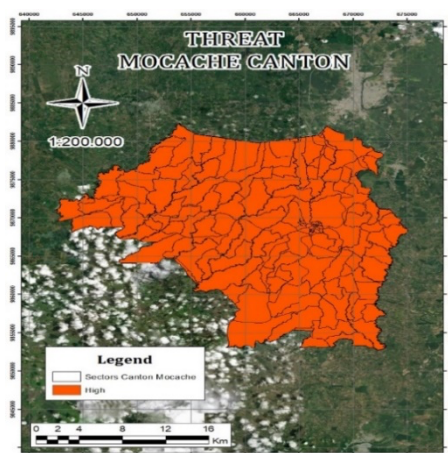


Figura 4. Amenaza al riesgo climático en el cantón Mocache

El mapa de exposición climática del Cantón Mocache (Figura 5) muestra una variada vulnerabilidad del territorio a eventos de precipitación, como inundaciones y deslizamientos. La

distribución espacial de esta exposición se presenta mediante una clasificación de 5 niveles de exposición: muy baja, baja, Moderada, alta y muy alta, permitiendo una visualización clara de las áreas más y menos propensas a estos fenómenos.

La mayor parte central y sureste del cantón se clasifica con niveles de exposición alta y muy alta (marcadas de color naranja y rojo, respectivamente). La elevada exposición se atribuye a la pendiente del cantón, además se puede atribuir la proximidad con cuerpos de agua y, por ende, susceptibilidad a eventos extremos respecto al cambio climático, como inundaciones. Se observa también una transición a exposición moderada (color amarillo) en las zonas circundantes a las de alta exposición; estas áreas actúan como zonas de amortiguamiento, pero aún muestran una vulnerabilidad considerable al riesgo climático.

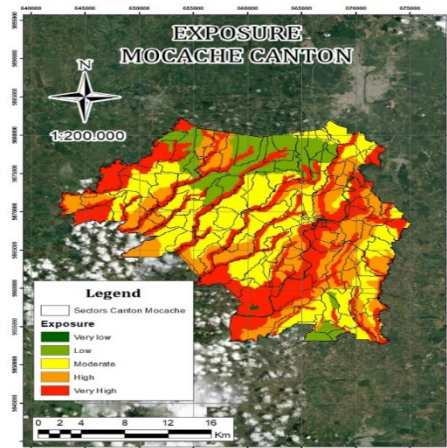


Figura 5. Exposición al riesgo climático en el cantón Mocache

El mapa de sensibilidad del Cantón Mocache (Figura 6) muestra la variabilidad del territorio ante eventos climáticos extremos. Los niveles de sensibilidad se clasificaron en baja, moderada, alta y muy alta, lo que permite identificar áreas que pueden ser más susceptibles a sufrir impactos significativos. La mayor parte del sur y suroeste del cantón se clasifican con niveles de sensibilidad alta y muy alta. Las áreas de sensibilidad muy alta que están de color rojo son las más susceptibles a los efectos adversos del cambio climático, como inundaciones, sequías extremas o pérdida de biodiversidad, y requieren medidas urgentes de adaptación y mitigación. Las áreas en naranja, con sensibilidad alta, también muestran una vulnerabilidad significativa. Aunque no son tan críticas como las zonas rojas, estas áreas aún enfrentan riesgo considerable y ambas son vulnerables, es esencial implementar estrategias de gestión de riesgos y planes de contingencia para reducir su exposición a los impactos del cambio climático. Las áreas en amarillo, que indican una sensibilidad moderada y se encuentran en la parte central del cantón, tienen una menor vulnerabilidad en comparación con las zonas rojas y naranjas. Sin embargo, estas áreas todavía pueden verse afectadas por el cambio climático y necesitan monitoreo continuo y políticas que promuevan la resiliencia climática a largo plazo.

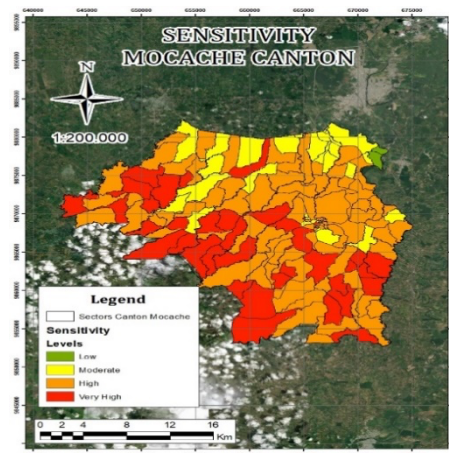


Figura 6. Sensibilidad al riesgo climático en el cantón Mocache

El mapa de capacidad de adaptación en el Cantón Mocache (Figura 7), que muestra cómo diferentes sectores del área de estudio están equipados para enfrentar y adaptarse a los impactos del cambio climático. Dicho mapa se construyó con base en una serie de variables seleccionadas, las cuales fueron integradas en una clasificación que distingue dos niveles principales de capacidad de adaptación: Moderada y Alta.

Las áreas representadas en amarillo indican una capacidad de adaptación moderada al riesgo climático, sugiriendo que, aunque estas áreas cuentan con recursos y servicios básicos que permiten una cierta capacidad de adaptación, aún podrían enfrentar desafíos considerables ante eventos climáticos adversos; cuyas limitaciones serían la disponibilidad a recursos (como acceso limitado a tecnologías de la información, infraestructura sanitaria deficiente y niveles educativos más bajos), siendo factores que podrían restringir la capacidad de respuesta eficaz en estas áreas. En contraparte, las áreas en naranja destacan las zonas con una alta capacidad de adaptación, estando mejor preparadas para mitigar y adaptarse a los efectos del cambio climático, gracias a una mayor disponibilidad de recursos (como vehículos privados, acceso y uso más amplio de internet, mejores instalaciones de higiene personal, y menores tasas de analfabetismo). Estos factores no solo mejoran la resiliencia, sino que también facilitan la implementación efectiva de medidas de adaptación y mitigación.

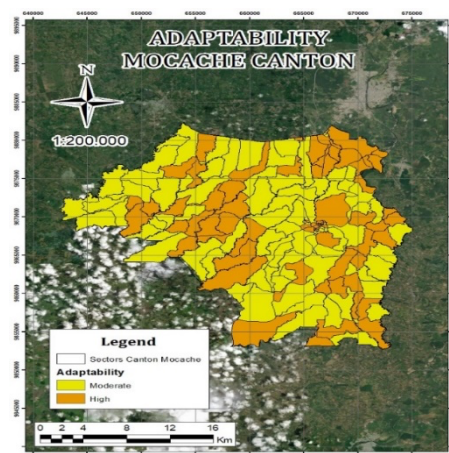


Figura 7. Capacidad de adaptación al riesgo climático en el cantón Mocache

El mapa de riesgo climático (Figura 8) clasifica el riesgo climático en dos niveles: bajo (representado en verde claro), y moderado (representado en amarillo). Las áreas con riesgo climático bajo están ubicadas en el noreste del cantón y en algunas zonas aisladas en el centro. Estas regiones son las menos vulnerables a los impactos climáticos, lo que indica que tienen una menor exposición a fenómenos adversos y mejores condiciones para enfrentar dichos eventos. El predominio de áreas clasificadas como de riesgo moderado sugiere que gran parte del cantón enfrenta desafíos significativos frente a los eventos climáticos adversos. Estas áreas moderadamente riesgosas podrían estar expuestas a eventos como inundaciones, sequías, o aumentos de temperatura, que podrían afectar la calidad de vida de los habitantes, la producción agrícola y otras actividades económicas locales. La existencia de zonas con riesgo bajo, aunque alentadora, es limitada en comparación con las áreas moderadamente vulnerables.

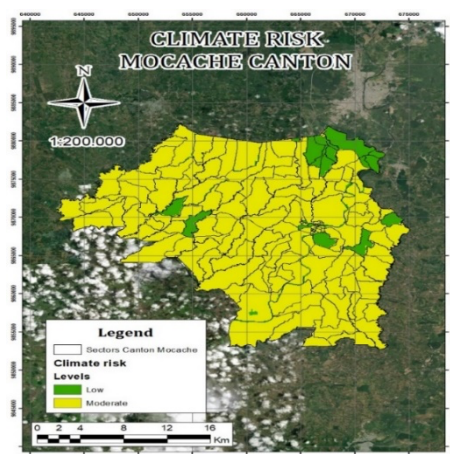


Figura 8. Riesgo climático en el cantón Mocache

4. Discusión

Ante la amenaza climática del Cantón Mocache, es imperativo que se desarrollen políticas integradas y sostenibles que fortalezcan la resiliencia del cantón; Como menciona Samuels et al. [21], la implementación de sistemas de alerta temprana, junto con la educación y concientización sobre gestión de riesgos climáticos, serán clave para preparar a la comunidad; Además, un enfoque participativo, que involucre a todos los actores locales, es esencial para enfrentar los desafíos y reducir la vulnerabilidad frente al cambio climático en Mocache.

Las áreas de menor exposición al riesgo climático (marcadas en verde claro y verde oscuro), se encuentran principalmente en el norte y noroeste del cantón; Los mismos se perciben beneficiados de las características geográficas y agrícolas, que las protegen mejor contra los impactos climáticos; La concentración de áreas de alta exposición en el centro y sureste del cantón, sugiere una vulnerabilidad significativa en esas regiones. Tee et al. [22] indican que este patrón podría estar influenciado por una combinación de factores, como la deforestación, las no adecuadas prácticas agrícolas y la falta de infraestructura adecuada para manejar eventos climáticos externos. Las zonas de alta y muy alta exposición que se identifican en el mapa coinciden con áreas claves para actividades agrícolas. Esto plantea un riesgo considerable para la producción y la seguridad alimentaria de estas áreas, haciendo imperativo el desarrollo de las estrategias de adaptación y mitigación específicas.

El área en verde claro, con baja sensibilidad, presenta una menor exposición a los impactos del cambio climático y son escasas presentando solo en el extremo norte del cantón. Esta pequeña parte probablemente disfrutó de condiciones más favorables. Las áreas con alta y muy alta sensibilidad identificadas en el mapa corresponden a regiones en condiciones más frágiles, debido a las variables que se tomaron para la sensibilidad. Coincidiendo con estudios previos que destacan que las áreas rurales con alta dependencia agrícola tienden a ser más sensibles a los cambios climáticos [23].

La existencia de áreas con alta capacidad de adaptación, aunque positiva, pone en evidencia una disparidad significativa dentro del cantón. Estas zonas mejor preparadas tienden a tener acceso a mayores recursos, lo que les permite no solo responder más eficazmente a los impactos del cambio climático, sino también implementar estrategias de mitigación y adaptación de manera más eficiente. Sin embargo, la predominancia de áreas con capacidad moderada destaca la necesidad urgente de intervenciones enfocadas en aumentar la resiliencia en las zonas más vulnerables. Shang et al. [24] sugieren que mejorar la infraestructura básica, aumentar el acceso a la educación y servicios de salud, y promover el uso de tecnologías de la información son estrategias clave que podrían cerrar esta brecha y mejorar la capacidad general del cantón para adaptarse al cambio climático.

La distribución del riesgo climático en el Cantón Mocache pone en evidencia la necesidad de estrategias específicas para mitigar los impactos en las áreas con riesgo moderado. Estas áreas, que constituyen la mayor parte del cantón, podrían verse gravemente afectadas por eventos extremos como inundaciones, sequías, y cambios en los patrones de precipitación. Las áreas clasificadas como de riesgo bajo, aunque en menor proporción, deben ser vistas como zonas prioritarias para la implementación de medidas preventivas y de resiliencia. Tal como hace énfasis Newsom et al. [25] que estas áreas tienen el potencial de actuar como refugios o zonas de amortiguación durante eventos extremos, y podrían servir como modelos para replicar prácticas de adaptación.

4. Conclusión

El Cantón Mocache enfrenta un escenario climático altamente desafiante, con todo su territorio clasificado bajo una amenaza alta a fenómenos meteorológicos adversos como precipitaciones fuertes, deslizamientos e inundaciones. La elevada exposición y sensibilidad en varias áreas del cantón, especialmente en la parte central y sureste, agravan la vulnerabilidad de la región, comprometiendo la seguridad de la población, la infraestructura, y las actividades económicas, particularmente las agrícolas. Aunque existen áreas con alta capacidad de adaptación, la predominancia de zonas con capacidad moderada resalta una disparidad significativa dentro del cantón. Además, la mayor parte del territorio se encuentra en un nivel de riesgo climático moderado, lo que exige la implementación de medidas inmediatas y eficaces para reducir la vulnerabilidad y mejorar la resiliencia.

Es fundamental mejorar la infraestructura de drenaje y construir obras de mitigación como diques y canales para controlar inundaciones y prevenir deslizamientos. Además, la reforestación en áreas de alta exposición podría ayudar a reducir la erosión y fortalecer los ecosistemas locales. Establecer sistemas de alerta temprana para inundaciones y otros fenómenos extremos permitirá a la comunidad tomar acciones preventivas y reducir la pérdida de vidas y bienes. Promover programas de educación y concientización sobre gestión de riesgos climáticos entre la población local es fundamental. Esto permitirá a la comunidad estar mejor preparada y responder de manera adecuada a los desafíos climáticos.

Enfocar esfuerzos en las áreas con capacidad de adaptación moderada es vital para reducir la disparidad en la resiliencia del cantón. Mejorar el acceso a tecnologías de la información, educación y servicios de salud, así como la infraestructura básica, son pasos clave para cerrar esta brecha. Desarrollar políticas climáticas que involucren a todos los actores locales, incluyendo gobiernos, comunidades, y sector privado, garantizará un enfoque integrado y sostenible. La participación comunitaria en la planificación y ejecución de estas políticas es esencial para su éxito. Implementar un sistema de monitoreo y evaluación continua de las variables climáticas y de los impactos de las medidas de mitigación y adaptación adoptadas permitirá ajustar las estrategias según sea necesario y asegurar su eficacia a largo plazo.

Contribución de autores: Conceptualización, P.M.C.R., M.N.S.L., N.C.S.L. y K.I.M.R.; metodología, P.H.L.M.; software, P.H.L.M.; validación, P.M.C.R., M.N.S.L., N.C.S.L. y K.I.M.R.; análisis formal, P.H.L.M. y C.A.N.C.; investigación, P.M.C.R., M.N.S.L., N.C.S.L. y K.I.M.R.; recursos, P.H.L.M. y C.A.N.C.; curaduría de datos, P.M.C.R., M.N.S.L., N.C.S.L. y K.I.M.R.; redacción-revisión y edición, P.M.C.R., M.N.S.L., N.C.S.L., K.I.M.R. y C.A.N.C.; visualización, P.H.L.M. y C.A.N.C.; supervisión, P.H.L.M. y C.A.N.C.; administración de proyectos, P.H.L.M. y C.A.N.C.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Cabrera López, C.; Cabrera Navarro, P. Salud y cambio climático. *Med. Clin. (Barc.)* **2023**, 161 (11), 483–484 DOI: 10.1016/j.medcli.2023.09.006.
2. Ortega-García, J. A.; Tellerías, L.; Ferrís-Tortajada, J.; Boldo, E.; Campillo-López, F.; van den Hazel, P.; Cortes-Arancibia, S.; Ramis, R.; Gaioli, M.; Monroy-Torres, R.; et al. Amenazas, desafíos y oportunidades para la salud medioambiental pediátrica en Europa, América Latina y el Caribe. *An. Pediatr. (Barc.)* **2019**, 90 (2), 124.e1–124.e11 DOI: 10.1016/j.anpedi.2018.11.015.
3. Mendizábal Bermúdez, G. La seguridad social ante los retos del cambio climático. *Bol. Mex. Derecho Comp.* **2015**, 1 (143) DOI: 10.22201/ijj.24484873e.2015.143.4943.
4. Franch-Pardo, I.; Luis Cancer-Pomar. El componente visual en la cartografía del paisaje. Aptitud paisajística para la protección en la cuenca del río Chiquito (Morelia, Michoacán). *Invest. Geogr.* **2016** DOI: 10.14350/rig.54730.
5. del-Val, E.; Sáenz-Romero, C. Insectos descortezadores (Coleoptera: Curculionidae) y cambio climático: problemática actual y perspectivas en los bosques templados. *TIP* **2017**, 20 (2), 53–60 DOI: 10.1016/j.recqb.2017.04.006.
6. Domínguez Mora, R.; Arganis-Juárez, M. L.; Carrizosa Elizondo, E.; Esquivel Garduño, G. Caracterización de las pérdidas por infiltración con análisis estadístico de precipitación y escurrimiento. *Ribagua* **2016**, 3 (1), 18–24 DOI: 10.1016/j.riba.2016.04.001.
7. Jiménez-Orocio, O.; Espejel, I.; Martínez, M. L. La investigación científica sobre dunas costeras de México: origen, evolución y retos. *Rev. Mex. Biodivers.* **2015**, 86 (2), 486–507 DOI: 10.1016/j.rmb.2015.04.022.
8. Rosete Vergés, F. A.; Enríquez Hernández, G.; Aguirre von Wobeser, E. El componente del riesgo en el Ordenamiento Ecológico del Territorio: el caso del Ordenamiento Ecológico Regional y Marino del Golfo de México y Mar Caribe. *Invest. Geogr.* **2013**, 0 (80) DOI: 10.14350/rig.36393.
9. Pécastaing, N.; Cortez, J.; Salavarriga, J. The effects of El Niño events on mangrove-dependent populations' income in Peru. *Ocean Coast. Manag.* **2024**, 257 (107322), 107322 DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2024.107322.
10. Mendizábal Bermúdez, G.; Kurczyn Villalobos, P. Apuntes sobre el derecho internacional de la seguridad social y su relación con América Latina. *Rev. Latinoam. Derecho Soc.* **2017**, 37–70 DOI: 10.22201/ijj.24487899e.2017.25.11496.

11. Valero, C.; Barba, R.; Riancho, J. A.; Santurtún, A. Influencia de los factores meteorológicos en la gravedad de la COVID-19 en España: estudio observacional ecológico. *Med. Clin. (Barc.)* **2023**, 160 (8), 327–332 DOI: 10.1016/j.medcli.2022.08.015.
12. Tirado Blázquez, M. C. Cambio climático y salud. Informe SESPAS 2010. *Gac. Sanit.* **2010**, 24, 78–84 DOI: 10.1016/j.gaceta.2010.10.004.
13. Portalanza, D.; Barral, M. P.; Villa-Cox, G.; Ferreira-Estafanous, S.; Herrera, P.; Durigon, A.; Ferraz, S. Mapping ecosystem services in a rural landscape dominated by cacao crop: A case study for Los Rios province, Ecuador. *Ecol. Indic.* **2019**, 107 (105593), 105593 DOI: 10.1016/j.ecolind.2019.105593.
14. Chávez-Jiménez, A.; González-Zeas, D. El impacto de los caudales medioambientales en la satisfacción de la demanda de agua bajo escenarios de cambio climático. *Ribagua* **2015**, 2 (1), 3–13 DOI: 10.1016/j.riba.2015.04.001.
15. Ministerio del Ambiente de Ecuador [MAE]. Herramienta para la integración de criterios de Cambio Climático en los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. **2019** Edición. <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2019/09/Caja-de-herramientas-Cambio-Climático-.pdf>
16. Nuñez Gómez, J. C.; Ramos Reyes, R.; Barba Macías, E.; Espinoza Tenorio, A.; Gama Campillo, L. M. Índice de vulnerabilidad costera del litoral tabasqueño, México. *Invest. Geogr.* **2016**, Núm. 91 DOI: 10.14350/rig.50172.
17. Cabanyes Truffino, J. Resiliencia: una aproximación al concepto. *Rev. Psiquiatr. Salud Ment.* **2010**, 3 (4), 145–151 DOI: 10.1016/j.rpsm.2010.09.003.
18. Mercuriali, L.; Oliveras, L.; Marí, M.; Gómez, A.; Montalvo, T.; García-Rodríguez, A.; Pérez, G.; Villalbí, J. R. Un sistema de vigilancia de salud pública para el cambio climático en las ciudades. *Gac. Sanit.* **2022**, 36 (3), 283–286 DOI: 10.1016/j.gaceta.2021.01.003.
19. Riera, C.; Pereira, S. G. Entre el riesgo climático y las transformaciones productivas: La agricultura bajo riego como forma de adaptación en río segundo, córdoba, argentina. *Invest. Geogr.* 2013, Núm. 81, 52 DOI: 10.14350/rig.33718.
20. Ribot, J. Causa y responsabilidad: vulnerabilidad y clima en el antropoceno. *Acta Sociol.* **2017**, 73, 13–81 DOI: 10.1016/j.acso.2017.08.002.
21. Samuels, M. I.; Masubelele, M. L.; Cupido, C. F.; Swarts, M. B. V.; Foster, J.; De Wet, G.; Links, A.; Van Orsdel, K.; Lynes, L. S. Climate vulnerability and risks to an indigenous community in the arid zone of South Africa. *J. Arid Environ.* 2022, 199 (104718), 104718 DOI: 10.1016/j.jaridenv.2022.104718.
22. Tee Lewis, P. G.; Chiu, W. A.; Nasser, E.; Proville, J.; Barone, A.; Danforth, C.; Kim, B.; Prozzi, J.; Craft, E. Characterizing vulnerabilities to climate change across the United States. *Environ. Int.* 2023, 172 (107772), 107772 DOI: 10.1016/j.envint.2023.107772.
23. Cepni, O.; Şensoy, A.; Yılmaz, M. H. Climate change exposure and cost of equity. *Energy Econ.* 2024, 130 (107288), 107288 DOI: 10.1016/j.eneco.2023.107288.
24. Shang, Y.; Sang, S.; Tiwari, A. K.; Khan, S.; Zhao, X. Impacts of renewable energy on climate risk: A global perspective for energy transition in a climate adaptation framework. *Appl. Energy* 2024, 362 (122994), 122994 DOI: 10.1016/j.apenergy.2024.122994.
25. Newsom, A.; Sebesvari, Z.; Dorresteyn, I. Climate change influences the risk of physically harmful human-wildlife interactions. *Biol. Conserv.* 2023, 286 (110255), 110255 DOI: 10.1016/j.biocon.2023.110255.



© 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>