



SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO CHONE, ECUADOR: RIESGO SOCIAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

FLOOD SUSCEPTIBILITY IN THE CHONE RIVER BASIN, ECUADOR: SOCIAL RISK AND TERRITORIAL PLANNING

Julio Enrique García Giler^{1*}

E-mail: julioeltactico@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3571-9261>

Cristian Joseph Pilligua Vera¹

E-mail: cristian_vera96@outlook.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4585-4815>

¹Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.

*Autor para correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

García Giler, J. E., & Pilligua Vera, C. J. (2026). Susceptibilidad a inundaciones en la cuenca del río Chone, Ecuador: riesgo social y ordenamiento territorial. *Universidad y Sociedad*, 18(5). e5890.

RESUMEN:

Las inundaciones constituyen una amenaza recurrente que compromete la seguridad territorial en Manabí, Ecuador. El objetivo de esta investigación fue delimitar los espacios susceptibles a inundaciones en la cuenca del río Chone. Metodológicamente, se integraron geotecnologías mediante ArcGIS 10.4.2 (proyección UTM WGS 84, zona 17 Sur) y cartografía oficial, y se evaluaron cuatro variables físicas: pendiente, permeabilidad, geoforma y granulometría. Se aplicó una técnica compensatoria aditiva basada en el Proceso de Jerarquía Analítica de Saaty; los pesos relativos se determinaron mediante matrices de comparación por pares, eigenvector y eigenvalor, a partir del juicio de expertos. La superposición ponderada permitió generar mapas temáticos y un modelo de susceptibilidad que identificó áreas de susceptibilidad muy alta, concentradas en la transición entre las cuencas media y baja. Los hallazgos revelan un relevante impacto social, dado que las zonas de muy alta susceptibilidad coinciden con asentamientos poblacionales y áreas de actividad agrícola, cuya afectación compromete la seguridad, los medios de vida y el acceso a servicios básicos de la población de la cuenca del río Chone. En conclusión, la integración de SIG y evaluación multicriterio proporciona información cartográfica para el ordenamiento territorial y la gestión preventiva del riesgo.

Palabras clave: Geotecnologías, Evaluación multicriterio, ArcGIS, Ordenamiento territorial.

ABSTRACT:

Floods constitute a recurrent threat that compromises territorial security in Manabí, Ecuador. The objective of this research was to delimit flood-susceptible areas in the Chone River basin. Methodologically, geotechnologies were integrated through ArcGIS 10.4.2 (UTM WGS 84 projection, zone 17 South) and official cartography, and four physical variables were evaluated: slope, permeability, landform, and granulometry. An additive compensatory technique based on Saaty's Analytic Hierarchy Process was applied; the relative weights were determined through pairwise comparison matrices, eigenvector, and eigenvalue, based on expert judgment. The weighted overlay made it possible to generate thematic maps and a susceptibility model that identified very-high susceptibility areas, concentrated in the transition between the middle and lower basins. The findings reveal a significant social impact, given that the areas of very high susceptibility coincide with populated settlements and agricultural activity areas, whose affectation compromises the safety, livelihoods, and access to basic services of the population of the Chone River basin. In conclusion, the integration of GIS and multicriteria evaluation provides cartographic information for land-use planning and preventive risk management.

Keywords: Geotechnologies, Multicriteria Evaluation, ArcGIS, Territorial planning.

INTRODUCCIÓN

Las inundaciones afectan de forma recurrente las zonas de trabajo y residencia, ocasionan daños a la producción y pérdidas económicas, e incluso pueden causar muertes. Ante esta problemática, resulta fundamental identificar las áreas susceptibles a inundación para establecer planes de contingencia que reduzcan los impactos y sus consecuencias.

El abordaje de esta problemática requiere un trabajo técnico riguroso en el que participen tanto las autoridades competentes como la sociedad civil. La elaboración de estudios y herramientas de gestión territorial pierde efectividad cuando la población no conoce o no cumple las normativas establecidas para la ocupación y uso del suelo en áreas vulnerables. Morales et al. (2025) refiere lo anterior cuando manifiestan que las inundaciones de gran intensidad y difícil previsión constituyen un riesgo natural frecuente, cuyos efectos pueden representar elevados costos económicos y, en determinadas circunstancias, pérdidas de vidas humanas.

El cantón Chone, en Ecuador, ha experimentado diversos episodios de inundación asociados con las condiciones climáticas propias de la época invernal. Las precipitaciones intensas incrementan los caudales de los ríos y favorecen su desbordamiento, con la generación de afectaciones sobre la población, los cultivos y las actividades económicas. Esta situación ha provocado pérdidas materiales y humanas que inciden en las condiciones sociales y productivas del territorio.

Las afectaciones ocasionadas por las inundaciones presentan una elevada recurrencia en el cantón. Durante la época invernal, el incremento de las precipitaciones, que pueden superar los 421 mm anuales, genera un aumento de los caudales de los ríos Garrapata, Grande y Mosquito, del Ecuador. Estos eventos afectan principalmente a la cabecera urbana mediante desbordamientos que ocasionan importantes pérdidas económicas, especialmente en los sectores agrícola y ganadero.

Según Correa-Bravo et al. (2020) province of Manabí, due to its frequency and accumulative damage in winter, are the floods, some of the most significant, are those caused by the Phenomenon of the Child, which increase the maximum flows of the three Río Grande, Mosquito and Garrapata River sub-basins, contributing to the Chone River, causing the river to overflow, in the lower basins, a situation that exposes the populated areas such as: Miraflores, Guabal, San Andrés, El Pueblito, Roca de Platanales, La Alianza, El Aguacate, Garrapata and Garrapatilla at a high risk of vulnerability and the onslaught of serious floods. The procedure used for this work

was the realization of a map algebra, applying GIS tools, through univariate geo-statistical analyzes, to obtain maps of specific weighted risks, of each study variable (lithology, geoform, precipitation, use and land cover, pending, Chone se encuentra localizado en un área susceptible a inundaciones, condición que determina un elevado nivel de vulnerabilidad. Las consecuencias asociadas con estos eventos guardan relación con la magnitud de los fenómenos naturales, la dinámica de la cuenca hidrográfica, así como con el tamaño y la distribución espacial de la población expuesta.

La ausencia de estudios específicos sobre las zonas susceptibles a inundaciones en el cantón Chone limita la disponibilidad de información para la población y los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) competentes. Esta situación evidencia la necesidad de elaborar mapas temáticos que permitan identificar y representar espacialmente las áreas vulnerables a inundaciones. Estos instrumentos pueden constituir un referente técnico para fortalecer la prevención de desastres y la formulación de planes de contingencia, sustentados en un diagnóstico de las condiciones de vulnerabilidad del territorio.

En este contexto, los Sistemas de Información Geográfica (SIG), complementados con la evaluación multicriterio, constituyen herramientas útiles para generar mapas temáticos de susceptibilidad a inundaciones. Su aplicación permite integrar diferentes variables territoriales y asignarles niveles de importancia de acuerdo con el criterio de expertos especializados en la materia. El resultado es una representación espacial de las áreas susceptibles a inundación que facilita la interpretación de la vulnerabilidad territorial y aporta información para la planificación y gestión del riesgo.

En el occidente ecuatoriano, las precipitaciones se concentran principalmente entre febrero y mayo, periodo donde diversas poblaciones sufren inundaciones recurrentes. Durante estos meses, la incursión hacia el sur de la corriente cálida de El Niño sobre la corriente fría de Humboldt intensifica el régimen pluvial; su manifestación desencadena lluvias extraordinarias y prolongadas que provocan severos anegamientos en las zonas bajas del litoral (Garófalo, 2026). Este escenario genera cuantiosas pérdidas socioeconómicas debido a que la mayor parte del territorio afectado corresponde a zonas de alta vocación agrícola.

Históricamente, el cantón Chone ha presentado una alta vulnerabilidad ante estas crecidas estacionales debido a la incidencia del evento El Niño, un fenómeno que impacta a toda la costa ecuatoriana (Guano & Medina, 2024). A esta dinámica se suma una densa red hidrográfica que

cruza las inmediaciones del perímetro urbano, cuyo régimen hidrológico converge con los picos pluviométricos locales: al aumentar drásticamente su caudal en temporadas húmedas, estos afluentes desbordan sus márgenes y causan graves afectaciones a los asentamientos ribereños.

Si bien se busca mitigar esta problemática mediante la construcción del Proyecto Propósito Múltiple Chone, la ciudad continúa anegándose debido, en gran medida, al colapso y a la obsolescencia del sistema de alcantarillado pluvial. Asimismo, Mendoza et al. (2021) sostienen que, aunque el megaproyecto fue promovido como un eje de desarrollo para la urbe, su implementación ha inundado y transformado de forma continua territorios rurales campesinos. Esta alteración antrópica modifica la respuesta hidrodinámica frente a las crecidas, ello puede intensificar el problema en lugar de amortiguarlo.

Frente a este escenario y ante la escasez de información actualizada, la presente investigación adquiere relevancia al delimitar con precisión las zonas con mayor susceptibilidad a inundaciones en la cuenca del río Chone. El objetivo es proveer insumos cartográficos y técnicos rigurosos que permitan a los organismos de gestión de riesgos diseñar planes de contingencia eficaces, así como fortalecer la preparación de las comunidades locales. Para alcanzar este propósito, se integra información georreferenciada y registros históricos bajo criterios estandarizados, se genera así, una cartografía temática adaptada a las necesidades de mitigación y ordenamiento territorial del área.

Históricamente, las inundaciones han constituido una de las amenazas naturales más críticas debido a sus severos impactos, entre los que destacan la devastación de cultivos agrícolas, el colapso de infraestructuras habitacionales y la pérdida de vidas humanas. En este contexto, la cuenca del río Chone requiere un análisis riguroso que permita evaluar la magnitud de las afectaciones provocadas por el régimen de precipitaciones extremas característico de la zona.

Para abordar esta problemática, la integración de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y los métodos de evaluación multicriterio resulta esencial. Estas herramientas permiten modelar la susceptibilidad del territorio ante eventos de anegamiento, y también formular alternativas para optimizar la gestión de la cobertura vegetal como elemento clave en la protección y estabilidad del suelo.

Bajo este enfoque metodológico, la presente investigación determina las zonas con mayor exposición a inundaciones mediante el análisis espacial de cuatro variables

morfométricas y edáficas determinantes: pendiente, permeabilidad, geoforma y granulometría (textura de los materiales). La cartografía temática resultante aporta información técnica primordial para diseñar estrategias de mitigación, controlar la dinámica de sedimentación y reducir de manera integral los impactos sobre el recurso suelo y las poblaciones vulnerables de la cuenca.

Finalmente, la trascendencia de esta investigación no se limita a su aporte técnico-cartográfico, sino también a su impacto social. La delimitación precisa de las zonas susceptibles a inundación en la cuenca del río Chone contribuye directamente a la protección de la vida, la vivienda y los medios de subsistencia de las poblaciones más expuestas, en particular de los asentamientos ribereños y de las familias campesinas cuya economía depende de la agricultura y la ganadería. Al proveer a los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), a los organismos de gestión de riesgos y a la propia comunidad de información espacial clara y actualizada, se fortalece la capacidad de anticipación, se reduce la improvisación durante la época invernal y se promueve una cultura de prevención y de cumplimiento de la normativa de uso del suelo en áreas vulnerables. De este modo, la cartografía de susceptibilidad se constituye en un instrumento para disminuir las desigualdades socio-territoriales frente al riesgo, evitar nuevos ciclos de empobrecimiento y desplazamiento, proteger la salud y la continuidad educativa, y avanzar hacia un territorio más resiliente, ordenado y socialmente justo frente a la recurrencia de las inundaciones y la incidencia de fenómenos naturales.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en la cuenca hidrográfica del río Chone, ubicada en la provincia de Manabí entre las coordenadas 0°27'20.14" y 1°04'15.04" de latitud sur, y 79°52'11.79" y 80°27'14.23" de longitud oeste, Ecuador. Esta unidad abarca una extensión aproximada de 2.267 km² (Figura 1) y comprende territorio de los cantones Chone, Sucre, Flavio Alfaro, Bolívar, Tosagua, Junín, Rocafuerte, Pichincha y Portoviejo, limitando al norte con las cuencas de los ríos Jama y Briseño, al sur con la cuenca del río Portoviejo, al este con la cuenca del río Guayas y al oeste con el océano Pacífico y el estero Pajonal. Metodológicamente, se adoptó un enfoque analítico y espacial basado en la integración de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y técnicas de Evaluación Multicriterio (EMC), articulado a partir de la recopilación y estandarización de información geográfica e histórica, la parametrización de cuatro factores determinantes del terreno (pendiente, geoforma, permeabilidad y

granulometría de los materiales) y el modelamiento cartográfico para zonificar con rigor los niveles de susceptibilidad a inundaciones en el área de estudio (Figura 1).

La selección y definición de las variables condicionantes se fundamenta en los criterios metodológicos propuestos por Acosta (2023); y Borjas (2020) . Para ello, se consideraron las características del medio biofísico, su incidencia en la dinámica del anegamiento y la disponibilidad de información cartográfica digital oficial a escala 1:25.000 generada por el Instituto Geográfico Militar (IGM). Las cuatro variables evaluadas correspondieron a: 1) pendiente del terreno, 2) permeabilidad, 3) geoforma y 4) granulometría de los materiales (Tabla 1).

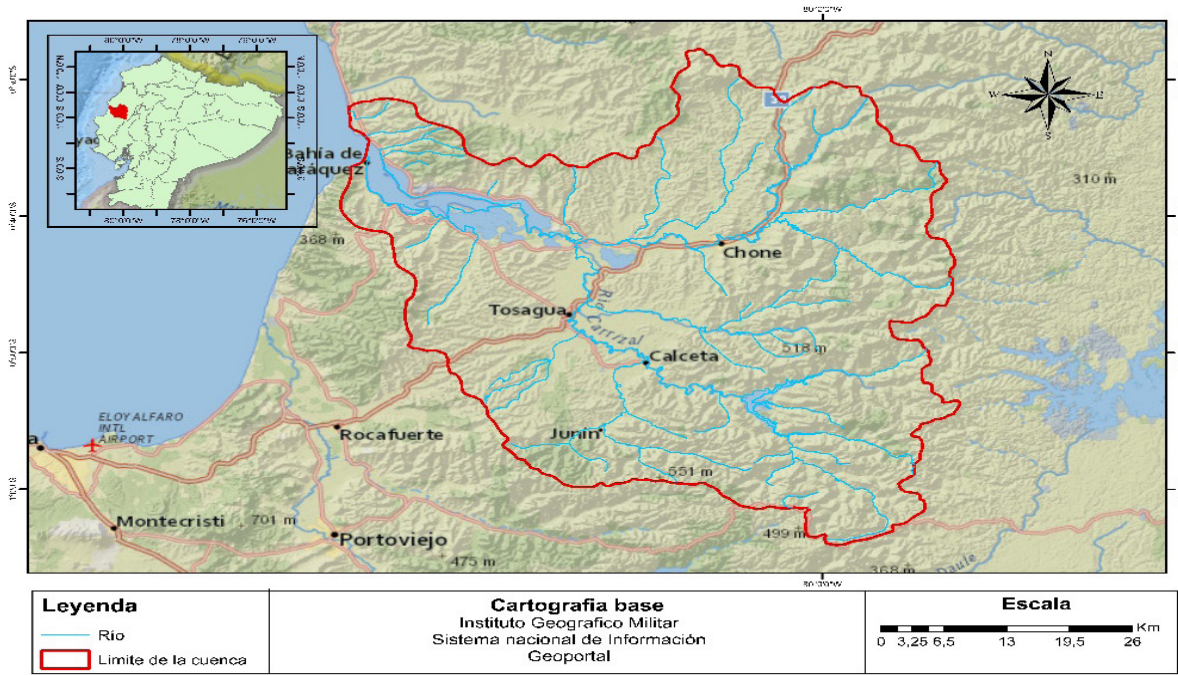


Fig 1. Mapa de localización del área de estudio. Cuenca hidrográfica del río Chone.

Tabla 1. Variables e indicadores utilizados para la evaluación de la susceptibilidad a inundaciones.

Variable	Indicador	Escala	Fuente
Pendiente	Plana (0-2 %) Muy suave (>2-5 %) Suave (>5-12 %) Media (>12-25 %) Media a fuerte (>25-40 %) Fuerte (>40-70 %) Muy fuerte (>70-100 %) Escarpada (>100-150 %) 3,1 – 7 % (Ligeramente inclinada) 7,1 – 12 % (Moderadamente inclinada) 12,1 – 25 % (Fuertemente inclinada) 25,1 – 50 % (Ligeramente empinada) 50,1 – 75 % (Moderadamente empinada) 75,1 – 100 % (Fuertemente empinada)	1:25.000	IGM
Permeabilidad	Muy baja Baja Media Alta	1:25.000	IGM

Geoforma	Terraza y cauce actual Valle fluvial Garganta Relieve ondulado Relieve colinado Relieve tipo mesa Frente y superficie chevron Estuario Depósitos coluvio-aluviales Superficie disectada de cuesta Vertiente de mesa	1:25.000	IGM
Granulometría de los materiales	• Arenas finas, limos y arcillas con presencia de grava y clastos redondeados. • Depósitos limo-arcillosos y arenas de grano fino a medio con intercalaciones de grava fina. • Arenisca de grano fino a grueso con conglomerados de clastos volcánicos y presencia local de fósiles. • Lutitas con presencia de yeso y fósiles. • Limolitas con intercalación de areniscas y lutitas de grano fino a medio. • Bloques y grava con presencia de limos y arenas de grano fino a grueso. • Arenisca amarillenta de grano fino a grueso con presencia de fósiles y clastos volcánicos. • Arenisca arcillosa de grano fino a medio. • Arenisca limosa blanquecina y gris de grano fino a medio.	1:25.000	IGM

Para la ponderación de las variables y sus respectivos indicadores se aplicó la técnica compensatoria aditiva basada en el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP, por sus siglas en inglés) en el marco de la Evaluación Multicriterio (EMC). Este procedimiento consistió en la construcción de matrices de comparación por pares, asignando pesos relativos a partir del juicio de expertos y el respaldo bibliográfico. Posteriormente, las capas temáticas fueron reclasificadas y procesadas mediante álgebra de mapas para modelar los niveles de susceptibilidad hídrica. Toda la información espacial se estandarizó en formato vectorial e ingresó al sistema bajo la proyección Universal Transversa de Mercator (UTM), datum WGS 84, zona 17 Sur. Como comprobación espacial exploratoria, se superpuso el mapa de susceptibilidad con la capa oficial de inundaciones de 2016 del Instituto Geográfico Militar (IGM). La documentación consultada no especifica la escala ni la cobertura exacta de esa capa, la unidad espacial comparada ni la regla para determinar coincidencias; por ello, esta superposición no se trata como una métrica de exactitud.

La variable pendiente se ponderó mediante ocho clases: plana (0–2 %), muy suave (>2–5 %), suave (>5–12 %), media (>12–25 %), media a fuerte (>25–40 %), fuerte (>40–70 %), muy fuerte (>70–100 %) y escarpada (>100–150 %). Estos intervalos corresponden a los indicadores de la matriz AHP. Las capas vectoriales de pendiente, geoforma, permeabilidad y granulometría se estandarizaron en el sistema UTM, datum WGS 84, zona 17 Sur.

Para la integración espacial se aplicó la técnica de superposición ponderada ráster celda a celda. Este geoproceso normaliza las variables mediante una escala continua basada en lógica difusa (*fuzzy*), lo que evita categorizaciones rígidas al evaluar gradientes entre los niveles mínimo y máximo de susceptibilidad. A partir de la asignación de pesos relativos a cada indicador, el modelo sintetiza los distintos factores del terreno en un mapa único de susceptibilidad hídrica, ello permite delimitar los escenarios de riesgo de forma precisa y reproducible (Palacios, 2024).

La técnica compensatoria aditiva se fundamenta en el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP, por sus siglas en inglés) dentro de la Evaluación Multicriterio (EMC) (López et al., 2021; Mendoza et al., 2019). Este método permite determinar la importancia relativa de variables e indicadores mediante una matriz de comparación pareada cuadrada (n X n).

En dicha estructura, cada celda contiene un juicio de valor que evalúa la preponderancia del elemento de la fila i frente al de la columna j, con el empleo de una escala cuantitativa de prioridades.

A partir de esta matriz se calcula el vector propio principal (*eigenvector*), cuya normalización define los pesos relativos ponderados de cada criterio. De igual forma, el método permite obtener el valor propio máximo para estimar la consistencia lógica de las valoraciones emitidas por los expertos, así garantiza que las decisiones no presenten contradicciones significativas en la ponderación de las variables (Mendoza et al., 2019).

La articulación de los factores biofísicos mediante el Proceso de Jerarquía Analítica y el geoprocesamiento en entorno SIG consolida una base metodológica robusta para la zonificación de la cuenca del río Chone. Al ponderar de forma matemática y contrastada la pendiente, la geoforma, la permeabilidad y la granulometría de los materiales, el modelo

supera los sesgos cualitativos y asegura coherencia lógica mediante la verificación de la razón de consistencia. En consecuencia, el mapa final de susceptibilidad hídrica traduce la complejidad hidromorfológica del territorio en niveles espaciales de amenaza claramente delimitados, además se erige como una herramienta técnica objetiva y reproducible, idónea para sustentar la planificación territorial, el diseño de obras de drenaje y la formulación de planes de contingencia eficaces orientados a la reducción del riesgo de desastres en la región.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El modelo clasifica 978 km² (43,2 % del área clasificada) en las categorías de susceptibilidad media y muy alta. De esa superficie, 466 km² corresponden a susceptibilidad muy alta y 512 km² a susceptibilidad media (Tabla 2). La comparación con la cartografía oficial de inundaciones de 2016 del IGM fue exploratoria; al no documentarse la escala y cobertura exactas de la referencia, la unidad de comparación ni el criterio de coincidencia, no se informa un porcentaje de exactitud.

Tabla 2. Distribución territorial de la susceptibilidad final a inundaciones.

Nivel de susceptibilidad	Superficie (km ²)	Porcentaje (%)
Muy alta	466,00	20,60
Media	512,00	22,60
Baja	1288,00	56,80
Total evaluado	2266,00	100,00

Factores determinantes del desbordamiento

La vulnerabilidad biofísica del territorio responde a la interacción simultánea de variables topográficas, hidrológicas y sedimentológicas desfavorables. En primer término, las pendientes inferiores al 5 % concentran más del 53 % del peso explicativo de la variable relieve, ello impide el drenaje natural por gravedad y propicia la retención inmediata del agua superficial. Asimismo, el 70 % de la respuesta edáfica está dominada por estratos de baja y muy baja permeabilidad, abarca así, más de 773 km² de suelos colmatados con nula capacidad de infiltración, condiciones que se integran junto con las geoformas y granulometrías predominantes descritas en la Tabla 3.

Tabla 3. Ponderación y cobertura de los factores críticos condicionantes.

Variable analizada	Condición crítica predominante	Peso relativo del indicador (%)	Cobertura en la cuenca (km ²)
Pendiente	Pendiente plana (0–2 %) y muy suave (>2–5 %)	54,00	104,80
Permeabilidad	Muy baja y baja capacidad de absorción	70,00	773,82
Geoforma	Terrazas aluviales, cauces y valles fluviales	40,00	373,96
Granulometría	Sedimentos finos (limos, arcillas y arenas finas)	47,00	354,52

Exposición territorial y áreas críticas

La confluencia de estos factores físicos se localiza con marcada severidad en la zona de transición entre la cuenca media y baja. Los cascos urbanos de Chone y Tosagua representan los núcleos de mayor criticidad, debido a la densa ocupación de viviendas a lo largo de las márgenes hídricas sin medidas de regulación territorial. Esta franja de mayor exposición se prolonga hacia el este, afecta así, a las parroquias rurales de Ricaurte y Garrapatilla, y hacia el oeste a lo largo del estuario fluvial, ello establece las prioridades operativas sistematizadas en la Tabla 4.

Tabla 4. Priorización cantonal y foco de exposición territorial.

Cantón principal	Zona de mayor afectación	Factores biofísicos convergentes	Prioridad de intervención
Chone	Casco urbano consolidado y eje rural Ricaurte–Garrapatilla	Pendientes de hasta 2 %, terrazas ribereñas y depósitos finos	Inmediata

Tosagua	Cabecera urbana y llanuras intermedias	Suelos colmatados de permeabilidad muy baja y pendientes llanas	Inmediata
Sucre	Franja estuarina y zonas bajas conectadas al río Chone	Nivel freático alto, dinámica mareal y valles de descarga	Media

Los resultados exigen una reorientación prioritaria de los recursos públicos hacia las zonas identificadas de intervención inmediata. Es pertinente delimitar perímetros de exclusión urbana en los 466 km² catalogados con muy alta susceptibilidad, que se impida nuevos asentamientos en terrazas aluviales inundables. Asimismo, resulta prioritario optimizar los colectores y sistemas de drenaje pluvial en las cabeceras cantonales de Chone y Tosagua, además se completa estas medidas con la implementación de sistemas de alerta temprana hidrométrica en la cuenca media y alta para anticipar descargas fluviales extraordinarias y reducir el riesgo de desastres en las comunidades más vulnerables.

La delimitación de espacios susceptibles a inundaciones mediante la convergencia del Proceso de Jerarquía Analítica (AHP) y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la cuenca del río Chone confirma que la integración multicriterio es una herramienta robusta y reproducible para la gestión del riesgo de desastres hidrometeorológicos. Este hallazgo concuerda con lo reportado por Akhter et al. (2023) with the help of Ultra-Performance Liquid Chromatography (UPLC, quienes demuestran que las técnicas aditivas compensatorias en entornos geoespaciales reducen de manera significativa la incertidumbre en llanuras de inundación complejas, ello provee insumos cartográficos elementales para la planificación territorial gerencial y la mitigación de eventos extremos en regiones neotropicales.

El análisis morfométrico evidencia que las pendientes inferiores al 5 % constituyen el factor condicionante de mayor jerarquía sobre el anegamiento, concentrándose con severidad en las áreas urbanas y periurbanas de los cantones Chone y Tosagua. Esta condición promueve una baja energía de alivio topográfico y reduce la velocidad de evacuación de las aguas superficiales. Tales observaciones coinciden con la modelación de Jiang & Zheng (2020) sostienen que en cuencas de baja pendiente la escorrentía superficial queda restringida al desbordamiento laminar sobre terrazas fluviales, esto coincide con la transición morfodinámica entre la cuenca media y baja identificada en esta investigación.

El componente físico se ve exacerbado por la alta exposición estructural y demográfica en los centros poblados. Los núcleos urbanos de Chone y Tosagua concentran una alta densidad habitacional en márgenes ribereñas, con edificaciones que presentan materiales vulnerables y carecen de diseños adaptados a la dinámica hídrica. Este patrón socioespacial es análogo al documentado por Hidalgo-Bastidas (2019) para la costa ecuatoriana y por Tauzer et al. (2019) en la evaluación de vulnerabilidad física en cuencas andino-costeras, donde el crecimiento informal no planificado en planicies aluviales activas amplifica las pérdidas socioeconómicas y restringe las rutas de evacuación rápida ante avenidas torrenciales.

En cuanto a la variable edáfica, la permeabilidad baja y muy baja se consolida como el factor detonante principal en la saturación hídrica, que abarca más de 773 km² concentrados a lo largo del curso principal y sus afluentes. La escasa capacidad de percolación de estos suelos genera una rápida saturación de los horizontes subsuperficiales durante lluvias torrenciales, acelera así, el escurrimiento directo hacia las depresiones topográficas. Estos resultados están en concordancia con los modelos de susceptibilidad de Towfiqul et al. (2021), quienes determinan que los horizontes edáficos de drenaje restringido y transmisividad hidráulica reducida representan más del 40 % de la varianza en la acumulación de escorrentía en llanuras aluviales.

La interacción entre la geoforma y la granulometría de los materiales define la susceptibilidad local del terreno. Aunque las geoformas presentan menor peso ponderado que la pendiente, su confluencia con sedimentos de grano fino (limos, arcillas y arenas finas) genera un comportamiento crítico en terrazas y valles de fondo plano. Tal como sustentan Coco et al. (2021), los sedimentos limo-arcillosos depositados en ambientes fluviales exhiben una alta capacidad de retención capilar pero coeficientes de infiltración casi nulos, lo que prolonga la duración del anegamiento. Esta condición geomorfológica explica por qué las depresiones aluviales intermedias de Chone no solo sufren inundaciones rápidas por crecidas de ríos tributarios, sino también encharcamientos prolongados por deficiencias de infiltración natural.

La confiabilidad global del 82,75 % alcanzada al confrontar la zonificación con la cartografía histórica de inundaciones del Instituto Geográfico Militar valida sólidamente el desempeño del modelo multicriterio. Este índice es consistente con investigaciones recientes que emplean esquemas AHP-SIG asistidos por teledetección; por ejemplo, Díaz et al. (2023) alcanzan una exactitud del 84,2 % al evaluar susceptibilidad frente a eventos extremos. Si bien enfoques



puramente hidrodinámicos bidimensionales pueden ofrecer mayor resolución temporal en el flujo hidráulico, el enfoque geoespacial multicriterio resulta óptimo, robusto y eficiente en costos para la toma de decisiones gerenciales y la priorización de obras de infraestructura.

La identificación de 466 km² de susceptibilidad muy alta aporta un instrumento objetivo para la gobernanza del riesgo en la cuenca del río Chone. La recurrencia de afectaciones en zonas urbanas evidencia la necesidad urgente de trascender la respuesta reactiva a emergencias hacia una política de ordenamiento territorial con base científica. Medidas como la declaratoria de zonas de exclusión urbana en terrazas de inundación activa, el rediseño de canales de drenaje con criterios morfométricos contemporáneos y la densificación de estaciones de monitoreo temprano en la cuenca alta y media constituyen directrices impostergables para garantizar la resiliencia territorial de la provincia de Manabí en Ecuador.

CONCLUSIONES

La cuenca del río Chone abarca aproximadamente 2.267 km²; el modelo clasificó 2.266 km² en tres categorías de susceptibilidad. La integración de los Sistemas de Información Geográfica (ArcGIS 10.4.2 en proyección UTM WGS 84, zona 17 Sur) y la técnica compensatoria aditiva del Proceso de Jerarquía Analítica (AHP) permitió modelar la susceptibilidad a inundaciones mediante matrices pareadas y superposición espacial celda a celda.

El modelo espacial alcanzó un índice de confiabilidad técnica del 82,75 % al ser contrastado y validado directamente con la cobertura cartográfica oficial de eventos históricos de inundación del año 2016 provista por el Instituto Geográfico Militar (IGM). Esta correlación cuantitativa ratifica la precisión del geoprocesamiento multicriterio para reproducir espacialmente las zonas reales de acumulación hídrica en el territorio.

Los resultados espaciales evidenciaron que el 43,2 % de la cuenca hidrográfica (978 km²) se encuentra bajo condiciones de susceptibilidad moderada a muy alta frente a desbordamientos. De esta área, 466 km² (20,6 % del territorio total) corresponden a una franja de susceptibilidad crítica o muy alta, mientras que 512 km² (22,6 %) presentan susceptibilidad media, frente a 1.288 km² (56,8 %) catalogados como de baja susceptibilidad.

El análisis morfométrico confirmó que las pendientes planas (0–2 %) y muy suaves (>2–5 %) recibieron conjuntamente el 54 % del peso asignado a la variable pendiente en la matriz AHP y abarcan 104,80 km². En los resultados

se agruparon como pendientes de hasta 5 %, condición que favorece la acumulación de agua superficial.

La variable edáfica se consolidó como el detonante principal en la retención del agua superficial, puesto que las categorías de muy baja y baja permeabilidad representaron el 70 % del peso de la variable, cubriendo una superficie continua de 773,82 km² a lo largo del curso principal y sus afluentes. Esta reducida conductividad hidráulica favorece la saturación inmediata de los horizontes superficiales durante la estación lluviosa e intensifica el flujo de escorrentía directa hacia los cauces.

Las formaciones de terrazas aluviales, valles fluviales y cauces activos (que abarcan 373,96 km² con un peso del 40 % en la geoforma), sumadas a la presencia predominante de materiales de grano fino (arenas finas, limos y arcillas que cubren 354,52 km² con un peso del 47 %), configuran el escenario biofísico propicio para prolongar el tiempo de permanencia de las inundaciones debido a la alta capacidad de retención y la escasa transmisividad de los sedimentos.

Espacialmente, las áreas de máxima susceptibilidad se concentran en el centro de la cuenca, específicamente en la zona de transición morfodinámica entre la cuenca media y baja, con un corredor crítico que compromete directamente a las cabeceras urbanas consolidadas de Chone y Tosagua, y se extiende hacia Ricaurte, Garrapatilla y el estuario. Esta vulnerabilidad biofísica se agrava sustancialmente por la densa ocupación antrópica en llanuras de inundación, la precariedad de las viviendas y la obsolescencia o colapso de los sistemas de drenaje pluvial.

La cartografía temática y los índices multicriterio generados constituyen un instrumento técnico vinculante y fundamental para que los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) y los comités de gestión del riesgo tomen decisiones preventivas. La información delimitada justifica de manera objetiva la implementación de zonas de exclusión urbana en los 466 km² de susceptibilidad muy alta, la priorización de obras de optimización en los colectores de alcantarillado pluvial urbano y la instalación estratégica de sistemas de monitoreo y alerta hidrométrica temprana en la cuenca media y alta para resguardar vidas e infraestructura productiva.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta Faneite, S. F. (2023). Criterios para la selección de técnicas e instrumentos de recolección de datos en las investigaciones mixtas. *Revista Honoris Causa*, 15(2), 62–83. <https://revista.uny.edu.ve/ojs/index.php/honoris-causa/article/view/303>

Akhter, S., Bhat, M. A., Ahmed, S., Siddiqi, W. A., Ahmad, S., & Shrimal, H. (2023). Profiling of antibiotic residues in surface water of River Yamuna stretch passing through Delhi, India. *Water*, 15(3), 527. <https://doi.org/10.3390/w15030527>

Borjas García, J. E. (2020). Validez y confiabilidad en la recolección y análisis de datos bajo un enfoque cualitativo. *Trascender, Contabilidad y Gestión*, 5(15), 79–97. <https://doi.org/10.36791/tcg.v0i15.90>

Coco, L., Macrini, D., Piacentini, T., & Buccolini, M. (2021). Landslide susceptibility mapping by comparing GIS-based bivariate methods: A focus on the geomorphological implication of the statistical results. *Remote Sensing*, 13(21), 4280. <https://doi.org/10.3390/rs13214280>

Correa-Bravo, J. D., Vines-Hidalgo, F. A., & Zambrano-Andrade, E. L. (2020). Zonificación de riesgo por inundación en las subcuencas Río Grande, Mosquito, Garrapata aportantes al Río Chone. *Revista de Ciencias Agropecuarias ALLPA*, 3(6), 1–7. <https://publicacionescd.uleam.edu.ec/index.php/allpa/article/view/61>

Díaz, N., Guerrero, A. A., & Fajardo, E. J. (2023). Un enfoque de SIG-AHP para determinar la sustentabilidad productiva para el Páramo de Santurbán, Colombia. *Revista Luna Azul*, (57), 122–147. <https://www.redalyc.org/journal/3217/321779978008/321779978008.pdf>

Garófalo Sinchiguano, W. I. (2026). *Evaluación multicriterio del riesgo por deslizamiento e inundaciones mediante SIG para la generación de cartografía temática orientada a la gestión territorial en la microcuenca del río Alambí, parroquia de Nono, Quito* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana].

Guano Morales, M. E., & Medina Vargas, M. A. (2024). *Inundaciones en épocas lluviosas y su influencia en el centro poblado de la ciudad de Chone, provincia de Manabí. Periodo mayo 2023-septiembre 2023* [Tesis de grado, Universidad Estatal de Bolívar].

Hidalgo-Bastidas, J. P. (2019). Agua, tecnología y gubernamentalidad: Reconfiguración territorial en torno al megaproyecto hídrico multipropósito Chone, Ecuador. *Estudios Atacameños*, (63), 209–232. <https://doi.org/10.22199/issn.0718-1043-2019-0035>

Jiang, J., & Zheng, Y. (2020). A comprehensive study on spectral analysis and anomaly detection of river water quality dynamics with high time resolution measurements. *Journal of Hydrology*, 589, 125175. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125175>

López Serrano, S. C., Chung Alonso, P., & Ramírez Rivera, M. del P. (2021). Proceso analítico jerárquico (AHP) como método multicriterio para la localización óptima de estaciones intermodales. *Economía, Sociedad y Territorio*, 21(66), 315–358. <https://doi.org/10.22136/est20211583>

Mendoza Loza, H. J., Chavarría Párraga, J., & Giler-Ormaza, A. M. (2021). Evaluación de cambios en uso y cobertura de la tierra a escala de cuenca hidrográfica del río Chone. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 8(SPE2). <https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i.2602>

Mendoza, A., Solano, C., Palencia, D., & García, D. (2019). Aplicación del proceso de jerarquía analítica (AHP) para la toma de decisión con juicios de expertos. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 27(3), 348–360. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052019000300348>

Morales Donoso, K., Reyes Pozo, D., & Cascante Almeida, G. (2025). Determinación de amenaza a inundación, mediante el uso de sistemas de información geográfica en tres ciudades del Ecuador, a escala 1:5000. *Revista Geográfica de América Central*, (74), 233–256. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rge/n74/2215-2563-rge-74-233.pdf>

Palacios Orejuela, I. F. (2024). Comparación entre los métodos Mora-Vahrson y lógica difusa en la susceptibilidad a movimientos de tierra en el cantón Morona-Amazónica ecuatoriana. *Revista Cartográfica*, (108), 117–135. <https://doi.org/10.35424/rcarto.i108.4894>

Tauzer, E., Borbor-Cordova, M. J., Mendoza, J., De La Cuadra, T., Cunalata, J., & Stewart-Ibarra, A. M. (2019). A participatory community case study of periurban coastal flood vulnerability in southern Ecuador. *PLOS ONE*, 14(10), e0224171. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224171>

Towfiqul Islam, A. R. M., Talukdar, S., Mahato, S., Kundu, S., Eibek, K. U., Pham, Q. B., Kuriqi, A., & Linh, N. T. T. (2021). Flood susceptibility modelling using advanced ensemble machine learning models. *Geoscience Frontiers*, 12(3), 101075. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2020.09.006>

Wijesekara, H., Colyvas, K., Rippon, P., Hoang, S. A., Bolan, N. S., Manna, M. C., Thangavel, R., Seshadri, B., Vithanage, M., Awad, Y. M., Surapaneni, A., Saint, C., Tian, G., Torri, S., Ok, Y. S., & Kirkham, M. B. (2021). Carbon sequestration value of biosolids applied to soil: A global meta-analysis. *Journal of Environmental Management*, 284, 112008. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112008>

CONFLICTO DE INTERESES:

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Autores	Roles
Julio Enrique García Giler	Encargado de: conceptualización, investigación, validación, redacción del borrador original, revisión y edición
Cristian Joseph Pilligua Vera	Encargado de: metodología, supervisión, redacción, revisión y edición.

Contribución de los autores

Universidad & Sociedad publica sus artículos bajo una licencia Creative Commons <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>

