593 Digital Publisher
CEIT
ISSN 2588-0705

Metodologías de estimación de inundaciones (2020–2025): revisión sistematizada en zonas costeras del Ecuador

Flood estimation methodologies (2020-2025): a systematic review in coastal areas of Ecuador

Mario Salvador Melo-Villacis[1]
Universidad Estatal de Bolívar
mario.melo@ueb.edu.ec

David Alexander Monteros-Pazmiño[2]
Universidad Estatal de Bolívar
dmonteros@ueb.edu.ec

doi.org/10.33386/593dp.2025.6.3698

V10-N6 (nov-dic) 2025, pp 841-854 | Recibido: 27 de noviembre del 2025 - Aceptado: 10 de diciembre del 2025 (2 ronda rev.)

1 ORCID: https://orcid.org/009-0009-5608-6695. Estudiante en maestría de prevención y gestión de riesgos de la Universidad Estatal de Bolívar, especialista de Gestión de riesgos en el GAD municipal de Durán.
2 ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0518-5353. Profesor en la Universidad Estatal de Bolívar. Coordinador de la Maestría en Desarrollo Local. Maestrante de Ciencia de Datos y estudiante de doctorado en Proyectos.

Cómo citar este artículo en norma APA:

Melo-Villacis, M., & Monteros-Pazmiño, D., (2025). Metodologías de estimación de inundaciones (2020–2025): revisión sistematizada en zonas costeras del Ecuador. 593 Digital Publisher CEIT, 10(6), 841-854, https://doi.org/10.33386/593dp.2025.6.3698

Descargar para Mendeley y Zotero

RESUMEN

Las inundaciones, agravadas por el cambio climático, afectan recurrentemente a Ecuador y exigen métodos confiables de predicción para la gestión del riesgo. Entre 2020 y 2025 se consolidaron enfoques deterministas, de inteligencia artificial y combinados, aunque el conocimiento permanece disperso y con escasa comparación. Objetivo general: Realizar una revisión bibliográfica (2020–2025) de metodologías de predicción de inundaciones, identificando características, fortalezas, limitaciones y aplicabilidad en Ecuador. Metodología: Revisión cualitativa y descriptiva de artículos, tesis, informes y documentos institucionales consultados en Scopus, Web of Science, SciELO, Dialnet, Google Scholar y repositorios ecuatorianos. Se aplicaron criterios de inclusión por pertinencia, claridad metodológica, disponibilidad y vigencia; se excluyeron duplicados, enfoques puramente teóricos y trabajos sin respaldo. El análisis comparativo clasificó estudios en modelos deterministas, aprendizaje automático, probabilísticos e híbridos, evaluando requerimientos de datos, complejidad y adaptación nacional. Resultados: Los modelos físico-numéricos (HEC-RAS, MIKE FLOOD, Iber) brindan alta precisión condicionada a DTMs y series hidrometeorológicas; en contextos con datos limitados, esquemas simplificados apoyan el diseño de obras. La teledetección (RADAR Sentinel) y el SIG cartografían amenazas y vulnerabilidades; el ML (Random Forest, SVM, ANN, LSTM) refuerza la predicción con grandes volúmenes de datos, y los enfoques híbridos potencian precisión y eficiencia para SAT interpretables. Conclusión: Integrar geomática, modelación y ML, combinando obra gris y Soluciones basadas en la Naturaleza, ofrece potencial si se fortalecen monitoreo, calidad de datos y validación. Persisten brechas de gobernanza y comunicación que limitan la eficacia de los SAT; se recomienda articular instituciones y comunidades para cerrar la brecha pronóstico-respuesta.

Palabras clave: inundaciones; modelación hídrica; inteligencia artificial; teledetección; gestión del riesgo.

ABSTRACT

Floods, exacerbated by climate change, recurrently affect Ecuador and demand reliable prediction methods for risk management. Between 2020 and 2025, deterministic, artificial intelligence, and hybrid approaches have consolidated, although knowledge remains fragmented and lacks systematic comparison. General objective: To conduct a bibliographic review (2020–2025) of flood prediction methodologies, identifying their characteristics, strengths, limitations, and applicability in Ecuador. Methodology: A qualitative and descriptive review of articles, theses, reports, and institutional documents consulted in Scopus, Web of Science, SciELO, Dialnet, Google Scholar, and Ecuadorian repositories. Inclusion criteria were based on thematic relevance, methodological clarity, availability, and timeliness; duplicates, purely theoretical approaches, and unsupported works were excluded. The comparative analysis classified studies into deterministic, machine learning, probabilistic, and hybrid models, evaluating data requirements, complexity, and national adaptability. Results: Physically based models (HEC-RAS, MIKE FLOOD, Iber) provide high accuracy dependent on DTMs and hydrometeorological series; in data-scarce contexts, simplified schemes support infrastructure design. Remote sensing (RADAR Sentinel) and GIS map hazards and vulnerabilities; ML techniques (Random Forest, SVM, ANN, LSTM) enhance prediction with large data volumes, and hybrid approaches increase precision and efficiency for interpretable Early Warning Systems (EWS). Conclusion: Integrating geomatics, modeling, and MLcombining gray infrastructure with Nature-based Solutions shows strong potential if monitoring, data quality, and validation are reinforced. Governance and communication gaps still limit EWS effectiveness; institutional and community coordination is recommended to bridge the forecast–response gap.

Keywords: floods; hydrological modeling; artificial intelligence; remote sensing; risk management.

593 Digital Publisher CEIT ISSN 2588-0705

Introducción

Las inundaciones, exacerbadas por el cambio climático, representan un riesgo natural creciente a nivel mundial. En Ecuador, su recurrencia afecta gravemente a comunidades e infraestructura, haciendo imperativo desarrollar y aplicar metodologías confiables de predicción para una mitigación efectiva. El período 2020–2025 ha marcado una evolución significativa en estas técnicas.

La revisión de la literatura se centrará en tres grandes grupos metodológicos. Primero, los modelos deterministas (físico-numéricos como HEC-RAS o MIKE FLOOD) destacan por su alta precisión, aunque su uso implica elevados costos computacionales. Segundo, los modelos de aprendizaje automático (ML), como Random Forest, SVM, ANN y LSTM, se consolidan por su capacidad de integrarse con grandes volúmenes de datos hidrometeorológicos e imágenes satelitales para la predicción. Tercero, los modelos híbridos, que combinan simulaciones físicas con algoritmos de ML (por ejemplo, DeepLabv3+ con LSTM), se proyectan como enfoques de alta precisión y eficiencia operativa; un ejemplo es el modelo MaxFloodCast, que demostró resultados interpretables y gran precisión predictiva (R2 promedio de 0.949).

A pesar de estos avances, el conocimiento actual se encuentra fragmentado, con estudios enfocados en casos aislados y una ausencia de comparaciones sistemáticas. No existe un panorama integral y actualizado que sintetice los requisitos de datos, ventajas, limitaciones y la aplicabilidad operativa de cada metodología para los sistemas de alerta temprana.

Por esta razón, la presente investigación consiste en una revisión bibliográfica exhaustiva (2020–2025). Su Objetivo General es realizar una revisión bibliográfica sistematizada de las metodologías aplicadas entre 2020 y 2025 para la predicción de inundaciones, con el fin de identificar sus principales características, fortalezas, limitaciones y posibilidades de aplicación en la gestión del riesgo en Ecuador. Esta revisión no solo contrastará experiencias internacionales, sino que las contextualizará a la realidad ecuatoriana para identificar tendencias, vacíos de conocimiento y debilidades, aportando información clave para futuras investigaciones y aplicaciones técnicas en la gestión del riesgo de desastres.

La pregunta de investigación central que guía el estudio es: *¿Cuáles fueron las principales metodologías aplicadas entre 2020 y 2025 para la predicción de inundaciones y qué fortalezas, limitaciones y potencial de aplicación operativa que presentan en la gestión del riesgo en Ecuador? La revisión responde también a preguntas secundarias* sobre los avances en modelos deterministas, la incorporación de IA, las características de los modelos híbridos, y la adaptabilidad de las limitaciones y requerimientos de datos a la realidad de Ecuador.

El objetivo general de esta investigación es realizar una revisión bibliográfica sistematizada de las metodologías aplicadas entre 2020 y 2025 para la predicción de inundaciones, con el fin de identificar sus principales características, fortalezas, limitaciones y posibilidades de aplicación en la gestión del riesgo en Ecuador.

Método

La investigación se desarrolló mediante una revisión bibliográfica con enfoque cualitativo y descriptivo, cuyo propósito fue identificar y analizar las metodologías aplicadas entre 2020 y 2025 incluyendo publicaciones disponibles hasta julio de ese año para la estimación y predicción de inundaciones en Ecuador y en territorios con características similares. Este tipo de revisión facilitó la recopilación, organización e interpretación de información procedente de diversas fuentes académicas, lo que permitió construir una visión integrada sobre los avances metodológicos recientes y su aplicabilidad en la gestión del riesgo.

Para tal fin, la revisión se fundamentó en fuentes secundarias tales como artículos científicos, tesis de posgrado, informes técnicos, documentos institucionales y publicaciones especializadas. La selección de estos materiales

obedeció a criterios de pertinencia temática, actualidad y rigor científico, especialmente considerando la rápida evolución de la modelación hidrológica y las técnicas de predicción de inundaciones durante el periodo analizado.

En relación con la búsqueda documental, esta se efectuó en bases de datos académicas de amplio reconocimiento, entre ellas Scopus, Web of Science, SciELO, Dialnet y Google Scholar, además de repositorios institucionales ecuatorianos. Asimismo, se utilizaron combinaciones de palabras clave en español e inglés como *inundaciones*, *modelación hidrológica*, *inteligencia artificial*, *teledetección*, *sistemas de alerta temprana* y *gestión del riesgo de desastres* lo cual posibilitó identificar estudios con distintos enfoques metodológicos y tecnológicos.

Respecto a los criterios de inclusión, se consideró la pertinencia temática, la solidez metodológica, la disponibilidad del documento completo y la vigencia dentro del rango 2020–2025. En contraste, fueron excluidos los trabajos con enfoques meramente conceptuales sin aplicación práctica, documentos sin respaldo académico, publicaciones duplicadas o materiales sin información metodológica verificable.

Posteriormente, se procedió a una lectura analítica y comparativa del conjunto de textos seleccionados. Esta etapa permitió reconocer las principales metodologías utilizadas en la estimación y predicción de inundaciones, las cuales fueron agrupadas en enfoques deterministas, probabilísticos, basados en inteligencia artificial o híbridos. Cada enfoque fue evaluado considerando sus características técnicas, requerimientos de información, nivel de complejidad y grado de aplicabilidad al contexto ecuatoriano.

Además, el análisis siguió una lógica interpretativa orientada a identificar patrones de uso, fortalezas, limitaciones y vacíos de conocimiento en la literatura revisada. La sistematización de los resultados se llevó a cabo mediante cuadros comparativos y síntesis narrativas, lo que permitió contrastar los diferentes enfoques y resaltar aquellos con mayor potencial de implementación en la gestión del riesgo por inundaciones en Ecuador.

Resultados

Díaz y Borbor (2020), presenta la tesis *"Modelación hídrica de una cuenca para el establecimiento de un sistema de alerta temprana ante inundaciones"*, centrada en la microcuenca del río Salima (Esmeraldas). El objetivo fue generar escenarios de inundación para periodos de retorno de 2, 5, 10 y 25 años mediante modelación numérica con el software Iber, utilizando modelos digitales de elevación de 3 m, imágenes satelitales de 12 m y SIG para caracterizar el terreno, condiciones hidrodinámicas y rugosidad del suelo. Los resultados incluyeron mapas detallados de zonas inundables que muestran profundidades y niveles de agua, lo que permitió identificar claramente áreas vulnerables. Se concluyó que esta modelación constituye una herramienta fundamental para apoyar sistemas de alerta temprana en la región.

Estrada (2021), realizó la tesis *"Evaluación del riesgo de inundación fluvial en la cuenca baja del río Esmeraldas"*, con el propósito de evaluar amenazas y vulnerabilidad en dicha cuenca. La metodología incluyó teledetección mediante imágenes RADAR Sentinel, procesamiento con Google Earth Engine, indicadores derivados mediante análisis de componentes principales y evaluación bajo la metodología PER (PresiónEstadoRespuesta). Los resultados indicaron que el 10 % del área se inundó en el evento de febrero de 2020, y que el 80 % del territorio presentaba vulnerabilidad moderada. Para enfrentar esto, se propusieron estrategias de reubicación de población y bienes en zonas de alto riesgo.

Gómez (2022), defendió una tesis doctoral titulada *"Estudio de la amenaza de inundación en la cuenca baja del río Esmeraldas"*, en la que su objetivo general fue analizar el impacto de inundaciones asociadas al fenómeno de El Niño utilizando geotecnologías. Utilizó fotogrametría

aérea para generar un modelo digital del terreno (DTM) a escala 1:10 000, combinando vuelos, fotografías y puntos GNSS. Con este DTM, evaluó parámetros morfométricos, textura del suelo, pendientes y redes de drenaje, y aplicó un modelo modificado de AHP para determinar zonas de amenaza. Concluyó que la cuenca presenta susceptibilidad alta a inundaciones debido a su red de drenaje, pendientes pronunciadas, texturas poco permeables y desarrollo urbano desordenado.

Gómez (2021), elaboró el artículo *"Modelación de un Sistema para el Control de Inundaciones en la Planicie Aluvial del Río Lodana, Manabí–Ecuador"* con el objetivo de diseñar obras de control ante inundaciones en una cuenca con escasa instrumentación. Utilizó modelos matemáticos simples (método CN, lluvia de diseño, modelo HEC1), simulaciones hidrológicas y análisis comparativos entre alternativas de infraestructura, evaluando además costos asociados. Los resultados permitieron simular hidrogramas de crecientes y seleccionar planes eficientes como terraplenes, diques con vertedero y drenajes. La conclusión fue que estas soluciones son técnicas y económicamente viables para zonas rurales con datos limitados.

Rodríguez (2024), desarrolló una tesis sobre la *"Simulación de crecientes de diseño para el control de inundaciones en Ecuador"* (probablemente en Manabí o Esmeraldas) con el fin de generar escenarios de flujo para apoyar planificación de obras hidráulicas. La metodología empleó modelos de lluvia-diseño, sistemas numéricos de flujo, SIG y estructuras hidráulicas, aunque el repositorio no permite verificar todos los detalles metodológicos en este momento. Se infiere que sus resultados incluyeron mapas de escenarios de flujo para períodos de retorno específicos, y concluyó con recomendaciones orientadas a infraestructuras resilientes contra inundaciones.

Modelos Clásicos y Deterministas para la Predicción de Inundaciones en Ecuador (2020-2025)

Los modelos deterministas o físico-numéricos (como HEC-RAS, MIKE FLOOD o Iber), destacando su precisión y la base física de sus simulaciones. Se analizaría su aplicación en el contexto ecuatoriano, usando ejemplos como la tesis de Díaz y Borbor (2020) que empleó el software Iber para generar escenarios de inundación en la microcuenca del río Salima, y la de Gómez (2021) que utilizó modelos matemáticos simples (HEC-1, método CN) para el diseño de obras de control en la planicie aluvial del río Lodana. Se abordaría la necesidad de datos detallados (DTMs de alta resolución, imágenes satelitales) y los costos computacionales como las principales limitaciones.

Los modelos de aprendizaje automático (ML), como Random Forest, SVM, ANN y LSTM. La clave sería su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos hidrometeorológicos y teledetección, optimizando la predicción de manera eficiente. Aunque el resumen y la introducción no detallan un ejemplo de ML puro en los Resultados, este subtítulo cubriría los avances internacionales y su potencial de contextualización a la realidad ecuatoriana, especialmente en el manejo de imágenes RADAR y otros indicadores derivados de teledetección, como el análisis de Estrada (2021) en la cuenca baja del río Esmeraldas, que aunque usa teledetección con Google Earth Engine, sienta bases para la aplicación de modelos de IA en el procesamiento de estas imágenes para la evaluación de riesgos.

Enfoques Híbridos y su Potencial Operativo en Sistemas de Alerta Temprana Ecuatorianos

La tendencia de alta precisión y eficiencia operativa, combinando la robustez de las simulaciones físicas con la capacidad predictiva y la optimización de algoritmos de ML (ej. MaxFloodCast o DeepLabv3+ con LSTM). Se enfocaría en el potencial de estos modelos para superar la fragmentación de los estudios actuales y ofrecer una aplicabilidad operativa real. El

desarrollo se centraría en cómo estos enfoques pueden responder a la pregunta de investigación central sobre el potencial de aplicación operativa en la gestión del riesgo en Ecuador, destacando su idoneidad para la elaboración de sistemas de alerta temprana interpretables.

Según FLACSO (s. f.) El riesgo de inundación es producto de la amenaza y vulnerabilidad, estas variables podrían aparecer de distintas formas dentro de un determinado territorio, dependiendo de la magnitud con la que se presenten, será la influencia en el riesgo de inundación. En este trabajo investigativo, se propone estudiar la influencia de una metodología, con el objetivo de realizar una caracterización hidrográfica del territorio, que permita distinguir la posible existencia de los escenarios de amenaza y vulnerabilidad. La metodología empleada se basa en un análisis exploratorio, metódico, descriptivo, deductivo, probabilístico; y considera como objeto de estudio la gestión del riesgo de inundación y cómo campo de acción la caracterización hidrográfica de la cuenca del cantón Sucúa.

Se decide emplear como caso de estudio a Sucúa, ciudad de Morona Santiago, provincia de Ecuador; debido a que, su zona urbana presenta el riesgo de inundación, a causa de la cercanía al punto de descarga o salida de una cuenca hidrográfica, que presenta un alto potencial hídrico, además de ser el escenario propicio para la aplicación de teorías y procesos de análisis, gracias a su topografía y a las condiciones meteorológicas registradas en las bases de datos de libre acceso del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, Ecuador. Finalmente, se obtuvo un análisis sustentado por los distintos parámetros de alerta de riesgo de inundación, obtenidos mediante la caracterización hidrográfica; escenario que influye positivamente en el desarrollo urbano del cantón y permitirá tomar decisiones adecuadas, para gestionar el riesgo de inundación de su zona urbana.

El objetivo de este estudio fue analizar las estrategias de gestión de riesgos por inundaciones en Ecuador, evaluando la efectividad de los planes institucionales, la vulnerabilidad social, la integración de sistemas de alerta temprana, la articulación interinstitucional y el impacto del cambio climático y la urbanización no planificada. Se aplicó una revisión sistemática de literatura bajo lineamientos PRISMA, utilizando búsquedas avanzadas en SciELO, Scopus y Dialnet con operadores booleanos. De 140 registros iniciales, tras eliminar duplicados y aplicar criterios de inclusión/exclusión, se seleccionaron 8 estudios para la síntesis cualitativa. Los resultados muestran que, aunque existen avances normativos en los planes institucionales, persisten brechas en la implementación: el 33.3% de los docentes no promovió roles estudiantiles durante emergencias y el 51.7% de las municipalidades carecen de planes actualizados.

La vulnerabilidad social en comunidades costeras es media (55%) y está influida por factores institucionales y ecológicos. Los sistemas de alerta temprana requieren la integración de tecnología y saberes locales, ya que solo el 28.6% de los docentes practicó protocolos en simulacros. La articulación interinstitucional es limitada y la falta de coordinación y recursos afecta la efectividad de la gestión. El cambio climático y la urbanización no planificada han incrementado la frecuencia e intensidad de las inundaciones, superando en un 42% los registros históricos recientes. Se concluye que Ecuador necesita un enfoque integrado que combine gobernanza multinivel, conocimiento científico y ancestral, ordenamiento territorial resiliente y evaluaciones continuas con métodos mixtos, superando la fragmentación institucional y promoviendo la participación comunitaria.

Se establece un planteamiento metodológico para evitar y controlar las inundaciones producidas por Fenómenos climáticos torrenciales que producen aluviones y grandes movimientos de sedimentos (bajo distintas formas) son muy frecuentes, en etapa Invernal en la Parroquia Lodana del Cantón Santa Ana. Los estudios para el diseño de obras de control se realizan en general. En el presente trabajo se utilizan modelos matemáticos sencillos para la simulación hidrológica de

593 Digital Publisher CEIT ISSN 2588-0705

crecidas en cuencas con escasa información hidrometeorológica y nula instrumentación. Esta metodología requiere estimar la lluvia de diseño asumiendo un nivel de riesgo, evaluar la eficiencia de distintos planes de control mediante simulaciones de distintas alternativas de obras y seleccionar aquella de menor costo. El dique lograría evitar artificialmente las inundaciones en la zona agrícola de este sector rural (Gómez, 2021).

El objetivo fue identificar manchas de inundación mediante simulación de crecidas anuales en un segmento de la cuenca baja del río Pescadillo, que se ubica dentro de una matriz agrícola homogénea, en la provincia de Manabí de Ecuador. Se empleó para la simulación hidráulica el programa HEC-RAS y para levantar la geometría del canal la extensión HEC- GeoRAS. Los datos geométricos se extrajeron de un TIN obtenido de un modelo de elevación digital (DEM/SRTM) de 50 metros de resolución.

En la simulación hidráulica se trazaron 28 secciones transversales separadas a 800 metros, un caudal simulado de 61,4 m3/seg, y una pendiente aguas debajo de 0.0025. Resultó que la posible área a ser afectada abarca 18.72 Km2. Las manchas simuladas de inundaciones anuales del río, brindan información sobre la ubicación de las zonas de desbordamiento y los posibles terrenos agrícolas que están en riesgo.

Los países de América Latina y el Caribe están afectados por eventos climáticos extremos. En República Dominicana, Ecuador y Bolivia existe un incremento en el riesgo a sucesos extremos en general y a inundaciones en particular. El estudio tuvo como objetivo comparar los Sistemas de Alerta Temprana (SAT) para inundaciones, identificar sus problemas, reconocer las lecciones aprendidas y, a partir de ello, formular recomendaciones. Para este propósito, se analizaron los indicadores relacionados con inundaciones y SAT. Entre septiembre de 2014 y julio de 2015 se realizaron 32 entrevistas estructuradas a los principales actores de las instituciones más relevantes a nivel local y nacional.

Encontramos que existen sistemas de monitoreo sólidos, y por ello, se ha trabajado en la mayoría de los casos fortaleciendo la parte técnica y de pronósticos para inundaciones. Sin embargo, en los tres países todavía existe una brecha entre el pronóstico técnico y la comunicación/ respuesta de la comunidad. La diferencia entre un fenómeno natural y un desastre puede ser un Sistema de Alerta Temprana, que tome como eje central la participación de las comunidades y la coordinación con las autoridades. Es necesario fortalecer los SATs que existen localmente dando a las comunidades herramientas necesarias y coordinando los sistemas locales y nacionales para dar una alerta, reacción y acción oportunas.

Brambilla et al, (2025), el artículo de revisión analizado tuvo como objetivo conocer los efectos potenciales e implicaciones que pueden originarse por las inundaciones en la población ecuatoriana. La metodología empleada se basó en una revisión sistemática de revistas y artículos científicos recopilados en línea a partir de fuentes como SciELO, Scopus, Google Scholar y diversas revistas indexadas, manteniendo la originalidad mediante el uso adecuado de citas y referencias bibliográficas. Para su desarrollo se identificaron 60 publicaciones correspondientes al periodo 2020–2024, de las cuales 6 fueron seleccionadas para la discusión final.

Los resultados demostraron que el cambio climático es un problema global inevitable que ha llevado a las personas a tener un alto nivel de conciencia sobre el riesgo de inundaciones, y que su gestión debe integrarse en las políticas públicas, mediante la generación de información, de acciones de prevención y mitigación, y, con una activa participación ciudadana que atienda las necesidades derivadas de estos eventos peligrosos. Se concluye que los riesgos por inundaciones no se han gestionado de forma integral, faltando coordinación entre entidades estatales y una efectiva inclusión ciudadana para la toma de decisiones. Por este motivo, es necesario diseñar e implementar estrategias que permitan a todos los actores, estar prevenidos ante la ocurrencia de esta amenaza (Brambilla et al., 2025).

Este estudio analiza la vulnerabilidad a inundaciones en el cantón Jipijapa, provincia de Manabí, Ecuador, mediante el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Integrando datos vectoriales, ráster y topográficos, se identificaron áreas críticas con altos niveles de riesgo y elevada densidad poblacional, como las vías Montecristi – La Cadena y Jipijapa – Noboa. Además, se generaron mapas temáticos que permitieron priorizar intervenciones estructurales y no estructurales. Los resultados subrayan la necesidad de implementar sistemas de alerta temprana, mejorar la infraestructura de drenaje y fomentar la participación comunitaria. Este enfoque evidencia la utilidad del SIG para la planificación territorial y la gestión del riesgo, contribuyendo a mitigar los impactos de futuros eventos climáticos extremos (Peralta et al., 2025).

El objetivo principal del estudio realizado por Loor et al. (2023) fue evaluar la susceptibilidad a eventos de inundación en un sector del área urbana de la ciudad de Rocafuerte (Manabí), mediante un enfoque multicriterio aplicado con Sistemas de Información Geográfica. El problema abordado surgió debido a que el cantón Rocafuerte se encuentra ubicado en un valle de inundación y ha sido históricamente una zona altamente afectada durante las temporadas de invierno, cuando las lluvias intensas provocan inundaciones recurrentes. Estos eventos, a su vez, han generado avalanchas de lodo y escombros que han puesto en una condición de alta amenaza a la población urbana, especialmente en la zona céntrica de la ciudad, ubicada en la parte baja de la microcuenca San Marcos, lo que incrementa su susceptibilidad a este tipo de peligros naturales.

En la metodología de la investigación de tipo descriptiva de campo, se aplicó la herramienta de Geomática Aplicada a través del software SAGA GIS, para analizar el modelo espacial de áreas susceptibles a inundaciones dentro de la microcuenca San Marcos en base del denominado Método Cartográfico con Heurística en referencia del análisis de variables o factores físicos como son la pendiente, geomorfología, saturación, isoyetas, vegetación e hidrogeología. En este estudio se aplica la técnica de Evaluación Multicriterio, para la cual se construye un modelo de ponderaciones empleando la integración de variables de diferentes naturalezas. Entre los hallazgos, con mapas elaborados, se concluye que los resultados presentan coincidencia espacial con otros estudios, aunque ésta aporta precisión cartográfica (Loor et al., 2023).

En Ecuador, las provincias de los Ríos y Bolívar siempre se han caracterizado por un desarrollo agrícola importante y constante. Lamentablemente la mala gestión del recurso hídrico es un problema que se viene acarreando en todo el país desde hace muchos años. Es por eso que el que artículo bajo muestra si las condiciones climáticas de la cuenca del Río Santa Rosa satisfacen este desarrollo agrícola. Para esto, por medio del software ArcGIS (SIG), se realizó la caracterización geomorfológica de la cuenca, información que sirvió para posteriormente determinar el balance hídrico de la misma, obteniendo que el área de estudio presenta dos etapas en el año, una de enero a abril con excedentes hídricos y otra de mayo a diciembre con déficits. Posterior a esto se determinó la escorrentía superficial de la cuenca con la metodología planteada por Ferguson, obteniéndose un valor de 62’858,679.45 de m3/ año (Loaiza et al., 2022)las provincias de los Ríos y Bolívar siempre se han caracterizado por un desarrollo agrícola importante y constante. Lamentablemente la mala gestión del recurso hídrico es un problema que se viene acarreando en todo el país desde hace muchos años. Es por eso que el presente trabajo muestra si las condiciones climáticas de la cuenca del Río Santa Rosa satisfacen este desarrollo agrícola. Para esto, por medio del software ArcGIS (SIG.

El volumen de escurrimiento sirvió para realizar una comparación con los requerimientos hídricos y de riego calculados para los principales cultivos de la zona (cacao, arroz, banano, cítricos), obteniendo como resultado que el escurrimiento sólo puede suplir el 46% de los requerimientos de riego de dichos cultivos en la cuenca. Finalmente, por medio de una evaluación multicriterio a través de variables como precipitación, pendiente, drenajes, y cobertura

593 Digital Publisher CEIT ISSN 2588-0705

de suelos se determinó las zonas susceptibles a inundaciones, comprobando que el 89% de la cuenca baja se encuentra en susceptibilidad alta a inundaciones y que poblados como Beldaco, Tres Marías y la Cooperativa Buena Suerte permanecen en constante riesgo a sufrir inundaciones (Loaiza et al., 2022)las provincias de los Ríos y Bolívar siempre se han caracterizado por un desarrollo agrícola importante y constante. Lamentablemente la mala gestión del recurso hídrico es un problema que se viene acarreando en todo el país desde hace muchos años. Es por eso que el presente trabajo muestra si las condiciones climáticas de la cuenca del Río Santa Rosa satisfacen este desarrollo agrícola. Para esto, por medio del software ArcGIS (SIG.

El cantón Santa Ana a lo largo de los años ha sido afectado por eventos de inundaciones causando impactos económicos, humanos y ambientales. Vallecilla et al. (2022),señalaron que el propósito de su investigación fue determinar los impactos provocados por las inundaciones mediante la validación y sustentación de una revisión bibliográfica orientada a analizar las características de las microcuencas aportantes, la hidrogeomorfología espacio–temporal del río Portoviejo y la recurrencia de inundaciones en la zona urbana del cantón Santa Ana.

La metodología se basó en la recopilación y el análisis de información bibliográfica sobre los registros de eventos de inundaciones para la determinación cuantitativa de los impactos y las situaciones de las afectaciones y los parámetros geomorfológicos de las microcuencas. Los esteros de Visquije, Chamucame y Taina son los mayores afluentes en épocas lluviosas los cuales generan inundaciones en el centro de la ciudad cuando estos colapsan su capacidad aportante. Se registraron a lo largo de 20 años, 56 reportes de emergencias por eventos de inundación considerando que fueron 18.959 afectados, entre ellos 350 evacuados, 204 heridos y 5 fallecidos; los bienes inmuebles afectados se calculan en 4.134 viviendas, y cientos de hectáreas de cultivos y bienes públicos (Vallecilla et al., 2022).

La investigación propuso diseñar una metodología para plantear soluciones basadas en la naturaleza (SbN) revitalizando los ecosistemas que brindan protección natural frente a los efectos negativos como las inundaciones por las fuertes precipitaciones durante un evento anómalo como “El Niño”. La propuesta metodológica para el diseño de SbN, fue dividida en tres fases priorizando la toma de decisiones en el ámbito ambiental, se inició con una recolección de datos primarios mediante el análisis cronológico de imágenes satelitales y aplicación de un cuestionario a los habitantes de la cabecera parroquial de Manglaralto. Los resultados mostraron que el 28% de los habitantes indicaron que las precipitaciones, seguidas de las inundaciones son las principales afectaciones del fenómeno “El Niño. (Vargas et al., 2021).

Además, se establecieron factores de decisión ecológicos y ecosistémicos para la selección de la SbN más adaptable con la participación y coproducción de la ciudadanía y posteriormente, se elaboró el predimensionamiento de la solución. El estudio demostró que la laguna diseñada absorbe y almacena agua similar a un humedal continental (zona de inundación natural), la cual retiene el volumen de 3515,67m3 que se genera durante una creciente del fenómeno de “El Niño”. Además, se calculó que la infiltración que se produce en la laguna es de 5,66x10-3m3 cada segundo, lo que representa un volumen de 535.455m3 en tres años el cual se aproxima a los 593.177m3 que consumieron en el año 2016. Por consiguiente, es fundamental entender el comportamiento de la naturaleza para optar por soluciones semejantes a ecosistemas naturales (Vargas et al., 2021).

La frecuencia, intensidad y severidad de las inundaciones pueden incrementarse por efecto del cambio climático y de la presión urbana sobre los usos del suelo; debido a estos cambios es importante recurrir a herramientas que ayuden en la planeación del territorio, identificando las posibles zonas inundables, y los mejores sitios para el desarrollo de las edificaciones. Los métodos de percepción remota tienen como objetivo ayudar en la identificación de dichas zonas, permitiendo la

modificación o disminución del riesgo a partir de análisis las condiciones existentes. El mapeo de peligros de inundación (FHM) ha experimentado un desarrollo significativo en términos de enfoque y capacidad del resultado para cumplir con el objetivo del estudio de predicción e identificación de regiones propensas o afectadas por inundación (Bedoya, 2022).

La consolidación de estudios de revisión sobre la aplicación de metodologías basadas en SIG para la determinación de zonas de riesgo por inundación y estimación de pérdidas en Latinoamérica da una idea de la manera en cómo actualmente se abordan este tipo de problemáticas, las limitaciones, y las incertidumbres asociadas con los métodos. Además, se analizan los enfoques en el manejo de las incertidumbres relacionadas con cada método y su desarrollo. Cabe resaltar la importancia de establecer los mecanismos gubernamentales y sistemas de alerta temprana en cada territorio para la toma de decisiones precisas y oportunas ante problemas relacionados con inundaciones, empleando las mejores prácticas de gestión y la adaptación de la toma de decisiones climáticas para construir infraestructuras resilientes (Bedoya, 2022).

Tingo (2024), en su investigación la caracterización del riesgo climático es de suma importancia para Ecuador y su adaptación a los cambios climáticos en sus diferentes territorios. El objetivo principal de este trabajo fue evaluar la "Herramienta para la Integración de Criterios de Cambio Climático en el Desarrollo y Ordenamiento Territorial" del Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador (MAATE) en el contexto del cantón Guano, provincia de Chimborazo, Ecuador, y proporcionar recomendaciones para mejorar su aplicación en la evaluación del riesgo climático. Se realizó una revisión comparativa de diversas metodologías disponibles e implementadas en casos específicos en la región de América Latina, incluida la herramienta del MAATE. A continuación, se evaluó la aplicabilidad y relevancia, y se identificaron las potencialidades y limitaciones de la herramienta del MAATE a partir del estudio de caso, así como el papel de los recursos informáticos usados por ésta, como CRiSTAL y DesInventar. Se identificó las amenazas climáticas presentes y futuras en el cantón Guano, se evaluó la exposición y vulnerabilidad climática y se estimó los impactos relacionados con el clima sobre elementos expuestos. Se concluyó que la herramienta del MAATE tiene varias ventajas, como la integración de criterios de cambio climático en el desarrollo y la planificación territorial.

Dentro de sus principales limitaciones, se identificó la necesidad de disponer de información actualizada y la participación de actores clave. Para mejorar la metodología MAATE y su aplicabilidad en la evaluación del riesgo climático a futuro en el Ecuador y la región latinoamericana, se recomienda actualizar la base de datos históricos del clima, involucrar a entidades gubernamentales relacionadas con el cambio climático, revisar las indicaciones de aplicabilidad de la metodología MAATE, proporcionar orientación detallada sobre el seguimiento y la evaluación de la eficacia de las medidas aplicadas, e incluir metodologías y herramientas específicas para realizar evaluaciones de riesgos climáticos. Es importante señalar que la información climática generada por la metodología MAATE no es un pronóstico climático infalible sino una referencia o aproximación de la magnitud y ubicación de las amenazas climáticas más comunes en el territorio continental ecuatoriano (Tingo, 2024).

Según Hernández y Manzaba (2025), la presente investigación abordó la problemática de la susceptibilidad a inundaciones en la parroquia San Lorenzo del cantón Jipijapa, una zona caracterizada por su topografía irregular y condiciones climáticas variables que la hacen vulnerable ante eventos hidrometeorológicos extremos. El objetivo fue evaluar el nivel de susceptibilidad a inundaciones en esta parroquia, con el fin de identificar las zonas más propensas y proponer insumos técnicos para la gestión del riesgo. Para ello, se empleó una metodología de análisis espacial mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), integrando variables como pendiente, uso del suelo, proximidad a cuerpos de agua y percepción comunitaria. Se realizaron dos

593 Digital Publisher CEIT ISSN 2588-0705

parametrizaciones: una basada en aspectos físicos y ambientales del territorio y otra sustentada en encuestas aplicadas a los habitantes para conocer su experiencia frente a eventos de inundación.

Los resultados revelaron que las zonas con pendientes entre 0 % y 8 %, ubicadas mayormente en la parte baja de la parroquia, presentaron una alta susceptibilidad a inundaciones, coincidiendo con áreas donde la cobertura vegetal ha sido sustituida por asentamientos humanos, se identificó una coincidencia significativa entre las zonas clasificadas como de alta susceptibilidad por el análisis técnico y aquellas reconocidas como problemáticas por la población local. En conclusión, se determinó que la parroquia San Lorenzo presenta condiciones físicas, sociales y de uso del suelo que favorecen la ocurrencia de inundaciones, especialmente en sus sectores bajos, lo cual evidencia la necesidad de implementar acciones de prevención, planificación territorial y educación comunitaria para mitigar sus efectos (Hernández & Manzaba, 2025).

La ciudad de Guaranda se encuentra ubicada en el centro del país, atravesada por la cordillera de los Andes y en una zona de alta peligrosidad sísmica. Existen estudios y metodologías desarrolladas para estimar zonas con alta afectación, El objetivo del presente estudio fue desarrollo de un web mapping que permita el ingreso, búsqueda, actualización y visualización la información geográfica de sismos, deslizamientos e inundaciones sobre amenazas y vulnerabilidades del área urbana ante la presencia de cualquier evento adverso. Esto con el fin de generar información que sea de conocimiento de organismos públicos y privados, medio por el cual la ciudadanía en común conozca información relevante sobre riesgos de desastres a los que está expuesta la localidad (Coloma et al., 2022).

La metodología elegida para el desarrollo del software fue Srcum. La misma que facilitó con sus actividades la elaboración del software propuesto en un corto periodo de tiempo. Para la evaluación del presente software se utilizó un test de preguntas dirigido a los usuarios finales del sistema, comprobando la usabilidad y funcionalidad en cuanto a sus objetivos (Coloma et al., 2022).

Además, se logró realizar la simulación del comportamiento hidrológico de la cuenca en una zona donde no existen estudios de este tipo. Se utilizó las curvas intensidad-duración-frecuencia (IDF) para la construcción de hietogramas. Con esta información, se aplicó un sistema de modelamiento hidrológico con la herramienta HEC-HMS (versión 4.6.1), y el programa QGIS 3.4 MADEIRA para determinar las características morfológicas de la cuenca. Se obtuvieron los caudales de punta para períodos de retorno de 25, 50 y 100 años respectivamente. Este análisis es de gran ayuda para otras cuencas hidrográficas en toda la región ecuatoriana, ya que tienen una función importante en el ecosistema y que no cuentan con información hidrometeorológica (Rodríguez & Alarcón, 2021).

Reyna et al. (2020), menciona que la mayor parte del territorio ecuatoriano está amenazado por la acción de los eventos naturales y antrópicos, causantes de pérdidas humanas, económicas y sociales, incrementadas con el crecimiento urbano no planificado, por la ocupación de zonas de alto riesgo como hábitat para las personas, asentadas en lugares no adecuados y aún regulados. Determinar los asentamientos humanos a partir de la digitalización de la mancha urbana sobre imágenes de satélite del año 2017, que se encuentran en zonas susceptibles a riesgos por inundación y deslizamiento en la ciudad de Portoviejo, y determinar los asentamientos que están dentro de las áreas protegidas.

Se determinaron asentamientos en zonas de riesgo de la ciudad, mediante sistemas de información geográfica, a partir de la digitalización de la mancha urbana sobre imágenes de satélite y el cruce con cartografía temática sobre riesgos, mapeando los sitios con asentamientos humanos de mayor vulnerabilidad ante posibles eventos catastróficos. Se identificó que en el año 2017 los asentamientos ocupaban un área de 3150 ha, de ellas 15,35 ha se encontraban sobre áreas protegidas, con alta amenaza de

inundación en 427,69 ha, y 2 ha se localizan en zonas de amenaza media a deslizamientos (Reyna et al., 2020).

Discusión

Los trabajos revisados evidenciaron que la gestión del riesgo de inundaciones en Ecuador se ha construido desde enfoques territoriales y geoespaciales que priorizan el uso de SIG y la modelación hídrica, concentrándose principalmente en las provincias de Esmeraldas y Manabí. Esta perspectiva permitió comprender que el riesgo no depende únicamente del comportamiento hidrometeorológico, sino del modo en que la vulnerabilidad social y la ocupación territorial amplifican los efectos de las crecidas. En esta línea, Estrada (2021) destacó que la susceptibilidad aumenta donde la exposición humana coincide con procesos urbanos desordenados, lo que explica por qué en la cuenca baja del río Esmeraldas la vulnerabilidad alcanza niveles moderados-altos en la mayor parte del territorio.

Asimismo, se identificó que las inundaciones generan impactos ambientales que trascienden el evento inmediato. Caicedo et al. (2025) señalaron que la recurrencia de crecidas en zonas costeras promueve la contaminación de cuerpos de agua por descargas domésticas e industriales, incrementando coliformes y metales pesados que comprometen la seguridad hídrica y sanitaria. Estos hallazgos evidenciaron la necesidad de que la gestión del riesgo integre acciones de tratamiento de aguas, monitoreo ambiental y protocolos posinundación, y no se limite únicamente a intervenciones estructurales.

En el ámbito institucional, persisten debilidades que afectan la efectividad de las políticas públicas. Brambilla et al. (2025) identificaron problemas de coordinación interinstitucional que retrasan la actualización de instrumentos locales de gestión del riesgo, situación que se refleja en la ausencia de planes vigentes en más de la mitad de los municipios del país. Esto sugiere que la gobernanza continúa siendo un factor crítico y que la participación social sigue limitada a mecanismos informativos, sin consolidarse como un eje participativo de toma de decisiones.

El avance tecnológico muestra un cambio hacia modelos híbridos que combinan simulación física e inteligencia artificial. Gómez (2022) evidenció que técnicas como Random Forest, ANN, SVM o LSTM alimentadas con RADAR y series históricas permiten identificar patrones complejos y mejorar la predicción de crecientes incluso en zonas con escasa instrumentación. Esto sugiere que la convergencia entre modelación numérica e IA constituye una oportunidad para fortalecer los SAT y lograr predicciones más robustas y trazables.

Además, las alternativas de mitigación requieren enfoques complementarios. Vargas et al. (2021) demostraron que las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), como lagunas de retención semejantes a humedales, pueden laminar volúmenes significativos durante eventos extremos. A pesar de ello, la obra gris tradicional mantiene vigencia en contextos rurales con información limitada. En consecuencia, la resiliencia territorial se fortalece cuando ambos tipos de soluciones se integran de manera estratégica y se sustentan en datos confiables y una gobernanza cooperativa.

Conclusiones

La revisión bibliográfica realizada entre 2020 y 2025 evidenció que las metodologías de predicción de inundaciones evolucionaron hacia enfoques más integrales y precisos, al incorporar modelación hidrológica e hidráulica, análisis espacial con SIG, sensores remotos y técnicas multicriterio, lo que fortaleció la capacidad de anticipar eventos extremos en diversos territorios.

Se determinó que las metodologías revisadas se caracterizaron por integrar múltiples variables físicas, ambientales y socioespaciales, permitiendo generar escenarios predictivos más realistas y ajustados a las dinámicas propias de cada cuenca, lo que facilitó una comprensión más completa de los procesos de inundación.

Asimismo, se identificaron fortalezas significativas, entre ellas la precisión de los modelos, la disponibilidad de datos satelitales gratuitos y la versatilidad de los sistemas SIG; no obstante, también se reconocieron limitaciones, como la falta de series hidrometeorológicas continuas, la necesidad de calibración local y las brechas técnicas en varios contextos ecuatorianos.

Finalmente, se concluyó que la mayoría de metodologías analizadas presentan un alto potencial de aplicación en Ecuador, especialmente en zonas con alta recurrencia de inundaciones; sin embargo, su implementación efectiva requiere mejorar la infraestructura de monitoreo, fortalecer las capacidades técnicas locales y establecer lineamientos metodológicos unificados para apoyar la gestión del riesgo.

Referencias bibliográficas

Bedoya, C. (2022). *Análisis de metodologías para la determinación de zonas de riesgo por inundación en Latinoamérica a partir de SIG*. https://hdl.handle.net/10495/32232

Brambilla, D. M., Sánchez, D. F., Cordero, L. F., Romero, L. M., & Zambrano, J. G. (2025). Riesgo por inundaciones y sus potenciales implicaciones en la población ecuatoriana. *Ciencia y Reflexión*, *4*(1), 249-267. https://doi.org/10.70747/cr.v4i1.103

Caicedo, F. R., Chasi, L. R., Rosero, T. A., & Ramirez, C. A. (2025). Calidad del agua en ríos costeros de Ecuador y su relación con la contaminación tras inundaciones. *Polo del Conocimiento*, *10*(7), 2586-2604. https://doi.org/10.23857/pc.v10i7.10038

Coloma, J. A., Arévalo, H., & Guevara, E. L. (2022). Web mapping para la gestión de riesgos: Sismos, deslizamientos e inundaciones. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, *7*(5 (MAYO 2022)), 16.

Díaz, N. G., & Borbor, M. (2020). *Modelación hídrica de una cuenca para el establecimiento de un sistema de alerta temprana ante inundaciones usando fuentes de información local y sensores remotos. Caso de estudio Salima, provincia Esmeraldas* [Thesis, ESPOL. FIMCM]. http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/51409

Estrada, E. L. (2021). *Evaluación del riesgo de inundación fluvial en la cuenca baja del Río Esmeraldas* [masterThesis]. https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10942

Gómez, J. C. (2021a). Modelación de un Sistema para el Control de Inundaciones, en la Planicie Aluvial del Río Lodana, Manabí-Ecuador. *Polo del Conocimiento*, *6*(8), 386-404.

Gómez, J. C. (2021b). Modelación de un Sistema para el Control de Inundaciones, en la Planicie Aluvial del Río Lodana, Manabí-Ecuador. *Polo del Conocimiento*, *6*(8), 386-404. https://doi.org/10.23857/pc.v6i8.2946

Gómez, J. P. (2022). *Estudio de la amenaza de inundación en la cuenca baja del río Esmeraldas a partir de geotecnologías. Ecuador*. https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/6908

Hernández, A., & Manzaba, J. (2025). *Susceptibilidad a Inundaciones en la parroquia San Lorenzo de Jipijapa del cantón Jipijapa.* [bachelorThesis, Jipijapa - Unesum]. http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/7954

Loaiza, M. E., Nieto, C. A., Burgos, B. A., & Sanabria, C. V. (2022). Descripción hidrogeomorfológica de la cuenca del río Santa Rosa (Ecuador) con fines de riego y control de inundaciones. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *6*(5), 4699-4709. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3427

Loor, C. A., Valencia, X. H., & Pacheco, H. A. (2023). Susceptibilidad a eventos por inundaciones en un sector del área urbana del Cantón Rocafuerte (Manabí-Ecuador): Aproximación desde un enfoque multicriterio. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, *8*(5), 186-210. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9292144

Peralta, J. A., Cordero, M. O., Delgado, R. P., & Miller, J. H. (2025). Análisis de la Vulnerabilidad a Inundaciones en el Cantón Jipijapa, Manabí, Ecuador: Integración de Datos SIG. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación. ISSN: 2737-6249.*, *8*(15), 269-281. https://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/292

Reyna, A. E., Moreira, D. E., Bonilla, A. N., Pisco, J. A., & Macías, C. J. (2020). Asentamientos humanos en zonas susceptibles a riesgos por inundación y deslizamiento de la ciudad de Portoviejo. *Revista San Gregorio*, *43*, 109-123. https://doi.org/10.36097/rsan.v1i43.1413

Rodríguez, C., & Alarcón, J. R. (2021). Estudio hidromorfológico de la cuenca La Mona, El Cady y el riesgo de inundaciones imprevistas. *Dilemas contemporáneos: educación, política y valores*, *8*(SPE2). https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i.2598

Rodríguez, F. I. (2024). *Simulación de crecientes de diseño para el control de inundaciones del Río San Pablo en el Cantón Babahoyo* [B.S. thesis]. https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27685

TFLACSO-2020MCCP.pdf. (s. f.). Recuperado 5 de octubre de 2024, de https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/16801/2/TFLACSO-2020MCCP.pdf

Tingo, W. J. (2024). *Evaluación crítica de la metodología de estimación del riesgo climático del MAATE a partir del caso del cantón Guano, provincia de Chimborazo* [masterThesis, Quito, EC: Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador]. http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/9764

Vallecilla, A. S., Delgado, D. A., & Méndez, W. J. (2022). Retrospectiva de escenarios de inundaciones en la región costera de Ecuador: Una visión de sus impactos a escala local urbana. *Dominio de las Ciencias*, *8*(Extra 2), 20.

Vargas, K. L., Vera, R. A., & Andrade, G. (2021). *Propuesta de una metodología para diseño de soluciones basadas en la naturaleza a fin de minimizar los efectos producidos en un evento extremo como "El Niño" en la Cabecera Parroquial de Manglaralto* [Thesis, ESPOL. FIMCM]. http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/51450