

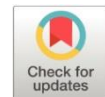


Análisis de riesgo de inundación en áreas aledañas al río Burgay en la ciudad de Biblián

Flood risk analysis in areas surrounding the Burgay river in the Biblián city

- 1 Juan Pablo Idrovo Ortiz  <https://orcid.org/0009-0003-1903-6804>
Maestría en Construcciones con Mención en Administración de la Construcción Sustentable, Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
juan.idrovo.03@est.ucacue.edu.ec
- 2 José Abelardo Paucar Camacho  <http://orcid.org/0000-0003-2722-1850>
Maestría en Construcciones con mención en Administración de la Construcción sustentable, Universidad Católica de Cuenca, Cuenca
jose.paucarcamacho@ucacue.edu.ec
- 3 Numa Inain Gaibor Velasco <https://orcid.org/0000-0002-4295-1969>
Maestría en Construcciones con mención en Administración de la Construcción sustentable, Universidad Católica de Cuenca, Cuenca; Ingeniería en Riesgos de Desastres, Universidad Estatal de Bolívar, Guaranda, Ecuador.
numa.gaibor@ueb.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 15/12/2023

Revisado: 18/01/2024

Aceptado: 09/02/2024

Publicado: 05/03/2024

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v7i1.3.2941>

Cítese: Idrovo Ortiz, J. P., Paucar Camacho, J. A., & aibor Velasco, N. I. (2024). Análisis de riesgo de inundación en áreas aledañas al río Burgay en la ciudad de Biblián. *ConcienciaDigital*, 7(1.3), 113-133. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v7i1.3.2941>



CONCIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://concienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons AttributionNonCommercialNoDerivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Palabras**claves:**

Amenaza,
Áreas
vulnerables,
Elementos
expuestos,
Riesgo de
inundación.

Keywords:

Exposed
elements
Flood risk
Hazard,
Vulnerable
areas

Resumen

Introducción. Dadas las recurrentes inundaciones durante la temporada de lluvias, este estudio se enfoca en modelar el riesgo de inundación en las áreas adyacentes al río Burgay, ubicado en la zona urbana del cantón Biblián de la provincia del Cañar, Ecuador.

Objetivo. Identificar el riesgo de inundaciones causada por la crecida del río Burgay en el cantón Biblián a través de la aplicación del método hidrológico – hidráulico para evaluar la amenaza, el uso de un GIS la zonificación de elementos expuestos a inundaciones para establecer estrategias para la reducción de riesgos.

Metodología. Se emplea una metodología descriptiva-correlacional para detallar el fenómeno y evaluar las interrelaciones entre variables relevantes para este riesgo. **Resultados.** Los resultados destacan una distribución significativa de áreas expuestas a diferentes niveles de amenaza de inundación en las proximidades del río Burgay. Se identifican extensiones considerables con niveles preocupantes de riesgo, principalmente áreas de alta y media amenaza, abarcando un porcentaje considerable del territorio evaluado. Aspectos fundamentales de la infraestructura, como las edificaciones, la red de agua potable, el sistema de alcantarillado y las vías urbanas, muestran una notable exposición a estos niveles de riesgo, especialmente en las categorías de alta y media amenaza.

Conclusión. La conclusión principal resalta la urgencia de implementar medidas preventivas y estrategias de gestión del riesgo en estas áreas vulnerables y expuestas. Estas acciones se tornan imperativas para mitigar los posibles impactos de futuras inundaciones, preservando la funcionalidad de la infraestructura crítica y garantizando la seguridad de la comunidad en el cantón Biblián de la provincia del Cañar, Ecuador. **Área de estudio general:** Ingeniería. **Área de estudio específica:** Construcción sustentable

Abstract

Introduction. Given the recurrent flooding during the rainy season, this study focuses on modeling the flood risk in the areas adjacent to the Burgay river, located in the urban area of Biblián canton in the province of Cañar, Ecuador. **Objective.** Identify the risk of flooding caused by the flooding of the Burgay river in the Biblián canton through the application of the hydrological-hydraulic method to evaluate the threat, the use of a GIS and the zoning of

elements exposed to flooding to establish strategies for risk reduction. **Methodology.** A descriptive-correlational methodology is used to detail the phenomenon and evaluate the interrelationships between variables relevant to this risk. **Results.** The results highlight a significant distribution of areas exposed to different levels of flood hazards in the vicinity of the Burgay River. Considerable extensions with worrying levels of risk are identified, mainly areas of high and medium threat, covering a considerable percentage of the evaluated territory. Fundamental aspects of the infrastructure, such as buildings, the drinking water network, the sewage system and urban roads, show a notable exposure to these risk levels, especially in the high and medium hazard categories. **Conclusion.** The main conclusion highlights the urgency of implementing preventive measures and risk management strategies in these vulnerable and exposed areas. These actions become imperative to mitigate the possible impacts of future floods, preserving the functionality of critical infrastructure and guaranteeing the safety of the community in the Biblián canton of the province of Cañar, Ecuador. **General area of study:** Engineering. **Specific Area of Study:** Sustainable Construction

Introducción

La frecuencia de las catástrofes naturales, especialmente las inundaciones, ha pasado a primer plano como una de las principales preocupaciones a nivel mundial, la Oficina de Naciones Unidas para la Reducción de Riesgo de Desastres o por sus siglas ONURRD, informó que la frecuencia de este tipo de incidentes ha aumentado significativamente en las últimas décadas. En particular, hay un notable incremento en el número de inundaciones, que pasó de 1.389 casos entre 1980 y 1999 a un promedio de 3.254 casos sólo entre 2000 y 2019. Esta preocupante tendencia sugiere un importante crecimiento del 234% en menos de 20 años. La misma organización también destaca que aproximadamente el 44% de todas las catástrofes naturales a nivel mundial tienen un origen hidrológico, es decir, causados por inundaciones o daños inherentes a las precipitaciones (ONURRD, 2019).

En el contexto del Ecuador las inundaciones no se consideran eventos únicos o infrecuentes, por el contrario, como resultado de los atributos climáticos y geográficos específicos de la nación, existe una incidencia recurrente de fenómenos hidrológicos desfavorables a lo largo del año (Vallecilla et al., 2022). La Secretaría de Gestión de

Riesgos (SGR) proporciona registros que ofrecen una ilustración clara de esta situación. Estos registros indican que, solo durante el mes de febrero de 2023, hubo 132 episodios de inundaciones documentados, entre los que se destacan: 7 casos de aluviones, 42 incidentes de colapso estructural, 6 eventos de granizadas, 11 eventos de socavación, 1 evento de tormenta eléctrica y 16 eventos de vendavales. El conjunto de datos ilustra efectivamente los considerables peligros hidrológicos que enfrenta Ecuador de manera regular (SGR, 2023).

Un ejemplo del fenómeno antes mencionado es el cantón Biblián, ubicado en la provincia de Cañar en Ecuador, que actualmente enfrenta importantes desafíos derivados de las intensas precipitaciones que experimenta durante el período invernal. La región se ve afectada por estas intensas lluvias, lo que ha provoca muchos peligros y calamidades relacionadas con las inundaciones. El cantón sufre desde hace varios años las consecuencias de estas fuertes tormentas. Un hecho destacable ocurrió en abril de 2022, cuando el río Burgay se desbordó, provocando una destrucción considerable del complejo deportivo Biblián, la Feria Ganadera y 27 propiedades residenciales (Primicias, 2022)

La necesidad de abordar los daños materiales y las pérdidas económicas causadas por estos desastres impulsa la búsqueda de soluciones viables destinadas a mitigar los riesgos y minimizar su impacto en la comunidad, pues, el desbordamiento del río, además de causar daños físicos y económicos, plantean un riesgo importante para la seguridad, la interrupción de los servicios esenciales, el desplazamiento de las viviendas y la exposición a peligros que tienen impactos significativos en el bienestar de las personas que residen en las áreas impactadas (Prefectura del Cañar, 2022).

Ante el problema descrito con anterioridad, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿De qué manera es posible efectuar una modelación a detalle del riesgo de inundaciones en las zonas adyacentes al río Burgay, ubicado en la ciudad de Biblián, con el propósito de prevenir a las autoridades locales sobre la eventualidad de desastres futuros? Para responder a esta pregunta se puede aludir que, una estrategia viable y eficaz para la reducción del riesgo de desastres provocados por inundaciones sería integrar un análisis sistemático de las zonas de riesgos más susceptibles a los desastres para integrarlos en los procedimientos de gestión y planificación del desarrollo local y nacional (Román, 2021).

Una estrategia para llevar a cabo estos análisis implica la utilización de la tecnología de modelado digital que recopile información hidráulico e hidrológico para determinar las zonas de amenaza e identificar cuáles son los elementos expuestos. Esta conjunción de enfoques facilita la identificación de patrones espaciales, respalda las decisiones al permitir el análisis simultáneo de amplias cantidades de datos y proporciona respuestas a interrogantes vinculadas con la ubicación, causalidad y metodología.

Con base en las consideraciones expuestas, el presente estudio establece como objetivo general la identificación del riesgo elevado de inundaciones causadas por el aumento del caudal del río Burgay en el Cantón Biblián, empleando un enfoque de modelado digital que incorpora datos hidráulicos e hidrológicos específicos de la región. Este propósito se alinea con la hipótesis de que, al realizar una caracterización exhaustiva de la hidrodinámica del río y del comportamiento hidrológico, respaldada por la aplicación de diversas herramientas tecnológicas como SAGA, IBER y GIS, se logrará discernir de manera eficaz y precisa el nivel de riesgo asociado a las inundaciones originadas por el río Burgay en el entorno urbano de Biblián.

El logro del objetivo de esta investigación permite recopilar y analizar datos numéricos y espaciales que brindan una visión precisa de la probabilidad de inundaciones y su impacto en la región. La investigación también se centra en identificar los elementos y zonas expuestas a inundaciones, lo que ayuda a desarrollar recomendaciones y estrategias específicas para mitigar los efectos de los desastres. Estas recomendaciones podrán ser consideradas por las autoridades locales y otras entidades relevantes para la toma de decisiones y la implementación de medidas preventivas y de mitigación.

La importancia de esta investigación radica principalmente en la población de Biblián pues este estudio permite evaluar de manera científica y basada en datos el riesgo de inundación, identificar las áreas más vulnerables y expuestas, y diseñar estrategias efectivas de prevención y mitigación. Además, proporciona información crucial sobre los factores subyacentes que contribuyen a las inundaciones, que favorezcan a una planificación urbana más resiliente y una gestión del riesgo adecuada.

Los resultados obtenidos tendrán un impacto directo en la toma de decisiones a nivel local, la asignación de recursos y la implementación de políticas públicas orientadas a proteger a la población y reducir los impactos sociales, económicos y ambientales de las inundaciones. Asimismo, esta investigación contribuye al conocimiento científico en el campo de la gestión de riesgos y la resiliencia frente a desastres naturales, lo que proporciona lecciones y buenas prácticas que pueden ser compartidas y utilizadas en otros contextos similares, para promover así la seguridad y el bienestar de las comunidades afectadas por inundaciones.

La variable dependiente de esta investigación son las áreas de inundación que se puede concebir como la acumulación excesiva de agua en lugares normalmente secos, pues el desbordamiento de ríos, lagos, canales o la acumulación de agua en áreas planas ocurre cuando los niveles de agua superan la capacidad del suelo para absorber agua o la capacidad del sistema de drenaje actual (Tariq et al., 2022). Del mismo modo, la variable independiente en este estudio son las características hidráulicas e hidrológicas de la zona, que se pueden definir como los atributos y condiciones relacionados con el comportamiento hidráulico de un cuerpo de agua y la dinámica hidrológica de la región

circundante. Estas variables incluyen, entre otros aspectos, la topografía del terreno, el caudal, las tasas de precipitación, la capacidad de retención del suelo y la geografía específica del área de estudio (Sequeira, 2021). A continuación, se presenta el referencial teórico que caracteriza las variables de estudio a través de los aportes de diferentes autores.

Modelado hidrológico y características hidráulicas

El modelado hidrológico es una herramienta crucial que utiliza modelos matemáticos y computacionales para simular con precisión el comportamiento del agua en una cuenca hidrográfica, esta herramienta permite realizar simulaciones predictivas en diversas situaciones mediante la utilización de una recopilación completa de datos hidrológicos, que incluyen precipitación, evapotranspiración, infiltración y escorrentía. La obtención de resultados de alta calidad depende en gran medida de la precisión de los datos hidrológicos y del modelo matemático utilizado, por lo cual, es fundamental recopilar información de forma rigurosa y precisa para garantizar resultados fiables. El modelado hidrológico tiene la flexibilidad de ser distribuido o agrupado, según la escala y la complejidad del estudio, además de su amplia gama de aplicaciones, desde la planificación de los recursos hídricos hasta la gestión de inundaciones y la evaluación del impacto ambiental, destaca su papel vital en la toma de decisiones para la gestión de los recursos hídricos y la prevención de desastres naturales relacionados con el agua (Camargo, 2021).

Para que la modelización hidrológica sea efectiva es necesario pasar por un proceso de ajuste del modelo que implica la aplicación de diferentes enfoques, herramientas o técnicas numéricas para corregir los parámetros. El propósito de este ajuste es garantizar que los resultados simulados coincidan con los datos reales que pueden abarcar modificaciones en las mediciones de caudales, niveles de agua y otros factores hidrológicos pertinentes. El objetivo de la calibración es determinar la combinación más efectiva de parámetros que permita al modelo replicar fielmente los patrones hidrológicos observados en el área de investigación, este procedimiento puede implicar la utilización de algoritmos de optimización, que ayudan a identificar la combinación óptima de parámetros que minimiza las disparidades entre los resultados simulados y los datos observados (Dutta y Sarma, 2020).

Por su parte, el concepto de: “característica hidráulica” hace referencia a una rama de la física que se ocupa del estudio y aplicación de las propiedades y el comportamiento de los fluidos, especialmente de los líquidos, en movimiento o en reposo. Esta disciplina abarca conceptos como la presión, la velocidad, el caudal y la fuerza aplicados a los fluidos, y se aplica en diversas áreas de la ingeniería, pues se utiliza para diseñar y analizar sistemas que involucran la transferencia de energía mediante fluidos. Esto puede incluir

el diseño de redes de suministro de agua, presas, canales, modelado de inundaciones, entre otros (Pooni et al., 2022).

En esta investigación, la característica hidráulica que se utiliza es el flujo, el cual es esencial para el modelado hidrológico con el fin de pronosticar áreas susceptibles a inundaciones. El caudal es la medida del volumen de agua o cualquier otro fluido que pasa por un lugar determinado dentro de un período de tiempo determinado. El caudal volumétrico es una medida cuantitativa de la velocidad a la que fluye un fluido y normalmente se indica en medidas como metros cúbicos por segundo ($m^3/\text{segundo}$), litros por segundo (l/s) o galones por minuto (gpm) que depende del sistema de unidades elegido (Avila, 2015).

Sistema de información geográfica (SIG)

Antes de discutir las conceptualizaciones más pertinentes de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), es imperativo comenzar con un examen exhaustivo de los inicios de la geomática (a menudo denominada geoinformática). Los recientes avances en las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) han provocado una transformación significativa en varios dominios científicos. Estos avances han facilitado la creación de aplicaciones que poseen la capacidad de manejar eficazmente cantidades sustanciales de datos, incluida la información geográfica (Annamalai et al., 2022).

El dominio de la geomática abarca la obtención, examen y utilización de datos descriptivos e información espacial pertenecientes a entidades georreferenciadas. El campo de la Geomática abarca una amplia gama de aplicaciones en varios campos que dependen en gran medida de datos espaciales. Estos dominios incluyen, entre otros, investigación ambiental, desarrollo urbano, transporte, uso y tenencia de la tierra. El alcance de la investigación abarca varios temas, incluida la integración de bases de datos espaciales y sistemas de información, manipulación de imágenes digitales, desarrollo de software, apoyo a la toma de decisiones, utilización basada en web de tecnologías de información geográfica, gestión de información geográfica, modelado ambiental, control remoto de dispositivos, cartografía, y utilización del sistema de posicionamiento global o por sus siglas GPS (Song y Wu, 2021).

La tecnología SIG facilita la detección de patrones espaciales y mejora los procesos de toma de decisiones mediante el análisis simultáneo de extensos conjuntos de datos. Además, esta plataforma brinda resolución a consultas relacionadas con posicionamiento geográfico, relaciones causales y metodologías de investigación. Además, estos sistemas permiten la adquisición de mapas temáticos basados en las necesidades y preferencias específicas de los clientes. Los datos proporcionados se consideran precisos y pueden estar sujetos a cambios según se considere apropiado. Los SIG son una combinación integral de hardware, software y datos geográficos que se ha desarrollado para adquirir,

retener, alterar, examinar y presentar información geográfica de manera efectiva en sus diversas formas, con el objetivo general de abordar problemas complejos (Alarcón y Ordoñez, 2019).

De manera similar, los SIG funcionan como un sistema de almacenamiento de datos espaciales que se vinculan a los elementos visuales de un mapa digital mediante un identificador compartido. La práctica de hacer referencia a objetos se puede utilizar para identificar los atributos de un objeto. Alternativamente, es factible determinar las coordenadas espaciales de un objeto dentro del marco cartográfico mediante la utilización de una base de datos (Caceres et al., 2018).

Un SIG posee la capacidad de atender una amplia gama de consultas, que pueden variar en términos de su grado de complejidad. Las tareas antes mencionadas abarcan una gama diversa de actividades. Estas actividades incluyen examinar los atributos de una región en particular, evaluar el cumplimiento de los requisitos de sistemas designados, comparar distintos escenarios espaciales o temporales, identificar rutas óptimas entre múltiples ubicaciones, identificar configuraciones espaciales y construir modelos basados en fenómenos o acciones simuladas. Por el contrario, la utilización de diversos programas de software permite la recuperación, transmisión, conversión, superposición, manipulación y visualización de información geográfica (Chambilla, 2019).

Topografía y uso de suelo

Uno de los métodos más factible que se tiene en la actualidad para revisar la topografía y uso de suelo de una región es a través de la revisión de los documentos institucionales y legales que posee una sociedad. Para fines de esta investigación a más de un análisis en GIS se va a revisar 2 tipos que son: catastro y el plan de desarrollo y ordenamiento territorial. A continuación, se mencionan cada una de estas.

El Catastro se puede definir como una base de datos integral que abarca datos físicos, legales y financieros pertenecientes a propiedades dentro de un área geográfica específica. El sistema descrito anteriormente es ampliamente reconocido como una base de datos inmobiliaria que reúne atributos esenciales de las propiedades y sus ocupantes. Su objetivo principal es comprender el registro de propiedad y brindar información a las autoridades gubernamentales. El catastro urbano es un instrumento especializado utilizado dentro de entornos urbanos, destinado principalmente al propósito de recopilar y distribuir datos financieros relacionados con la infraestructura de la ciudad. Esta información se emplea posteriormente en procesos de planificación administrativa. Lo anterior es considerado como un inventario especializado que abarca datos geográficos, geométricos, jurídicos y físico-constructivo (Lucio, 2020).

En lo que respecta a la segunda categoría mencionada anteriormente, el proceso de planificación territorial del Ecuador está regulado por dos leyes importantes: la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de la Tierra - LOOTUGS y el Código Orgánico de Descentralización de la Autonomía de Organización Territorial - COOTAD. El principal objetivo en LOOTUGS es defender la utilización responsable y sostenible de los recursos territoriales, salvaguardar el patrimonio natural-cultural y regular eficazmente las actividades dentro del territorio. Para lograrlo, se establece un amplio marco de instrumentos que abarcan varios niveles, incluidos el supranacional, nacional, regional, provincial, cantonal, rural, parroquial y especial (LOOTUGS, 2016; COOTAD, 2010).

En el ámbito de los asuntos supranacionales, se diseñan diversos planes para promover la integración latinoamericana y su compromiso estratégico en el escenario internacional. A escala nacional se produce la formulación y aprobación de la Estrategia Territorial Nacional, Planes Especiales para Proyectos Nacionales de Carácter Estratégico y Planes Sectoriales del Ejecutivo con impacto en el territorio. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados de diversos niveles, incluidos los regionales, provinciales, cantonales, parroquiales rurales y de régimen especial, tienen la facultad de aprobar Planes de Ordenamiento y Desarrollo Territorial, así como los Planes Complementarios. El Régimen Especial de Galápagos cuenta con una estrategia bien definida para promover el desarrollo sostenible y una planificación territorial efectiva.

El COOTAD enfatiza la importancia de la colaboración entre los gobiernos autónomos descentralizados para articular sus planes de desarrollo territorial con el Plan Nacional de Desarrollo y gestionar sus competencias de manera complementaria. El código también describe la Estrategia Territorial Nacional como una herramienta adicional al Plan Nacional de Desarrollo. Enfatiza la necesidad de coordinación y armonización entre el gobierno central y los gobiernos autónomos descentralizados para una planificación territorial efectiva dentro de sus respectivas jurisdicciones (COOTAD, 2010).

La coordinación de la planificación nacional es facilitada por el Sistema Nacional Descentralizado de Planificación Participativa. Este sistema incluye diversas entidades como el Consejo Nacional de Planificación, la Secretaría Técnica del Sistema, los Consejos de Planificación de los Gobiernos Autónomos Descentralizados, los Consejos Sectoriales de Política Pública de la Función Ejecutiva, los Consejos Nacionales de Igualdad e instancias de participación social como los Consejos Ciudadanos, Consejos Consultivos y otras formas de participación.

Metodología

Este estudio emplea un diseño de investigación descriptivo-correlacional que combina dos enfoques distintos. El diseño descriptivo se enfoca en proporcionar una

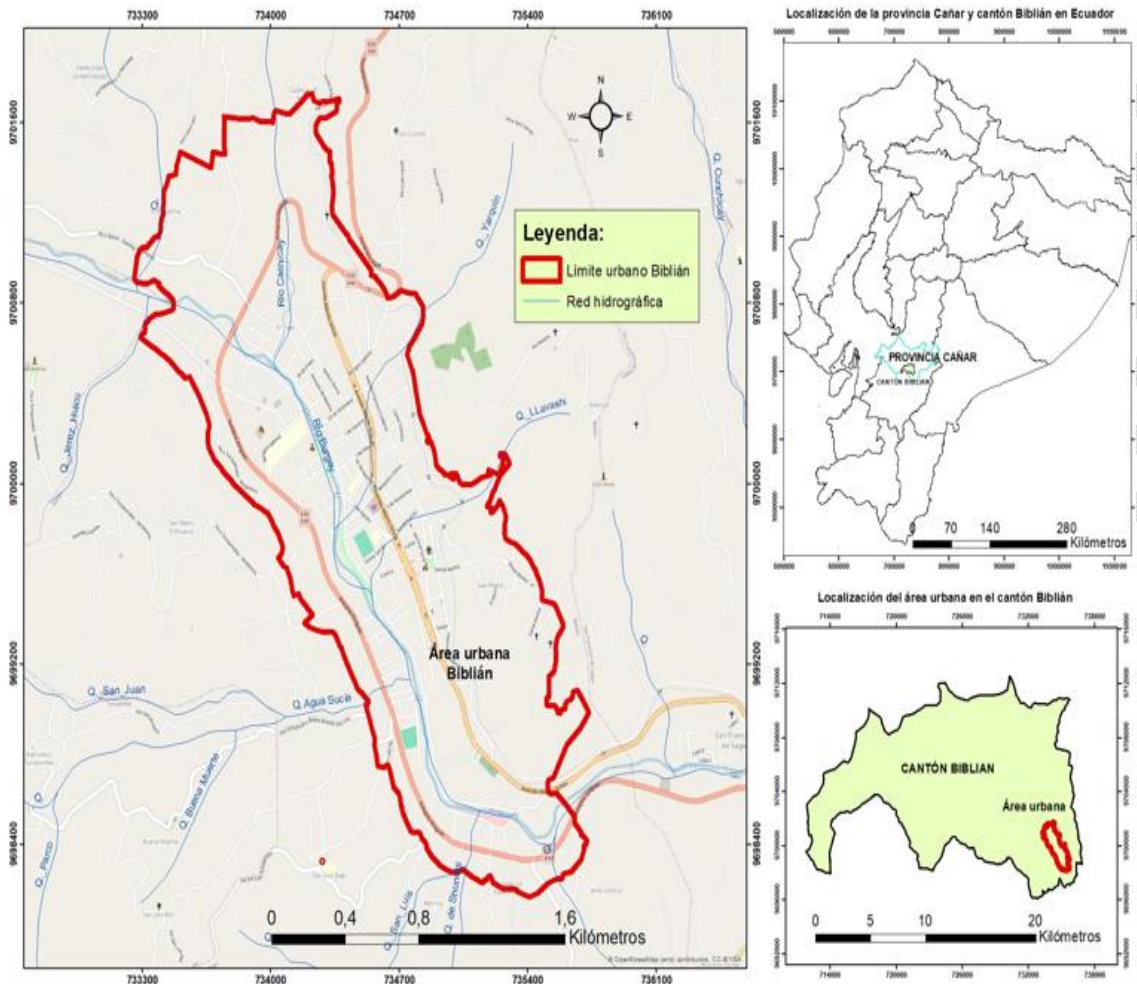
caracterización detallada y completa del estado actual del fenómeno de estudio, mediante la recolección exhaustiva de datos de la zona. Mientras tanto, el diseño correlacional se centra en medir y evaluar las relaciones existentes entre dos o más variables relevantes (Osada et al., 2021). En el contexto de esta investigación, se implementa este diseño para delinear las áreas susceptibles a inundaciones en Biblián, específicamente aquellas cercanas al río Burgay en el área urbana. Se recopilaron datos topográficos, hidrológicos e hidráulicos de la región, los cuales se integran en un programa de análisis estadístico. Esta integración permite examinar la relación entre las características del terreno y la probabilidad de inundación para un tiempo de retorno de 50 años, lo que establece posibles patrones de dependencia.

El estudio se adhiere a un enfoque cuantitativo, ya que implica el tratamiento y análisis numérico de la información recolectada utilizando programas especializados como SAGA, IBER y GIS. Estas herramientas se emplean específicamente para realizar el modelado hidrológico e hidráulico, así como, para identificar las áreas de amenaza e inundación. Este enfoque cuantitativo posibilita mediciones precisas y objetivas al centrarse en el análisis de datos numéricos, reduciendo la interpretación subjetiva y aumentando significativamente la eficacia, validez, reproducibilidad y capacidad predictiva de los resultados obtenidos (Cienfuegos et al., 2019).

Esta investigación se desarrolla en el cantón Biblián, situado en la provincia del Cañar, con una extensión territorial de 205,30 km². Dentro de su sistema hidrográfico, destaca el río Burgay que representan una fuente vital de productividad para el cantón, ya que aporta una significativa humedad al suelo, convirtiendo a Biblián en uno de los puntos más fértiles del austro ecuatoriano. La muestra de estudio se enfoca en el área urbana de influencia del río Burgay, la cual abarca una longitud aproximada de 25 km. Esta selección se fundamenta en los registros previos de inundaciones que este sector ha experimentado durante períodos de lluvias intensas. La extensión total de la zona de estudio comprende alrededor de 55 km², englobando las áreas adyacentes al río. En la figura 1 se muestra la zona de estudio:

Figura 1

Localización del área urbana de Biblián



En la evaluación y estimación de la amenaza, se implementa dos tipos de modelamientos: el modelado hidrológico (cálculo de caudal) y el modelado hidráulico (calados y área de inundación). Además, se determina las zonas y niveles de amenaza de inundación, posteriormente, se identifican los elementos expuestos a inundaciones. A continuación, se detalla cada uno de estos procedimientos:

Modelado hidrológico

Para este proceso, se determina el caudal previsto que podría registrar el río Burgay en los próximos 50 años. Se utiliza la información del estudio titulado “Diseño de un puente de 20 metros de luz sobre el río Burgay” (Clavijo, 2015). Se empleó el método Racional para el cálculo un caudal de 128,69 metros cúbicos por segundo (m³/segundo) para un

período de retorno de 50 años, dato que se empleó en el modelado de la amenaza de inundación.

Modelado hidráulico

Para iniciar, se desarrolla el Modelo Digital de Elevaciones (DEM) utilizando imágenes satelitales con una resolución espacial de 12,5 metros obtenidas del satélite de la Agencia Espacial Europea (ESA) y mediante el software SAS Planet (ESA, 2022). Este DEM se mejora para lograr un mayor detalle de la topografía del río Burgay mediante extrapolaciones utilizando el software GLOBAL MAPPER (versión 24). Luego, se utiliza los datos del modelado hidrológico y el DEM del río Burgay, para llevar a cabo el modelado de la amenaza de inundación en el software IBER versión 3.3.1). Los resultados se presentan en imágenes ráster que muestran la altura o calado del agua en metros (m) para un período de retorno (TR) de 50 años para el área de influencia del río Burgay en la zona urbana de Biblián.

Determinación de zonas de amenaza e identificación de elementos expuestos

Se determina las zonas de amenaza, a partir de la imagen ráster (modelamiento en IBER) que indica la altura de la inundación, utilizando el software ArcGIS (versión 10.3), se clasifica y establece las zonas y niveles de amenaza de inundación tal como se describe en la tabla 1 (Paucar, 2016). En cuanto a la identificación de elementos expuestos a la amenaza de inundación, se correlaciona el mapa de amenaza con TR de 50 años con los mapas de infraestructuras, construcciones, redes de agua potable, alcantarillado, vías urbanas y puentes, basándose en los datos suministrados por la Unidad o Departamento de Catastros del Gobierno Autónomo Descentralizado – GAD de Biblián del año 2023.

Tabla 1

Zonas y niveles de amenaza de inundación con TR 50años en el río Burgay

| Zonas y niveles de amenaza inundación | Criterios | Posibles afectaciones |
|--|---|--|
| Amenaza alta | Calados o altura de lámina de agua = igual o mayor a 1,00 m | Riesgo alto para personas y posibles daños graves a las infraestructuras. |
| Amenaza media | Calados o altura de lámina de agua = De 0,41 a 0,99 m | Afectaciones a las viviendas, los vehículos pueden perder adherencia, el arrastre objetos que pudieran afectar a la estabilidad y movilidad de las personas medio. |

Tabla 1

Zonas y niveles de amenaza de inundación con TR 50años en el río Burgay (continuación)

| Zonas y niveles de amenaza inundación | Criterios | Posibles afectaciones |
|--|---|--|
| Amenaza baja | Calados o altura de lámina de agua = de 0,01 a 0,40 m | Presentaría afectaciones leves para las vidas humanas, podrían presentarse tropiezos, caídas u otras causas de poca importancia. |

Nota. adoptado de (Paucar, 2016)

Resultados y Discusión

Como se puede observar en la tabla 2, las zonas se han categorizado en tres niveles según la altura de la inundación: alta (igual o superior a 1,00 metros), media (de 0,41 a 0,99 metros) y baja (de 0,01 a 0,40 metros). Al examinar las hectáreas (ha) asociadas a cada nivel de amenaza, se hace evidente que el área de alta amenaza abarca 12.459 hectáreas, lo que representa aproximadamente el 41,34% del total. Un total de 8.422 hectáreas, que representan el 27,94% del área de estudio, se clasifican como de nivel de riesgo medio. Finalmente, la región clasificada como amenaza baja comprende 9.257 hectáreas, lo que representa el 30,72% del área total. Estos datos están representados gráficamente en la figura 2.

Los resultados del estudio sobre la distribución de las zonas de amenaza de inundaciones en torno al río Burgay, en el casco urbano de Biblián, ponen de relieve una situación preocupante en términos de riesgo potencial. Si bien es importante reconocer el notable aumento en las áreas categorizadas como amenaza alta y media, que constituyen una porción significativa del área general de estudio, es crucial abordar este tema desde el punto de vista de la gestión de riesgos. Estos resultados enfatizan la importancia de tomar acciones inmediatas para implementar estrategias preventivas y de planificación urbana que puedan reducir los posibles efectos negativos de futuras inundaciones en las áreas vulnerables identificadas. Esto es crucial para garantizar la seguridad y el bienestar de la población local.

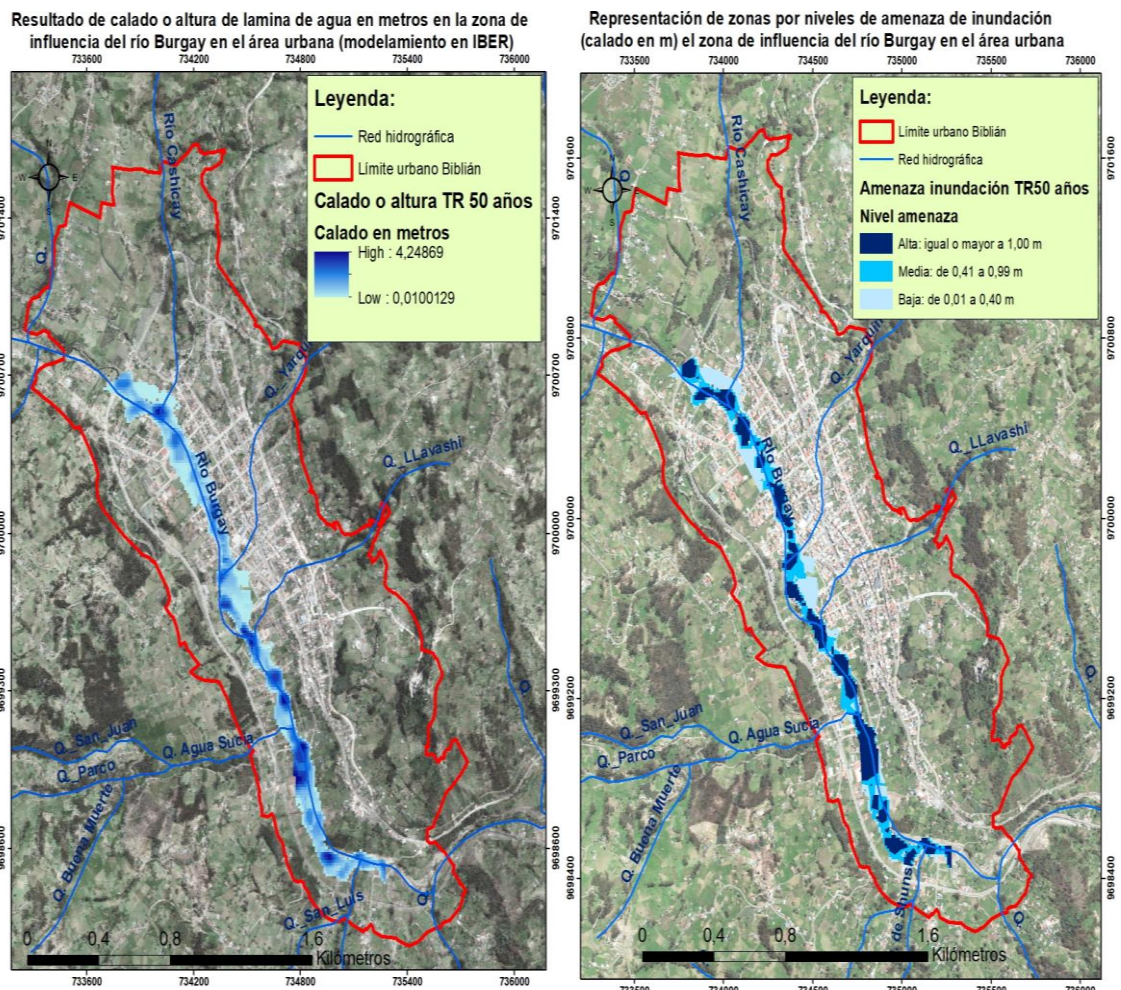
Tabla 2

Nivel de amenaza de inundación en las zonas pobladas (ha) aledañas al río Burgay

| Nivel de amenaza de inundación | Área en ha | Porcentaje |
|--------------------------------|------------|------------|
| Alta: igual o mayor a 1,00 m | 12,459 | 41,34 |
| Media: de 0,41 a 0,99 m | 8,422 | 27,94 |
| Baja: de 0,01 a 0,40 m | 9,257 | 30,72 |
| Total | 30,14 | 100,00 |

Figura 2

Amenaza de inundación para TR 50 años de la zona urbana aledañas al río Burgay



Seguidamente, se procede con el análisis de elementos expuestos a amenaza de inundación en el río Burgay en el área urbana de Biblián. Como se puede observar en la tabla 3, las edificaciones de un solo piso representan el mayor número de construcciones en todas las categorías de amenaza: alta (23,31%), media (33,08%) y baja (43,61%), sumando un total de 133 edificaciones. Por otro lado, las edificaciones de dos pisos ocupan el segundo puesto, en nivel de exposición a las amenazas con un total de 98 construcciones amenazadas con una distribución de: alta (22,45%), media (33,67%), y baja (43,88%). En contraste, las edificaciones de tres pisos presentan una menor presencia en la categoría de alta amenaza (11,11%), aunque muestran un porcentaje similar entre media (44,44%) y Baja (44,44%), con un total de 9 edificaciones. Estos datos revelan una tendencia donde las edificaciones de un solo piso son más numerosas y están distribuidas de manera más uniforme entre los niveles de riesgo, mientras que las edificaciones de múltiples pisos muestran una exposición relativamente similar a los diferentes niveles de amenaza.

La distribución de edificios según los niveles de amenaza de inundaciones revela una situación preocupante con respecto a la exposición de las estructuras ante posibles inundaciones. A pesar de la prevalencia de edificios de una sola planta, su susceptibilidad a inundaciones de distintas intensidades en todas las categorías de riesgo es motivo de preocupación. Mientras tanto, vale la pena señalar que hay menos edificios de dos y tres pisos, pero enfrentan una gama más equilibrada de amenazas. Esto enfatiza la necesidad de medidas preventivas y estrategias de planificación urbana adaptadas a cada tipo de estructura, teniendo en cuenta su diferente exposición y vulnerabilidad a diferentes escenarios de inundaciones.

Tabla 3

Exposición de edificaciones por nivel de amenaza de inundación para TR 50 años en el río Burgay en el área urbana de Biblián

| Clasificación | Alta | | Media | | Baja | | Total | |
|---------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-----|
| | Número | % | Número | % | Número | % | Número | % |
| 1 piso | 31 | 23,31 | 44 | 33,08 | 58 | 43,61 | 133 | 100 |
| 2 pisos | 22 | 22,45 | 33 | 33,67 | 43 | 43,88 | 98 | 100 |
| 3 pisos | 1 | 11,11 | 4 | 44,44 | 4 | 44,44 | 9 | 100 |
| Total | 54 | 22,50 | 81 | 33,75 | 105 | 43,75 | 240 | 100 |

Por otro lado, se determina el nivel de exposición de infraestructura esencial. Como se observa en la tabla 4 la red de agua potable muestra una distribución uniforme entre sus

niveles de amenaza, con porcentajes cercanos en los niveles de alta (31,23%), media (32,00%) y baja (36,76%), con una longitud total de 2560,77 metros. Por otro lado, la red de alcantarillado exhibe un mayor porcentaje de exposición en la categoría de alta amenaza (44,87%), seguido por la media (30,04%) y la baja (25,09%), con una longitud total de 3636,67 metros. Las vías urbanas presentan una distribución similar, con un alto porcentaje en el nivel de alta amenaza (43,83%), seguido por la media (30,61%) y la baja (25,56%), abarcando una longitud total de 8195,15 metros. Sin embargo, la exposición de puentes muestra una peculiaridad, donde 4 de sus 6 metros de longitud total se encuentra en la categoría de alta amenaza (66,67%), el restante (2m) tiene una exposición media (33,33%) con una exposición nula en la categoría baja.

Estos hallazgos resaltan la preocupante exposición y vulnerabilidad de la infraestructura crítica a diversos grados de riesgo de inundaciones. La red de agua potable y la red de alcantarillado enfrentan niveles de riesgo significativos, mientras que la infraestructura del puente es particularmente preocupante debido a su exposición a amenazas alta y media. Esta situación subraya la importancia de proteger la infraestructura vital de la zona, en particular la red de puentes, mediante un enfoque estratégico y medidas específicas para garantizar su resiliencia frente a futuras inundaciones.

Tabla 4

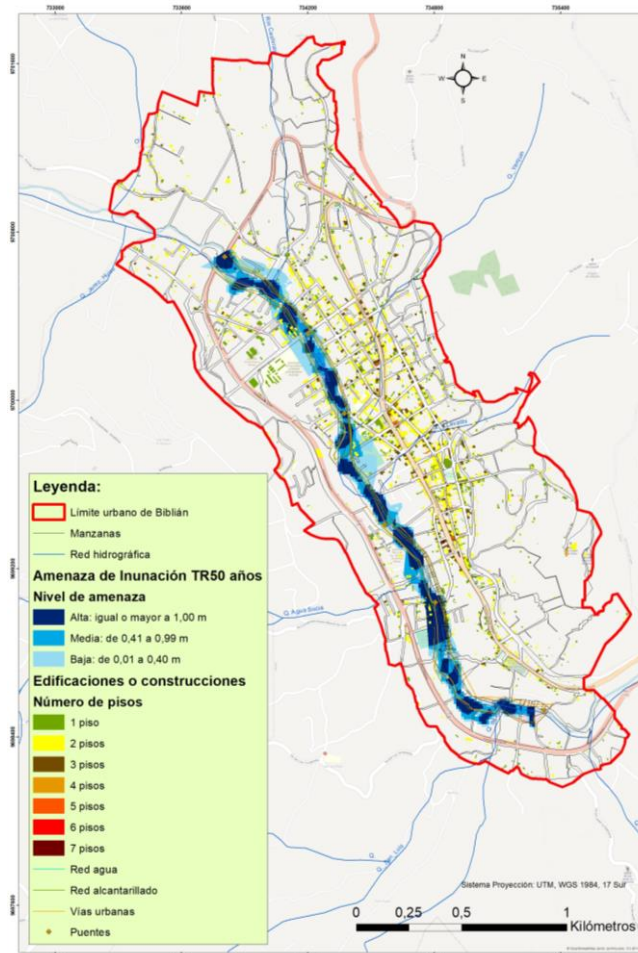
Exposición de infraestructura esencial por nivel de amenaza de inundación para TR 50 años en el río Burgay en el área urbana de Biblián

| Infraestructura expuesta a inundaciones | Alta | | Media | | Baja | | Total | |
|---|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-----|
| | Longitud (m) | % | Longitud (m) | % | Longitud (m) | % | Longitud (m) | % |
| Red de agua potable | 799,829 | 31,23 | 819,513 | 32,00 | 941,43 | 36,76 | 2560,77 | 100 |
| Red de alcantarillado | 1631,86 | 44,87 | 1092,31 | 30,04 | 912,50 | 25,09 | 3636,67 | 100 |
| Vías urbanas | 3591,55 | 43,83 | 2508,70 | 30,61 | 2094,90 | 25,56 | 8195,15 | 100 |
| Puentes | 4,00 | 66,67 | 2,00 | 33,33 | 0,00 | 0,00 | 6,00 | 100 |

A continuación, en la figura 2, se muestran los elementos expuestos a amenaza de inundación para TR 50 años de la zona urbana aledañas al río Burgay.

Figura 3

Elementos expuestos a amenaza de inundación para TR 50 años de la zona urbana aledañas al río Burgay



Conclusiones

- La evaluación del riesgo de inundaciones en el casco urbano de Biblián reveló una notable distribución de zonas expuestas a distintos niveles de amenaza. Los datos recopilados indican que existen importantes áreas en riesgo, con niveles de amenaza tanto altos como medios que cubren una porción sustancial del territorio evaluado. Esta evaluación pone en relieve algunas áreas cruciales que necesitan atención urgente y medidas proactivas para minimizar las posibles consecuencias de futuras inundaciones.
- La distribución de la exposición a diferentes niveles de amenaza entre los elementos expuestos a las inundaciones, desde infraestructuras esenciales hasta edificaciones, es desigual. Infraestructuras importantes como la red de agua potable, los sistemas de alcantarillado y las vías urbanas enfrentan niveles de

riesgo significativos, particularmente en las categorías de amenaza alta y media. Es crucial establecer medidas específicas para salvaguardar y adaptar estos componentes vitales, garantizando su funcionamiento continuo y su seguridad en caso de posibles desastres.

- Los resultados obtenidos ofrecen al Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) de Biblián una base sólida para desarrollar estrategias de reducción del riesgo de inundaciones en el área urbana. Estos hallazgos proporcionan información útil para diseñar estrategias de medidas preventivas e implementar políticas efectivas de gestión de riesgos. Además, la metodología utilizada en esta evaluación ofrece una experiencia confiable y repetible para otras regiones de la provincia de Cañar y de todo el Ecuador. Proporciona un enfoque bien organizado y eficaz para evaluar y gestionar los riesgos de inundaciones en diferentes zonas y territorios urbanos. Sentirse expuesto en el campo.

Agradecimiento

El presente artículo es parte del trabajo de investigación y titulación del Programa de Maestría en Construcciones con mención en Administración de la Construcción Sustentable de la Universidad Católica de Cuenca, por ello agradecemos a todos y cada uno de los instructores pertenecientes a los grupos de investigación; Ciudad, Ambiente, y Tecnología(CAT), y Sistemas embebidos y visión artificial en ciencias, Arquitecturas, Agropecuarias, Ambientales y Automática (SEVA4CA), por los conocimientos e información brindados para la elaboración del trabajo.

Conflicto de intereses

No existe conflicto de intereses

Referencias bibliográficas

- Alarcón-Ruiz, E., y Ordoñez-Pacheco, L. D. (2019). Tendencias de los Sistemas de Información Geográfica. Alcances y limitaciones. *Revista de Tecnologías Computacionales*, 8-13. <https://doi.org/10.35429/JOCT.2019.12.3.8.13>
- Annamalai, L., Arulraj, M., Nagamani, P. V., y Jai Shankar, G. (2022). Geo-Information Communication Technology (Geo-ICT) Framework to Prevent Spread of Corona Virus Disease (COVID-19). *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 50(6), 1163-1175. <https://doi.org/10.1007/s12524-022-01498-8>
- Avila, G. S. (2015). *Hidraulica general volumen 1 fundamentos*. Sotelo, ISBN: 9681805038. Disponible en: <https://www.amazon.com.mx/Hidr%C3%A1ulica-general-I-Fundamentos-1/dp/9681805038>

- Caceres, N. P., Acosta, E., y Morocho, V. (2018). Mapeo de zonas vulnerables a deslizamientos usando PP GIS y técnicas de teledetección. *Revista Geoespacial*, 15(2), Article 2. <https://doi.org/10.24133/geoespacial.v15i2.1353>
- Camargo, C. A. C. (2021). Modelación hidrológica distribuida con base en esquemas de volúmenes finitos. *Ingenio Magno*, 2(1), Article 1. <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/ingeniomagno/article/view/42>
- Chambilla Chávez, D. C. (2019). *Implementación de Sistemas de Información Geográfica para el manejo integrado de la mosca de la fruta en SENASA*. <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/b1def0b6-ef82-4767-8cad-46895da86fe8>
- Cienfuegos Velasco, M. de los A., Cienfuegos Velasco, A., Cienfuegos Velasco, M. de los A., y Cienfuegos Velasco, A. (2019). Lo cuantitativo y cualitativo en la investigación. Un apoyo a su enseñanza. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 7(13), 15-36.
- Dutta, P., y Sarma, A. K. (2020). Hydrological modeling as a tool for water resources management of the data-scarce Brahmaputra basin. *Journal of Water and Climate Change*, 12(1), 152-165. <https://doi.org/10.2166/wcc.2020.186>
- El Universo. (2022, abril 21). *La creciente del río Burgay provoca daños en vías y viviendas en zona de Cañar* [Noticias]. El Universo, el mayor diario nacional. <https://www.eluniverso.com/noticias/ecuador/la-creciente-del-rio-burgay-provoca-danos-en-vias-y-afectaciones-en-viviendas-en-zona-de-canar-nota/>
- Lucio Villacreses, M. de L. (2020). *La actualización catastral como herramienta fundamental para la optimización de los recursos tributarios. Caso GAD municipal de Jipijapa* [Thesis]. <http://biblioteca.uteg.edu.ec/xmlui/handle/123456789/1311>
- Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo, (2016). https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2021/08/LOOTUGS-Correspondencias-Juridicas_oficial_8M.pdf
- Oficina de Naciones Unidas para la Reducción de Riesgo de Desastres. (2019). *El costo humano de los desastres: Una mirada a los últimos 20 años* (1.ª ed., Vol. 1). UNDRR. <https://www.undrr.org/sites/default/files/inline-files/EI%20Costo%20Humano%20de%20los%20Desastres%202000-2019.pdf>
- Osada, J., Salvador-Carrillo, J., Osada, J., y Salvador-Carrillo, J. (2021). Estudios “descriptivos correlacionales”: ¿término correcto? *Revista médica de Chile*, 149(9), 1383-1384. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872021000901383>

- Pooni, J., Robert, D., Giustozzi, F., Gunasekara, C., Setunge, S., y Venkatesan, S. (2022). Hydraulic characteristics of stabilised expansive subgrade soils in road pavements. *International Journal of Pavement Engineering*, 23(9), 3129-3146. <https://doi.org/10.1080/10298436.2021.1883610>
- Prefectura del cañar. (2022). *Prefectura del Cañar declara emergencia por inundaciones, desbordamientos de ríos y colapso de puentes. : Gobierno Provincial del Cañar: Provincia Provincial del Cañar* [Institucional]. Comunicación social - Prefectura del Cañar. http://www.gobiernodelcanar.gob.ec/public_html/noticias/prefectura-del-canar-declara-emergencia-por-inundaciones-desbordamientos-de-rios-y-colapso-de-puentes.1127
- Primicias. (2022). Desbordamiento del río Burgay causa daños en dos cantones de Cañar [Noticias]. *Primicias*. <https://www.primicias.ec/noticias/lo-ultimo/desbordamiento-rio-burgay-danos-azogues-biblian-canar-ecuador/>
- Código Orgánico Organización Territorial Autonomía Descentralización, Pub. L. No. Suplemento 303, Ley 0 T.4570- S/n. 1-10-1516 (2010). https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_org.pdf
- Román, A. Q. (2021). Landslides and floods zonation using geomorphological analyses in a dynamic basin of Costa Rica. *Revista Cartográfica*, 102, Article 102. <https://doi.org/10.35424/rcarto.i102.901>
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2023). *Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR)—UNEP-REGATTA* [Institucional]. ONU programa para el medio ambiente. <https://www.cambioclimatico-regatta.org/index.php/es/instituciones-clave/item/secretaria-nacional-de-gestion-de-riesgos-sngr>
- Sequeira-Arguedas, J. M. (2021). Geología, geomorfología y ocurrencia de deslizamientos en la cuenca alta del Río Virilla, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 66, 313-339. <https://doi.org/10.15359/rgac.66-1.12>
- Song, W., y Wu, C. (2021). Introduction to advancements of GIS in the new IT era. *Annals of GIS*, 27(1), 1-4. <https://doi.org/10.1080/19475683.2021.1890920>
- Tariq, A., Yan, J., Ghaffar, B., Qin, S., Mousa, B. G., Sharifi, A., Huq, M. E., y Aslam, M. (2022). Flash Flood Susceptibility Assessment and Zonation by Integrating Analytic Hierarchy Process and Frequency Ratio Model with Diverse Spatial Data. *Water*, 14(19), Article 19. <https://doi.org/10.3390/w14193069>

Vallecilla-Ponce, A. S., Delgado-Gutiérrez, D. A., y Méndez-Mata, W. J. (2022).
Retrospectiva de escenarios de inundaciones en la región costera de Ecuador:
Una visión de sus impactos a escala local urbana. *Domino de las Ciencias*, 8(2),
Article 2. <https://doi.org/10.23857/dc.v8i2.2757>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.



Indexaciones

