



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO
CARRERA DE INGENIERÍA EN RIESGOS DE DESASTRES

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN RIESGOS DE
DESASTRES
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

“ANÁLISIS DE EXPOSICIÓN POR EL DESBORDAMIENTO DEL RÍO PAYAMINO EN
LOS BARRIOS ÑUCANCHI WASI, 12 DE NOVIEMBRE Y 24 DE MAYO DE LA CIUDAD
EL COCA EN EL PERIODO 2023 - 2025”

AUTORES:

GÓMEZ NAUCIN FERNANDO MESIAS
GUEVARA CADENA LISSETTE KASSANDRA

DIRECTOR:

Ing. Numa Inain Gaibor Velasco Msc.

Guaranda – Ecuador

2025

Tema

“ANÁLISIS DE EXPOSICIÓN POR EL DESBORDAMIENTO DEL RÍO PAYAMINO EN
LOS BARRIOS ÑUCANCHI WASI, 12 DE NOVIEMBRE Y 24 DE MAYO DE LA CIUDAD
EL COCA EN EL PERIODO 2023 - 2025”

Agradecimiento

Quiero expresar mi sincero agradecimiento A Dios por concederme la vida, la sabiduría y fortaleza necesarias para culminar este importante logro académico, agradezco a la Universidad Estatal de Bolívar, por darme la oportunidad de formarme profesionalmente en un ambiente lleno de compromiso y excelencia, también agradecer a mis docentes por haber sido parte clave en mi crecimiento académico ya que con su dedicatoria, sabiduría y conocimientos que me han sabido impartir me guiaron a lo largo de mi carrera universitaria.

Extender mi agradecimiento a mi tutor de proyecto de titulación el Ingeniero Numa Inain Gaibor Velasco MsC., quien asumió con generosidad y entrega el cargo de este proyecto de investigación, gracias a su orientación constante y confianza entregada, fueron fundamentales para la culminación de este trabajo de investigación.

Agradezco profundamente a todos los docentes de la Carrera, quienes gracias a impartirnos sus conocimientos fortalecieron mis conocimientos e inspiraron en mi actitud ética profesional y personal a su vez de forma constructiva para así enfrentar desafíos académicos y profesionales.

Fernando Mesías Gómez Naucin

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a Dios y a la Virgen del Guayco, quienes, con su misericordia divina, me permitieron alcanzar mis metas y objetivos. Ellos han guiado y cuidado cada uno de mis pasos, y han sido mi fortaleza en los momentos de flaqueza.

A mi familia, que nunca dudó en brindarme su apoyo incondicional y sus ánimos para cumplir con mis propósitos; así mismo, fueron mi fuente de inspiración para enfrentar las adversidades que se presentan día a día.

A mis amigos, quienes estuvieron presentes durante toda esta etapa universitaria y me ofrecieron su apoyo, consejos y experiencias valiosas.

Al tutor, Ing. Numa Gaibor Velasco, MsC., cuya guía y confianza fueron pilares fundamentales para la culminación del proyecto de investigación.

Finalmente, agradezco a la Universidad Estatal de Bolívar, que me abrió las puertas para mi formación tanto humana como científica, gracias a sus docentes, quienes compartieron sus conocimientos y vivencias a lo largo de estos años de formación académica.

Lisette Kassandra Guevara Cadena.

Dedicatoria

Dedico este proyecto de Titulación, primeramente, a Dios, por ser una guía constante en mi camino, por brindarme fuerza y fortaleza en momentos de dificultad a su permitirme alcanzar esta meta tan significativa en mi vida.

A mis padres, a quienes debo todo lo que soy, por su amor incondicional, su esfuerzo incansable y su apoyo permanente. Su ejemplo de vida, valores y sacrificio han sido la base fundamental para la culminación de este logro.

A mi familia en general, por su compañía, comprensión y palabras de aliento que me motivaron a seguir adelante, incluso en los momentos más complejos de este proceso.

A todos aquellos que creyeron en mí y me brindaron su apoyo desinteresado, contribuyendo de forma directa o indirecta en la realización de este trabajo.

Con profundo respeto, gratitud y cariño, dedico este esfuerzo que hoy se convierte en un logro más alcanzado.

Fernando Mesías Gómez Naucin

Dedicatoria

El presente trabajo de titulación lo dedico, primeramente, a Dios, por ser mi guía y protector en cada paso de mi vida.

A mis abuelos, quienes son ejemplo diario de lucha, constancia y perseverancia. A mis padres, Inés Cadena Albiño y Gustavo Guevara Carrasco, quienes me demostraron que, mientras se tenga confianza en uno mismo, todo es posible. Ellos han sido pilares fundamentales en mi crecimiento tanto personal como académico a lo largo de mi vida.

A mis queridos hermanos, Jonathan, Javier y Gregory, quienes me brindaron ánimo y fortaleza en los días en que flaqueaba, demostrándome que la distancia no es impedimento para sentir el cariño que nos une.

A mis amigos, Germán, Víctor, Fernando, Leslie, Jefferson, Steveen y Jhon por enseñarme que una buena amistad no es condicionada ni forzada, y que puede llevar a vivir grandes experiencias y construir historias inolvidables.

Y, principalmente, esta dedicatoria va también para mí mismo, como un reconocimiento a mi propio esfuerzo, constancia y paciencia, y como una prueba de hasta dónde soy capaz de llegar.

Finalmente, extendiendo mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que, en algún momento, cruzaron mi camino y me brindaron su confianza y apoyo incondicional, tanto en los momentos alegres como en los difíciles. Sin su presencia y respaldo, no habría logrado alcanzar esta meta tan importante en mi vida.

Lisette Kassandra Guevara Cadena

CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO, EMITIDO POR EL TUTOR.

Guaranda, 25 de junio de 2026.

El suscrito Ingeniero Numa Gaibor MsC., Director del Proyecto de Investigación de Pre Grado de la carrera de Riesgos de Desastres de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente – Tutor.

CERTIFICA:

Que el proyecto de investigación titulado: “ANÁLISIS DE EXPOSICIÓN POR EL DESBORDAMIENTO DEL RÍO PAYAMINO EN LOS BARRIOS ÑUCANCHI WASI, 12 DE NOVIEMBRE Y 24 DE MAYO DE LA CIUDAD EL COCA EN EL PERIODO 2023 - 2025”; realizado por los señores: **Fernando Mesias Gómez Naucin y Lissette Kassandra Guevara Cadena** ha sido debidamente revisado e incorporado las observaciones realizadas durante las asesorías; en tal virtud, autorizo su presentación para la aprobación respectiva de acuerdo al reglamento de la Universidad.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a verdad.



ING. NUMA GAIBOR.

TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE PRE GRADO

CERTIFICADO DEL TUTOR.

Guaranda, 08 de septiembre de 2026.

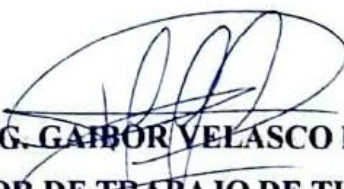
El suscrito Ingeniero **GAIBOR VELASCO NUMA INAIN**, Director del Proyecto de Investigación de Pre Grado de la carrera de Riesgos de Desastres de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente – Tutor,

CERTIFICA:

Que el proyecto de investigación titulado: **“ANÁLISIS DE EXPOSICIÓN POR EL DESBORDAMIENTO DEL RÍO PAYAMINO EN LOS BARRIOS ÑUCANCHI WASI, 12 DE NOVIEMBRE Y 24 DE MAYO DE LA CIUDAD EL COCA EN EL PERIODO 2023 – 2025.”** realizado por los señores: **Fernando Mesías Gómez Naucin y Lissette Kassandra Guevara Cadena** ha sido debidamente revisado y se han cumplido los requisitos académicos y legales establecidos por la Universidad.

Por lo tanto, se encuentra en condiciones de proceder a la publicación correspondiente.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.



ING. GAIBOR VELASCO NUMA INAIN
DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE PRE
GRADO

DERECHOS DE AUTOR

Yo/nosotros Fernando Mesías Gómez Naucin y Lissette Kassandra Guevara Cadena portadores de la Cédula de Identidad No 0202036901 y 2200101711 en calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación:

"ANÁLISIS DE EXPOSICIÓN POR EL DESBORDAMIENTO DEL RÍO PAYAMINO EN LOS BARRIOS ÑUCANCHI WASI, 12 DE NOVIEMBRE Y 24 DE MAYO DE LA CIUDAD EL COCA EN EL PERIODO 2023 - 2025", modalidad proyecto de investigación, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, concedemos a favor de la Universidad Estatal de Bolívar, una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservamos a mi/nuestro favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo/autorizamos a la Universidad Estatal de Bolívar, para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Digital, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El (los) autor (es) declara (n) que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Fernando Mesías Gómez Naucin

Lissette Kassandra Guevara Cadena

Fernando Gómez
CC:0202036901

Lissette Guevara
CC:2200101711

Índice General

Agradecimiento.....	3
Dedicatoria.....	4
Índice General.....	8
Índice de gráficos.....	15
Índice de ilustración.....	15
Índice de mapas.....	16
Índice de tablas.....	16
Introducción.....	18
Resumen.....	21
Abstract.....	22
CAPÍTULO I.....	23
1 PROBLEMA.....	23
1.1 Planteamiento del Problema.....	23
1.2 Formulación del Problema.....	25
1.3 Justificación.....	25
1.4 Objetivos.....	26
1.4.1 Objetivo General.....	26
1.4.2 Objetivo Específico.....	27

1.5	Operacionalización de Variables	27
CAPÍTULO II		31
2	MARCO TEÓRICO.....	31
2.1	Referencial o Georreferencial	31
2.2	Antecedentes de la Investigación.....	32
2.3	Científico.....	37
2.3.1	Inundaciones	37
2.3.2	Calificación de las inundaciones.....	38
2.3.3	Causas de las inundaciones	39
2.3.4	Consecuencias de las inundaciones	40
2.3.5	Geomorfología de la cuenca	42
2.3.6	Atributos climáticos	43
2.3.7	Niveles de riesgos por inundación	44
2.3.8	Daños, pérdidas y afectación	45
2.3.9	Acciones de reducción de riesgo de inundaciones.....	48
2.4	Legal	49
2.5	Conceptual	53
CAPÍTULO III.....		56
3	METODOLOGÍA.....	56
3.1	Tipo de Investigación.....	56

3.2	Enfoque de la investigación	56
3.3	Métodos de Investigación	57
3.3.1	Método Analítico	57
3.3.2	Método Descriptivo	57
3.3.3	Método Documental.....	58
3.4	Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos.....	58
3.4.1	Técnicas e instrumentos de recopilación de datos para el primer objetivo... 58	
3.4.2	Técnicas e instrumentos de recopilación de datos para el segundo objetivo.59	
3.4.3	Técnicas e instrumentos de recopilación de datos para el tercer objetivo. ... 59	
3.5	Técnicas de análisis y procesamiento de la Información.....	60
3.5.1	Técnica de análisis para el primer objetivo: Analizar los factores que inciden en el desbordamiento del río Payamino.	60
3.5.2	Técnicas de análisis para el segundo objetivo: Caracterizar la exposición ante la amenaza de inundaciones.....	61
3.5.3	Técnicas de análisis para el tercer objetivo: Proponer medidas de mitigación y adaptación	62
	CAPÍTULO IV.....	63
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	63
4.1	Resultado del objetivo 1: Analizar el desbordamiento del río Payamino.	63
4.1.1	Delimitación y calificación del orden de escorrentía.....	63

4.1.2	Distribución espacial de afluentes hídricos de El Coca	64
4.1.3	Propiedades morfométricas.....	67
4.1.4	Curva hipsométrica	70
4.1.5	Factor de Erosión LS	71
4.1.6	Distribución de precipitaciones.....	74
4.1.7	Análisis de precipitaciones por medio de la metodología Outlier	76
4.1.8	Prueba de Smirnov-Kolmogorov	80
4.1.9	Precipitaciones diarias máximas	83
4.1.10	Curva de Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF).....	86
4.1.11	Hietograma de precipitación	88
4.1.12	Análisis geoespacial de inundaciones Surface Water Tracker	90
4.1.13	Modelación hidrológica con HEC-HMS para desbordamiento del río Payamino en los barrios Ñucanchi Wasi, 12 de Noviembre y 24 de Mayo de la ciudad El Coca en el periodo 2023 - 2025”.....	93
4.1.14	Escenario condiciones en condiciones máximas HEC - HMS	99
4.1.15	Mapa de inundaciones en condiciones máximas	105
4.2	Resultado del objetivo 2: Caracterizar la exposición ante la amenaza de inundaciones en los barrios afectados ante la influencia del río Payamino.....	109
4.3	Resultado del objetivo 3: Proponer medidas de mitigación y adaptación para reducir el impacto de las inundaciones en los barrios afectados.	113
4.4	Discusión.....	117

CAPÍTULO V.....	119
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	119
5.1 Conclusiones	119
5.2 Recomendaciones	121
Bibliografía	124
Anexos	130

Índice de gráficos

Gráfico 1. Curva hipsométrica de la cuenca	71
Gráfico 2. Representación gráfica de valores atípicos mediante método Outlier.....	80
Gráfico 3. Análisis estadístico del factor de ajuste de datos mediante el aplicativo Hidronomo	83
Gráfico 4. Índice de precipitaciones máximas	86
Gráfico 5. Curvas de intensidad, duración y frecuencia "IDF" para los diferentes periodos de retorno	87
Gráfico 6. Hietograma de precipitación TR 100 años	89
Gráfico 7. Resumen de resultados hidrológicos para Subbasin -1	95
Gráfico 8. Resumen de resultados hidrológicos para Subbasin -1 máximo.....	101

Índice de ilustración

Ilustración 1. Evolución geo espacial de aguas superficiales mediante Surface Water Tracker	90
Ilustración 2. Evolución estadística de las aguas superficiales mediante Surface Water Tracker	92
Ilustración 3. Análisis del caudal - Hec Hms	94
Ilustración 4. Análisis del caudal - Hec Hms Subbasin – 1	96
Ilustración 5. Análisis del caudal - Hec Hms máximo	100
Ilustración 6. Análisis del caudal - Hec Hms Subbasin - 1 máximo	102

Índice de mapas

Mapa 1. Ubicación de la zona de estudio.....	32
Mapa 2. Orden cronológico de los afluentes de la cuenca hídrica El Coca.....	66
Mapa 3. Mapa de erosión de la cuenca hídrica El Coca	73
Mapa 4. Distribución geoespacial de precipitaciones	75
Mapa 5. Inundaciones en condiciones máximas Calado x Velocidad	106
Mapa 6. Afectación de predios urbanos.....	110
Mapa 7. Afectación de la red vial urbana	112

Índice de tablas

Tabla 1. Operacionalización de Variables	28
Tabla 2. Niveles de riesgo según Paucar Camacho 2016	45
Tabla 3. Longitud del orden de drenaje	64
Tabla 4. Propiedades morfométricas de la cuenca hídrica El Coca	68
Tabla 5. Datos hipsométricos de la cuenca	69
Tabla 6. Integración y estandarización de series históricas de precipitaciones para el análisis hidrológico "NASA 1982 - 2025".....	76
Tabla 7. Obtención de parámetros estadísticos comprendidos entre 1981 – 2025	79
Tabla 8. Prueba de Kolmogórov – Smirnov	81
Tabla 9. Calculo de precipitaciones máximas para los periodos de retorno.	84
Tabla 10. Caudal y volúmenes de escorrentía m ³ /s.....	97
Tabla 11. Caudal y volúmenes de escorrentía máxima m ³ /s.....	103

Tabla 12. Área "ha" de los barrios de estudio.....	107
Tabla 13. Nivel de susceptibilidad en "ha"	108
Tabla 14. Área de niveles de inundación "ha"	109
Tabla 15. Número de predios afectados.....	111
Tabla 16. Tramos longitudinales afectados km	113
Tabla 17. Medidas estructurales.....	114
Tabla 18. Medidas no estructurales.....	116

Introducción

Las inundaciones constituyen uno de los eventos hidrometeorológicos más frecuentes y devastadores a nivel global, debido a las afectaciones sociales, económicas y ambientales que provocan en las comunidades ubicadas en llanuras de inundación. En el Ecuador, la influencia de las precipitaciones extremas, el crecimiento urbano desorganizado, la ocupación de área susceptibles a inundaciones y la escasa planificación territorial, ha aumentado de manera significativa la vulnerabilidad en varios sectores susceptibles a desbordamiento de ríos. En este contexto, las poblaciones ubicadas en el área amazónica del Ecuador muestran características geográficas e hidrológicas que favorecen la ocurrencia de inundaciones, especialmente en localidades situadas cerca de cuerpos de agua (Benavidas, M. M., Scheffczyk, K., & Urrutia, M., 2021).

La ciudad de Puerto Francisco de Orellana conocida como El Coca, es uno de los núcleos urbanos más expuestos a eventos hídricos en la provincia de Orellana, debido a que se encuentra rodeada de una red de ríos que incluye importantes afluentes de la Amazonía, siendo uno de los más importantes el río Payamino, representa un riesgo constante para varios sectores que se encuentran asentados en las zonas de influencia, especialmente los barrios Ñucanchi Wasi, 12 de Noviembre y 24 de Mayo, donde las inundaciones ocurridas en los últimos años han afectado a viviendas, infraestructura, rutas de acceso y medios de subsistencia de los habitantes (Primicias, 2024).

El aumento de las lluvias extremas y la escasa implementación de medidas preventivas y de mitigación han influenciado que el desbordamiento del río Payamino cause inundaciones frecuentes en el periodo 2023–2025. Estas condiciones han evidenciado la necesidad de desarrollar estudios técnicos y científicos que permitan comprender el

comportamiento hidrológico de la cuenca, identificar los factores que influyen en el desbordamiento y determinar el nivel de exposición de la población y de los elementos vulnerables presentes en el área de estudio.

La presente investigación tiene como finalidad analizar la exposición de los barrios Ñucanchi Wasi, 12 de Noviembre y 24 de Mayo frente al desbordamiento del río Payamino, en este sentido, el documento se desglosa en los siguientes capítulos:

Capítulo I. El presente capítulo expone la formulación general del proyecto de investigación, partiendo del planteamiento y formulación del problema, donde se analiza la situación actual de exposición ante inundaciones en la zona de estudio. Asimismo, se desarrolla la justificación de la investigación y se establecen los objetivos generales y específicos que orientan el desarrollo de la investigación. Finalmente, se presenta la operacionalización de variables, permitiendo estructurar metodológicamente el análisis de la exposición y del desbordamiento del río Payamino durante el periodo 2023–2025.

Capítulo II: En este capítulo se presenta la formulación general del proyecto de investigación, se describe el contexto georreferencial de la provincia de Orellana y de la ciudad de El Coca, así como las características físicas y territoriales que influyen en la dinámica hídrica del río Payamino. Además, se justifica la investigación y se establecen los objetivos generales y específicos que guían el desarrollo del estudio. Asimismo, se abordan conceptos fundamentales vinculados a inundaciones, geomorfología de cuencas, precipitación, niveles de riesgo, daños y medidas de mitigación, permitiendo comprender los factores que inciden en el desbordamiento de los cauces fluviales. Posteriormente, se presenta el marco legal y conceptual que respalda la investigación, tomando en cuenta normas nacionales afines con la gestión del riesgo, el ordenamiento territorial y la protección de la población frente a eventos naturales.

Capítulo III: La investigación se llevó a cabo utilizando un enfoque cuantitativo, lo que facilitó la integración de información geoespacial, hidrológica y territorial mediante herramientas técnicas y científicas. También se realizó una investigación no experimental, centrada en el análisis y descripción de los factores que afectan las inundaciones y la vulnerabilidad de los elementos esenciales y críticos dentro del área de estudio.

En este capítulo se especifican los métodos de investigación empleados, así como las técnicas e instrumentos usados para la recopilación de datos en cada objetivo específico. Además, se describen los procedimientos de análisis hidrológico, estadístico y geoespacial llevados a cabo mediante SIG, la modelación hidrológica con HEC-HMS y procesamiento de climáticos, lo que permite generar resultados confiables para la evaluar el riesgo de inundaciones.

Capítulo IV: Este capítulo presenta los resultados obtenidos a través de la aplicación de técnicas de modelación hidrológica, análisis del territorio y procesamiento de información climática, permitiendo entender el comportamiento de los eventos de inundación en zona de estudio. Consecutivamente, se caracteriza la exposición de la población, viviendas e infraestructuras situadas en áreas susceptibles a inundación, identificando las zonas con mayor grado de afectación. Finalmente, se proponen medidas de mitigación y adaptación con el fin de disminuir el impacto de las inundaciones y fortalecer la resiliencia territorial de los barrios analizados. La discusión de los resultados permite discrepar los hallazgos con estudios previos y teorías, proporcionando criterios técnicos para la gestión de riesgos y la planificación territorial en la ciudad de El Coca.

Resumen

El presente estudio examina la vulnerabilidad de los sectores Ñucanchi Wasi, 12 de Noviembre y 24 de Mayo en la localidad de El Coca ante las inundaciones provocadas por el río Payamino durante el lapso de 2023 a 2025. Este análisis se inicia a raíz del aumento de inundaciones generadas por lluvias intensas, el desordenado desarrollo urbano y la ocupación de áreas de alto riesgo cercanas al río, factores que han elevado el peligro y los daños para la población, casas e infraestructuras. La investigación se llevó a cabo utilizando un enfoque cuantitativo, aplicando técnicas de análisis geoespacial, estadístico e hidrológico. Para ello, se emplearon herramientas tales como Sistemas de Información Geográfica, ArcGIS y el software HEC-HMS, lo que permitió definir la cuenca hidrográfica, examinar las características morfométricas, investigar las precipitaciones y modelar posibles escenarios de inundación. Entre los hallazgos más relevantes, se detectó que la cuenca tiene una reacción hidrológica veloz debido a sus inclinaciones pronunciadas, un corto tiempo de concentración y una gran acumulación de flujos en las áreas bajas, lo que facilita el desbordamiento del río Payamino. Igualmente, se constató que los barrios analizados tienen un alto grado de exposición debido a la proximidad de las viviendas y de la infraestructura al cauce del río, así como a una escasa planificación territorial; por ende, se sugiere medidas tanto estructurales como no estructurales para mitigar el impacto de las inundaciones. Estas propuestas tienen como objetivo mejorar la gestión del riesgo, reducir la vulnerabilidad de la comunidad y fomentar un desarrollo sostenible y resiliente en El Coca.

Palabras clave: Inundaciones, desbordamiento, exposición al riesgo, gestión de riesgos, modelación hidrológica, vulnerabilidad, SIG, HEC-HMS.

Abstract

This research analyzes the exposure of the Ñucanchi Wasi, 12 de Noviembre, and 24 de Mayo neighborhoods in the city of El Coca to the Payamino River's flooding during the period 2023–2025. The study arises from the increase in flooding caused by intense rainfall, unplanned urban growth, and the occupation of vulnerable areas near the riverbed—factors that have increased the level of risk and impact on the population, homes, and infrastructure. The research was conducted using a mixed-methods approach, combining qualitative and quantitative methods through the application of hydrological, statistical, and geospatial analysis techniques. Tools such as Geographic Information Systems (GIS), ArcGIS, and HEC-HMS software were used to delineate the watershed, analyze morphometric properties, study rainfall, and model flood scenarios. Among the main findings, it was identified that the basin exhibits a rapid hydrological response due to its steep slopes, short concentration time, and high accumulation of runoff in the lower areas, which favors the overflowing of the Payamino River. Furthermore, the studied neighborhoods are considered to have high levels of exposure due to the proximity of homes and infrastructure to the riverbed and limited territorial planning. Therefore, structural and non-structural measures are proposed to reduce the impact of flooding. These actions aim to strengthen risk management, decrease the vulnerability of the population, and contribute to the sustainable and resilient development of the city of El Coca.

Keywords: Floods, overflow, risk exposure, risk management, hydrological modeling, vulnerability, GIS, HEC-HMS.

CAPÍTULO I.

1 PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

El Ecuador al estar ubicado en el Cinturón de Fuego del Pacífico cuenta con múltiples formaciones volcánicas y llanuras planas que se encuentran involucradas en múltiples peligros tanto naturales como antrópicos. La provincia de Orellana y en particular su capital, Francisco de Orellana El Coca, ilustra claramente esta problemática, debido a que se encuentra rodeada por una importante red hídrica, como lo es el río Payamino, esta ciudad enfrenta una alta incidencia a sufrir eventos de inundaciones, situación que se encuentra actualmente debido a la expansión urbana acelerada hacia zonas no aptas para la construcción.

De acuerdo con los registros históricos de la Secretaría de Gestión de Riesgos, es relevante mencionar que, durante los años 2010 y 2019, la ciudad de El Coca presenció fuertes inundaciones dejando a 439.446 personas afectadas y alrededor de 67,244 ha fueron cubiertas por el agua debido a las intensas lluvias (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos SNGR, 2019).

El impacto de las inundaciones en los barrios Ñucanchi Wasi, 12 de Noviembre y 24 de mayo de la ciudad de El Coca, evidencia una problemática crítica en el área de gestión del riesgo y los marcos del desarrollo sostenible. Por ello, es fundamental considerar el posicionamiento geográfico y configuración fluvial de la ciudad de El Coca, la misma que llega a ser susceptible a inundaciones durante la temporada invernal. Al tratarse de una amenaza de origen natural, vinculada a los fenómenos hidrometeorológicos, ha ocasionado niveles considerables de riesgo y exposición. Sin embargo, la deficiente planificación territorial ha aumentado gradualmente la vulnerabilidad de los barrios, lo cual exige acciones coordinadas para implementar obras, ordenanzas o estatutos que sean factibles a mediano y largo plazo.

El aumento del caudal en la zona de estudio genera múltiples afectaciones, entre las que se destacan el depósito y arrastre de material erosivo en las riberas de las localidades. Al realizar un análisis preliminar se ha considerado que en dicha zona existen viviendas asentadas sin control regulatorio municipal con ausencia de obras que minimicen los efectos de la crecida del caudal. Según información publicada por la (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2025), manifiesta que el 06 de abril del 2025; los ríos Napo, Payamino y Coca, presentaron elevados niveles de crecida causando el ingreso del agua a viviendas, infraestructuras y cultivos que están situados al margen fluvial. Por tal motivo, la SNGR declaró estado de alerta amarilla resguardando la seguridad de la población a raíz de la intensificación de las precipitaciones y desplazamiento de tierra en algunos sectores. (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2025)

Con base en los principales impactos causados por las inundaciones en ciudades, parroquias y sectores, es imprescindible abordar las interrupciones del servicio de agua potable, energía eléctrica y el transporte público, mismas que al estar expuestas presentan pérdidas económicas, bienes materiales, en casos extremos la aparición, transición y propagación de enfermedades que al estar en contacto con las aguas servidas dan paso a nuevos escenarios de riesgo.

Las personas que residen en los barrios Ñucanchi Wasi, 12 de Noviembre y 24 de Mayo, solventan el valor económico de sus familias mediante actividades de construcción, minería, comercio, empleos públicos y privados y la agricultura. Sin embargo, la incidencia de las inundaciones limita el desarrollo y la sostenibilidad de estos barrios, por ende, es indispensable identificar áreas con mayor exposición a los impactos fluviales, con el fin de destinar medidas estratégicas de reducción de riesgos que permitan mayor seguridad a las personas, materiales e infraestructuras que se encuentran en la zona.

Aunque existe información sobre inundaciones en El Coca, hasta el momento no hay un estudio exhaustivo que evalúe la vulnerabilidad de los barrios Ñucanchi Wasi, 12 de Noviembre y 24 de Mayo a través de la combinación de la modelación hidrológica e hidráulica con los sistemas de información geográfica. Esto dificulta la habilidad para planificar y responder adecuadamente.

1.2 Formulación del Problema

¿Cuál es el nivel de exposición de los barrios Ñucanchi Wasi, 12 de Noviembre y 24 de Mayo de la ciudad El Coca ante el desbordamiento del río Payamino en el periodo 2023 – 2025?

1.3 Justificación

La ciudad de El Coca es frecuentemente afectada por inundaciones. Por ello, resulta indispensable analizar la exposición de los barrios Ñucanchi Wasi, 12 de Noviembre y 24 de Mayo ante el desbordamiento del río Payamino, con el objetivo de comprender y mitigar los riesgos fluviales, reduciendo así las pérdidas sociales, económicas, financieras y ambientales, preservando los activos fijos de la población.

La implementación de medidas de gestión de riesgos en áreas vulnerables se ha convertido en un eje de vital importancia para el gobierno nacional, a través de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE), que busca instruir a la comunidad en la predicción, preparación y respuesta ante desastres naturales. Mediante esta investigación se busca cubrir el déficit investigativo en la zona y fomentar bases sólidas que permitan a las autoridades tomar decisiones y asignar fondos económicos a puntos críticos, lo cual no solo minimizará el riesgo, sino que también aportará a la correcta planificación del crecimiento territorial.

Esta investigación tiene el objetivo de llenar el vacío de información al proporcionar un análisis exhaustivo en el que se identificarán las áreas con niveles considerables de exposición a inundaciones. Para llevar a cabo se emplearán herramientas SIG, las cuales ayudarán a identificar las áreas más expuestas y permitirán que las comunidades impactadas tengan una comprensión más clara de la amenaza.

Los beneficiarios principales de este estudio son los residentes de los barrios Ñucanchi Wasi, 12 de Noviembre y 24 de Mayo, además de las autoridades del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Orellana y la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, quienes podrán utilizar los hallazgos para la organizar acciones de reducción de riesgos. El fortalecimiento del área investigativa en esta temática garantizará que todas las personas accedan a un entorno seguro y puedan trabajar y vivir en armonía. El enfoque de la presente investigación está destinado a consolidar una cultura resiliente que minimice el riesgo de inundaciones y las pérdidas de vidas humanas, económicas y de bienes estructurales.

Esta investigación se alinea con lo dispuesto en la **Constitución de la República del Ecuador (2008)**, que en su Art. 389 establece la obligación del Estado de proteger a las personas frente a desastres mediante la prevención y mitigación, así como con el **Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres (2015-2030)**, que promueve la comprensión del riesgo como base para la acción, y con la **Ley Orgánica para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres (LOGIRD)**, que regula la gestión del riesgo en el territorio nacional.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Analizar la exposición de los barrios Ñucanchi Wasi, 12 de Noviembre y 24 de Mayo de la ciudad de El Coca ante el desbordamiento del río Payamino durante el periodo 2023-2025.

1.4.2 *Objetivo Específico*

- Analizar los factores (precipitación, morfométricos, hidráulicos) que inciden en el desbordamiento del río Payamino
- Cuantificar la exposición a inundaciones de los barrios afectados por el desbordamiento del río Payamino
- Proponer medidas de mitigación y adaptación para reducir el impacto de las inundaciones en los barrios Ñucanchi Wasi, 12 de Noviembre y 24 de Mayo.

1.5 Operacionalización de Variables

Variable independiente

Exposición

Variable dependiente

Desbordamiento del río Payamino

Tabla 1.

Operacionalización de Variables.

VARIABLE INDEPENDIENTE					
Variable	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala	Técnicas/Instrumentos
Exposición (VI)	Grado en que población, viviendas e infraestructura de los barrios Ñucanchi Wasi, 12 de Noviembre y 24 de Mayo se encuentran dentro de áreas susceptibles a inundación (2023–2025).	Humana	% de población expuesta	Porcentaje (%) – escala de razón	Análisis SIG, datos censales
		Física (viviendas)	Número de viviendas expuestas	Conteo – escala de razón	Conteo espacial, Intersección de capas
		Física (densidad)	Densidad de viviendas expuestas (viv/ha)	viviendas por hectárea – escala de razón	Análisis SIG
		Física (infraestructura)	Número de infraestructuras críticas expuestas (escuelas, centros de salud, etc.)	Conteo – escala de razón	Análisis SIG, Intersección de capas.
		Territorio	Distancia media al cauce (m)	Metros – escala de razón	Análisis SIG, medición en mapa.

Elaborado por (Gómez Naucin & Guevara Cadena , 2026)

<i>VARIABLE DEPENDIENTE</i>					
Variable	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala	Técnicas/Instrumentos
Desbordamiento del río Payamino (VD)	Manifestación de salida de cauce del río Payamino en forma de inundación en la franja de estudio (2023–2025), medida por ocurrencia, magnitud y extensión.	Ocurrencia	Ocurrencia binaria (1=hubo desborde, 0=no)	Nominal dicotómica	Imágenes Satelitales (NDWI/SAR), Surface Water Tracker
		Magnitud	Caudal pico (Qp m ³ /s)	Razón (m ³ /s)	Modelación HEC-HMS
		Extensión	Superficie inunda ha	Razón (ha)	Modelación IBER imágenes Satelitales
		Extensión	% barrio inundado	Porcentaje (%) – razón	Cálculo desde área inundada
		Duración	Duración del evento (horas)	Razón (horas)	Modelación HEC-HMS, entrevistas

	Nivel máximo		
Severidad	de agua (Hmax, m)	Razón (m)	Modelación IBER
	Profundidad		
Severidad	media del agua (m)	Razón (m)	Modelación HEC-HMS

Nota. Operacionalización de la variable independiente, *por* Gómez & Guevara, (2026).

CAPÍTULO II.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Referencial o Georreferencial

Orellana está ubicada en la región de la Amazonía ecuatoriana, cuya capital es Puerto Francisco de Orellana “El Coca”. Está distribuida en los cantones de Joya de los Sachas, Loreto, Orellana y Aguarico, que a su vez se componen de parroquias urbanas y rurales. Cada uno de los cantones es administrado a través de un municipio y un consejo cantonal, que son elegidos por votación propia (PDOT ORELLANA, 2023).

Basado en información estadística, la población en Orellana ha crecido de manera significativa de acuerdo con los números, la densidad de pasó de 3,92 personas por kilómetro cuadrado en 2010, a 8,43 personas por kilómetro cuadrado en 2022. Es relevante mencionar que, en término de área, Orellana ocupa el tercer lugar en tamaño a nivel nacional. No obstante, tanto los núcleos urbanos como rurales continúan expandiéndose y evolucionando de manera caótica siendo paulatinamente impactados por los efectos del aumento de los caudales (PDOT ORELLANA, 2023).

Límites de Puerto Francisco de Orellana

Norte: Limita con el cantón la Joya de los Sachas y la provincia de Sucumbíos

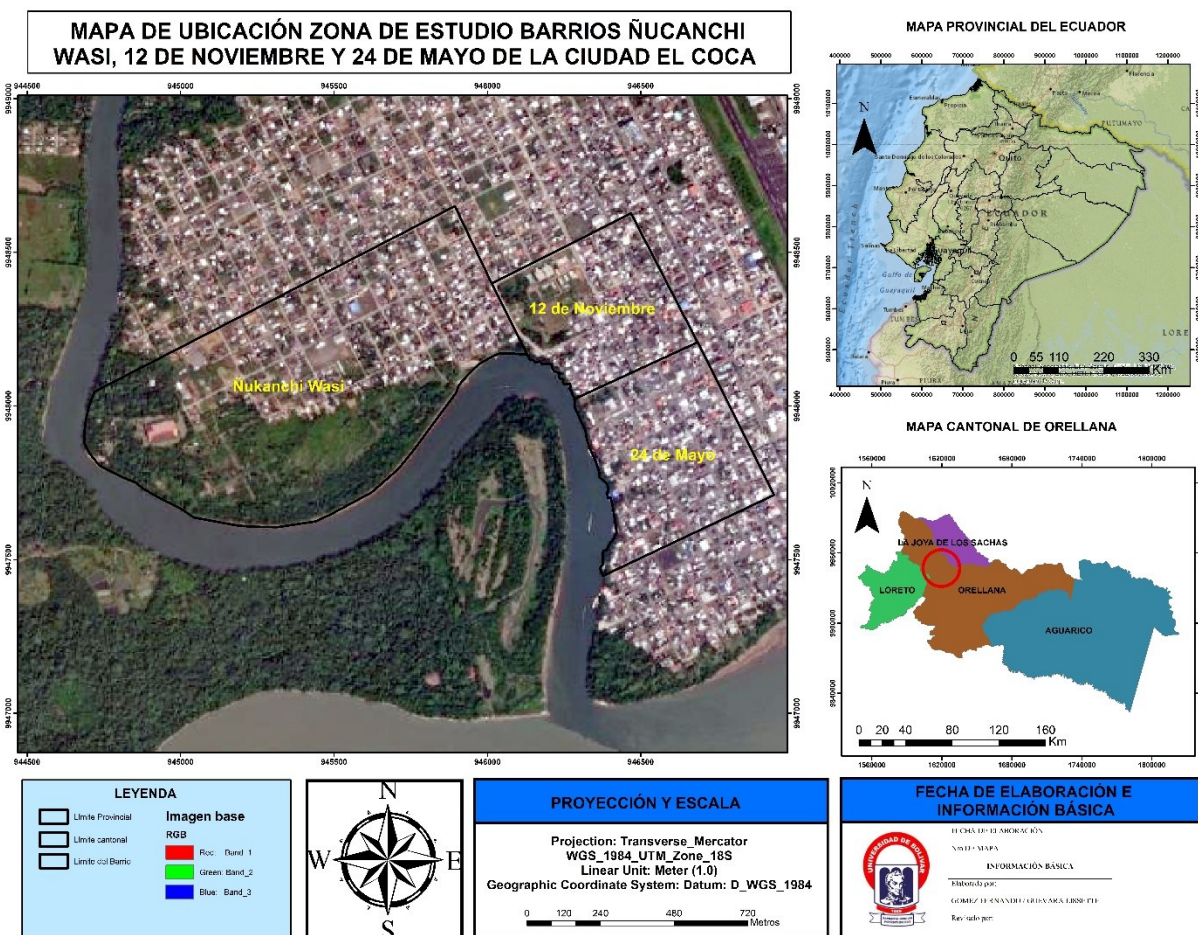
Sur: Limita con las provincias de Pastaza y Napo

Este: Limita con el cantón Aguarico y colindante con el país del Perú

Oeste: Limita con el cantón Loreto y la provincia del Napo

Mapa 1.

Ubicación de la zona de estudio



Nota: Mapa de ubicación geográfica de los barrios de la ciudad de El Coca, Gómez & Guevara, (2026).

2.2 Antecedentes de la Investigación

“Un enfoque de modelado integrado para evaluar los impactos de las soluciones basadas en la naturaleza para la mitigación de inundaciones en una pequeña cuenca hidrográfica en el sureste de los Estados Unidos”. Elaborado por *Betina I. Guido, Ioana Popescu, Vidya Samadi y Biswa Bhattacharya* mencionan que:

Esta investigación examinó un sistema integrado de modelado hidrológico e hidráulico para comprender la respuesta de un sistema de cuenca hidrográfica en riesgo a las inundaciones y evaluar la eficacia de las soluciones basadas en la naturaleza “SBN”. Utilizando el software del Sistema de Modelado Hidrológico y el Sistema de Análisis Fluvial del Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC-HMS y HEC-RAS), desarrollaron un modelo hidrológico-hidráulico integrado para las inundaciones provocadas por los huracanes en la cuenca hidrográfica de los ríos Little Pee Dee y Lumber, en Carolina del Norte y Carolina del Sur “EE. UU”. El estudio fue realizado en Nichols, una pequeña localidad que se vio desproporcionadamente afectada por las inundaciones durante estos dos huracanes. El estudio propuso una metodología para seleccionar, modelar y evaluar el desempeño de las medidas de SBN dentro de una cuenca, se diseñaron, modelaron y evaluaron diferentes medidas incluyendo estanques de almacenamiento de inundaciones, reforestación y forestación en tierras de cultivo. Como resultados realizaron una comparación de escenarios evidenciando que las intervenciones naturales a gran escala, como la forestación en tierras de cultivo, pueden reducir el área inundada en Nichols entre un 8 % y un 18 %. Por el contrario, las intervenciones a menor escala, como la reforestación y los estanques de almacenamiento de inundaciones, mostraron un efecto insignificante de solo el 1 % en la mitigación de inundaciones. (Guido, Popescu, Samadi, & Bhattacharya, 2023)

Esta investigación aborda la importancia de utilizar estas metodologías en sectores de reducida extensión de tal manera que los resultados proporcionen información significativa para el análisis y la implementación de medidas de estándar, caracterizando la seguridad de la población y el bienestar de los recursos que permiten la sostenibilidad. Al considerar, la implementación de simulación hidráulica permite a las autoridades conocer niveles de susceptibilidad a inundaciones y brinda una perspectiva detallada del escenario con la

disponibilidad de actuar frente a la amenaza evidenciando acontecimientos cercanos a la vida real.

“Evaluación del riesgo de inundaciones por desbordamiento de lagos glaciares en la cuenca del río Phochhu, Bután”. Elaborado por *Tandin Wangchuk* y *Ryota Tsubaki* mencionan que:

El derretimiento de los glaciares ha provocado un aumento sin precedentes en la cantidad y el tamaño de los lagos glaciares, especialmente en la región del Himalaya. Una inundación repentina de un lago glaciar (GLOF, por sus siglas en inglés) es un peligro natural en el que el agua de un lago glaciar o alimentado por glaciares se descarga rápidamente, lo cual, pueden causar daños significativos a la vida, la infraestructura y los asentamientos ubicados río abajo, y pueden tener considerables impactos ecológicos, económicos y sociales. Utilizaron un modelo de ruptura de presas, BREACH, y un modelo hidrodinámico, HEC-HMS (Sistema de Análisis de Ríos del Centro de Ingeniería Hidrológica), examinaron las posibles consecuencias de una GLOF originada en el lago glaciar Thorthomi, ubicado en la cuenca del río Phochhu. En su investigación determinan que la ruptura del lago glaciar Thorthomi provocará la descargará de 16 360 m³/s de agua como caudal máximo en 4 horas lo que provocaría daños considerables de hasta 245 ha de tierras agrícolas y más de 1277 edificios. Los resultados destacan la necesidad urgente planificar y preparar acciones de respuesta para las posibles consecuencias de un GLOF del lago Thorthomi. Este estudio brinda información valiosa para los responsables políticos y las partes interesadas involucradas en la gestión y preparación ante desastres tomando decisiones en base a modelos de 2 dimensiones que aluden escenarios cercanos a la vida real. (Wangchuk & Tsubaki, 2024)

Al considerar análisis detallados es importante mencionar y destacar escenarios a gran escala en donde Wangchuk & Tsubaki, analizan el comportamiento geoespacial de glaciares y su deshielo que es fuente prioritaria de alimentación del río Phochhu, considerando afectaciones a infraestructura y medios de vida debido al desfogue de gran cantidad de agua, lo que dificulta que los caudales sean contenidos y afecta a viviendas, personas y medios de vida locales. Sin embargo, este estudio brinda a los responsables políticos plantear estrategias técnicas para el control del escenario mediante criterios cartográficos y escenarios fundamentados estadísticamente.

“Zonas susceptibles a inundaciones y elementos expuestos de la zona urbana de la parroquia Caracol, cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos en el periodo septiembre – diciembre 2024”. Elaborado por *Quispe, Byron y Rea, Jordy* mencionan que:

El trabajo de investigación denominado “Zonas susceptibles a inundaciones y elementos expuestos de la zona urbana de la parroquia Caracol, cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos en el periodo septiembre-diciembre 2024”, está orientado a determinar las áreas más vulnerables ante la amenaza de inundación y la exposición de los elementos existentes dentro del lugar de estudio, implementaron un modelo hidrológico-hidráulico y el uso de software de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para valorar el riesgo de inundación en zonas aledañas a las riberas del río Catarama y su afluente río Pijullo. La investigación está basada en un tipo de estudio no experimental y la aplicación tanto de los métodos analítico-descriptivo como de métodos que involucran la parte cualitativa y cuantitativa para detallar la amenaza con información real y presentar datos confiables. Los resultados permitieron destacar las zonas con mayor exposición y adentramiento del agua a la zona poblada con base en estas características se implementaron obras de mitigación en el software que facilite conocer el comportamiento y la

afectación en el caso de sobrepasar la capacidad de respuesta. El estudio concluye destacando la importancia de focalizar la resiliencia comunitaria en la gestión del riesgo de desastres.

El estudio analiza todos los factores con detonantes a las precipitaciones realizando un análisis exhaustivo a través de la validación y comprobación de datos estadísticos, por lo tanto, la simulación hidráulica aporta el comportamiento y la dinámica fluvial. Por ende, parroquia de Caracol se acople a las medidas estratégicas para finalmente mitigar la vulnerabilidad de la población.

“Simulación de inundaciones en la cuenca del río coca en el sector del barrio unión y progreso de la ciudad Francisco de Orellana mediante software IBER”. Elaborado por *Chaluisa Umajinga, Dennis Andrés, Reyes Zambrano, Jimmy Leandro, Chavarria Párraga, Jesús Enrique, Alarcón Loor, José Ramon*, mencionan que:

El propósito de esta investigación fue realizar simulaciones de inundación para entender el comportamiento hidrológico en la cuenca del río Coca, en el barrio Unión y Progreso de la ciudad de Francisco de Orellana para determinar áreas propensas a sufrir impactos por los desastres que puede ocasionar las inundaciones. Se empleo una metodología cuantitativa que se basa en modelación hidráulica bidimensional mediante el software IBER para ello se utilizó varios recursos y capas de información primara como la topográfica que fue obtenida del geo portal SIGTIERRAS y los caudales máximos históricos para construir el modelo hidrodinámico. Como resultado principal se obtuvo un modelo que resultó ser una herramienta fundamental para predecir futuras inundaciones insumo fundamental que servirá para apoyar las decisiones de uso de suelo para planificación y ordenamiento territorial. Sin embargo, su precisión depende de la calidad de los datos de entrada y de una calibración adecuada para lo cual se recomienda mejorar

los sistemas de monitoreo, así como el incorporar variables climáticas y promover la participación comunitaria en la gestión del riesgo.

La combinación exhaustiva de múltiples instituciones brinda resultados de alta confiabilidad al manejar múltiples perspectivas de análisis, como resultado los escenarios predictivos solventan la necesidad de instituciones públicas de encargadas de implantar medidas de gestión de riesgos con bases científicas a través de instituciones de monitoreo que desarrollan actividades en el Ecuador. Los softwares especializados en el seguimiento y modelamiento de la amenaza en la actualidad son indispensables ya que se acoplan a la necesidad y fundamenta la construcción de obras que minimicen los impactos hidrometeorológicos.

2.3 Científico

2.3.1 Inundaciones

Se denomina inundaciones cuando el líquido hídrico sobrepasa la capacidad de conducción y se adentra en localidades, espacios vegetativos, centros poblados, o se acumulan en áreas frecuentemente secas. Este escenario se manifiesta mediante la excesiva presencia de precipitaciones, las cuales pueden desarrollarse en partes diferentes de la cuenca, convirtiendo de tal manera un espacio vulnerable para las poblaciones situadas en las riberas del caudal. (Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja, 2023)

Según el grupo de investigación NOAA Weather Partners, expresan que una inundación es un desbordamiento de agua sobre terrenos normalmente secos que ocurren durante periodos de precipitación prolongados y de diversa intensidad, cuando poblaciones que están en el sector costero son afectados por la proximidad velocidad y cercanía de las olas, o cuando la nieve se derrite rápidamente o se rompen presas o diques. Las inundaciones son eventos que muchas de las veces se pueden convertir en desastres (NOAA National Severe Storms Laboratory, 2020).

2.3.2 Calificación de las inundaciones

2.3.2.1 Inundación repentina

Las inundaciones repentinas se dan origen cuando la esorrentía y la cantidad de precipitación excede los niveles normales, colapsando la capacidad de contención de arroyos, cauces y estanques. Este fenómeno ocurre frecuentemente en las llanuras planas donde el agua pierde el nivel de desfogue y es obstaculizada por la alta presencia de material sedimentario depositado en el transcurso del caudal (USGS, 2026).

Según (Zurich Insurance Group, 2025), describe a las inundaciones repentinas como torrentes repentinos de alta velocidad provocados por lluvias intensas o roturas de presas son extremadamente peligrosos debido a la velocidad y los escombros.

2.3.2.2 Inundación fluvial

Este tipo de inundación están estrechamente relacionadas con las inundaciones repentinas de tal manera que comparten características similares. Sin embargo, pueden darse origen gracias a la incesante cantidad de agua que proporciona las vertientes en las épocas lluviosas mismas que son inducidas por las precipitaciones. Produciendo que el caudal sobrepase las barreras naturales, presas y diques que restrinja el impacto especialmente en las curvas fluviales.

Las inundaciones se producen cuando el caudal de un arroyo aumenta hasta el punto de llenar el cauce y desbordar sus márgenes. Por lo general, este tipo de inundaciones generan preocupación en los lugares donde las llanuras aluviales formadas y utilizadas por los ríos se han desarrollado para el consumo humano. (Ausable Freshwater Center, 2022).

2.3.2.3 Inundación costera

Este tipo de inundaciones se puede evidenciar gracias a al repentino aumento del nivel del mar. Por lo general, son inducidas por tormentas tropicales y fortalecidas por las fuertes

corrientes de viento, este tipo de acontecimiento por lo general afecta a poblaciones puertearas situadas en las playas, malecones turísticos entre otros. (Zurich Insurance Group, 2025).

Las inundaciones costeras se definen como aquellas que ocurren cuando el agua es impulsada hacia la tierra desde un cuerpo de agua adyacente, generalmente durante tormentas importantes como ciclones tropicales y extra tropicales. (Integración de la ciencia y la gestión de desastres, 2018).

2.3.3 Causas de las inundaciones

Las inundaciones son unos de los desastres más destructivos del mundo, que parte desde el inicio del ciclo hidrológico, y acciones externas como el deshielo de los conos volcánicos ruptura de presas, entre otras. Al evidenciar dichos escenarios en poblados con baja preparación en gestión de riesgos incrementa la vulnerabilidad de las personas e infraestructuras.

2.3.3.1 Inapropiados permisos de construcción

El aumento poblacional a nivel local, nacional e internacional exige gran demanda en el uso del suelo, por ende, los departamentos de planificación deben regirse a un control apropiado del suelo. En el pasado y casos en la actualidad, se ha evidenciado brechas negativas en la emisión de dichos permisos de construcción provocando que las personas sean afectadas en los ámbitos económicos sociales y de salud.

2.3.3.2 Inapropiadas prácticas agrícolas

Las prácticas agrícolas inadecuadas en el territorio generan un impacto muy significativo sobre la sostenibilidad de los hogares dependientes de la agricultura, en la actualidad se ha visualizado un uso indiscriminado de herbicidas e insecticidas contra malezas mismas que compromete el vigor del suelo y lo dejan desértico. Sin embargo, las inadecuadas de medidas estratégicas sobre la distribución hídrica “sistemas de riego” proveniente de caudales se ha

evidenciado con mayor intensidad sobre todo en épocas de sequía dónde los agricultores realizan socavamientos directamente en los sin medidas de control preventivo que restrinjan la circulación en épocas de lluvia donde el agua satura el suelo con gran facilidad.

2.3.3.3 Procesos de impermeabilización

Cuando se trata de defender propiedades y estructuras contra inundaciones, se debe considerar la impermeabilización, con dos enfoques distintos: impermeabilización negativa implica la aplicación de medidas de impermeabilización a las superficies internas de una estructura, creando una barrera para resistir la infiltración de agua. En cambio, la impermeabilización positiva es la conservación de cuerpos hídricos y el almacenamiento de agua para su uso mediante excavación directa del suelo. (Floods Protection Solucions, 2023).

2.3.3.4 Perdida de barreras naturales

Al describir acciones que permitan la conservación de barreras naturales que recubren los canales de hídricos de forma natural, es indispensable manifestar que en la actualidad ciertas creencias consideran necesario eliminar cuerpos sólidos “depósitos y malezas” situadas a los bordes del caudal depósitos a través de la historia los mismos que al aglomerarse se estratifica en un cuerpo sólido que restringen el paso del agua y evita el desbordamiento masivo. (Marketing Evergreen, 2025).

2.3.4 Consecuencias de las inundaciones

La naturaleza suele ser el primer desencadenante y el más reconocido. A continuación, se describen las causas naturales comunes:

- ❖ **Lluvias fuertes:** Ocurre cuando las precipitaciones superan la capacidad del suelo para absorberlas, el agua se acumula y se desborda.

- ❖ **Inundaciones de ríos:** El deshielo o las lluvias prolongadas pueden provocar que los ríos superen sus límites.
- ❖ **Marejadas ciclónicas e inundaciones costeras:** Los fuertes vientos de los huracanes y las tormentas tropicales pueden empujar el agua del mar hacia el interior.
- ❖ **Inundaciones repentinas:** Consideradas lluvias repentinas e intensas pueden provocar inundaciones en minutos, especialmente en regiones secas o montañosas.
- ❖ **Ríos atmosféricos:** Son estrechas franjas de humedad en la atmósfera pueden arrojar pulgadas de lluvia en áreas concentradas durante períodos cortos.
- ❖ **Tsunamis y actividad sísmica:** Son inundaciones menos comunes, pero a menudo catastróficas, provocadas por terremotos o deslizamientos de tierra submarinos. (Grupo HazardHub, 2025).

Las condiciones naturales pueden desatar las inundaciones, pero las infraestructuras reciben el impacto minimizando el estado de conservación. A continuación, mencionamos los principales contribuyentes creados por el hombre:

- ❖ **Superficies impermeables:** El pavimento, los edificios y las carreteras impiden que la lluvia se filtre en el suelo, lo que genera escorrentía rápida.
- ❖ **Diques y presas envejecidos:** Determinados sistemas de drenaje tradicionales contruidos para patrones de lluvia más antiguos ahora se ven sobrecargados rutinariamente.
- ❖ **Deforestación y cambios en el uso del suelo:** Es la eliminación de la vegetación reduce la capacidad de la tierra para frenar y absorber el agua.

- ❖ **Sistemas de drenaje de tamaño insuficiente:** Son las infraestructuras de aguas pluviales más antiguas a menudo no pueden absorber los volúmenes de precipitaciones actuales. (Grupo HazardHub, 2025).

2.3.5 Geomorfología de la cuenca

Una cuenca hidrográfica constituye la característica geoespacial de una superficie terrestre, la cual está conformada por bordes de elevación “cordilleras, colinas, elevaciones montañosas, entre otras” actual como limitantes de una cuenca. Por otra parte, las zonas de depresión “valles, llanuras, tierras planas y canales hídricos”, actúan como medio de tránsito fluvial razón por la cual el nivel de inclinación juega un papel fundamental en las inundaciones sobre todo en las planicies.

A continuación, se mencionan importantes características para definir una cuenca hidrográfica:

Área de la cuenca: Comprende el espacio geográfico de la cuenca la cual está conformada por sus ramificaciones hídricas y está delimitada por los bordes de elevación la unidad de medida es en km². Según autores, definen al área de la cuenca hidrográfica como el espacio terrestre donde toda el agua de la superficie y el agua subterránea es drena a un punto de desfogue conocido como río, lago u océano. En hidrología, dicho aspecto es conocido como unidad fundamental de recursos hídricos. (Directorio de Sostenibilidad, 2025).

Longitud del caudal principal: Es la medida longitudinal del cauce principal considerada la guía matriz de transporte hídrico, según el método de Strahler el caudal principal de identifica la red de la última ramificación que conecta con el punto de desfogue de la cuenca hídrica, la unidad de medida es en km. Según Gabr, menciona que el cauce principal es aquel que

transborda el caudal máximo que obtiene de las secciones transversales, su longitud varia en base a las características y el área de la cuenca. (Gabr, 2021).

Método de USLE, factor de erosión: El método de USLE solo predice la cantidad de pérdida de suelo resultante de la erosión laminar o en surcos en una sola pendiente y no considera la pérdida adicional de suelo que podría ocurrir por erosión en cárcavas, por el viento o por labranza. Sin embargo, al analizar los procesos de depósitos erosivos en los canales hídricos se ha identificado que obstaculizan el flujo del agua alterando su recorrido y en caso extremos de crecida de caudal producen el adentramiento del fluido hídrico. (P., 2023).

2.3.6 Atributos climáticos

- ❖ **Precipitaciones:** La precipitación es originaria del vapor de agua que se condensa de las nubes para retornar como líquido “lluvia” o sólido “nieve, granizo” en las zonas altas de los páramos, la precipitación es la parte del ciclo del agua que transporta agua de la atmósfera a la superficie terrestre cumpliendo el ciclo hidrológico de hidratación y en los casos extremos crecidas repetidas en los ríos.
- ❖ **Intensidad de precipitación:** Está definida como la tasa de precipitación que indica la duración de la lluvia, la unidad de medida es en mm/hr, y se caracteriza utiliza por utilizar instrumentos como pluviómetros o mediante la recolección de escorrentía de un área específica facilitando un análisis de veracidad y validaciones de precipitación en un punto.
- ❖ **Duración de precipitación:** Es el tiempo transcurrido desde el inicio hasta el final de lluvia sus unidades de media varían con relación a su presencia por lo tanto pueden expresarse en minutos, horas y en los escenarios drásticos los días similares acontecimientos que se desarrollan en la amazonia.

- ❖ **Frecuencia de precipitación:** La frecuencia de precipitaciones se refiere al número total de días en un año con precipitaciones totales, sus medidas se presentan en unidades in-situ que superan a la intensidad máxima de los valores de precipitación diaria durante el período de referencia.

2.3.7 Niveles de riesgos por inundación

Para analizar las inundaciones resulto indispensable cuantificar los niveles de inundación mediante un sistema de escala de riesgo, el cual indica valores empíricos y verificables derivada de la estadística aplicada. Sin embargo, se ha considerado indispensable hacer referencia al “Modelo para la articulación de la Gestión del Riesgo en el proceso de Ordenamiento Territorial de la ciudad de Guaranda / Ecuador” publicada en el repositorio de la Universidad de Valencia España 2016. Su autor, José Abelardo Paucar Camacho, mismo que estipula una metodología cuantificable de las amenazas que afectan a la población, se ha considerado relevante analizar dicha metodología enfocándose en las inundaciones. Sin embargo, el modelo fue guía esencial para destinar una metodología adaptativa destinada al escenario que se evidencia en ANÁLISIS DE EXPOSICIÓN POR EL DESBORDAMIENTO DEL RÍO PAYAMINO EN LOS BARRIOS ÑUCANCHI WASI, 12 de NOVIEMBRE Y 24 DE MAYO DE LA CIUDAD EL COCA.

A continuación, se presenta la tabla del nivel de riesgo en base a la amenaza de las inundaciones.

Tabla 2.*Niveles de riesgo según Paucar Camacho 2016*

Nivel de riesgo	Rangos de Componentes (Factores de Riesgo) (A, V, E)	Valor min. Amen.	Valor min. Vuln.	Valor min. Expos.	Vmin. Pond. (-A*V*E)	Rangos para nivel de riesgos
Alto						
Medio	0,34 – 0,66	0,34	0,34	0,34	0,039	0,039 a 0,300
Bajo	0,01 – 0,33	0,01	0,01	0,01	0,001	0,001 a 0,038
Sin riesgo (Sin Afectación)	0,00 – 0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000

Nota. En la tabla se observa los niveles de riesgo con sus respectivos valores estadísticos, *por* Gómez & Guevara, (2026).

La **Tabla 2** indica los niveles de riegos con los respectivos valores estadísticos identificados mediante la metodología, por ende, se ha dispuesto de cuatro niveles de riegos “ALTO, MEDIO, BAJO Y SIN SUSCEPTIBILIDAD”, el ultimo nivel describe los escenarios que se encuentra sin nivel de amenaza, pero se mantienen activo ante un retorno repentino. Es crucial, disponer de este tipo de metodologías que compartes aspectos cualitativos y cuantitativos para las respectivas ayudas y respuestas humanitarias.

2.3.8 Daños, pérdidas y afectación

2.3.8.1 Desarrollo urbano

El desarrollo urbano está caracterizado por la expansión de viviendas, edificios comerciales e industriales e infraestructura, contribuye a la artificialización del suelo. Esto implica la transformación de suelos naturales en espacios urbanos, viales e industriales, lo que conlleva una mayor impermeabilización del suelo siendo así uno de los detonantes primordiales para la aparición de zonas de anegamiento.

Varios autores mencionan que el crecimiento urbano ha provocado que las superficies de hormigón y asfalto minimice la capacidad para absorber el agua de lluvia en los periodos de alta intensidad, en lugar de infiltrarse en el suelo, el agua de lluvia tiende a escurrirse más rápidamente sobre estas superficies impermeables, lo que aumenta el riesgo de inundaciones durante lluvias intensas.

2.3.8.2 Agricultura intensa

En la actualidad implica el uso intensivo de tierras agrícolas para maximizar la producción, a menudo mediante el uso de fertilizantes, pesticidas y maquinaria agrícola pesada. Ante todo, esta práctica puede alterar la estructura de los suelos, reduciendo su capacidad para retener agua y aumentando el riesgo de erosión afectando así la capacidad de almacenar y brindar agua a las fuentes subterráneas, por otra parte, las tierras de cultivo perderán su grado de absorción de agua y prevenir inundaciones.

2.3.8.3 Daños inmediatos causados por la fuerza de la corriente

Las inundaciones naturales generan transformaciones significativas en los contornos fluviales provocando la erosión en las riberas y alterando la morfología fluvial. Esta transformación puede afectar la biodiversidad ocasionando la pérdida parcial de flora y fauna, aunque estos ecosistemas disponen de una notable regeneración, la cual permite retornar a su estado normal mediante el paso del tiempo.

Las inundaciones repentinas presentan un alto riesgo, de tal manera que reducen el tiempo de evacuación de las zonas afectadas, con relación al escenario es evidente visualizar que ocurre en escasos márgenes de relación entre riesgo vs evacuación. Estos cambios pueden afectar a la biodiversidad y la sostenibilidad, Por ejemplo, la fuerza con que se presencia la amenaza es

capaz de arrastrar personas, vehículos, edificaciones e incluso puentes que se encuentran obstaculizando el canal hídrico.

2.3.8.4 Daños extensos causados por inundaciones prolongadas

El estancamiento de agua posterior a las inundaciones es una de las peores consecuencias, al presenciar los efectos de las inundaciones diferentes tramos de territorio y vegetación quedan sumergida bajo el agua, dicho acontecimiento limita el acceso a la luz, y aire indispensable para realizar la fotosíntesis.

Este escenario compromete de igual manera la seguridad de la población, es decir, el agua es capaz de aislar poblados, comunidades hasta parroquias lo cual genera peligros adicionales además de la evacuación. Las inundaciones prolongadas afectan no solo al equilibrio ecológico, sino también a los medios esenciales y vitales de vida, generando de tal manera riesgos adicionales en las zonas de estudio.

2.3.8.5 Contaminación del agua y del medio ambiente

Las inundaciones provocan una grave contaminación del agua en zonas residenciales, industriales y agrícolas. Conlleva la liberación de combustibles e hidrocarburos de tanques o depósitos subterráneos, así como de diversos productos almacenados en las zonas afectadas.

Asimismo, las inundaciones en áreas costeras introducen sal en ecosistemas que no están preparados para soportarla.

Esta polución genera efectos muy negativos para la vida animal, la vegetal y los ecosistemas, permaneciendo durante mucho tiempo incluso después de que las aguas hayan disminuido. El proceso de eliminar la sal puede ser lento en cuerpos de agua o ecosistemas en tierra que se recuperan con dificultad.

Además, esto supone un peligro para la seguridad de las personas, ya que hay una posibilidad de que materiales nocivos sean arrastrados por el agua y afecten a los seres humanos.

2.3.9 Acciones de reducción de riesgo de inundaciones

2.3.9.1 Modelar los impactos y mejorar la infiltración para mitigar las inundaciones localizadas.

Las infraestructuras verdes pueden ayudar a absorber el agua de lluvia, reduciendo la cantidad de agua estancada o que inunde las calles, y a disminuir los contaminantes para mejorar la calidad del agua. Junto con prácticas de modelado geoespacial permitió conocer el comportamiento de un escenario mediante rangos de estratégicos de afectación. Considerando las zonas de mayor, mediano y bajo riesgo, la cual permite destinar la asistencia y ayuda humanitaria priorizando zonas de alto riesgo. En la actualidad, las simulaciones y el modelado hidráulico facilitan la toma de decisiones fundamentando criterios suscitados en la vida real y el análisis estadístico de datos como el factor de erosión, índice topográfico de humedad, los niveles de estancamiento y las zonas de anegamiento.

2.3.9.2 Preservar la tierra para mitigar las inundaciones fluviales

Las comunidades vulnerables a las inundaciones fluviales en la actualidad pueden gestionar mejor su riesgo combinando infraestructura verde con la gestión de llanuras aluviales. La conservación de terrenos dentro o alrededor de la llanura aluvial complementa la infraestructura convencional al proteger la función natural de estas llanuras, reduciendo así el volumen de agua de lluvia que desemboca en arroyos y ríos, además de minimizar los daños a la infraestructura y las propiedades.

Mediante el uso de los sistemas de información geográfica y el modelado hidráulico permite fundamentar los siguientes criterios.

- ❖ Estimar los beneficios de la infraestructura verde para la mitigación de daños por inundaciones.
- ❖ Comparar los beneficios con los costos de la conservación y mitigación mediante la inserción de obras de reducción de riesgos.
- ❖ Dirigir las inversiones en conservación hacia las áreas más rentables minimizando los daños materiales y vitales al presenciar un acontecimiento de gran magnitud.

2.4 Legal

Para contribuir y justificar el presente trabajo de investigación se realizó un exhaustivo análisis de los del completo orden jerárquico con el que cuenta la república del Ecuador.

- Constitución de la República del Ecuador 2008, en los Artículos 261, 264, 389 y 390 menciona que:

Capítulo cuarto: Régimen de competencias

Art. 261 - “El Estado central tendrá competencias exclusivas sobre:

8. El manejo de desastres naturales...”.

Art. 264 - “Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:

1. Planificar el desarrollo provincial y formular los correspondientes planes de ordenamiento territorial, de manera articulada con la planificación nacional, regional, cantonal y parroquial. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

Sección novena: Gestión del riesgo

Art. 389 - El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales,

económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad. El sistema nacional descentralizado de gestión de riesgo está compuesto por las unidades de gestión de riesgo de todas las instituciones públicas y privadas en los ámbitos local, regional y nacional (Constitución de la República del Ecuador, 2008, pág. 118).

El Estado ejercerá la rectoría a través del organismo técnico establecido en la ley. Tendrá como funciones principales, entre otras:

1. Identificar los riesgos existentes y potenciales, internos y externos que afecten al territorio ecuatoriano.
2. Generar, democratizar el acceso y difundir información suficiente y oportuna para gestionar adecuadamente el riesgo.
3. Asegurar que todas las instituciones públicas y privadas incorporen obligatoriamente, y en forma transversal, la gestión de riesgo en su planificación y gestión.
4. Fortalecer en la ciudadanía y en las entidades públicas y privadas capacidades para identificar los riesgos inherentes a sus respectivos ámbitos de acción, informar sobre ellos, e incorporar acciones tendientes a reducirlos.
5. Articular las instituciones para que coordinen acciones a fin de prevenir y mitigar los riesgos, así como para enfrentarlos, recuperar y mejorar las condiciones anteriores a la ocurrencia de una emergencia o desastre.
6. Realizar y coordinar las acciones necesarias para reducir vulnerabilidades y prevenir, mitigar, atender y recuperar eventuales efectos negativos derivados de desastres o emergencias en el territorio nacional.

7. Garantizar financiamiento suficiente y oportuno para el funcionamiento del Sistema, y coordinar la cooperación internacional dirigida a la gestión de riesgo (Constitución de la República del Ecuador, 2008, pág. 118).

Art. 390 - Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicará la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindarán el apoyo necesario con respeto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad (Constitución de la República del Ecuador, 2008, pág. 118).

- Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD), en los Artículos 60, 140 y 155 menciona que:

Capítulo IV: Del Ejercicio de las Competencias Constitucionales

Art. 60 - Atribuciones del alcalde o alcaldesa. - Le corresponde al alcalde o alcaldesa:

- d) Presentar proyectos de ordenanzas al concejo municipal en el ámbito de competencias del gobierno autónomo descentralizado municipal;
- i) Resolver administrativamente todos asuntos correspondientes a su cargo; expedir, previo conocimiento del concejo, la estructura orgánico-funcional del gobierno autónomo descentralizado municipal; nombrar y remover a los funcionarios de dirección, procurador síndico y demás servidores públicos de libre nombramiento y remoción del gobierno autónomo descentralizado municipal; (COOTAD, 2010)

Art. 140 - Ejercicio de la competencia de gestión de riesgos. - La gestión de riesgos que incluye las acciones de prevención, reacción, mitigación, reconstrucción y transferencia, para enfrentar todas las amenazas de origen natural o antrópico que afecten al territorio se gestionan

de manera concurrente y de forma articulada por todos los niveles de gobierno de acuerdo con las políticas y los planes emitidos por el organismo nacional responsable, de acuerdo con la Constitución y la ley.

Los gobiernos autónomos descentralizados municipales adoptarán obligatoriamente normas técnicas para la prevención y gestión de riesgos en sus territorios con el propósito de proteger las personas, colectividades y la naturaleza, en sus procesos de ordenamiento territorial.

Para el caso de riesgos sísmicos los Municipios expedirán ordenanzas que reglamenten la aplicación de normas de construcción y prevención.

La gestión de los servicios de prevención, protección, socorro y extinción de incendios, que de acuerdo con la Constitución corresponde a los gobiernos autónomos descentralizados municipales, se ejercerá con sujeción a la ley que regule la materia. Para tal efecto, los cuerpos de bomberos del país serán considerados como entidades adscritas a los gobiernos autónomos descentralizados municipales, quienes funcionarán con autonomía administrativa y financiera, presupuestaria y operativa, observando la ley especial y normativas vigentes a las que estarán sujetos”. (COOTAD, 2010)

Art. 155 - “Sanción. - Las autoridades o funcionarios públicos que no cumplan con las disposiciones y obligaciones señaladas, dentro de los plazos determinados en la Constitución, este Código y por el Consejo Nacional de Competencias, serán sancionados con la destitución de sus funciones por parte de la autoridad nominadora correspondiente, a solicitud del Consejo Nacional de Competencias, siguiendo el procedimiento administrativo correspondiente y respetando las garantías del debido proceso. Esta sanción se comunicará a la Contraloría General del Estado para los fines legales respectivos. El incumplimiento de las obligaciones contempladas en este Código será motivo de enjuiciamiento político por parte de la Función 49

Legislativa, si se tratase de autoridades sometidas a fiscalización por parte de esta función del Estado” (COOTAD, 2010).

2.5 Conceptual

2.5.1.1 Alteración geográfica

Constituye un factor determinante que influye en la materialización de los diferentes riesgos derivados del cambio climático y los acontecimientos de degradación ambiental. La geografía, desde la historia analiza las características físicas del territorio entre ellas “relieve, hidrografía, clima, cobertura vegetal, formaciones rocosas, canales fluviales, entre otras”, las cuales, permanecen sumisas hasta recibir una acción detonante que afecta a poblados y ecosistemas. (Directorio de sostenibilidad, 2026).

2.5.1.2 Peligro hidrometeorológico

Los peligros hidrometeorológicos son causados por fenómenos meteorológicos y climáticos extremos, como inundaciones, sequías, huracanes, tornados o deslizamientos de tierra. Mismos que constituyen una fracción dominante de los peligros naturales y ocurren en todas las regiones del mundo, no obstante, la frecuencia e intensidad de ciertos peligros dejan como resultado la aparición de epidemias contaminación del agua consumo, pérdida de la infraestructura, medios de vida y subsistencia, pérdidas humanas. (Huan, Maoyi, Qihong, Kirschbaum, & Ward, 2017).

2.5.1.3 Amenaza

En el ámbito de la gestión de riesgos la amenaza es el un fenómeno o actividad humana que puede ocasionar muertes, lesiones u otros efectos en la salud, daños a los bienes, interrupciones sociales y económicas o daños ambientales. (ISDR, 2009).

2.5.1.4 Biodiversidad

Es la diversidad de vida en el planeta tierra presente en todas sus formas, al describir la biodiversidad indispensable partir desde los genes y bacterias hasta ecosistemas completos como bosques o arrecifes de coral. Sin embargo, la biodiversidad que observamos en la actualidad es el resultado de 4.500 millones de años de evolución, cada vez más innovada he impulsada por los seres humanos. (Naciones Unidas, 2024).

2.5.1.5 Desarrollo sostenible

El desarrollo sostenible busca satisfacer las necesidades de la actualidad sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. Por ende, se busca implantar un marco integral que equilibra el crecimiento económico, la protección del medio ambiente y la equidad social. (Naciones unidas, 2019).

2.5.1.6 Exposición

Hace referencia al grado en el cual una organización, persona y poblado esta vulnerable o expuestos a sufrir pérdidas significativas en consecuencia de presenciar un escenario de gran escala como inundaciones, aluviones, sismos. (Health & Care, 2023).

2.5.1.7 Factores de las inundaciones

Al analizar las precipitaciones existen varios factores que influyen en la materialización de las inundaciones. Entre ellos se destacan la presencia de lluvias intensas, desbordamiento de los caudales, maneras altas en zonas costeras, deshielo del cono volcánico, deforestación y la solidificación del suelo “construcción de carreteras, zonas impermeables”.

Según Victores, ha revelado que la prolongada intensificación de las lluvias intensas, en las zonas con baja impermeabilidad disponen de una escasa capacidad de absorción, lo cual,

produce la rápida acumulación de cuerpos de agua y encaramiento en las sobas planas “Zonas costeras”. (Victores, 2014).

2.5.1.8 Riesgo

El riesgo es la combinación de la probabilidad y las consecuencias de que se materialice un peligro específico; se refiere a la vulnerabilidad, la proximidad y la exposición a los peligros, lo que afecta la probabilidad de un impacto adverso. (Seguridad Pública de Canadá, 2012).

Según Kumamoto y Henley 1996 describen que el riesgo es una combinación de cinco elementos básicos: resultado, probabilidad, significancia, escenario causal y población afectada. (Taurumun & Sotic, 2015).

2.5.1.9 Vulnerabilidad

La vulnerabilidad es un conjunto de consecuencias resultantes de lo físico, social, factores económicos y ambientales que aumentan la sostenibilidad de una comunidad ante el impacto de peligros de inundaciones. Es decir, compromete lo físico socioeconómico ambiental y político, lo cual desfavorece la capacidad de respuesta de personas y comunidades afectadas. (Usman, Olorunfemi, Awotayo, & Tunde, 2024).

CAPÍTULO III.

3 METODOLOGÍA

3.1 Tipo de Investigación

La presente investigación se enmarca en el ámbito no experimental, es decir, no se manipulan deliberadamente las variables de estudio. Por tal razón, se limita a observar y describir las características de las variables tal como se presentan en su contexto natural, sin intervención del investigador (Hernández Sampieri, Fernández Collado & Baptista Lucio, 2014).

El levantamiento de información en campo fortaleció el estudio, ya que permitió recopilar datos verídicos sobre la amenaza y el comportamiento hidrológico. En el territorio se identificaron rastros tangibles mediante los cuales se visualizó la intensidad de los acontecimientos ocurridos en los barrios Ñucanchi Wasi, 12 de Noviembre y 24 de Mayo de la ciudad de El Coca.

3.2 Enfoque de la investigación

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo ya que se centró en la recolección, procesamiento y análisis de datos numéricos derivados de archivos geoespaciales, registros hidrológicos, modelos digitales de elevación (MDE) y series históricas de precipitación obtenidas de la plataforma NASA POWER.

Este método facilitó la comprensión del riesgo desde la perspectiva estadística, permitió la identificación de períodos de retorno (TR), la definición de distribuciones teóricas, la creación de curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF), la utilización de técnicas estadísticas (detección de valores atípicos, test de Kolmogorov-Smirnov) y la realización de modelación hidrológica utilizando el software HEC-HMS,

que proporciona simulaciones de caudal y escenarios de inundación.

Aunque el análisis también incluyó observaciones directas y el estudio de documentos (aspectos cualitativos), la medición y análisis de las variables clave (exposición e inundación) se llevó a cabo a través de métodos cuantitativos por lo que el enfoque es mayoritariamente cuantitativo.

3.3 Métodos de Investigación

3.3.1 *Método Analítico*

El método analítico permitió que la investigación se centrara en la problemática de las inundaciones que afectan a los barrios Ñucanchi Wasi, 12 de Noviembre y 24 de Mayo de la ciudad de El Coca. Fue indispensable para la verificación, análisis e interpretación de los datos obtenidos de diferentes softwares (ArcGIS, HEC-HMS, Excel) y plataformas de monitoreo (NASA POWER, Surface Water Tracker), encargadas del seguimiento de los elementos geomorfológicos y factores desencadenantes de las inundaciones.

Según Pietrzyk & Frank (1979), el método analítico es un procedimiento sistemático orientado a identificar y cuantificar los componentes dentro de una muestra estadística.

3.3.2 *Método Descriptivo*

El método descriptivo permitió describir y caracterizar la amenaza de inundaciones. Esto fue crucial para identificar factores que influyen en la materialización del escenario mediante el uso de fuentes narrativas, citas textuales y patrones de recurrencia de eventos.

Según Wilson & Deckert (2023), la investigación descriptiva proporciona información basada en la observación y describe las variables tal como son, mediante encuestas, cuestionarios, rúbricas, entrevistas o clasificaciones.

3.3.3 *Método Documental*

El método documental permitió indagar en acontecimientos históricos, bases legales e informes técnicos publicados en la web por entidades encargadas del seguimiento de las diferentes amenazas y los factores atmosféricos del entorno social. Además, se revisaron normativas como la Constitución de la República del Ecuador, el Código Orgánico de Organización Territorial (COOTAD) y la Ley Orgánica para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres (LOGIRD), así como estudios previos y documentos técnicos del GAD Municipal de Orellana y la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGRE).

3.4 Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos

3.4.1 *Técnicas e instrumentos de recopilación de datos para el primer objetivo*

Para el cumplimiento del primer objetivo, se realizó la revisión de estudios previos, informes técnicos y literatura científica relacionada con inundaciones y modelación hidrológica.

Se recolectó información relacionada con la delimitación de la cuenca hidrográfica y la red de drenaje, utilizando el software ArcGIS (ArcMap), apoyado en Modelos Digitales de Elevación (MDE), lo que permitió identificar las características físicas del territorio y su comportamiento hidráulico.

Posteriormente se recopilaron datos hidrometereológicos, con los cuales se obtuvieron series históricas de precipitación desde la plataforma POWER VIEW DATA ACCES de la NASA, este instrumento permitió contar con información climática confiable para el análisis de eventos extremos.

Finalmente, se aplicó la técnica de modelación hidrológica, utilizando como instrumento el software HEC-HMS, el cual permitió simular escenarios de escorrentía y caudales máximos,

constituyéndose en una fuente indirecta de generación de datos para el análisis del desbordamiento.

3.4.2 Técnicas e instrumentos de recopilación de datos para el segundo objetivo.

Se revisaron registros oficiales, cartografía base y bases de datos territoriales, que sirvieron como instrumentos para identificar la distribución de la población y los elementos expuestos, con ello, en Excel, se organizaron, clasificaron y cuantificaron los datos relacionados con viviendas, población, red vial e infraestructura.

También, se generaron mapas temáticos de exposición de los barrios de la ciudad de El Coca, mediante el software ArcGIS, constituyéndose en instrumento clave para la interpretación espacial de los resultados, permitiendo priorizar intervenciones en las zonas donde la concentración de elementos expuestos sugiere un mayor riesgo para la resiliencia urbana.

3.4.3 Técnicas e instrumentos de recopilación de datos para el tercer objetivo.

Para el cumplimiento del tercer objetivo, se emplearon instrumentos como documentos técnicos, mapas generados en la investigación y matrices de análisis, los cuales permitieron estructurar y sustentar las propuestas de medidas estructurales y no estructurales para la reducción del riesgo de inundaciones. De la misma forma se procedió a recopilar información de normas vigentes como del COOTAD, del plan de ordenamiento territorial, planes de gestión de riesgos estudios técnicos similares que fueron un recurso base importante para la formulación de propuestas.

Además, se realizaron visitas presenciales, mediante las cuales se evaluaron las condiciones del territorio, identificando problemáticas como ocupación de zonas inundables, cercanía al cauce y falta de medidas de control.

3.5 Técnicas de análisis y procesamiento de la Información

3.5.1 Técnica de análisis para el primer objetivo: Analizar los factores que inciden en el desbordamiento del río Payamino.

Para el cumplimiento de este objetivo, se emplearon técnicas de análisis hidrológico, estadístico y geoespacial, que permitieron comprender el comportamiento del río y su dinámica de desbordamiento.

En primer lugar, se llevó a cabo un análisis geoespacial utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG), aplicando herramientas como ArcGIS para procesar Modelos Digitales de Elevación (MDE), delimitar la cuenca fluvial y establecer la red de drenaje. Este análisis facilitó la creación de mapas temáticos, la identificación del orden de escorrentía y el estudio de la distribución de los afluentes.

Además, se realizó un análisis morfométrico de la cuenca, calculando parámetros como área, perímetro, pendiente, densidad de drenaje y factor de forma, usando hojas de cálculo y herramientas SIG. Estos parámetros ayudaron a evaluar la respuesta hidrológica ante eventos de lluvia.

Igualmente, se ejecutó un análisis estadístico de datos hidrometeorológicos, procesando series históricas de precipitación obtenidas de plataformas como POWER NASA. Se aplicó la técnica de detección de valores atípicos para limpiar la información y asegurar su validez. Luego, se utilizó la modelación probabilística, mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, para identificar la distribución de probabilidad que más se ajusta a los datos, lo que permitió estimar precipitaciones máximas y caudales de diseño.

Finalmente, se implementó la modelación hidrológica, utilizando el software HEC-HMS, con el cual se simulaban escenarios de desbordamiento del río Payamino, generando caudales

pico, hietogramas y escenarios en condiciones máximas, lo que permitió comprender el comportamiento del sistema fluvial ante eventos extremos.

3.5.2 Técnicas de análisis para el segundo objetivo: Caracterizar la exposición ante la amenaza de inundaciones

Para el análisis de la exposición, se emplearon técnicas de procesamiento geoespacial y análisis cuantitativo, que permitieron identificar los elementos expuestos dentro del área de estudio.

Se llevó a cabo un análisis espacial utilizando Sistemas de Información Geográfica, lo que permitió combinar diferentes capas de datos como áreas propensas a inundaciones, localización de casas, infraestructura y población. Este proceso ayudó a localizar zonas críticas y a medir los elementos en riesgo.

Para asegurar que los resultados fueran fiables, se realizó un estudio sobre la incertidumbre de las variables que se utilizaron en el modelo hidrológico calculado con HEC-HMS. La incertidumbre relacionada con las lluvias se evaluó mediante el intervalo de confianza del 95% de los valores máximos diarios registrados desde 1981 hasta 2025, lo cual ayudó a definir un rango de variación de $\pm 15\%$ en la lluvia de diseño para cada periodo de retorno. Además, la curva de números utilizada para convertir lluvia en escorrentía fue calibrada con valores estándar del SCS para suelos tipo B y C, que son predominantes en la cuenca, bajo la suposición de una condición de humedad antecedente AMC-II; se realizó un análisis de sensibilidad modificando la CN en ± 5 unidades, lo que generó una variación máxima en el caudal pico de $\pm 8.2\%$, lo cual es aceptable para la planificación territorial.

Adicionalmente, se aplicó la técnica de análisis de indicadores de exposición, al calcular variables como el porcentaje de población en riesgo, la distancia al río, áreas afectadas, número

de casas y la red vial comprometida.

También se llevó a cabo un procesamiento cartográfico, creando mapas temáticos en el software ArcGIS, que muestran los niveles de exposición (alto, medio y bajo), lo que facilitó una interpretación visual de los resultados.

Para garantizar la confiabilidad de los resultados, se realizó un análisis de incertidumbre de las variables de entrada del modelo hidrológico HEC-HMS. La incertidumbre asociada a las precipitaciones se estimó mediante el intervalo de confianza al 95% de los valores máximos diarios obtenidos de 44 años, lo que permitió establecer un rango de variación de $\pm 15\%$ en la precipitación de diseño para cada periodo de retorno. Asimismo, la implementación del número de curva utilizado para la transformación lluvia - escorrentía fue calibrada mediante valores estándar del SCS para suelos tipo B y C suelos dominantes en la mayor parte de la cuenca, así como una condición de humedad antecedente AMC-II, se realizó un análisis de sensibilidad variando la CN en ± 5 unidades, lo que produjo una variación máxima en el caudal pico de $\pm 8.2\%$, dentro de los márgenes aceptables para estudios de planificación territorial.

3.5.3 Técnicas de análisis para el tercer objetivo: Proponer medidas de mitigación y adaptación

La delimitación de las áreas de inundación se realizó mediante la integración del caudal pico estimado por HEC-HMS $2.320 \text{ m}^3/\text{s}$ en condiciones máximas, con el mdt de resolución espacial de 12.5 m obtenido del portal ALOS PALSAR. Se aplicó un modelo hidráulico bidimensional en IBER, considerando que el agua se extiende lateralmente hasta alcanzar una altura equivalente al nivel de lámina de agua estimada a partir de la ecuación de Manning. Esta metodología, aunque simplificada ha sido utilizada en estudios previos de la Amazonía ecuatoriana (Andres et al., 2025) para identificar áreas de riesgo a escala urbana.

CAPÍTULO IV.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultado del objetivo 1: Analizar el desbordamiento del río Payamino.

El presente objetivo está enfocado en la recolección exhaustiva de información del riesgo de inundaciones. Mismo que, está orientado en caracterizar el desbordamiento del río Payamino, mediante procesos técnicos y científicos, encargados de analizar la cuenca hidrográfica desde distintos enfoques, permitiendo desarrollar el diseño metodológico de la investigación a través de un orden cronológico. Por ende, es importante mencionar que mediante este proceso se obtuvo resultados significativos que solventa inconsistencias de la presente temática.

A continuación, se presentan los resultados alcanzados en el primero objetivo, el cual parte desde la delimitación de la cuenca, calificación del orden de escorrentía, cálculo de las propiedades morfométricas, cálculo de la curva hipsométrica, determinación del factor de erosión, análisis de las precipitaciones, parámetros estadísticos, curvas intensidad-duración frecuencia y finalmente los hietogramas de precipitación.

4.1.1 Delimitación y calificación del orden de escorrentía

La delimitación de la cuenca hidrográfica se realizó mediante la identificación de los desniveles topográficos y criterios de hidrografía aplicada. Por ende, se ha considerado los afluentes más indispensables que alimentan vertederos continuamente, estos caudales maximizan el grado de contención debido a la exuberante escorrentía producto de las intensas precipitaciones que se evidencian en tiempos cortos de periodos de concentración.

Para determinar el orden de escorrentía se trabajó mediante el método de Strahler, el cual califica los cursos de agua mediante un orden jerárquico. Al combinar operaciones logarítmicas de pendiente y el punto de desfogue nos brinda una red hídrica detallada de los ríos, el cual, es

necesario para analizar puntos de recolección y concentración. De este modo, al aplicar la operación logarítmica de base 10, se ha obtenido 4 niveles del orden de drenaje de los cuales en el primer orden se obtuvo una longitud de 244,70 km, segundo orden 133,52 km, tercer orden, 85,48 km y por último el cuarto orden dispuso de una longitud de 34,50 km, dando un total de 498,20 km de red hídrica repartida por toda la cuenca.

A continuación, se presenta el orden de drenaje con su respectiva longitud de caudal.

Tabla 3.

Longitud del orden de drenaje

Nro. de drenaje	Longitud del caudal
1	244,70
2	133,52
3	85,48
4	34,50

Nota: La tabla refleja el cálculo estadístico del orden de los caudales mediante el software Arc Map, por Gómez & Guevara, (2026).

4.1.2 Distribución espacial de afluentes hídricos de El Coca

El mapa de distribución espacial de afluentes hídricos de El Coca permite analizar la organización y comportamiento de la red de drenaje dentro de la cuenca, evidenciando una clara relación entre el relieve y la jerarquización de los cauces.

Se observa un sistema de drenaje de patrón general, el cual es característico de terrenos con litología uniforme y sin estructuras geológicas prominentes. Lo que le caracteriza a este tipo de sistemas de drenaje es su ramificación densa drenada por varios ríos tributarios lo que aumenta la influencia de las inundaciones en la cuenca baja.

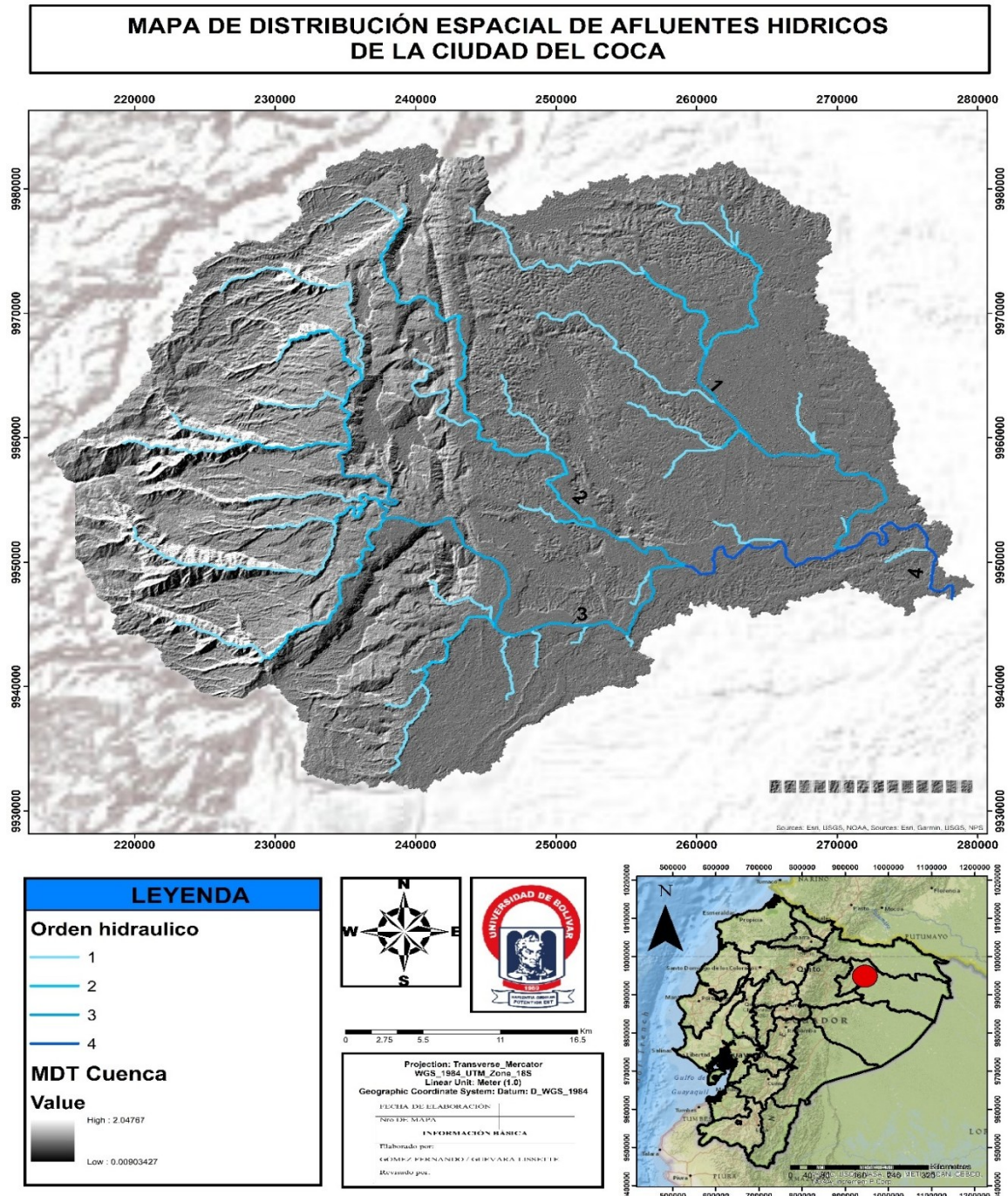
En el modelo digital del terreno, en la región occidental del área de estudio, se encuentran zonas con pendientes más pronunciadas, donde predominan los drenajes de primer orden. Estos son pequeños cursos de agua que se originan en zonas altas y tienen una densidad elevada, lo cual señala una escorrentía superficial fuerte y un flujo continuo hacia las partes más bajas de la cuenca.

Conforme estos afluentes se unen, se crean drenajes de segundo y tercer orden, que tienen una longitud y continuidad más grandes. Estos se reparten sobre todo en la región central, donde la inclinación es más suave, lo que facilita el establecimiento de una red de agua más estructurada que orienta el flujo del líquido.

Por último, el drenaje de cuarto orden, que es el canal principal de la cuenca, se encuentra ubicado en la zona oriental. Este agrupa el aporte de todos los afluentes de menor tamaño, canalizando el flujo del agua en una única dirección. Al estar ubicadas en zonas de menor pendiente hace que se acumule los caudales, lo que aumenta el riesgo de desbordamientos en esta región.

Mapa 2.

Orden cronológico de los afluentes de la cuenca hídrica El Coca



Nota: El mapa representa el orden de los caudales distribuidos en la cuenca, Gómez & Guevara, (2026).

4.1.3 *Propiedades morfométricas*

El estudio de las propiedades morfométricas de la cuenca muestra que es un sistema muy grande, con una superficie extensa y un perímetro amplio, lo cual tiene un impacto directo en su dinámica hidrológica. Su forma alargada, que se manifiesta en un pequeño factor de forma, indica que las contribuciones de agua no se acumulan a la vez en el cauce principal. Esto podría reducir, en condiciones normales, la intensidad de las crecidas del caudal.

Sin embargo, la cuenca tiene un relieve muy accidentado, con una considerable diferencia entre las cotas más alta y más baja, además de una elevada altitud media. La escorrentía superficial rápida, así como una pendiente media pronunciada, contribuyen a disminuir la infiltración y a propiciar que el agua se desplace rápidamente hacia los cauces principales.

En relación con la red de agua, el orden 4 indica un desarrollo moderado con una organización adecuada. Por otra parte, la longitud total de la red muestra una amplia área de drenaje. Sin embargo, la escasa densidad de drenaje sugiere que el agua podría infiltrarse en algunas zonas o que red no es muy compacta.

Un aspecto importante es el breve tiempo de atención, lo que indica una respuesta rápida del agua ante las precipitaciones. Esto, junto con la pronunciada pendiente del cauce principal, propicia que se generen caudales altos en cortos períodos de tiempo, lo que incrementa el peligro de crecidas repentinas.

La cuenca es propensa a desbordamientos durante lluvias intensas, ya que las condiciones de pendiente, relieve y respuesta rápida son las más comunes. A pesar de que la forma de la cuenca podría mitigar en parte los picos de caudal. Estos hallazgos son esenciales para la planificación, administración del riesgo y elaboración de estructuras hidráulicas.

Tabla 4.*Propiedades morfométricas de la cuenca hídrica El Coca*

PROPIEDADES MORFOMETRICAS CUENCA		
PROPIEDAD	UNIDAD	VALOR
DE SUPERFICIE		
Área	Km ²	2.141,70
Perímetro	Km	349,31
Cotas		
Cota Máxima	m.s.n.m.	2.364,00
Cota mínima	m.s.n.m.	2.550,00
Centroide Wgs84-UTM-18S		
X centroide	m	245.256,20
Y centroide	m	9.958.638,72
Z centroide	m.s.n.m.	627,28
Altitud		
Altitud media	m.s.n.m.	627,28
Altitud más frecuente	m.s.n.m.	290,00
Altitud de frecuencia media	m.s.n.m.	408,00
Pendiente		
Pendiente promedio de la cuenca	%	22,58
DE LA RED HIDRICA		
Longitud del curso principal	Km	34,42
Orden de la red hídrica	UND	4,00
Longitud de la red hídrica	Km	498,70
PARAMETROS GENERADOS		
Factor de forma		0,018
Densidad de drenaje	Km/km ²	0,233
Tiempo de concentración	Horas	1,34
Pendiente del cauce principal	m/km	61,27

Nota: La tabla indica el cálculo morfométrico realizado en el software Arc Map. Distribución altitudinal, *por* Gómez & Guevara, (2026).

La cuenca presenta una gran cantidad de su superficie en zonas de poca altura, lo que se refleja en la distribución de las altitudes. Se señala que más de la mitad de la superficie total está en el primer rango (255-430 msnm). Además, al analizar las altitudes más bajas se revela

que aproximadamente el 75% de la cuenca se sitúa por debajo de los 782 msnm. Esto confirma un predominio de áreas bajas y con un relieve relativamente plano en gran parte del territorio.

Conforme la altitud se eleva, la superficie va disminuyendo poco a poco, presentando una distribución decreciente en los rangos intermedios y una presencia mínima en las áreas más altas. Las zonas situadas por encima de los 1800 msnm constituyen una proporción mínima, lo que señala que las áreas elevadas de la cuenca tienen un tamaño reducido.

Esta configuración es importante, las áreas bajas tienen la tendencia de acumular el flujo de agua que viene de toda la cuenca, lo cual aumenta la posibilidad de acumulación y desbordamientos. Aunque las áreas elevadas son limitadas, pueden ofrecer un drenaje rápido debido a sus inclinaciones, lo que favorece el incremento del flujo en las zonas inferiores.

La cuenca presenta una gran cantidad de regiones de poca altura, lo que favorece que favorece la acumulación de agua y aumenta la posibilidad de inundaciones. Este estudio es crucial para identificar lugares clave y orientar la planificación del uso del suelo y la administración del riesgo de agua.

Tabla 5.

Datos hipsométricos de la cuenca

Nº	COTAS (msnm)			AREA			
	Mínima	Máxima	Promedio	F.A. (Km2)	F.A. Acum. (Km2)	F.R. (%)	F.R. Acum (%)
1	255	430	342.500	1159.028281	2155	53.77	100.0
2	431	606	518.500	313.58375	996	14.55	46.2
3	607	782	694.500	151.7309375	683	7.04	31.7
4	783	958	870.500	106.3667188	531	4.93	24.6
5	959	1134	1046.500	81.34390625	425	3.77	19.7
6	1135	1310	1222.500	80.4209375	343	3.73	15.9

7	1311	1485	1398.000	83.97515625	263	3.9	12.2
8	1486	1661	1573.500	83.47109375	179	3.87	8.3
9	1662	1837	1749.500	54.1571875	95	2.51	4.4
10	1838	2013	1925.500	29.95015625	41	1.39	1.9
11	2014	2189	2101.500	10.3465625	11	0.48	0.5
12	2190	2365	2277.500	1.02765625	1	0.048	0.0
TOTAL				2155.402			

Nota: La tabla indica la distribución altitudinal de la cuenca, *por* Gómez & Guevara, (2026).

4.1.4 Curva hipsométrica

La curva hipsométrica es una herramienta esencial para examinar la relación que existe entre la altitud y la distribución del área de la cuenca, lo cual ayuda a interpretar el grado de evolución geomorfológica y el comportamiento hidrológico.

En el grafico se observa una tendencia a la baja acentuada, en la que las altitudes más altas representan un porcentaje menor del área, y conforme la altitud va disminuyendo, se incrementa el espacio representado. Esto corrobora que la mayor parte de la cuenca está situada en regiones de baja a media altitud, lo que es congruente con el análisis de distribución altitudinal efectuado anteriormente.

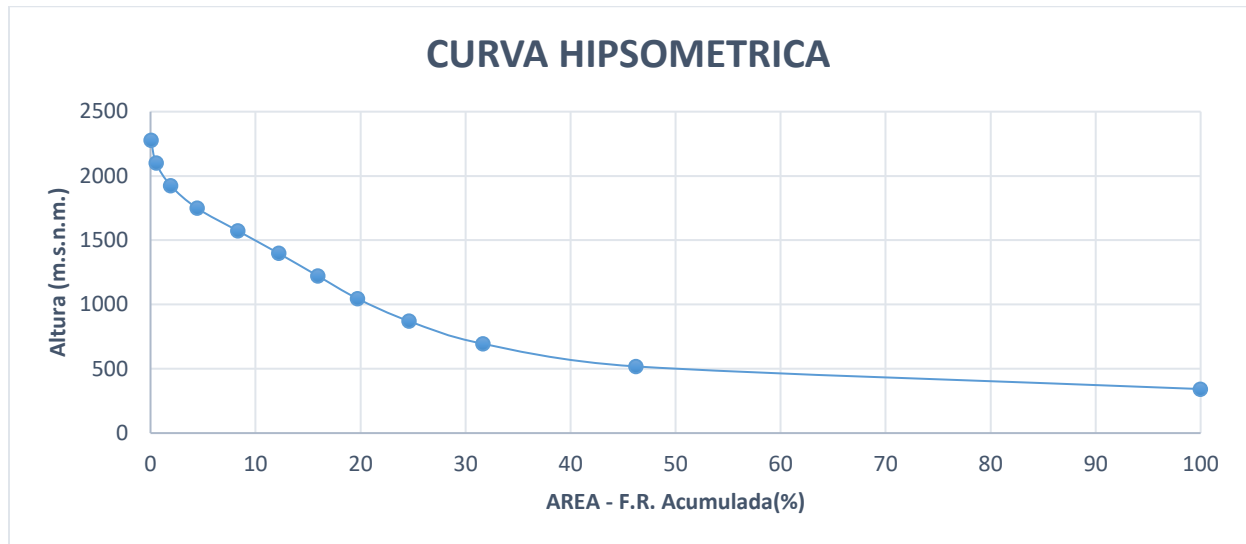
La cuenca se encuentra en una etapa de madurez geomorfológica, según la forma de la curva; no se ve una curva totalmente convexa (típica de cuencas jóvenes) ni cóncava (propia de cuencas viejas o erosionadas), sino un estado intermedio. Esto favorece a que exista procesos de sedimentación en la parte baja de la cuenca y erosión en la cuenca media alta.

Esta distribución modifica a las áreas de aportación resultando ser más amplias en las zonas bajas, lo cual propicia que la esorrentía se acumule y los caudales aumenten en las partes inferiores. En cambio, en las zonas de la cuenca media alta a pesar de ser menos amplias, son

capaces de crear escorrentía rápida debido a sus pendientes pronunciadas, lo que genera un aumento del flujo hacia las áreas más bajas.

Gráfico 1.

Curva hipsométrica de la cuenca



Nota: La gráfica refleja la curva hipsométrica de la cuenca, por Gómez & Guevara, (2026).

4.1.5 Factor de Erosión LS

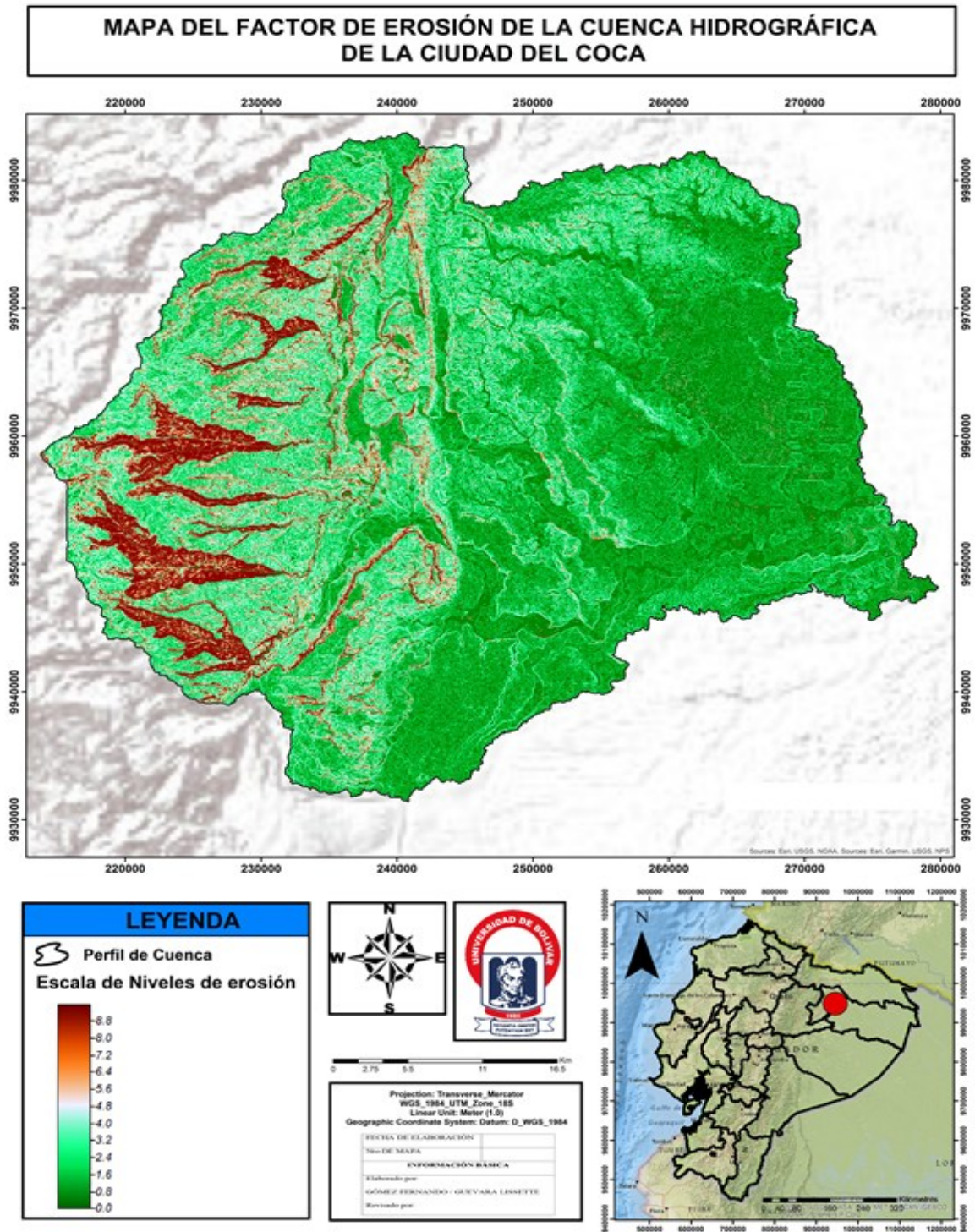
El proceso de erosión es uno de los más caóticos y desestabilizadores en campo geomorfológico. Los suelos, al estar expuesto a condiciones hídricas derrochan varias las capas sedimentarias que se han formado durante largos periodos de tiempo. Este arrastre de tierra produce un impacto significativo en la parte alta de la cuenca hídrica, de forma que al retira el soporte natural, la vegetación pierde su equilibrio natural colapsando sobre la red fluvial y son arrastrados hasta la zona de acumulación donde se producen la obstrucción de río impidiendo que el agua persiga su tramo natural, infiltrándose así en las zonas pobladas.

El cálculo del factor de erosión (LS) mediante el método de USLE, cuantifica los niveles de erosión que presenta la cuenca en las partes altas considerando la longitud y pendiente. Sin

embargo, al analizar el **Mapa 3**, se ha identificado que la pérdida de suelo es evidente en el flanco oeste de la cuenca debido a la notable presencia de cuerpos montañosos, es decir, esta cuenca recibe los afluentes que nacen desde las cumbres de la sierra ecuatoriana. Por otra parte, el material arrastrado es depositado en las llanuras amazónicas y la erosión con mayor índice de incidencia es la zona alta que alcanza un rango de 8,0 toneladas por hectárea al año ($t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$), en cambio la zona media ronda valores de entre 5,6 y 4,8 toneladas por hectárea al año de material erosionado y finalmente la zona baja es la receptora de todos los materiales arrastrados por acción del corriente fluvial.

Mapa 3.

Mapa de erosión de la cuenca hídrica El Coca



Nota: En el mapa se visualiza los niveles de erosión correspondiente a la escorrentía fluvial y la pérdida de terreno en zonas de alta pendiente, Gómez & Guevara, (2026).

4.1.6 Distribución de precipitaciones

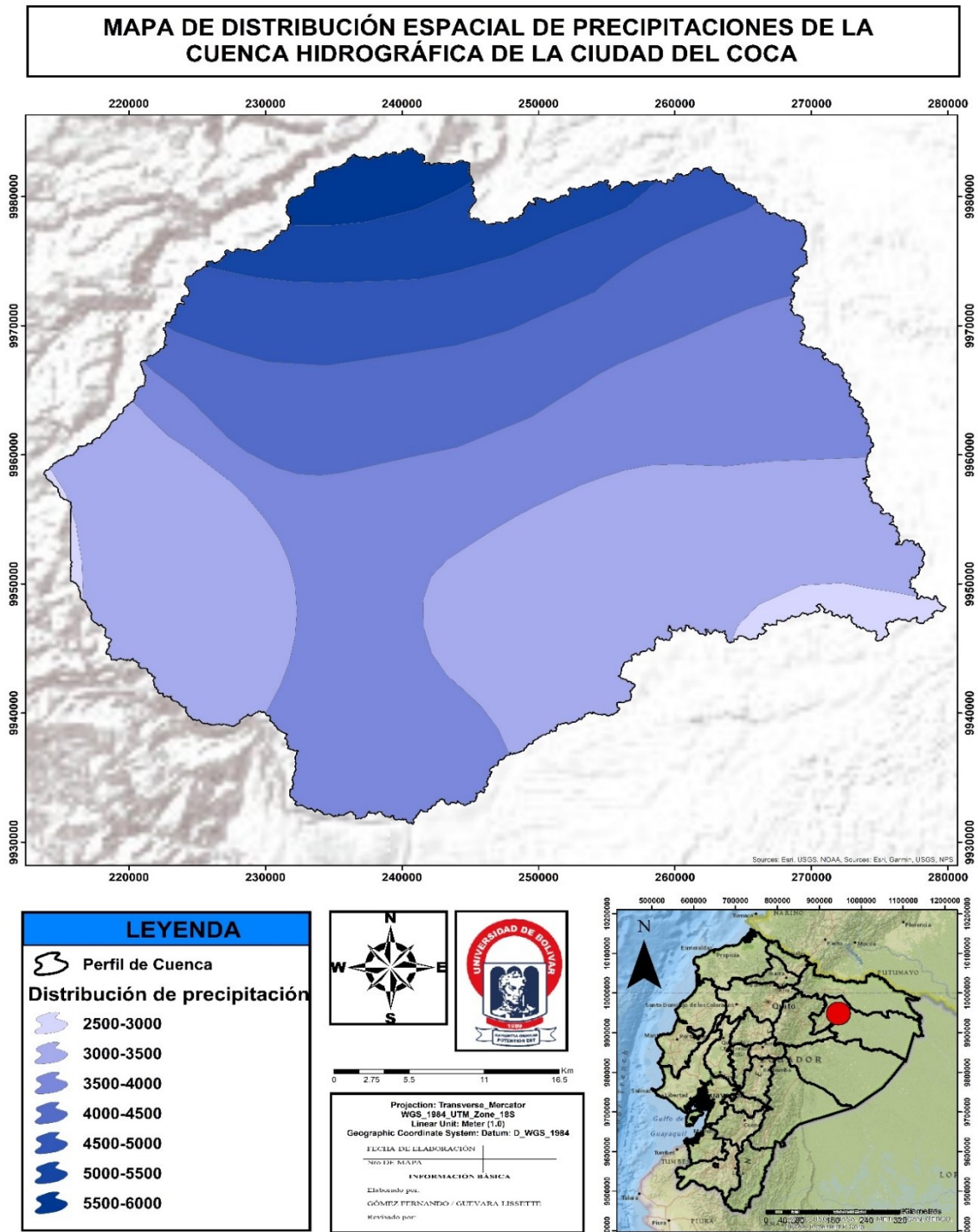
La cuantificación estadística de datos climáticos en el análisis de las inundaciones es ineludible. Sin embargo, al ser datos con características discontinuas en el espacio y el tiempo resultan desfavorables realizar el análisis secuencial.

En el contexto del riesgo por desbordamiento del caudal, las precipitaciones cumplen el rol fundamental de los factores detonantes, la incesante lluvia provoca el incremento del agua que escurre por los canales hídricos (ríos, arroyos, canales y lagos). Con base en el mapa de distribución se ha identificado que los mayores niveles de lluvia se han presentado en la parte norte de la cuenca. El análisis de las precipitaciones realizado mediante los Sistemas de Información Geográfica, contribuye al conocimiento técnico razón por la cual la representación espacial de las precipitaciones permite determinar el periodo de recurrencia hídrica durante un determinado periodo.

Es importante destacar la disponibilidad y cantidad de datos obtenidos mediante estaciones pluviométricas e hidrometeorológicas. Por tal motivo, la presente investigación dispone de datos de las condiciones máximas analizadas en horas, días, meses y final mente el año y validadas mediante la metodología de Outlier, por ende, el **Mapa 4**, describe la partición geoespacial de las precipitaciones las mismas que en condiciones máximas alcanzan los 5.500 hasta los 6.000 mm³, en las condiciones medias minimiza hasta los 4.000 y 45.000 mm³ y finalmente los 2.500 hasta los 3.000 mm³ en zonas con baja presencia de lluvia.

Mapa 4.

Distribución geoespacial de precipitaciones



Nota: En el mapa se visualiza la partición geoespacial de la precipitación de la cuenca hidrográfica, Gómez & Guevara, (2026).

4.1.7 *Análisis de precipitaciones por medio de la metodología Outlier*

Para la obtención, validación y análisis de estadísticos se realizó una exploración minuciosa de datos en el geo portal web de la (Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio) NASA. Mismo que, dio apertura a la descarga de información correspondiente a la información de 45 años la cual enmarca desde el 1 de enero de 1981 hasta el 31 de diciembre del 2025. A continuación, se enmarca la tabla resumen de los datos ordenados y corregidos mediante la metodología Outlier.

Tabla 6.

Integración y estandarización de series históricas de precipitaciones para el análisis hidrológico "NASA 1982 - 2025"

Datos obtenidos y organizados del geo portal NASA desde 1981 hasta 2025			
Nro. Datos	Año	Pmax24	Log(P24hr)
1	1981	7,5	0,87
2	1982	6,5	0,81
3	1983	6,4	0,80
4	1984	5,5	0,74
5	1985	4,8	0,68
6	1986	5,7	0,76
7	1987	6,5	0,82
8	1988	7,3	0,87
9	1989	5,8	0,76
10	1990	6,4	0,80
11	1991	7,0	0,85
12	1992	6,4	0,81
13	1993	7,3	0,86
14	1994	8,3	0,92
15	1995	7,0	0,85
16	1996	6,3	0,80
17	1997	7,3	0,86
18	1998	8,3	0,92
19	1999	8,7	0,94
20	2000	8,4	0,93
21	2001	7,7	0,89
22	2002	9,0	0,96

23	2003	9,9	0,99
24	2004	10,6	1,02
25	2005	7,3	0,86
26	2006	9,4	0,97
27	2007	11,2	1,05
28	2008	11,6	1,07
29	2009	10,6	1,03
30	2010	8,5	0,93
31	2011	13,6	1,13
32	2012	12,1	1,08
33	2013	10,7	1,03
34	2014	8,3	0,92
35	2015	9,9	0,99
36	2016	9,75	0,99
37	2017	9,07	0,96
38	2018	8,58	0,93
39	2019	9,12	0,96
40	2020	8,17	0,91
41	2021	9,06	0,96
42	2022	12,94	1,11
43	2023	10,95	1,04
44	2024	10,26	1,01
45	2025	14,61	1,16

Nota: En la tabla se indica la validación de datos estadísticos que comprende desde el 1 de enero de 1981 hasta el 31 de diciembre del 2025, *por* Gómez & Guevara, (2026).

Minimizar la existencia de valores atípicos aumenta la confiabilidad de datos e impulsa el interés de presenciar escenarios cercanos a la realidad. El método Outlier dispone de múltiples facetas como la limpieza de valores fraudulentos, detección de errores y la depuración de estos, especialmente cuando se trabaja con datos de levantamiento satelital y sensores que cumplieron el periodo de vida útil.

Por otra parte, el enfoque de los parámetros estadísticos analiza la información y cualifica los patrones de alteración minimizando errores en la simulación hidráulica. A continuación, se describe los componentes de la **Tabla 7:**

- ❖ **Número de datos (N):** Representa la disponibilidad y la cantidad de datos analizados en un rango de 45 años entre P24hr y Log P24hr.

- ❖ **Sumatoria:** Son los acumulados finales de P max 24 y Log P24hr, dichos datos están presentes en la **Tabla 7**. Por tal razón, el total en P24hr es de 390,39 y Log(24hr) es de 41,609.
- ❖ **Valor máximo:** En este campo se considera el valor más elevado que fue registrado y marque diferencia de entre todos los años, por ende, P24hr es de 14,61 y Log(24hr) es de 1,165.
- ❖ **Valor mínimo:** A diferencia del V máx., aquí se enmarca en dato minoritario, por ende, P24hr es de 4,81 y Log(24hr) es de 0,682.
- ❖ **Media:** Busca el valor intermedio de entre todos los datos Máx. y Min, por ende, P24hr es de 8,68 y Log(24hr) es de 0,925.
- ❖ **Varianza:** Analiza aspectos claves como la dispersión, variabilidad de grupos, subgrupos y la significancia estadística con relación a la media, por ende, P24hr es de 4,95 y Log(24hr) es de 0,012. Sin embargo, es impórtate destacar su origen mediante la representación de **Grafico**
- ❖ **Desviación estándar:** Analiza la distancia de cada dato con relación a la media y la línea de tendencia central, a través de la raíz cuadrada de la varianza, por ende, P24hr es de 2,22 y Log(24hr) es de 0,110.
- ❖ **Coefficiente de variación:** Es una media normalizada encargada de validar los valores de veracidad y confiabilidad. Es decir, cuando un dato presenta bajos niveles de variación estadísticamente tiene alta confiabilidad, por ende, P24hr es de 0,26 y Log(24hr) es de 0,116.

- ❖ **Coefficiente de sesgo:** Considerado como el coeficiente de simetría para la partición de datos equitativos en base a la línea de tendencia y sustentada mediante la prueba distribución teórica, por ende, P24hr es de 0,64 y Log(24hr) es de 0,0516.

Tabla 7.

Obtención de parámetros estadísticos comprendidos entre 1981 - 2025

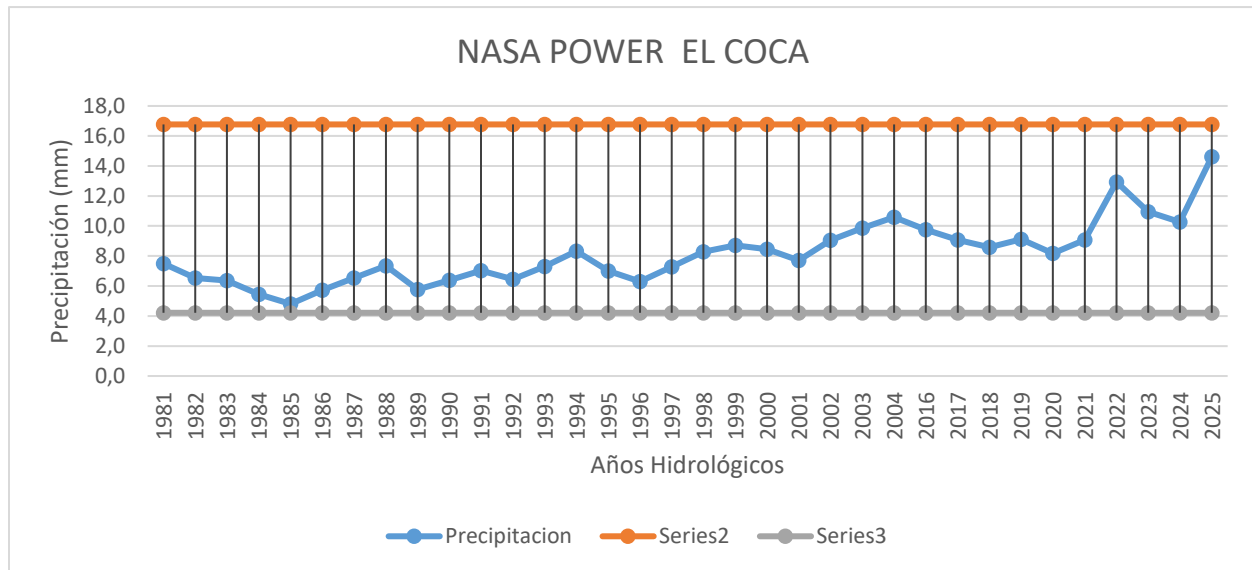
PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	45,00	45,000
Sumatoria	390,39	41,609
Valor Máximo	14,61	1,165
Valor Mínimo	4,81	0,682
Media:	8,68	0,925
Varianza:	4,95	0,012
Desviación Estándar:	2,22	0,110
Coeficiente Variación:	0,26	0,119
Coeficiente de Sesgo:	0,64	0,0516
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos	

Nota: La tabla permite visualizar el cálculo de los parámetros estadísticos provenientes del análisis de precipitaciones, *por* Gómez & Guevara, (2026).

El **Gráfico 2** conocido como diagrama de Outlier representa el conjunto de datos estandarizados, que sirve para verificar la presencia de datos erróneos, similares a los métodos de validación de datos dudosos. Mediante esta gráfica se ha identificado los años con alta fluctuación de precipitaciones y viceversa, destacando de esta manera que existe alta incidencia en los años 2003, 2004, 2005, 2022, 2023, 2024 y 2025. No obstante, los años restantes presentan moderados periodos de escasez y en casos como 1984, 1985, 1986, 1989 y 1996 la inevitable escasez hídrica.

Gráfico 2.

Representación gráfica de valores atípicos mediante método Outlier



Nota: La gráfica representa la precipitación de El Coca, descargado de Power Nasa, por Gómez & Guevara, (2026).

4.1.8 Prueba de Smirnov-Kolmogorov

La prueba de Smirnov-Kolmogorov permite determinar el nivel de ajuste de varias distribuciones de probabilidad para encontrar el modelo que mejor representa la conducta de los caudales.

Los resultados muestran que la mayor parte de las distribuciones son aceptadas para niveles de significancia del 1%, 5% y 10%. Entre ellas, las distribuciones GEV, especialmente el GEV-Min y el GEV con L-Moments, son las que mejor se ajustan con valores que se acercan al 100%, lo que los convierte en el punto de partida para modelar eventos extremos, ya que estas distribuciones replican con mayor exactitud el comportamiento que se ha observado de los caudales.

De manera similar, distribuciones como Pearson III, Gamma, Log Pearson III y LogNormal también muestran un ajuste adecuado, con valores de aceptación superiores al 99%,

lo que indica que tienen buen desempeño y se consideran confiables. En contraste, modelos como EV2-Max, Exponencial y especialmente Pareto presentan menor ajuste, siendo esta última no recomendable.

En conjunto, estos resultados permiten seleccionar modelos probabilísticos adecuados para estimar caudales máximos y periodos de retorno, siendo las distribuciones GEV las más recomendadas para estudios de desbordamiento.

Tabla 8.

Prueba de Kolmogórov - Smirnov

PRUEBA SMIRNOV-KOLGOMOROV					
Kolmogorov-Smirnov test for: All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	100,00%	0,04392
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99,97%	0,05091
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99,96%	0,05162
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99,95%	0,05207
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99,90%	0,05431
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99,89%	0,05457
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99,89%	0,05459
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99,77%	0,05732
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99,75%	0,05763
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99,01%	0,06422
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	96,96%	0,07165
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	95,91%	0,07414
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	95,82%	0,07431

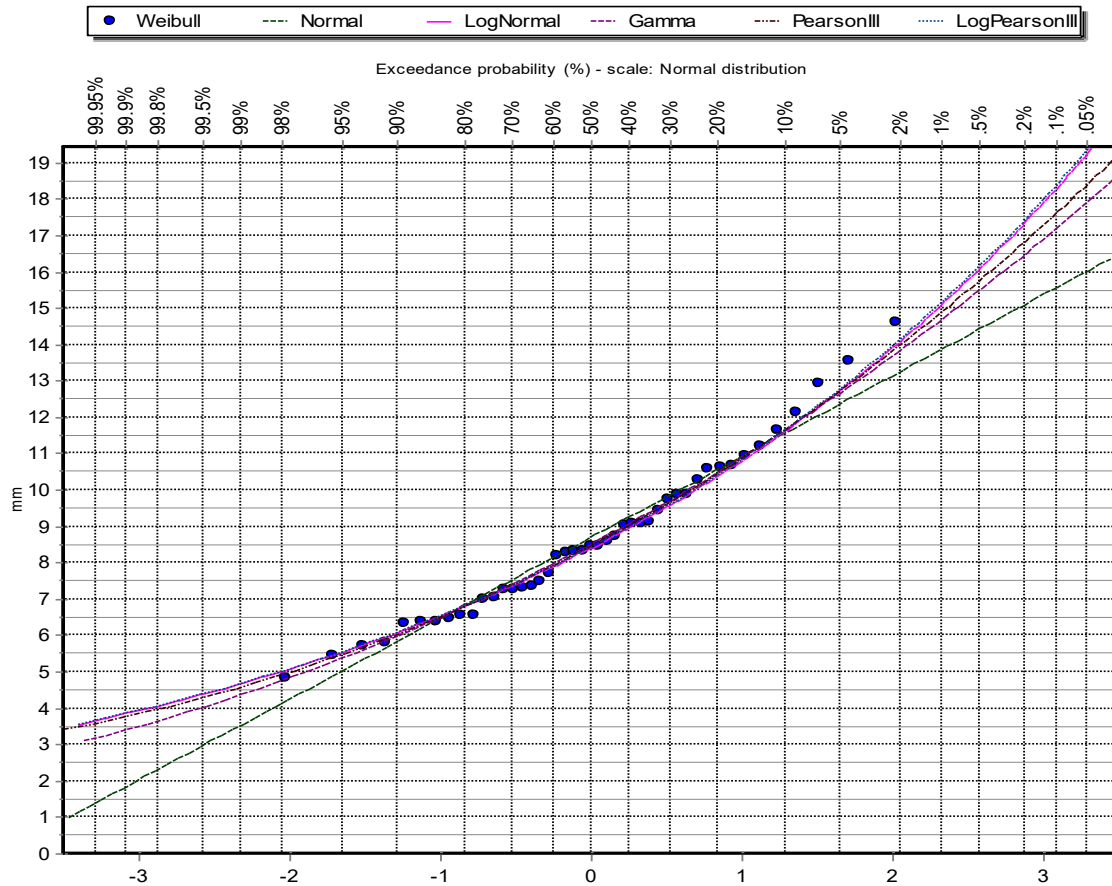
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	84,57%	0,08999
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	84,52%	0,09004
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	69,42%	0,10438
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	67,78%	0,10584
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	67,18%	0,10637
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	54,69%	0,11752
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	43,74%	0,128
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	35,54%	0,13683
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	34,85%	0,13763
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	33,59%	0,13911
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	31,62%	0,14151
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	17,50%	0,163
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	10,47%	0,17954
Pareto	ACCEPT	REJECT	REJECT	3,56%	0,21005

Nota: La tabla representa la prueba de Smirnov-Kolmogorov, que permite establecer el nivel de ajuste, por Gómez & Guevara, (2026).

Las distribuciones Gamma, Log Pearson III y LogNormal muestran el mejor desempeño al adecuar los datos estudiados, y son particularmente aconsejables para la estimación de eventos extremos. Dado que posibilita hacer estimaciones más precisas de los caudales máximos y los períodos de retorno, esto es esencial para una gestión eficaz del riesgo de inundaciones.

Gráfico 3.

Análisis estadístico del factor de ajuste de datos mediante el aplicativo Hidronomo



Nota: El gráfico corresponde al diagrama de probabilidad para evaluar el comportamiento de los eventos hidrológicos, por Gómez & Guevara, (2026).

4.1.9 Precipitaciones diarias máximas

Las precipitaciones máximas diarias probables para distintos periodos de retorno permiten comprender el comportamiento de los eventos extremos de lluvia y su incidencia en el riesgo de desbordamiento.

En este sentido, se evidencia que los eventos de mayor intensidad son menos frecuentes, pero generan mayores volúmenes de agua y, por tanto, un mayor riesgo de desbordamiento. Este comportamiento es característico de los fenómenos hidrológicos extremos. Por ejemplo, para un

periodo de retorno de 2 años se registra una precipitación corregida de 9,54 mm, mientras que para 100 años alcanza 16,80 mm, y para eventos extremos de 10 000 años llega a 22,72 mm.

Utilizar el valor 1,13 como factor de ajuste permite trabajar con datos más robustos disminuyendo la incertidumbre y eliminando posibles subestimaciones, obteniendo valores más representativos y conservadores para el análisis.

Este proceso de validación y confiabilidad de los datos permiten estimar los caudales de diseño máximos para diferentes periodos de retorno de precipitaciones. Por ejemplo, los periodos de retorno de 25, 50 y 100 años son comúnmente utilizados para el diseño de obras hidráulicas, mientras que valores mayores (200, 500 o más años) se emplean en análisis de riesgo y planificación a largo plazo.

Tabla 9.

Cálculo de precipitaciones máximas para los periodos de retorno.

Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias			
Factor de ajuste	1,13	Número de observaciones por día = 1	
Periodo de Retorno	Hydrognomon	Pmax Corregido (mm)	Probabilidad
T (años)	Pmax (mm)		de no excedencia P
2	8,441	9,539	0,500000
5	10,446	11,804	0,800000
10	11,635	13,148	0,900000
25	13,014	14,705	0,960000
50	13,966	15,782	0,980000
100	14,865	16,798	0,990000
200	15,724	17,768	0,995000
500	16,811	18,996	0,998000

1.000	17,604	19,892	0,999000
10.000	20,106	22,719	0,999900

Nota: La gráfica representa la precipitación de El Coca, por Gómez & Guevara, (2026).

En el gráfico se observa que la precipitación corregida y la máxima en 24 horas tienden a crecer con el periodo de retorno, lo que indica que los sucesos más intensos son menos frecuentes, aunque su riesgo es mayor.

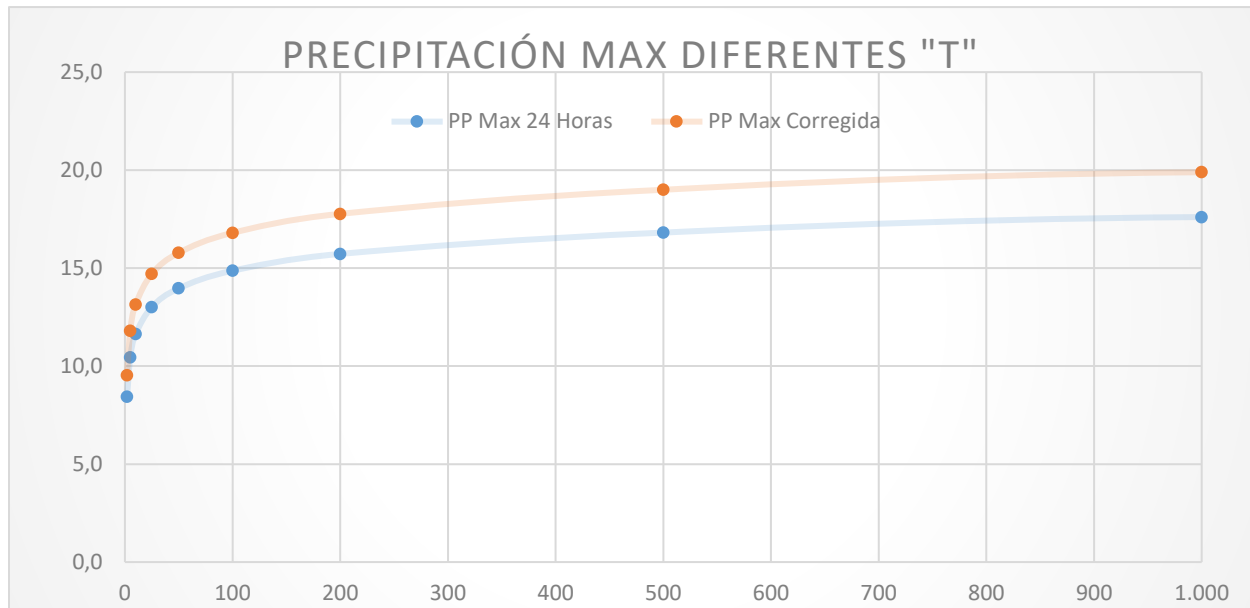
Además, se puede apreciar que la precipitación corregida (línea naranja) es más alta que la máxima original (línea azul). Esto es una consecuencia de la ejecución del factor de ajuste, que permite obtener cifras más prudentes y realistas para el análisis. El hecho de que la diferencia entre las dos curvas se mantenga constante confirma la proporcionalidad del ajuste realizado.

La variabilidad en eventos comunes se incrementa cuando ocurren periodos de retorno cortos (de 2 a 10 años), debido a que la precipitación aumenta más, lo que señala una mayor fluctuación en eventos habituales. Sin embargo, con periodos de retorno más largos (de 50, 100 o 500 años), la curva tiende a suavizarse, evidenciando un crecimiento más lento. Esto indica que, a pesar de que los sucesos extremos siguen incrementándose en magnitud, lo hacen a un ritmo más bajo.

Esta evaluación es fundamental para calcular los caudales de diseño y determinar el riesgo de desbordamiento en la cuenca.

Gráfico 4.

Índice de precipitaciones máximas



Nota: La gráfica representa la precipitación de El Coca, descargado, por Gómez & Guevara, (2026).

4.1.10 Curva de Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF)

La curva de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) es una herramienta esencial en las investigaciones hidrológicas enfocadas en el riesgo de desbordamiento, ya que posibilita examinar cómo la intensidad de las precipitaciones varía según el tiempo de duración y los distintos ciclos de retorno.

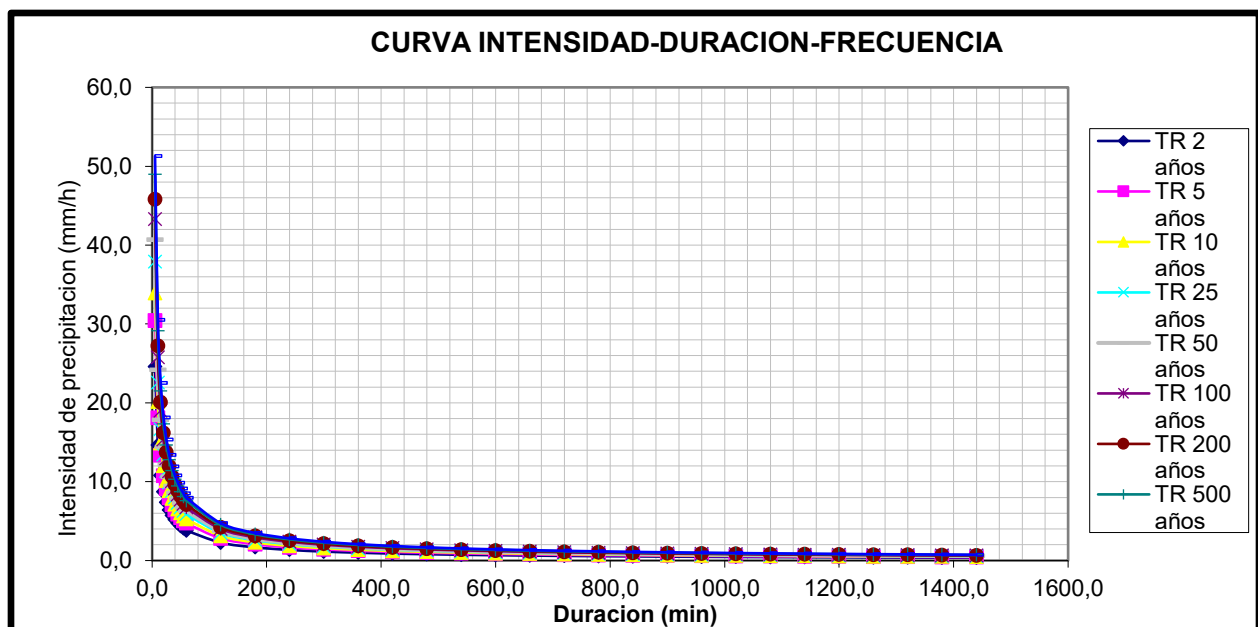
Existe una correlación inversa entre la duración y la intensidad de las precipitaciones. Los niveles son notablemente altos en tiempos breves (inferiores a 60 minutos), alcanzando sus picos en los primeros intervalos y reduciéndose de manera drástica conforme la duración se extiende. Debido a que las lluvias fuertes tienden a concentrarse en períodos breves, este comportamiento es común.

Se evidencia también que para una duración igual, la intensidad de precipitación se eleva a medida que el periodo de retorno aumenta. Por ejemplo, la curva de 200 años muestra valores más altos que las de 2, 5 o 10 años. Esto sugiere que los fenómenos más extremos, aunque ocurren con menor frecuencia, producen lluvias más fuertes y, por lo tanto, un potencial de escorrentía superficial mayor.

Las curvas tienden a estabilizarse y converger cuando la duración excede los 200-300 minutos, mostrando menos diferencias entre los diversos periodos de retorno. Esto indica que, en eventos de larga duración, la lluvia se vuelve menos intensa y más uniforme, lo que disminuye el contraste entre los eventos frecuentes y los extremos.

Gráfico 5.

Curvas de intensidad, duración y frecuencia "IDF" para los diferentes periodos de retorno



Nota: En la gráfica se puede evidenciar la curva de Intensidad, duración y frecuencia, por Gómez & Guevara, (2026).

4.1.11 Hietograma de precipitación

El hietograma de precipitación es una herramienta esencial para los análisis hidrológicos y la estimación de caudales máximos en investigaciones sobre desbordamiento, ya que muestra cómo se distribuye temporalmente la lluvia a lo largo de un evento crítico.

De acuerdo con el gráfico se puede observar que las precipitaciones no se distribuyen de manera uniforme a través del tiempo, sino que se intensifican un intervalo concreto y llega a su valor máximo entre los 720 y 780 minutos. Este pico de alrededor de 7 mm señala el instante más fuerte de lluvia durante el evento.

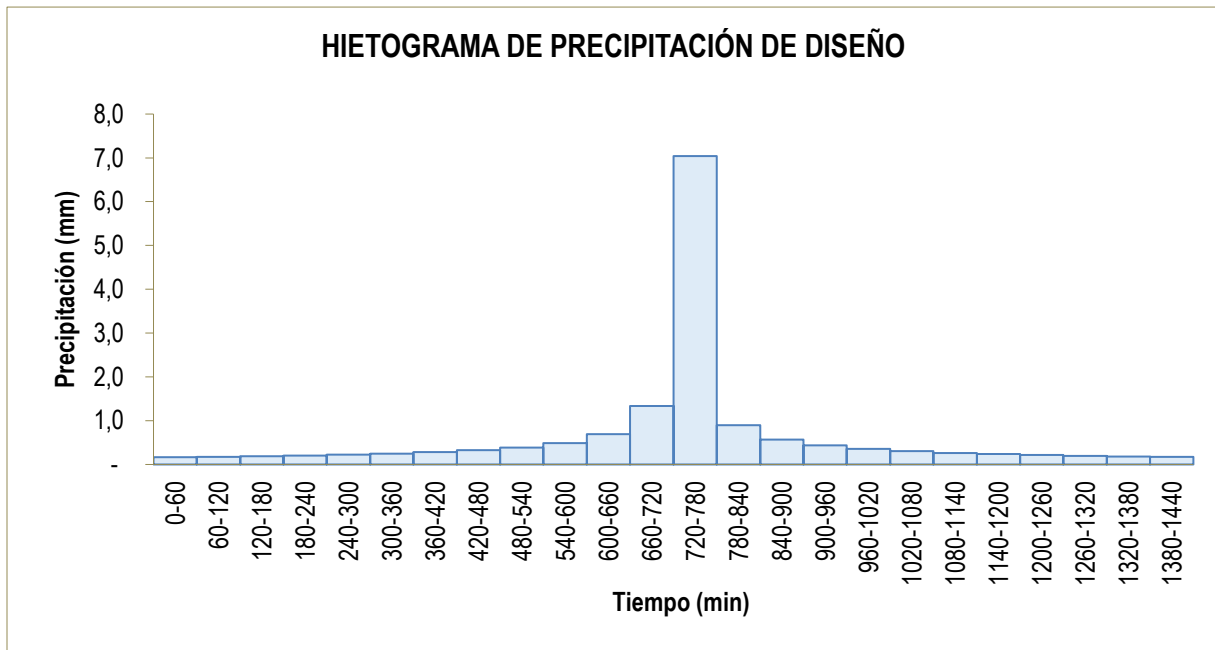
La precipitación presenta un aumento progresivo antes de este punto, lo que muestra una etapa de acumulación en la que el suelo empieza a estar saturado. Después del pico máximo, se observa que la precipitación empieza a bajar de manera paulatina, lo que señala la etapa de recesión del evento. Este comportamiento produce una distribución asimétrica, la cual es característica de las tormentas intensas.

La lluvia concentrada en un periodo de tiempo breve es muy importante, pues sucede cuando se producen los volúmenes más grandes de escorrentía superficial. Por lo tanto, este modelo de patrón aumenta el riesgo de que ocurran picos altos de caudal, lo cual podría llevar a desbordamientos, sobre todo si la capacidad del cauce es escasa.

La forma del hietograma que indica un suceso de tormenta concentrada, en el que la precipitación se produce en un periodo corto de tiempo, lo cual aumenta las probabilidades de inundaciones súbitas.

Gráfico 6.

Hietograma de precipitación TR 100 años

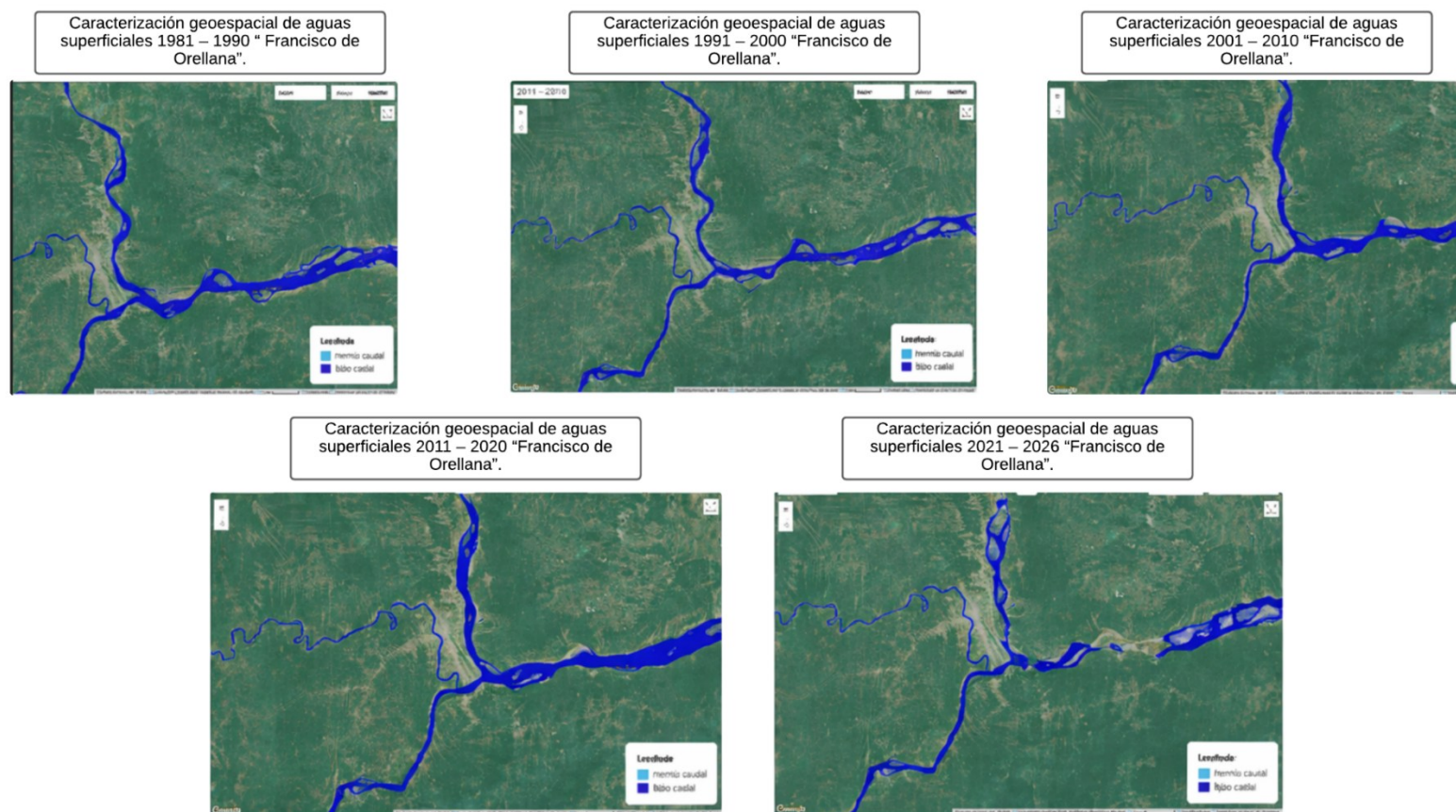


Nota: La gráfica muestra el hietograma de precipitación para los periodos de retorno, por Gómez & Guevara, (2026).

4.1.12 Análisis geoespacial de inundaciones Surface Water Tracker

Ilustración 1.

Evolución geoespacial de aguas superficiales mediante Surface Water Tracker



Nota: Imágenes obtenidas de rastreador de aguas superficiales aplicaciones de Earth Engine, por Gómez & Guevara, (2026).

Interpretación: La **Ilustración 1**, describe la evolución histórica del espejo de agua en Francisco de Orellana mediante el uso del estimador de pendiente de Theil-Sen. Esta metodología permite identificar tendencias robustas en series temporales.

La década de 1981 a 1990 fue la más crítica, con una pérdida drástica de -1173,68 ha/año, lo que alteró profundamente la configuración hidrológica inicial del sector. Entre 1991 y 2010, el sistema fluvial reveló señales de estabilización progresiva tras el comportamiento excesivo inicial. Aunque en los años noventa se mantuvo una tendencia negativa de -66,69 ha/año, el inicio del nuevo milenio marcó un punto de inflexión con un ligero incremento de 21,29 ha/año, sugiriendo una transición hacia un equilibrio relativo. En el periodo más reciente (2011–2026), se observa una recuperación más marcada de hasta 74,07 ha/año.

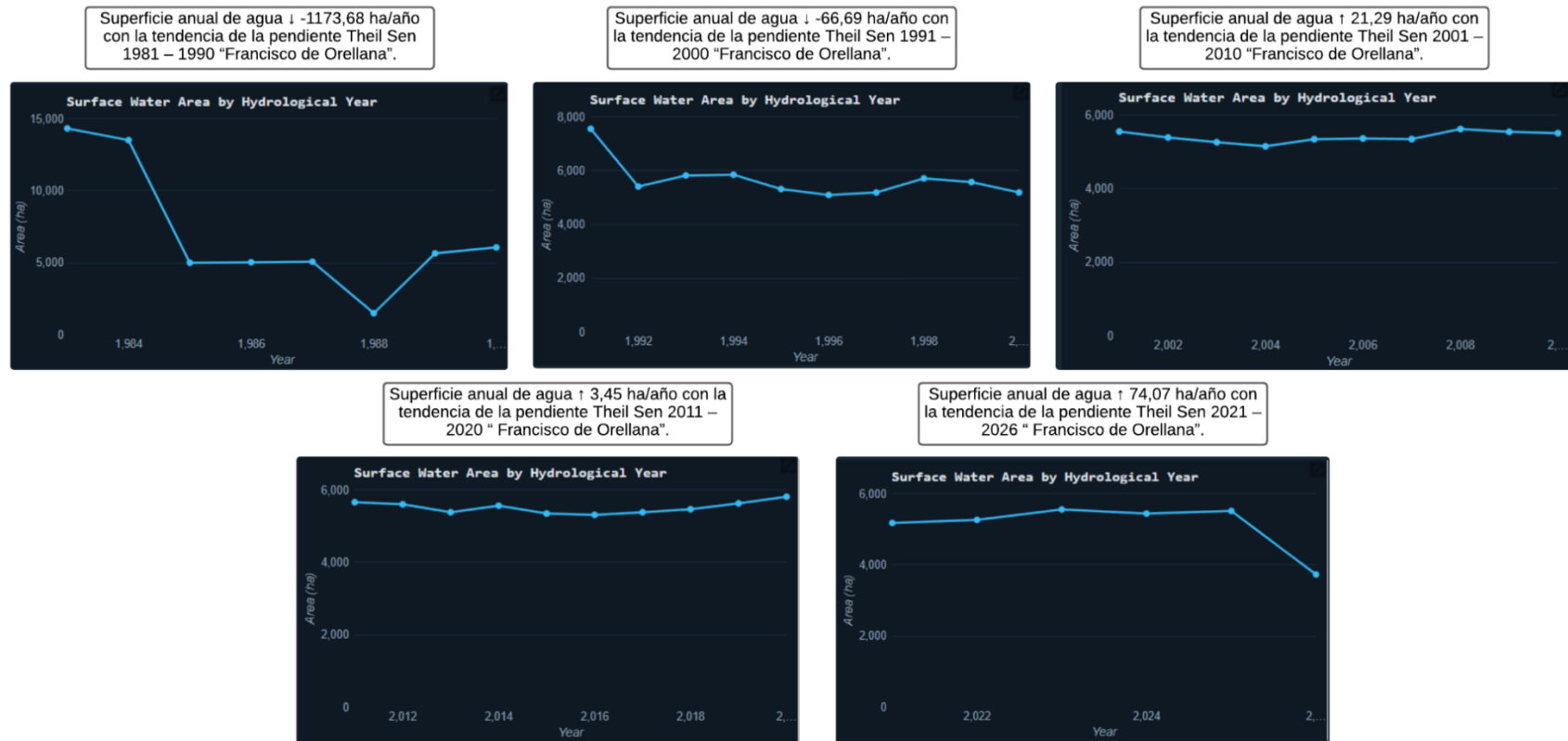
Estas fluctuaciones finales son fundamentales para entender los riesgos actuales, ya que un aumento en la superficie anual de agua suele correlacionarse con una mayor probabilidad de eventos de inundación en las zonas bajas.

Interpretación: La Ilustración 2, ofrece una perspectiva espacial del retroceso hídrico mediante cartografía satelital comparativa, revela que entre 1981 y 1990 la región sufrió una transformación radical, perdiendo el 57,6% de su superficie hídrica original al pasar de 14.325,9 ha a 6.067,35 ha. Estos mapas demuestran la disminución del cauce principal, dejando expuestas áreas que antes formaban parte del sistema fluvial activo.

Durante los años 1991–2000, la reducción continuó con un 31,3% adicional, situando la superficie en 5,188.23 ha. Esta comparación multi temporal permitió identificar zonas de sedimentación y las áreas donde el agua se retiró de forma permanente, alterando los límites naturales entre el río y el entorno terrestre. En el periodo 2001–2026, la huella hídrica muestra una estabilización con leves expansiones en sectores específicos.

Ilustración 2.

Evolución estadística de las aguas superficiales mediante Surface Water Tracker



Nota: Graficas obtenidas de rastreador de aguas superficiales aplicaciones de Earth Engine, factor de ajuste 0, por Gómez & Guevara, (2026).

4.1.13 Modelación hidrológica con HEC-HMS para desbordamiento del río Payamino en los barrios Ñucanchi Wasi, 12 de Noviembre y 24 de Mayo de la ciudad El Coca en el periodo 2023 - 2025”

El gráfico permite identificar el comportamiento base de la cuenca ante el evento de precipitación diseñado en el modelo, en el que se observa una respuesta hidrológica significativa donde el sistema transforma la lluvia en un Caudal de Pico de 1.577,0 m³/s. La relación entre el hietograma y el hidrograma muestra que, inicialmente, la cuenca posee una capacidad de regulación moderada, representada por las pérdidas iniciales; sin embargo, una vez superado el umbral de saturación tras el núcleo de la tormenta, el escurrimiento directo se dispara, generando una curva de ascenso continua que alcanza su punto máximo exactamente al final del periodo de simulación.

Este escenario base ya presenta indicadores de riesgo considerables, con una lámina de escurrimiento total de 16,65 mm. El hidrograma del río Payamino experimenta una transición crítica desde un flujo base estable de aproximadamente 150 m³/s hacia una avenida que supera los 1.500 m³/s en menos de doce horas. Esta rapidez en el incremento del caudal sugiere que la capacidad hidráulica del cauce comienza a verse comprometida, estableciendo este escenario como el punto de partida para evaluar la vulnerabilidad de las riberas ante crecidas estacionales.

Ilustración 3.

Análisis del caudal - Hec Hms

Start of Run: 29mar2026, 00:00

End of Run: 30mar2026, 00:00

Compute Time:29mar2026, 00:38:22

Basin Model: Coca

Meteorologic Model: Met 1

Control Specifications:Control 1

Show Elements:

Initial Selection

Volume Units:

☒ MM
☐ 1000 M3

Sorting:

Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage A... (KM2)	Peak Disch... (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subbasin-1	2156.68	1577.0	30mar2026, 00:00	16.65

Nota: Análisis estadístico Software Hec Hms, por Gómez & Guevara, (2026).

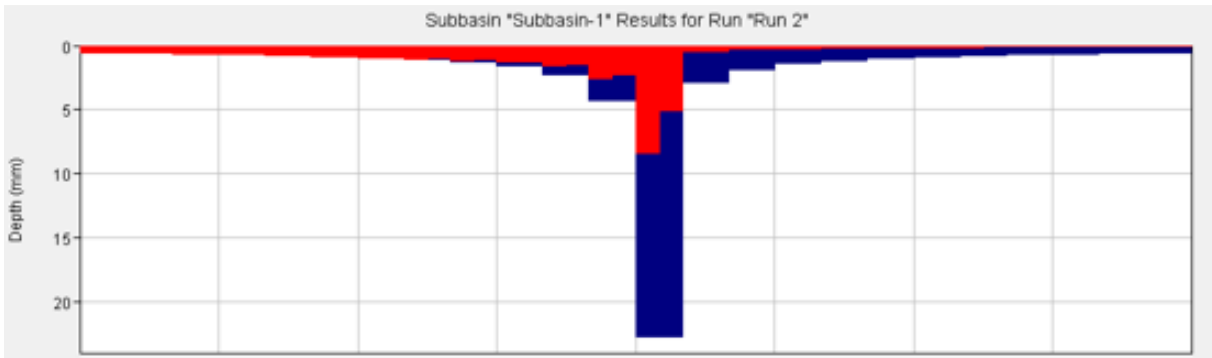
La comparación entre el volumen de exceso y el flujo total descargado confirma que este primer escenario representa un evento de magnitud importante pero controlado en comparación con situaciones de saturación extrema.

Los resultados de la simulación en HEC-HMS, muestran que la cuenca presenta un desfase temporal notable entre la precipitación y la respuesta del caudal, comportamiento típico de cuencas de gran extensión. A pesar de ello se generó un escurrimiento directo considerable, evidenciado por un volumen total escurrido de 16,65 mm, lo que implica un rápido escurrimiento de grandes volúmenes de agua hacia el cauce principal.

El hietograma indica que las pérdidas iniciales son rápidamente superadas por la intensidad de la tormenta, produciendo una precipitación efectiva que satura el suelo y provoca un ascenso abrupto del hidrograma. El caudal aumenta desde un flujo base de 150 m³/s hasta un pico de 1.577,0 m³/s, lo que representa un incremento superior al 900% en menos de 12 horas, generando un fuerte estrés hidráulico que probablemente supera la capacidad del cauce.

Gráfico 7.

Resumen de resultados hidrológicos para Subcuenca -I



Nota: *Análisis estadístico Software Hec Hms, por Gómez & Guevara, (2026).*

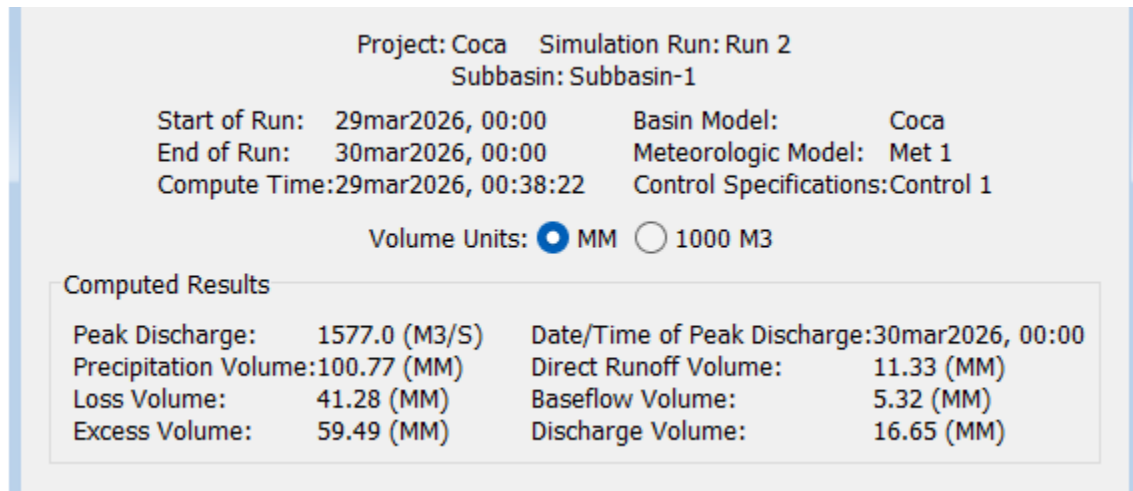
El balance de masa de muestra que durante el evento simulado, se registraron 100,77 mm de precipitación, de los cuales 41,28 mm ($\approx 41\%$) se perdieron por infiltración, interceptación y almacenamiento, mientras que 59,49 mm se transformaron en escorrentía superficial potencial. Este alto volumen de exceso explica la magnitud de la avenida y evidencia una cuenca con elevada capacidad de generar escurrimiento.

Del volumen total descargado 16,65 mm, el escurrimiento directo aportó 11,33 mm y el flujo base 5,32 mm lo que confirma una respuesta hidrológica rápida y dominante del escurrimiento superficial característica que incrementa el riesgo de crecidas súbitas y desbordamientos.

Además, la diferencia entre el volumen de exceso y el volumen descargado al final de la simulación indica que aún quedaba agua en tránsito dentro del sistema. Junto con un caudal pico de 1577,0 m³/s, esto sugiere un evento peligroso y persistente, con alta probabilidad de desbordamiento prolongado y mayores riesgos de inundación en las zonas bajas del Coca.

Ilustración 4.

Análisis del caudal - Hec Hms Subbasin - 1



Nota: Análisis estadístico Software Hec Hms, por Gómez & Guevara, (2026).

El resultado de la simulación hidrológica para la cuenca revela un escenario de alta peligrosidad por desbordamiento, caracterizado por una respuesta rápida y masiva ante un evento de precipitación extrema de 100,77 mm en 24 horas. Durante las primeras doce horas, la cuenca mantiene una capacidad de regulación estable con un flujo base cercano a los 134 m³/s; sin embargo, el punto crítico de inflexión ocurre transcurrida las 12:30, cuando un pulso de lluvia intensa de 22,79 supera la capacidad de infiltración del suelo, disparando el volumen de exceso de 0,00 mm a 14,41 mm en apenas treinta minutos. Esta saturación del terreno provoca que la escorrentía directa tome el control del régimen del río, iniciando una fase de ascenso exponencial donde el caudal total se incrementa de forma alarmante hasta alcanzar los 1.577,0 m³/s al cierre de la simulación.

El hecho de que el 91.6% del flujo final corresponda a escurrimiento directo y que la curva de descarga aún se encuentre en su fase ascendente al finalizar el periodo de cómputo, confirma que la sección transversal del cauce se enfrenta a un evento de desbordamiento inminente y persistente, donde el volumen de agua acumulado por la inercia hidrológica de los

2.156,68 km² de superficie de drenaje seguirá ejerciendo presión hidráulica extrema sobre las riberas incluso después de que la intensidad de la lluvia haya disminuido.

Tabla 10.

Caudal y volúmenes de escorrentía m³/s.

Date	Time	Preci (mm)	Loss (mm)	Excess (mm)	Direct Flow (m³/S)	Base Flow (m³/S)	Total, Flow (m³/S)
29-mar-26	0:00				0,0	134,1	134,1
29-mar-26	0:30	0,53	0,53	0,00	0,0	134,0	134,0
29-mar-26	1:00	0,53	0,53	0,00	0,0	134,0	134,0
29-mar-26	1:30	0,57	0,57	0,00	0,0	133,9	133,9
29-mar-26	2:00	0,57	0,57	0,00	0,0	133,9	133,9
29-mar-26	2:30	0,61	0,61	0,00	0,0	133,8	133,8
29-mar-26	3:00	0,61	0,61	0,00	0,0	133,7	133,7
29-mar-26	3:30	0,66	0,66	0,00	0,0	133,7	133,7
29-mar-26	4:00	0,66	0,66	0,00	0,0	133,6	133,6
29-mar-26	4:30	0,72	0,72	0,00	0,0	133,6	133,6
29-mar-26	5:00	0,72	0,72	0,00	0,0	133,5	133,5
29-mar-26	5:30	0,80	0,80	0,00	0,0	133,5	133,5
29-mar-26	6:00	0,80	0,80	0,00	0,0	133,4	133,4
29-mar-26	6:30	0,91	0,91	0,00	0,0	133,4	133,4
29-mar-26	7:00	0,91	0,91	0,00	0,0	133,3	133,3
29-mar-26	7:30	1,05	1,03	0,02	0,0	133,2	133,2
29-mar-26	8:00	1,05	0,99	0,06	0,0	133,2	133,2

29-mar-26	8:30	1,26	1,13	0,13	0,1	133,1	133,2
29-mar-26	9:00	1,26	1,07	0,18	0,2	133,1	133,3
29-mar-26	9:30	1,58	1,29	0,30	0,5	133,0	133,5
29-mar-26	10:00	1,58	1,21	0,37	0,9	133,0	133,9
29-mar-26	10:30	2,24	1,60	0,64	1,7	132,9	134,6
29-mar-26	11:00	2,24	1,48	0,75	2,8	132,9	135,6
29-mar-26	11:30	4,31	2,57	1,74	4,6	132,8	137,4
29-mar-26	12:00	4,31	2,25	2,06	7,5	132,7	140,2
29-mar-26	12:30	22,79	8,38	14,41	15,3	132,7	148,0
29-mar-26	13:00	22,79	5,05	17,74	29,6	132,6	162,3
29-mar-26	13:30	2,89	0,50	2,39	46,3	132,6	178,9
29-mar-26	14:00	2,89	0,48	2,41	70,2	132,5	202,8
29-mar-26	14:30	1,84	0,29	1,55	102,2	132,5	234,7
29-mar-26	15:00	1,84	0,28	1,56	136,9	132,4	269,3
29-mar-26	15:30	1,40	0,21	1,19	176,5	132,3	308,9
29-mar-26	16:00	1,40	0,21	1,19	221,3	132,3	353,6
29-mar-26	16:30	1,14	0,16	0,98	269,5	132,2	401,7
29-mar-26	17:00	1,14	0,16	0,98	324,3	132,2	456,5
29-mar-26	17:30	0,98	0,14	0,84	385,5	132,1	517,6
29-mar-26	18:00	0,98	0,13	0,84	451,2	132,1	583,3
29-mar-26	18:30	0,86	0,12	0,74	525,3	132,0	657,4
29-mar-26	19:00	0,86	0,11	0,74	606,4	132,0	738,3
29-mar-26	19:30	0,76	0,10	0,66	691,6	131,9	823,5

29-mar-26	20:00	0,76	0,10	0,67	783,2	131,8	915,1
29-mar-26	20:30	0,70	0,09	0,61	879,1	131,8	1.010,9
29-mar-26	21:00	0,70	0,09	0,61	974,1	131,7	1.105,8
29-mar-26	21:30	0,64	0,08	0,55	1.065,1	131,7	1.196,7
29-mar-26	22:00	0,64	0,08	0,56	1.153,3	131,6	1.285,0
29-mar-26	22:30	0,59	0,07	0,52	1.237,0	131,6	1.368,6
29-mar-26	23:00	0,59	0,07	0,52	1.311,9	131,5	1.443,5
29-mar-26	23:30	0,55	0,07	0,48	1.381,9	131,5	1.513,4
30-mar-26	0:00	0,55	0,07	0,48	1.445,6	131,4	1.577,0

Nota: Análisis estadístico Software Hec Hms, por Gómez & Guevara, (2026).

4.1.14 Escenario condiciones en condiciones máximas HEC - HMS

El análisis global de la Subbasin-1 en el segundo escenario evidencia una respuesta hidrológica más intensa, configurando un evento de magnitud extrema. Aunque la superficie de drenaje se mantiene en 2156.68 km², el caudal pico alcanza 2320.0 m³/s, lo que representa un incremento significativo respecto al escenario base y sugiere una mayor eficiencia en la transformación de la lluvia en escurrimiento, probablemente asociada a precipitaciones más intensas o a suelos previamente saturados.

El volumen total de escurrimiento asciende a 23,55 mm sobre toda la cuenca lo que implica el desplazamiento de grandes volúmenes de agua hacia el cauce en un corto periodo. Este comportamiento genera un hidrograma más voluminoso y agresivo, capaz de superar la capacidad hidráulica del río y provocar inundaciones prolongadas en las llanuras aluviales.

Ilustración 5.

Análisis del caudal - Hec Hms máximo

Show Elements: Initial Selection ▾				
Hydrologic Element	Drainage A... (KM2)	Peak Disch... (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subbasin-1	2156.68	2320.0	30mar2026, 00:00	23.55

Nota: Análisis estadístico Software Hec Hms, por Gómez & Guevara, (2026).

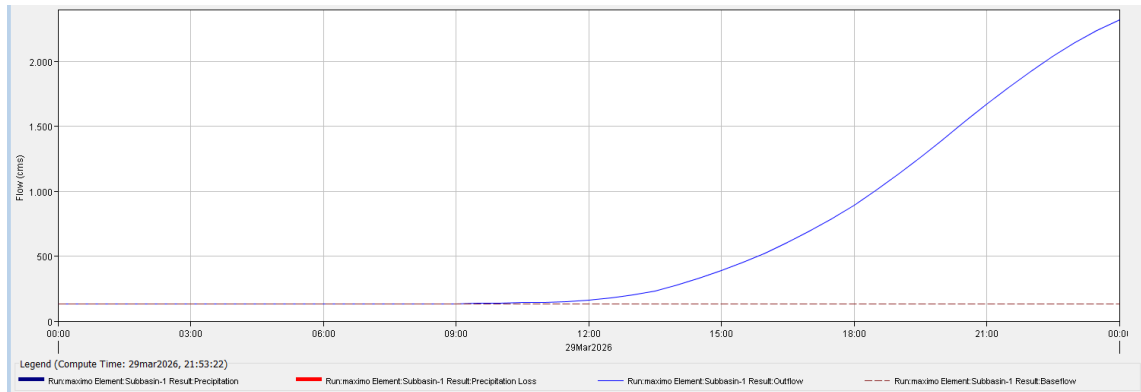
El hietograma muestra una precipitación de alta intensidad concentrada en un corto periodo, donde las pérdidas por infiltración son mínimas frente a la precipitación efectiva. Esto indica que el suelo se encontraba prácticamente saturado, provocando que casi toda la lluvia se transformara en escurrimiento superficial y generara un aporte masivo de caudal directo hacia el cauce.

En el hidrograma de salida, la corriente presenta una respuesta mucho más agresiva que en escenarios anteriores, con una rama ascendente muy pronunciada desde el mediodía. El caudal se separa rápidamente del flujo base y aumenta de forma continua hasta superar los 2,300 m³/s, comportamiento típico de avenidas torrenciales que producen incrementos rápidos del nivel del río y elevan el riesgo de inundación.

La simulación finaliza justo cuando el sistema alcanza su máximo estrés hídrico, sin que se observe una fase de recesión. Esto indica que el pico de la avenida coincide con el límite del análisis, lo que representa el escenario de mayor peligrosidad, ya que el río Payamino se encontraría en un estado de desbordamiento activo y en crecimiento, requiriendo considerar niveles de inundación extremos en el diseño de medidas de mitigación.

Gráfico 8.

Resumen de resultados hidrológicos para Subbasin -1 máximo



Nota: Análisis estadístico Software Hec Hms, por Gómez & Guevara, (2026).

El balance hídrico del segundo escenario muestra una eficiencia de escurrimiento extremadamente alta. Aunque la precipitación total se mantiene en 100.77 mm, el volumen de pérdidas se reduce a 14.58 mm (14.4%), lo que provoca que el volumen de exceso aumente a 86.19 mm, indicando una cuenca prácticamente saturada y con mínima capacidad de infiltración.

Esta condición genera una respuesta hidráulica mucho más intensa que en el escenario base. El escurrimiento directo alcanza 18.23 mm, y junto con el flujo base produce un volumen total de descarga de 23.55 mm, lo que se traduce en un caudal pico de 2320.0 m³/s. Un flujo de esta magnitud implica una avenida de gran energía, capaz de superar la capacidad hidráulica del cauce y provocar inundaciones severas.

En conjunto, el escenario demuestra que la reducción de la infiltración ya sea por saturación previa o cambios en el uso del suelo incrementa drásticamente el riesgo de desbordamiento. La predominancia del escurrimiento directo y la ausencia de recesión al final de la simulación confirman un evento de inundación extremo y persistente, con impactos potencialmente históricos en las zonas cercanas al río Payamino.

Ilustración 6.

Análisis del caudal - Hec Hms Subbasin - 1 máximo

Project: Coca		Simulation Run: maximo	
		Subbasin: Subbasin-1	
Start of Run:	29mar2026, 00:00	Basin Model:	Coca
End of Run:	30mar2026, 00:00	Meteorologic Model:	Met 1
Compute Time:	29mar2026, 21:53:22	Control Specifications:	Control 1
Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3			
Computed Results			
Peak Discharge:	2320.0 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	30mar2026, 00:00
Precipitation Volume:	100.77 (MM)	Direct Runoff Volume:	18.23 (MM)
Loss Volume:	14.58 (MM)	Baseflow Volume:	5.32 (MM)
Excess Volume:	86.19 (MM)	Discharge Volume:	23.55 (MM)

Nota: Análisis estadístico Software Hec Hms, *por* Gómez & Guevara, (2026).

Para este segundo escenario se evidencia una respuesta hidrológica más rápida y agresiva que en el escenario inicial, configurando un riesgo extremo de desbordamiento. La capacidad de infiltración de la cuenca se agota desde las primeras horas del evento, registrándose lluvia efectiva desde las 07:30, lo que indica una saturación temprana del suelo y una transformación casi total de la lluvia en escorrentía superficial.

El punto crítico ocurre a las 12:30, cuando una precipitación intensa de 22,79 mm genera de inmediato 22,31 mm de exceso, al encontrar la cuenca prácticamente saturada. A partir de este momento, el caudal entra en una fase de crecimiento acelerado, superando los 1.000 m³/s antes de las 18:30 y manteniendo un ascenso continuo debido a la ausencia de pérdidas durante la tarde y noche.

Al final de la simulación, el caudal total alcanza 2320.0 m³/s, de los cuales 2188.5 m³/s (94.3%) corresponden a flujo directo, lo que confirma una avenida de carácter torrencial y masivo. Este comportamiento indica que la capacidad hidráulica y de almacenamiento del río

Payamino sería ampliamente superada, generando inundaciones de gran magnitud que aún no muestran señales de disminución al cierre del análisis.

Tabla 11.

Caudal y volúmenes de escorrentía máxima m3/s.

Date	Time	Preci (mm)	Loss (mm)	Excess (mm)	Direct Flow (m3/S)	Base Flow (m3/S)	Total, Flow (m3/S)
29-mar-26	0:00				0,0	134,1	134,1
29-mar-26	0:30	0,53	0,53	0,00	0,0	134,0	134,0
29-mar-26	1:00	0,53	0,53	0,00	0,0	134,0	134,0
29-mar-26	1:30	0,57	0,57	0,00	0,0	133,9	133,9
29-mar-26	2:00	0,57	0,57	0,00	0,0	133,9	133,9
29-mar-26	2:30	0,61	0,61	0,00	0,0	133,8	133,8
29-mar-26	3:00	0,61	0,61	0,00	0,0	133,7	133,7
29-mar-26	3:30	0,66	0,66	0,00	0,0	133,7	133,7
29-mar-26	4:00	0,66	0,66	0,00	0,0	133,6	133,6
29-mar-26	4:30	0,72	0,72	0,00	0,0	133,6	133,6
29-mar-26	5:00	0,72	0,72	0,00	0,0	133,5	133,5
29-mar-26	5:30	0,80	0,80	0,00	0,0	133,5	133,5
29-mar-26	6:00	0,80	0,80	0,00	0,0	133,4	133,4
29-mar-26	6:30	0,91	0,91	0,00	0,0	133,4	133,4
29-mar-26	7:00	0,91	0,91	0,00	0,0	133,3	133,3
29-mar-26	7:30	1,05	0,89	0,16	0,1	133,2	133,3
29-mar-26	8:00	1,05	0,63	0,42	0,2	133,2	133,4

29-mar-26	8:30	1,26	0,55	0,71	0,6	133,1	133,8
29-mar-26	9:00	1,26	0,41	0,85	1,4	133,1	134,5
29-mar-26	9:30	1,58	0,39	1,20	2,7	133,0	135,8
29-mar-26	10:00	1,58	0,29	1,29	4,8	133,0	137,7
29-mar-26	10:30	2,24	0,31	1,93	7,9	132,9	140,8
29-mar-26	11:00	2,24	0,23	2,01	12,2	132,9	145,0
29-mar-26	11:30	4,31	0,31	4,00	18,5	132,8	151,3
29-mar-26	12:00	4,31	0,21	4,10	27,2	132,7	159,9
29-mar-26	12:30	22,79	0,48	22,31	44,3	132,7	177,0
29-mar-26	13:00	22,79	0,18	22,61	70,8	132,6	203,4
29-mar-26	13:30	2,89	0,01	2,88	101,4	132,6	234,0
29-mar-26	14:00	2,89	0,01	2,88	143,5	132,5	276,0
29-mar-26	14:30	1,84	0,01	1,84	196,7	132,5	329,1
29-mar-26	15:00	1,84	0,01	1,84	254,2	132,4	386,6
29-mar-26	15:30	1,40	0,01	1,39	319,7	132,3	452,0
29-mar-26	16:00	1,40	0,01	1,39	392,5	132,3	524,8
29-mar-26	16:30	1,14	0,00	1,14	470,9	132,2	603,1
29-mar-26	17:00	1,14	0,00	1,14	559,2	132,2	691,4
29-mar-26	17:30	0,98	0,00	0,97	656,3	132,1	788,4
29-mar-26	18:00	0,98	0,00	0,97	759,9	132,1	892,0
29-mar-26	18:30	0,86	0,00	0,85	875,1	132,0	1.007,1
29-mar-26	19:00	0,86	0,00	0,85	998,8	132,0	1.130,8
29-mar-26	19:30	0,76	0,00	0,76	1.127,6	131,9	1.259,5

29-mar-26	20:00	0,76	0,00	0,76	1.263,9	131,8	1.395,7
29-mar-26	20:30	0,70	0,00	0,69	1.404,0	131,8	1.535,8
29-mar-26	21:00	0,70	0,00	0,69	1.540,7	131,7	1.672,5
29-mar-26	21:30	0,64	0,00	0,63	1.670,1	131,7	1.801,7
29-mar-26	22:00	0,64	0,00	0,63	1.794,0	131,6	1.925,7
29-mar-26	22:30	0,59	0,00	0,59	1.909,4	131,6	2.041,0
29-mar-26	23:00	0,59	0,00	0,59	2.011,3	131,5	2.142,8
29-mar-26	23:30	0,55	0,00	0,55	2.105,3	131,5	2.236,8
30-mar-26	0:00	0,55	0,00	0,55	2.188,5	131,4	2.320,0

Nota: Análisis estadístico Software Hec Hms, *por* Gómez & Guevara, (2026).

4.1.15 Mapa de inundaciones en condiciones máximas

El **Mapa 5**, sintetiza la severidad del riesgo mediante una zonificación que divide el área inundable en tres categorías: Nivel Bajo, Medio y Alto. El predominio del color azul oscuro, que representa el nivel alto en las cercanías del cauce y depresiones, señala áreas donde la fuerza y profundidad del agua representan una amenaza crítica durante las crecidas.

La configuración espacial de estos niveles demuestra que la inundación se extiende significativamente hacia el interior de los barrios residenciales. El nivel medio actúa como una zona de transición que cubre gran parte de la superficie urbana, indicando que incluso las áreas alejadas del cauce principal enfrentan problemas graves de anegamiento.

En conjunto, el mapa de niveles máximos representa el escenario del “peor caso posible” para los sectores analizados en la ciudad de El Coca.

Mapa 5.

Inundaciones en condiciones máximas Calado x Velocidad



Nota: El Mapa representa las inundaciones en condiciones máximas de Calado x velocidad en la zona de estudio, por Gómez & Guevara, (2026).

La tabla muestra la distribución del área por barrios, en este caso, se evidencia una marcada desigualdad territorial, donde el barrio **Ñucanchi Wasi** concentra la mayor extensión con 80,28 ha, equivalente al 61,88% del total, esta situación lo convierte en el sector con mayor superficie potencialmente expuesta a eventos de desbordamiento, especialmente si se encuentra próximo al cauce del río o en zonas bajas.

Por otro lado, el barrio **24 de Mayo** representa el 20,76% del área total con 26,93 ha, mientras que **12 de Noviembre** abarca el 17,36% con 22,52 ha. Aunque estos barrios tienen menor extensión, no deben ser excluidos del análisis de riesgo, ya que factores como la densidad poblacional, el tipo de suelo o la cercanía al río pueden incrementar su vulnerabilidad frente a inundaciones.

Tabla 12.

Área "ha" de los barrios de estudio

Barrios	Área en ha	%
Ñucanchi Wasi	80,28	61,88
12 de Noviembre	22,52	17,36
24 de Mayo	26,93	20,76
Total "ha"	129,73	100

El territorio presenta condiciones de baja y media susceptibilidad, el nivel bajo es el predominante, abarcando el 52,86% del área total, mientras que el nivel medio, con el 43,04%, lo que indica que más de la mitad del territorio tiene una probabilidad relativamente reducida de ser afectado por inundaciones, aunque no está completamente exento de riesgo.

En contraste, el nivel alto ocupa únicamente 3,47 hectáreas, es decir, el 4,11% del total, aunque esta superficie es reducida, constituye zonas críticas que presentan mayor probabilidad de afectación directa por desbordamientos, cabe destacar que no se registran áreas sin susceptibilidad, lo que indica que la totalidad del territorio presenta algún grado de exposición frente a este fenómeno.

Tabla 13.

Nivel de susceptibilidad en "ha"

Nivel de susceptibilidad	Área en ha	%
Sin Susceptibilidad	0	0
Nivel Bajo	44,69	52,86
Nivel Medio	36,39	43,04
Nivel Alto	3,47	4,11
Total	84,55	100

En la tabla se evidencia que la mayor parte del territorio en los tres barrios se concentra en zonas sin susceptibilidad, siendo Ñucanchi Wasi el que presenta la mayor extensión en esta categoría. No obstante, este barrio también reúne las áreas con niveles bajo, medio y alto, lo que indica la presencia de sectores específicos con diferentes grados de riesgo frente al desbordamiento del río.

Por su parte, los barrios 12 de Noviembre y 24 de Mayo se caracterizan principalmente por presentar zonas sin susceptibilidad y en menor proporción nivel bajo, lo que refleja una menor exposición al riesgo. En general, aunque predominan condiciones favorables en el territorio, existen áreas puntuales que requieren atención y medidas de prevención, especialmente en Ñucanchi Wasi.

Tabla 14.

Área de niveles de inundación "ha"

Barrios	Nivel de susceptibilidad	Área en ha	%
Ñucanchi Wasi	Sin Susceptibilidad	49,89	44,993
Ñucanchi Wasi	Nivel Bajo	12,89	12,368
Ñucanchi Wasi	Nivel Medio	1,96	1,881
Ñucanchi Wasi	Nivel Alto	0,14	0,134
12 de Noviembre	Sin Susceptibilidad	13,73	13,173
12 de Noviembre	Nivel Bajo	3,63	3,483
24 de Mayo	Sin Susceptibilidad	22,87	21,943
24 de Mayo	Nivel Bajo	2,11	2,025
24 de Mayo	Nivel Medio	0,001	0,001

Nota: La tabla representa el área de niveles de inundación en los barrios, Ñucanchi Wasi, 12 de Noviembre y 24 de Mayo, por Gómez & Guevara, (2026).

4.2 Resultado del objetivo 2: Caracterizar la exposición ante la amenaza de inundaciones en los barrios afectados ante la influencia del río Payamino.

El **Mapa 6**, muestra el nivel de exposición en los predios urbanos afectados. Mediante polígonos resaltados en rojo, el mapa identifica individualmente cada lote o vivienda que se encuentra dentro de la zona de inundación. Se observa una alta densidad de afectación en la zona central y este de los barrios analizados, donde el desbordamiento del río impacta de forma directa sobre el área consolidada de viviendas.

El impacto en los predios no es uniforme, ya que el mapa distingue entre aquellos situados en zonas de nivel bajo, medio y alto de inundación. Los predios en las zonas de color azul intenso (nivel alto) representan el mayor peligro para la integridad física de las personas y la seguridad estructural de las edificaciones. Esta visualización pone de manifiesto que una parte considerable de la población de los barrios 12 de Noviembre y 24 de mayo reside en áreas de alto riesgo hidrológico estacional.

Mapa 6.

Afectación de predios urbanos



Nota: El mapa representa el grado de afectación en predios urbanos de la zona de estudio, por Gómez & Guevara, (2026).

El nivel de susceptibilidad del número de predios frente al desbordamiento del río muestra una distribución relativamente equilibrada entre los tres barrios. El barrio 24 de Mayo concentra la mayor cantidad de predios con 163, lo que representa el 34,68% del total, seguido muy de cerca por 12 de Noviembre con 162 predios (34,47%). Por su parte, Ñucanchi Wasi registra 145 predios, equivalentes al 30,85%.

Estos resultados evidencian que, aunque existe una ligera diferencia entre los barrios, la distribución de predios en nivel bajo es bastante homogénea. Esto indica que una proporción importante de viviendas en los tres sectores presenta una baja probabilidad de afectación ante eventos de desbordamiento. Sin embargo, al concentrarse todos en un mismo nivel de susceptibilidad, es importante no descuidar la implementación de medidas preventivas y de gestión del riesgo, ya que condiciones externas como lluvias intensas o variaciones en el caudal del río podrían modificar este escenario.

Tabla 15.

Número de predios afectados

Barrios	Nivel de susceptibilidad	Número de predios	%
Ñucanchi Wasi	Nivel Bajo	145	30,85
12 de Noviembre	Nivel Bajo	162	34,47
24 de Mayo	Nivel Bajo	163	34,68
Total		470	100

Nota: La tabla representa en número de predios afectados en los barrios, Ñucanchi Wasi, 12 de Noviembre y 24 de Mayo, por Gómez & Guevara, (2026).

El **Mapa 7**, detalla la exposición de la infraestructura de transporte en los barrios Ñucanchi Wasi, 12 de Noviembre y 24 de mayo. La cartografía vial identificada en color rojo los segmentos de la red vial residencial que quedan completamente anegados bajo condiciones de

inundación máxima. El análisis permite identificar que las vías más próximas al cauce del río son las primeras en perder conectividad, lo que compromete gravemente la logística de emergencia en caso de un evento hidrológico extremo.

La distribución espacial de las vías inundadas muestra que el agua penetra de manera agresiva hacia el interior urbano. Esto ocurre principalmente a través de las calles que actúan como corredores naturales debido a la topografía baja del terreno en estos barrios específicos. La leyenda del mapa vincula directamente estas vías con niveles de inundación medio y alto, sugiriendo que la profundidad del agua en estos puntos sería suficiente para impedir el paso de vehículos convencionales y servicios de rescate.

Mapa 7.

Afectación de la red vial urbana



Nota: El mapa representa la afectación en la red vial en condiciones máximas de la zona de estudio, por Gómez & Guevara, (2026).

La tabla 16 presenta el nivel de exposición de los tramos viales frente al desbordamiento del río, en el que se puede observar una marcada concentración en el barrio Ñucanchi Wasi. Este sector registra 13 tramos viales que suman 11,255 km, representando el 92,74% del total, lo que indica que la mayor parte de la red vial con baja exposición se localiza en este barrio, pero a pesar de presentar baja exposición, abarca la mayor extensión y podría requerir mayor atención en términos de mantenimiento y prevención ante posibles eventos de desbordamiento.

Por su parte, el barrio 12 de Noviembre cuenta con 22 tramos viales; sin embargo, estos abarcan únicamente 0,819 km, equivalentes al 6,75%, lo que sugiere que, aunque posee mayor número de tramos, estos son considerablemente más cortos. En tanto, el barrio 24 de Mayo presenta 2 tramos viales con una extensión total de 0,062 km, representando apenas el 0,51%, lo que refleja una limitada extensión de infraestructura vial en este nivel.

Tabla 16.

Tramos longitudinales afectados km

Barrios	Nivel de exposición	Tramos viales	Km viales	%
Ñucanchi Wasi	Nivel Bajo	13	11,255	92,740
12 de Noviembre	Nivel Bajo	22	0,819	6,749
24 de Mayo	Nivel Bajo	2	0,062	0,511
Total		37	12,136	100

4.3 Resultado del objetivo 3: Proponer medidas de mitigación y adaptación para reducir el impacto de las inundaciones en los barrios afectados.

El presente objetivo se orienta a la formulación de medidas de mitigación y adaptación destinadas a reducir el impacto de las inundaciones en los barrios afectados por el

desbordamiento del río Payamino. Debido a las condiciones hidrológicas que favorecen la ocurrencia de inundaciones, a factores como la rápida escorrentía, el corto tiempo de concentración, las altas precipitaciones en periodos cortos y la acumulación de caudales en zonas bajas. Asimismo, la presencia de áreas con susceptibilidad media y alta, junto con la afectación de predios y vías, justifica la necesidad de implementar medidas estructurales y no estructurales de reducción del riesgo.

Medidas estructurales

Las medidas estructurales están orientadas a intervenir físicamente el territorio para reducir la probabilidad de inundaciones o disminuir sus efectos, a continuación, se presenta las siguientes medidas.

Tabla 17.

Medidas estructurales

Medidas estructurales	Medidas estructurales	Responsables
Construcción y reforzamiento de muros de contención y diques	Diseñar estructuras de protección con materiales resistentes a lo largo del cauce del río Payamino.	• GAD Municipal • Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias • Ministerio de Transporte Obras Públicas (MTOP)
Sistema de drenaje pluvial urbano	Rediseñar y ampliar la red de alcantarillado pluvial Instalación de sumideros, cunetas revestidas y colectores de mayor capacidad.	• GAD Municipal (Dirección de Obras Públicas y Agua Potable)

	Integrar sistemas de drenaje sostenible (SUDS), como zanjas de infiltración y pavimentos permeables, que permitan reducir la escorrentía superficial.	• Empresas públicas de agua potable y saneamiento
Canalización y mantenimiento del cauce del río	Limpieza periódica del cauce, se debe incluir la remoción de sedimentos, troncos y materiales arrastrados desde la parte alta de la cuenca	• GAD Municipal • Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) • SNGRE
Obras de retención y regulación	Construcción de micro reservorios, diques de retención y terrazas en zonas altas	• MAATE • GAD Provincial • GAD Parroquial
Adecuación y elevación de infraestructura vial	Elevación de rasantes, construcción de alcantarillas de mayor capacidad y uso de materiales resistentes al agua, ya que garantiza rutas alternas para la evacuación y acceso de servicios de emergencia.	• GAD Municipal • MTOP
Reforestación y manejo de cobertura vegetal	En las zonas de mayor pendiente se debe implementar programas de reforestación con especies nativas ya que reduce la velocidad de escorrentía, mejora la infiltración y disminuye la erosión del suelo, lo que a su vez reduce el	• MAATE • GAD Provincial y Parroquial • Comunidades locales

arrastre de sedimentos hacia el
río.

Medidas no estructurales

Las medidas no estructurales buscan fortalecer la gestión del riesgo y la capacidad de respuesta de la población, a continuación, se detalla las siguientes medidas.

Tabla 18.

Medidas no estructurales

Componente	Medidas no estructurales	Responsables
Ordenamiento territorial y regulación del uso del suelo	Delimitar zonas de riesgo y restringir el asentamiento humano en áreas cercanas al cauce y zonas inundables.	• GAD Municipal • SNGRE
Sistemas de alerta temprana	Integrar un sistema de alerta que emita avisos a la población mediante sirenas, mensajes o aplicaciones móviles, permitiendo actuar con anticipación ante eventos extremos.	• SNGRE • Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) • GAD Municipal
Educación y capacitación comunitaria	Realizar talleres, simulacros y campañas educativas para fortalecer la cultura de prevención de riesgos.	• GAD Municipal y Parroquial • SNGRE • Ministerio de Educación
Planes de emergencia y evacuación	Elaborar planes específicos para cada barrio, identificando zonas seguras, rutas de evacuación y	• GAD Municipal • Cuerpo de Bomberos y Policía Nacional

	puntos de encuentro, estos deben ser actualizados periódicamente.	• SNGRE
Manejo adecuado de residuos sólidos	Implementar un sistema eficiente de recolección y control de residuos, ya que estos suelen obstruir drenajes y cauces, agravando las inundaciones.	• GAD Municipal • Comunidad

4.4 Discusión

Los resultados obtenidos en el presente proyecto de investigación demuestran que la cuenca del río Payamino presenta una respuesta hidrológica extremadamente rápida ante eventos de precipitación intensa, con tiempos de concentración de 1.34 horas y caudales máximos de hasta 2.320 m³/s en condiciones de saturación del suelo. Este caudal es consistente con lo reportado por Andrés et al. (2025) en la cuenca del río coca, en la que se reporta caudales similares 2.500 m³/s para eventos con periodos de retorno de 100 años, evidenciando que las cuencas amazónicas de la región de Orellana comparten una alta sensibilidad hidrológica debido a su topografía irregular pronunciada, alta densidad de drenaje y suelos con baja capacidad de infiltración en condiciones de saturación.

El caudal pico estimado 2.320 m³/s duplica ampliamente el flujo base del río que mantiene un caudal promedio de 134 m³/s lo que confirma que el desbordamiento del Payamino no es un evento excepcional sino una consecuencia directa de la dinámica hidrometeorológica de la cuenca. Este hallazgo coincide con las observaciones de Quispe Milán & Rea Manobanda (2025) en la parroquia Caracol, Babahoyo, en donde las inundaciones fluviales se asociaron

directamente con la acumulación de canales en zonas bajas y la ocupación de terrenos en riberas sin planificación territorial.

En cuanto a la exposición los resultados muestran que Ñucanchi Wasi es el barrio con mayor superficie afectada 61.88% del área total, lo cual se explica por su proximidad al cauce y su topografía deprimida. Este patrón de exposición diferencial ha sido documentado en otros contextos urbanos de la Amazonía ecuatoriana como por ejemplo en el estudio de (Andrés et al., 2025) menciona que el barrio Unión y Progreso del El Coca, debido a los asentamientos ubicados a menos de 50 metros del cauce presentan un a alta probabilidad de inundación de hasta el 85% para eventos de 50 años de periodo de retorno. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de establecer franjas de protección ribereña como herramienta de ordenamiento territorial.

Respecto a las medidas de mitigación propuestas, la literatura revisada sugiere que las soluciones basadas en la naturaleza, como la reforestación de cuencas altas y la construcción de humedales artificiales pueden reducir el pico de caudal entre un 8% hasta un 18 % (Guido, Popescu, Samadi, & Bhattacharya, 2023). Si bien estas medidas no son suficientes por sí solas para eliminar el riesgo de inundación, combinadas con obras estructurales como muros de contención, sistemas de drenaje sostenible que vayan de la mano de las no estructurales como sistemas integrales de alerta temprana, planes de contingencia, evacuación y respuesta, constituyen una estrategia integral de reducción del riesgo.

CAPÍTULO V.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El análisis del desbordamiento del río Payamino permitió determinar que la cuenca presenta una alta susceptibilidad a eventos hidrológicos extremos, caracterizada por una respuesta rápida ante precipitaciones intensas y una elevada generación de escorrentía superficial. La modelación hidrológica evidenció que, bajo condiciones máximas (saturación del suelo, baja capacidad de infiltración y características geomorfológicas de la cuenca), el caudal puede superar los 2.300 m³/s, lo que sobrepasa la capacidad hidráulica del cauce y genera escenarios críticos de inundación, representando así una amenaza significativa para los asentamientos ubicados en su área de influencia.
- Se evidenció una distribución heterogénea del riesgo en los barrios analizados, destacando que Ñucanchi Wasi concentra la mayor extensión territorial expuesta (61,88% del área total), lo que lo posiciona como el sector más vulnerable. Si bien predomina el nivel de susceptibilidad bajo (52,86% del territorio), la presencia de niveles medio (43,04%) y alto (4,11%) confirma que la totalidad del área presenta algún grado de exposición a inundaciones. Además, se identificó que una proporción considerable de viviendas y predios se encuentran ubicados en zonas inundables (470 predios en nivel bajo), especialmente en áreas próximas al cauce del río, lo que incrementa el riesgo para la población. De igual manera, la infraestructura vial presenta alta vulnerabilidad (12,136 km de vías afectadas), ya que los tramos cercanos al río pierden funcionalidad durante eventos extremos, afectando la movilidad y dificultando las labores de evacuación y

respuesta ante emergencias. En este contexto, la exposición no solo compromete a la población, sino también a los sistemas de soporte urbano.

- Las medidas estructurales y no estructurales propuestas (sistemas de drenaje sostenible, obras de retención, reforestación, fortalecimiento comunitario) constituyen una alternativa viable para disminuir la escorrentía, reducir la exposición y mejorar la resiliencia del territorio.

5.2 Recomendaciones

1. Para la gestión del riesgo y el monitoreo hidrológico:

- Implementar un sistema de monitoreo hidrometeorológico en tiempo real de al menos dos estaciones automáticas en el río Payamino una en una zona alta y otra en el sector urbano del El Coca adicional a esta medida implementar tres pluviómetros automáticos distribuidos en la cuenca, operados por el INAMHI en coordinación con el GAD Municipal de Orellana. El presupuesto estimado para la inversión es de 120.000 \$ aproximado con un plazo de implementación de 18 meses. La operación y mantenimiento deberá ser asumida por el GAD con asistencia técnica de la SNGR.
- Se recomienda actualizar los modelos HEC-HMS e IBER cada 2 o 3 años, incorporando nuevas series de precipitación y cambios en el uso del suelo detectados mediante imágenes satelitales. Este proceso debe ser liderado por la Dirección de Planificación, Unidad de Riesgos del GAD, con apoyo de la carrera de Ingeniería en Riesgos de Desastres de la UEB.

2. Ordenamiento territorial y control de ocupación:

- El GAD Municipal debe actualizar el catastro de predios en zonas de riesgo tomando en consideración sectores categorizados en alto y medio de acuerdo con la susceptibilidad y establecer una ordenanza que prohíba la construcción de nuevas viviendas en la franja de 50 metros desde el borde del cauce zona que deberá ser declarada zona de protección ribereña. Esta ordenanza deberá ser aprobada en un plazo máximo de 6 meses y socializada con las comunidades afectadas.

- Todo proyecto de infraestructura pública que se pretenda realizar ya sea vial, educativa, sanitaria, etc., en los barrios Ñucanchi Wasi, 12 de Noviembre y 24 de Mayo deberá incluir un estudio de riesgos de inundación previo, validado por la SNGR.

3. Medidas de mitigación estructurales:

- Realizar limpieza y desazolve del cauce del río Payamino en el tramo urbano, removiendo sedimentos, troncos y residuos sólidos que reducen la capacidad de conducción. Esta actividad debe ser coordinada por el GAD Municipal y el MAATE, con participación comunitaria. Presupuesto estimado 15.000 \$, prioridad inmediata 0-6 meses.
- Construcción de muros de contención tipo gavión en los tramos críticos del barrio Ñucanchi Wasi extensión aproximada de 800 metros lineales. Estos muros deberán tener una altura mínima de 2.5 metros y una base de 1.5 metros, con filtro geotextil para facilitar el drenaje. Plazo de ejecución 6-12 meses.
- Implementación de sistemas urbanos de drenaje sostenible en las áreas de mayor escorrentía superficial (calles del barrio 24 de Mayo), incluyendo pavimentos permeables, zanjias de infiltración y jardines de lluvia, que permitan reducir la carga sobre el sistema de alcantarilla pluvial. Plazo de ejecución 1-2 años.
- Programa de reforestación de la cuenca alta del río Payamino con especies nativas en al menos 50 ha de terrenos degradados, en coordinación con el MAATE y las comunidades de la parte alta. Presupuesto estimado 80.000 \$ plazo de ejecución 2-5 años.

4. Medidas no estructurales y preparación comunitaria:

- Desarrollar un AT que integre sensores de nivel de agua con una aplicación móvil y un sistema de sirenas en los tres barrios. Este sistema debe ser administrado por el GAD, este sistema debe ir de la mano con simulacros semestrales obligatorios para la población.
- Ejecutar talleres participativos sobre prevención de inundaciones, evacuación y primeros auxilios con una frecuencia mínima de dos talleres por año en cada barrio. Los contenidos deben incluir identificación de rutas seguras, uso de sistemas de alerta y protocolos de actuación.
- Elaborar planes específicos por barrio, señalizando rutas de evacuación y puntos de encuentro seguros. Estos planes deben ser socializados y aprobados por la comunidad en asambleas participativas, con una actualización anual.

Bibliografía

- Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja. (2023). *Inundaciones*. Obtenido de ifrc.org: <https://www.ifrc.org/our-work/disasters-climate-and-crises/what-disaster/floods>
- Guido, N. I., Popescu, L., Samadi, V., & Bhattacharya, B. (28 de Julio de 2023). Un enfoque de modelado integrado para evaluar los impactos de las soluciones basadas en la naturaleza para la mitigación de inundaciones en una pequeña cuenca hidrográfica en el sureste de los Estados Unidos. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 23(7), 2663 - 2681. doi:23, 2663–2681, 2023
- Ausable Freshwater Center. (2022). *¿Por qué se inundan los ríos?* Obtenido de ausableriver.org: <https://www.ausableriver.org/blog/why-do-rivers-flood>
- Benavidas, M. M., Scheffczyk, K., & Urrutia, M. (2021). Evaluación del riesgo de inundación en Ecuador. Obtenido de SECRETARÍA NACIONAL DE GESTIÓN DE RIESGOS Y EMERGENCIAS
- Constitución de la República del Ecuador. (13 de julio de 2008). *Constitución de la República del Ecuador* 2008. Obtenido de www.gob.ec: <https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2020-06/CONSTITUCION%202008.pdf>
- COOTAD. (19 de Octubre de 2010). *CODIGO ORGANICO DE ORGANIZACION TERRITORIAL*, COOTAD. Obtenido de cpccs.gob.ec: <https://www.cpccs.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/cootad.pdf>
- Directorio de Sostenibilidad. (Febrero de 2025). *Cuenca hidrografica y sus delimitantes*. Obtenido de lifestyle.sustainability-directory.com: <https://lifestyle.sustainability-directory.com/area/hydrological-basin/resource/1/>

Directorio de sostenibilidad. (3 de Febrero de 2026). *¿Cómo influye la geografía en la vulnerabilidad?* Obtenido de climate.sustainability-directory.: <https://climate.sustainability-directory.com/question/how-does-geography-increase-vulnerability/>

Floods Protection Solucions. (2023). *Soluciones de impermeabilización para una mayor resistencia a las inundaciones*. Obtenido de floodprotectionsolutions.co.uk: https://www.floodprotectionsolutions.co.uk/services/waterproofing-for-flood-resistance/?srsId=AfmBOor44J18qaF8cqGopOehsjqiLcR71aMWQe-DY3WjuQrWgI_TsRpK

Gabr, M. (2021). *What is the main river channel definition and how to determine it?* Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/post/What_is_the_main_river_channel_definition_and_how_to_determine_it/608a6d47e8da767c46651c13/citation/download.

Gómez Naucin, F. M., & Guevara Cadena, L. K. (2026).

Grupo HazardHub. (15 de Octubre de 2025). *¿Qué causa las inundaciones? Un vistazo a los desencadenantes naturales y antropogénicos?* Obtenido de guidewire.com: <https://www.guidewire.com/hazardhub/flood-risk/what-causes-floods>

Health & Care. (18 de Agosto de 2023). *Evaluación de riesgos para un stand de exposición*. Obtenido de Community Connect: <https://www.sneeics.org.uk/wp-content/uploads/2023/07/Risk-Assessment-for-an-Exhibition-Stand-CCWS.pdf>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. doi:978-1-4562-2396-0

Huan, W., Maoyi, H., Qiuhong, T., Kirschbaum, D., & Ward, P. (1 de Enero de 2017). *Riesgos hidrometeorológicos: seguimiento, pronóstico, evaluación de riesgos y respuestas socioeconómicas*. Obtenido de NTRS: <https://ntrs.nasa.gov/citations/20170003273>

Integración de la ciencia y la gestión de desastres. (2018). *Inundaciones costeras*. Obtenido de ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/coastal-flooding>

ISDR. (Mayo de 2009). *UNISDR Terminología sobre reducción del riesgos de desastres*. Obtenido de Estrategia Internacional para la reducción de desastres: https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf

Marketing Evergreen. (28 de Marzo de 2025). *Barreras contra flujos de escombros: soluciones eficaces para la protección contra deslizamientos de tierra e inundaciones*. Obtenido de evgcpl.com: <https://evgcpl.com/debris-flow-barriers-effective-solutions-for-landslide-and-flood-protection/>

Naciones unidas. (Marzo de 2019). *Sostenibilidad*. Obtenido de un.org: <https://www.un.org/es/impacto-acad%C3%A9mico/sostenibilidad>

Naciones Unidas. (Noviembre de 2024). *La biodiversidad: nuestra defensa natural más fuerte contra el cambio climático*. Obtenido de Naciones unidas. Acción climática: <https://www.un.org/en/climatechange/science/climate-issues/biodiversity>

NOAA National Severe Storms Laboratory. (2020). *Severe Weather 101: Flood Basics*. Obtenido de Clima severo 101: <https://www.nssl.noaa.gov/education/svrwx101/floods/>

P., K. M. (Enero de 2023). *Universal Soil Loss Equation (USLE)*. Obtenido de files.ontario.ca: <https://files.ontario.ca/omafra-universal-soil-loss-equation-23-005-en-2023-03-02.pdf>

- Paucar Camacho, J. (2016). *Modelo para la articulación de la Gestión del Riesgo en el proceso de Ordenamiento Territorial de la ciudad de Guaranda / Ecuador*. Obtenido de RODERIC: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=119195>
- PDOT ORELLANA. (2023). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL 2023 - 2030*. Obtenido de gporellana.gob.ec: https://www.gporellana.gob.ec/resources/uploads/desarrollo/2024/PDOT%20PROVINCIAL%20FINAL%202023-2027-signed-signed-signed-signed-signed_compressed-comprimido.pdf
- Pietrzyk, D. J., & Frank, C. W. (1979). *Development of an Analytical Method*. Obtenido de sciencedirect: <https://www.sciencedirect.com/topics/biochemistry-genetics-and-molecular-biology/analytical-method>
- Primicias, R. (2024). Orellana quedó bajo el agua tras 24 horas de intensas lluvias. Obtenido de <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/20310/29133>
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (26 de Mayo de 2025). *INFORME DE SITUACIÓN PROVINCIAL – ORELLANA*. Obtenido de Unidad de Monitoreo de Eventos Adversos CZ2 - Orellana: <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2025/05/SitRep-4-ELL-Orellana-26052025.pdf>
- Seguridad Pública de Canadá. (2012). Obtenido de Publications du gouvernement du Canada: https://publications.gc.ca/site/archivee-archived.html?url=https%3A%2F%2Fpublications.gc.ca%2Fcollections%2Fcollection_2012%2Fsp-ps%2FPS1-8-2012-eng.pdf

- Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencia SNGRE. (2019). *Plan Nacional de Seguridad Integral*. Obtenido de defensa.gob.ec: <https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/07/plan-nacional-riesgos-web.pdf>
- Taurumun, T., & Sotic, A. (2015). *The Review of the Definition of Risk*. Obtenido de Online Journal of Applied Knowledge Management: https://www.iiakm.org/ojakm/articles/2015/volume3_3/OJAKM_Volume3_3pp17-26.pdf
- USGS. (06 de Febrero de 2026). *¿Cuáles son los dos tipos de inundaciones?* Obtenido de usgs.gov/: <https://www.usgs.gov/faqs/what-are-two-types-floods>
- Usman, R., Olorunfemi, F., Awotayo, G., & Tunde, A. (Marzo de 2024). *Gestión del riesgo de desastres y evaluación del impacto social: comprensión de la preparación, la respuesta y la recuperación en proyectos comunitarios*. Obtenido de Evaluación del impacto social Researchgate: https://www.researchgate.net/publication/379036983_Disaster_Risk_Management_and_Social_Impact_Assessment_Understanding_Preparedness_Response_and_Recovery_in_Community_Projects
- Victores, I. (21 de Octubre de 2014). *Causas de las inundaciones*. Obtenido de Tierras y tecnología: <https://www.icog.es/TyT/index.php/2014/10/causas-las-inundaciones/>
- Wangchuk, T., & Tsubaki, R. (24 de Julio de 2024). Evaluación del riesgo de inundación por desbordamiento de un lago glaciar en la cuenca del río Phochhu, Bután. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 24(7), 2523 - 2540. doi:24, 2523–2540, 2024
- Wilson, M., & Deckert, J. (Septiembre de 2023). *Métodos de investigación descriptiva*. doi:10.5744/florida/9780813069548.003.0011

Zurich Insurance Group. (22 de Diciembre de 2025). *Entendiendo los tres tipos de inundaciones más comunes*. Obtenido de Zurich: <https://www.zurich.com/insights/business/three-common-types-of-flood>

Anexos

Anexo 1 Recolección de fotos del escenario mediante dron en las principales edificaciones afectadas por las inundaciones



Anexo 2 Reconocimiento del caudal en condiciones nomales e identificación de puntos críticos de desbordamiento



Anexo 3 Niveles de inundación en los barrios de mayor afectación de la zona de estudio



Anexo 4 Zonificación de las zonas de anegamiento y conservación de zonas de alta humedad

