



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR
FACULTAD 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:

“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”

AUTOR(A) (ES):

BYRON BLADIMIR QUISPE MILÁN
JORDY RIGAEL REA MANOBANDA

Tutor:

Ing. Numa Gaibor MsC.

GUARANDA – ECUADOR

2024



La suscrita por Ingeniero Numa Gaibor, en calidad de **TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, docente de la Universidad Estatal de Bolívar.

CERTIFICA

Que la Sr. **Quispe Milán Byron Bladimir**, portador de la cédula **020269539-1** y la Sr. **Rea Manobanda Jordy Rigael**, portador de la cédula **025029383-4**, estudiantes de la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO, culminados en la **Carrera de Ingeniería en Riesgos de Desastres**, modalidad presencial, una vez revisado el documento **“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”**, pueden proceder a realizar el proceso del empaste de su proyecto de investigación.

Guaranda, 08 de abril del 2025.

Atentamente,


Ing. Numa Gaibor.

DERECHOS DE AUTOR

Nosotros **Quispe Milán Byron Bladimir** y **Rea Manobanda Jordy Rigael**, portadores de la Cédula de Identidad No **020269539-1** y **025029383-4** en calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación: **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**, modalidad proyecto de titulación, 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.

Byron Bladimir Quispe Milán

Rea Manobanda Jordy Rigael



Byron Quispe
020269539-1



Jordy Rea
025029383-4

Tema

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

Agradecimiento

Gratifico infinitamente a Dios por consagrar salud y fortaleza a través del proceso educativo y permitir distinguirme con el tan preciado presente. De igual manera a mis figuras paternas “Enrique Quispe” y “María Milán” quienes me apoyaron en el transcurso académico con sus consejos y las buenas prácticas impartidas.

Quiero expresar un profundo agradecimiento al grupo docente quienes conforman el campo de la Ingeniería en Riesgos de Desastres en la Universidad Estatal de Bolívar, particularmente al Ingeniero Numa Gaibor, por tan invaluable voluntad y constante apoyo quien nos contribuyó de sus instrucciones y guías enfocadas a fortalecer nuestro criterio técnico.

Byron Bladimir Quispe Milán

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme la oportunidad de llegar hasta este momento tan importante en mi vida, por regalarme salud y también por ser mi fortaleza en cada meta propuesta, a mis padres Ángel Rea y Delia Manobanda por estar conmigo en cada paso inclusive en situaciones difíciles junto a mis hermanas que hemos llegado a ser una familia unida y con mucho afecto. También agradezco a mis abuelitos quienes con su sabiduría me han sabido llegar a formar como la persona que soy hoy en día.

Por su atención, paciencia, guía y consejos deseo expresar mi agradecimiento al tutor del presente proyecto de titulación Ing. Numa Gaibor, a los estimados docentes que conforman la carrera de Ingeniería en Riesgos de Desastres de la Universidad Estatal de Bolívar por brindar una educación de excelencia y formación como profesional en bien de la sociedad.

Jordy Rigael Rea Manobanda

Dedicatoria

Confiero dedicar este presente hacia la Sagrada virgen del Cisne, por brindarme sabiduría/fuerza necesaria para concluir con tan anhelado trabajo de Titulación, de igual manera a mis figuras paternas por el sacrificio, amor y esmero leal a lo largo de toda mi vida de estudio. Sin su dedicación y motivación el presente proyecto no sería posible. Gracias por constantemente estar a mi lado y convertirse en mi mayor medio de inspiración.

A mi hermano mayor por su ayuda y mis hermanos pequeños Denis Quispe y Ángel Quispe quienes me acompañaron con su presencia motivándome a ser una inspiración hacia ellos sin doblegarme.

Finalmente, a mi madrina Cecilia Espín y toda su familia quienes motivaron a mis padres a seguir apoyándonos y no rendirse jamás ante todos los obstáculos que se presentasen en la vida, e infinitamente agradecido por todo aquellos.

Byron Bladimir Quispe Milán

Dedico este logro tan muy especial en mi vida a Dios, por mantenerme con salud y permitirme la oportunidad de culminar con éxito el presente trabajo de Titulación.

A mis padres porque fueron los que creyeron en mi desde un principio y me han sabido brindar palabras motivadoras para poder cumplir mis metas y seguir por el camino de la vida afrontando obstáculos y adversidades que se presenten, a mi novia, a mis hermanas, a mis abuelitos que gracias a Dios puedo tener el grato honor de sus presencias y a mi familia en general que me han sabido considerar en bien.

Jordy Rigael Rea Manobanda

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

Guaranda, 3 de febrero del 2025.

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

CERTIFICA:

Que el proyecto de investigación titulado: “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”; realizado por los señores: Byron Bladimir Quispe Milán y Jordy Rigael Rea Manobanda 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.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE PRE GRADO

Índice General

Agradecimiento	III
Dedicatoria	IV
Índice General	VI
Índice de Mapas	X
Índice de Tablas	XI
Índice de Gráficos	XII
Índice de Ilustración	XII
Resumen.....	XV
CAPÍTULO I.....	17
1 PROBLEMA	17
1.1 Planteamiento del Problema	17
1.2 Formulación del Problema.....	19
1.3 Justificación	19
1.4 Objetivos	20
1.4.1 Objetivo General	20
1.4.2 Objetivos Específicos.....	20
1.5 Hipótesis	21
1.6 Sistema de Variables.....	21
CAPÍTULO II.....	27
2 MARCO TEÓRICO	27
2.1 Referencial o Georreferencial.....	27

2.2	Antecedentes	29
2.3	Bases Teóricas	33
2.3.1	Inundaciones.....	33
2.3.2	Tipos de inundaciones.....	34
2.3.3	Causas de las inundaciones	35
2.3.4	Características geomorfológicas	37
2.3.5	Factores desencadenantes.....	38
2.3.6	Evaluación de la exposición a la amenaza de inundación.....	39
2.3.7	Elementos Expuestos y Esenciales.....	39
2.3.8	Índice de ponderación del riesgo por inundación.....	40
2.3.9	Tipos de afectación.....	41
2.3.10	Medidas estructurales y no estructurales.....	43
2.4	Marco Legal	44
2.4.1	Constitución del Ecuador	44
2.4.2	Plan Nacional del Ecuador	46
2.4.3	Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD).....	46
2.4.4	Ley Orgánica para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres.	47
2.4.5	Reglamento a la Ley de Seguridad Pública y del Estado	48
CAPÍTULO III.....		52
3	METODOLOGÍA.....	52
3.1	Tipo de Investigación.....	52
3.2	Enfoque de la investigación	52

3.3	Métodos de Investigación	53
3.4	Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos.....	55
3.4.1	Técnicas de recopilación de datos para el primer y segundo objetivo	55
3.4.2	Técnicas de recopilación de datos para el tercer objetivo	57
3.4.3	Instrumentos de recopilación de la información	58
3.5	Técnicas de análisis y procesamiento de la Información.....	59
3.5.1	Metodología para identificar las áreas susceptibles a inundaciones en la zona urbana de la parroquia Caracol, cantón Babahoyo.....	59
3.5.2	Metodología para la caracterizar los elementos expuestos ante la amenaza de inundaciones en la zona urbana de la parroquia Caracol	62
3.5.3	Metodología para proponer medidas de reducción de riesgo para las zonas susceptibles a inundaciones	62
CAPÍTULO IV		65
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	65
4.1	Resultado del objetivo 1.....	65
4.1.1	Identificar las áreas susceptibles a inundaciones en la zona urbana de la parroquia Caracol, cantón Babahoyo.....	65
4.2	Resultado del objetivo 2.....	110
4.2.1	Caracterizar los elementos expuestos ante la amenaza a inundaciones en la zona urbana de la parroquia Caracol.....	110
4.3	Resultado del Objetivo 3.....	120
4.3.1	Proponer medidas de reducción de riesgos de desastres ante la inundación del río Catarama en la parroquia Caracol	120

CAPÍTULO V	129
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	129
5.1 Conclusiones.....	129
5.2 Recomendaciones	130
6 Bibliografía.....	131
ANEXOS.....	137

Índice de Mapas

Mapa 1. Mapa de ubicación parroquia Caracol.	28
Mapa 2. Mapa de delimitación de la cuenca hídrica del río Catarama.	67
Mapa 3. Mapa de orden de drenaje de la cuenca.	70
Mapa 4. Mapa del factor de erosión.....	76
Mapa 5. Mapa del índice topográfico de humedad.....	78
Mapa 6. Mapa de precipitaciones.	80
Mapa 7. Mapa de ubicación geográfica de los perfiles.....	93
Mapa 8. Mapa de calado de la parroquia Caracol.....	102
Mapa 9. Mapa de Froude.	104
Mapa 10. Mapa del caudal específico.....	105
Mapa 11. Mapa de la velocidad del caudal.....	106
Mapa 12. Mapa de susceptibilidad a inundaciones del peor escenario.....	107
Mapa 13. Tiempos de retorno para 10, 50 y 100 años.	109
Mapa 14. Mapa de exposición de edificaciones principales.....	114
Mapa 15. Mapa de exposición de edificaciones residenciales.....	116
Mapa 16. Mapa de exposición de la red vial.....	119
Mapa 17. Mapa con medidas estructurales implementadas.....	128

Índice de Tablas

Tabla 1. Operacionalización de variables.	22
Tabla 2. Rangos de Ponderación del Riesgo de Inundación	40
Tabla 3. Ponderación de niveles de exposición	62
Tabla 4. Clasificación de orden de drenaje.	69
Tabla 5. Propiedades morfométricas cuenca.....	72
Tabla 6. Hipsometría de la cuenca.	73
Tabla 7. Datos obtenidos y organizados NASA 2001-2023.	81
Tabla 8. Cálculo de parámetros estadísticos comprendidos entre los años 2001 – 2023.	84
Tabla 9. Prueba de Kolmogórov-Smirnov.	87
Tabla 10. Precipitaciones diarias máximas posibles para distintas frecuencias.	88
Tabla 11. Cálculo estadístico del primer tramo.	95
Tabla 12. Cálculo estadístico del segundo tramo.....	97
Tabla 13. Cálculo estadístico del tercer tramo.	99
Tabla 14. Área expuesta a los diferentes niveles de amenaza de inundación	107
Tabla 15 Nivel de amenaza de inundaciones en los periodos de retorno	108
Tabla 16. Identificación de los elementos críticos en la parroquia Caracol.	110
Tabla 17. Determinación de los elementos expuestos ante la amenaza de inundación.	112
Tabla 18. Número de edificaciones expuestas.	115
Tabla 19. Descripción general longitudinal de las vías de la parroquia Caracol.	118
Tabla 20. Matriz de medidas estructurales de reducción de riesgos ante la amenaza de inundaciones en la parroquia Caracol	121

Tabla 21. Matriz de medidas no estructurales de reducción de riesgos ante la amenaza de inundaciones en la parroquia Caracol	124
---	-----

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Curva hipsométrica y frecuencia de altitudes.	74
Gráfico 2. Representación gráfica de Outlier.....	85
Gráfico 3. Diagrama Caja-Bigotes (complots)	86
Gráfico 4. Representación de las precipitaciones máximas.....	89
Gráfico 5. Determinación de la Curva de Intensidad, Duración y Frecuencia IDF.	90
Gráfico 6. Hietograma de precipitación para 100 años.....	91

Índice de Ilustración

Ilustración 1. Flujograma de búsqueda de información.	58
Ilustración 2. rama del procesamiento de información.	63
Ilustración 3. Representación del primer perfil.....	94
Ilustración 4. Representación del segundo perfil.	96
Ilustración 5. Representación del tercer perfil.....	98
Ilustración 6. Representación de los niveles de profundidad del agua.....	101

Índice de Anexos

Anexo 1 Memoria Fotográfica.....	137
Anexo 2 Cartográfica Completa	140
Anexo 3 Tablas	159

Introducción

El paradigma de las inundaciones ha causado incertidumbre en la sociedad científica y en las entidades de Gobierno en el ámbito local, regional, nacional y en todo el mundo. De manera que, esta amenaza se presenta con gran frecuencia en épocas invernales agravado por las precipitaciones intensas que generan un incremento considerable en los niveles de caudal en innumerables ríos y arroyos, esta amenaza al materializarse en ciertas redes hídricas o cuencas hidrográficas, representan un alto índice de peligrosidad hacia las condiciones de vida de grupos poblacionales, bienes materiales e infraestructuras, por tal motivo, se brinda el estudio de zonas susceptibles a inundaciones y elementos expuestos de la zona urbana de la parroquia Caracol del cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos en el periodo septiembre-diciembre 2024, enfocado en proteger y velar por el bienestar de las personas junto a sus elementales críticos y esenciales que confieren a la infraestructura y sistemas funcionales tanto públicos como privados presentes en el territorio.

El desbordamiento de los ríos, la falta de estudios y la deficiencia de políticas públicas han puesto a la parroquia en una situación de vulnerabilidad frente a estos sucesos de origen natural, mismos que repercuten en el desarrollo integral de las personas y sus elementos esenciales constituyendo un problema de gran relevancia que se debe poner en consideración a las autoridades competentes para efectuar construcciones importantes que no se vean afectadas y estén diseñados de manera segura.

La aplicación metodológica no experimental, descriptivo, analítico, bibliográfico y de campo del proyecto de investigación, enlaza enfoques tanto cualitativo como cuantitativo para una mejor estimación del problema de las inundaciones. El determinar zonas susceptibles a

inundaciones en la parroquia Caracol, permitió el correcto control de los recursos hídricos de manera que proporciona un mejor entendimiento sobre la dinámica de las unidades hidrográficas.

En torno a una serie de procesos específicos para su desarrollo, se optó por realizar un análisis exhaustivo de la morfología de la cuenca, así como del factor desencadenante de las inundaciones, se puso especial énfasis en el componente meteorológico relacionado con las precipitaciones. Posteriormente, se procedió a la estimación de las inundaciones a través de la modelación hidráulica de las subcuentas “río Catarama” y su afluente “río Pijullo”. De este modo, se contribuye con la identificación de áreas más vulnerables en el lugar de estudio. La caracterización del riesgo constituyó una etapa fundamental para verificar los elementos expuestos ante esta amenaza, con el cual permitió proponer medidas efectivas para la reducción de riesgos de desastres asociados a estos eventos.

En este contexto, la búsqueda y recolección de datos como el análisis y procesamiento de los mismos, se preside en la comprensión y descripción de la forma más efectiva, además del uso de métodos, técnicas y recursos para evaluar las cuencas hidrográficas. Este proceso sistematizado resultó útil para organizar la información, presentar los datos y cálculos estadísticas al realizar la modelación hidráulica y con ello determinar los elementos que serán afectados en ciertas áreas.

La información estadística fue procesada mediante softwares de ArcGIS, AutoCAD, Hydrognomon, Hidroesta y matrices de Excel para correlacionar y corregir datos hidrológicos, donde se evidenciaron afectaciones negativas en los datos anómalos, esta premisa repercute en los tomadores de decisiones tales que fundamentan su criterio bajo el amparo de la evaluación de zonas de susceptibilidad a inundaciones que afectaría a la población en un futuro para mitigar los riesgos, lo que encamina a la resiliencia de la parroquia Caracol.

Resumen

Debido a las inundaciones repentinas que se presentan en la parroquia Caracol, en especial, en épocas invernales debido a la presencia de fuertes precipitaciones, se desarrolló 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”, el cual 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 por medio de la implementación de un modelo hidrológico-hidráulico y el uso de softwares 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 se basó 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 del modelamiento hidráulico en Iber con estimación de caudales máximos que contrasta con los valores numéricos de caudales asociados a los tiempos de retorno, fueron utilizados para sobre posicionar la amenaza [calado x velocidad] con los elementos críticos-esenciales y con ello determinar niveles de riesgos acorde a su exposición para la elaboración de medidas de reducción de riesgos. La conclusión primordial recae en la necesidad de efectuar estrategias de mitigación ante inundaciones para las áreas más propensas a inundaciones como son las partes exteriores de la parroquia y reducir los niveles de riesgo. Focalizando la resiliencia de la comunidad en temas de gestión de riesgos de desastres.

Palabras Clave: Áreas susceptibles; Elementos expuestos; Inundaciones; Medidas de reducción de riesgos; Modelamiento hidráulico.

Abstract

Due to the flash floods that occur in the Caracol parish, especially in winter due to the presence of heavy rainfall, the research work called "Areas susceptible to flooding and exposed elements of the urban area of the Caracol parish, Babahoyo canton, Los Ríos province in the period September-December 2024" was developed, which is aimed at determining the most vulnerable areas to the threat of flooding and the exposure of existing elements within the study site through the implementation of a hydrological-hydraulic model and the use of Geographic Information Systems (GIS) software to assess the risk of flooding in areas surrounding the banks of the Catarama River and its tributary, the Pijullo River.

The research was based on a non-experimental study and the application of both analytical-descriptive methods and methods involving qualitative and quantitative aspects to detail the threat with real information and present reliable data.

The results of hydraulic modeling in Iber, with peak flow estimates contrasted with numerical flow values associated with return times, were used to superimpose the hazard [draft, velocity] with critical-essential elements and thereby determine risk levels according to their exposure for the development of risk reduction measures. The primary conclusion is the need to implement flood mitigation strategies for the areas most prone to flooding, such as the outer parts of the parish, and reduce risk levels. Focusing on community resilience in disaster risk management issues.

Keywords: Susceptible Areas, Exposed Elements, Floods, Risk Reduction Measures, Hydraulic Modeling.

CAPÍTULO I.

1 PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

Ecuador muestra un alto grado de vulnerabilidad frente a peligros ya sea naturales como antropogénicos. El 60% de estas amenazas son de índole hidrometeorológica como: inundaciones, sequías y aluviones, mientras que el 40% restante se atribuye a eventos geofísicos, como: actividades volcánicas, incendios en áreas forestales y deslizamientos de tierra (World Bank Group, 2024). Según la información recopilada por el ECU 911, comprendido en los años 2019 y 2023 se han registrado un total de 2836 casos de inundaciones en todo el territorio ecuatoriano, causando perjuicios económicos significativas y afectaciones a la salud de la población (Menoscal Cevallos, 2017).

Las zonas susceptibles a inundaciones y los elementos expuestos de la zona urbana de la parroquia Caracol, cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos, plantea un desafío significativo en el ámbito de la gestión de riesgos y desarrollo sostenible, debido a que la parroquia por su ubicación geográfica a la ribera del río Catarama, enfrenta una amenaza de origen natural conforme a su topografía y la presencia de fuertes precipitaciones, ocasionando que la amenaza de inundaciones represente un peligro significativo debido al aumento de agua en el cauce. (Pacheco Cobeña, 2018). El crecimiento de la urbanización y la deficiente planificación territorial han contribuido a la vulnerabilidad de la población de la parroquia, resaltando la necesidad de tratar este problema desde un enfoque integral y a largo plazo.

La parroquia Caracol, comúnmente enfrenta riesgos continuos relacionados con el tema de inundaciones, en especial en épocas invernales, tal es el caso de las fuertes lluvias, generando la exposición de riesgos a elementos críticos, esenciales, materiales y humanos. Según informe

publicado por la Secretaria de Gestion de Riesgos (2024) menciona que; La madrugada del 5 de febrero del 2024, las fuertes precipitaciones originaron inundaciones producto del desbordamiento del caudal afectando considerablemente la zona urbana y 600 m longitudinales en la vía de tercer orden Hasta ahora, la falta de mantenimiento al sistema de drenaje, la ocupación irregular de áreas de riesgo y la insuficiente regulación de la expansión urbana han generado una mayor exposición a inundaciones repentinas y prolongadas. Entre ellas 90 viviendas afectadas, las cuales 97 familias afectadas (se mantienen en sus viviendas) y 326 personas damnificadas (Secretaria de Gestion de Riesgos, 2024). La existencia de todos estos componentes expuestos, agrava la situación, aumentando la probabilidad de daños humanos y materiales en caso de eventos extremos.

Algunas complicaciones ocasionadas por las inundaciones en ciudades y parroquias son recurrentes debido a la deficiencia en la conformación de programas y medidas mitigantes ante eventos naturales por parte de los gobiernos autónomos (Cevallos Tigreros, 2020). Según Meza Merlos (2007) señala que, las causas que comúnmente agravan las inundaciones se desarrollan con base a la distribución geográfica de las lluvias, la topografía del sector de estudio, las propiedades físicas de los ríos y arroyos, el desconocimiento del uso de territorios y el crecimiento urbano sin una planificación adecuada.

Los residentes de la parroquia Caracol mediante actividades de construcción, comercio, trabajadores públicos o privados y la agricultura, tienen su sustento económico para sus familias, es por ello que, la incidencia de la amenaza de inundaciones, limita la capacidad del desarrollo integral de la población, por ende, se considera esencial identificar las zonas susceptibles a inundaciones, para conocer con mayor certeza las afectaciones que se darían en la parroquia en cuanto a las personas, materiales e infraestructura.

1.2 Formulación del Problema

¿Cuáles son las zonas más susceptibles a inundaciones y qué elementos de la zona urbana estarían expuestos en la parroquia Caracol, cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos en el periodo septiembre – diciembre 2024?

1.3 Justificación

La presente investigación sobre susceptibilidad a inundaciones y los elementos expuestos en la zona urbana de la parroquia Caracol, cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos, es fundamental por razones de aspectos sociales, financieros y ambientales, debido a que radica en la protección de vidas humanas, la preservación de activos físicos, promoción de un desarrollo urbano sostenible al reconocer y mitigar las vulnerabilidades asociadas a la población.

Las inundaciones simbolizan una amenaza considerable para colectividades ubicadas en zonas propensas a esta amenaza natural. La parroquia Caracol, al estar situada en un área ribereña, puede estar expuesta a riesgos de inundaciones en diversos periodos del año, lo que causa daños a infraestructuras, pérdida de viviendas, bienes materiales, pérdidas económicas y en situaciones extremas, representa un peligro para la vida de los habitantes, causando perturbaciones en la vida cotidiana. Por lo tanto, es importante identificar las zonas susceptibles y los elementos expuestos dentro de la zona urbana para poder implementar medidas de mitigación y preparación adecuadas.

Al identificar las zonas más vulnerables y los elementos expuestos, se puede proporcionar información valiosa a las autoridades y organismos pertinentes para la planificación en el desarrollo de planes de contingencia, regulación del uso de territorio, la construcción de viviendas e infraestructuras, estrategias de mitigación de riesgos con mayor grado de efectividad y la acción de formular decisiones orientadas a proteger a la población como; sistemas de alerta

temprana, obras de infraestructura, medidas de reubicación de grupos poblacionales, la capacitación a la población en materia de preparación y respuesta para disminuir el grado de pérdidas de vidas, económicas y recursos materiales, reduciendo también el impacto negativo de las catástrofes de origen natural.

Una perspectiva holística en la gestión del riesgo de desastres frente a la amenaza de inundaciones en la parroquia Caracol, contribuiría a la comunidad la capacidad de adaptarse ante próximos sucesos de inundación, promoviendo la equidad social y económica, garantizando que todas las personas, sin distinción alguna de su condición socioeconómica, tengan acceso a un entorno seguro y sostenible para vivir y trabajar. La relevancia de este conocimiento está dirigido al desarrollo de una cultura resiliente, lo que permite anticipar de manera preventiva los riesgos asociados a las inundaciones y preparar a la población frente a esta amenaza, reduciendo la incertidumbre, las pérdidas humanas y económicas.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Determinar las zonas susceptibles a inundaciones y elementos expuestos en la zona urbana de la parroquia Caracol, cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar áreas de susceptibilidad a inundaciones, en la zona urbana la parroquia Caracol, cantón Babahoyo.
- Caracterizar los elementos expuestos frente a la amenaza de inundación en la zona urbana de la parroquia Caracol.
- Proponer medidas de reducción del riesgo para las zonas susceptibles a las inundaciones.

1.5 Hipótesis

En la investigación no se utilizó hipótesis, debido al tipo de investigación empleado, el cual, está encaminado en un enfoque descriptivo-exploratorio, ya que no se corrobora a una suposición específica en el estudio de la amenaza de inundación en la parroquia Caracol, sino más bien, la correlación de disponer una comprensión más clara, del comportamiento de la amenaza ante una eventualidad del riesgo, de forma objetiva y concisa para determinar conclusiones basadas en la realidad del estudio.

1.6 Sistema de Variables

Variable independiente

Zonas susceptibles a inundaciones

Variable dependiente

Elementos expuestos

Tabla 1.*Operacionalización de variables*

VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA	INSTRUMENTO
(Variable independiente) Zonas susceptibles a inundaciones		Modelo Hidrológico	Área del drenaje	Km ²	Uso y manipulación de software de información geográfica.
			Longitud del cauce	Km	Uso y manipulación de software de información geográfica SAGA-SIG.
			Factor erosión LS	Min: 0 Max: 89,09	NASA POWER.
			Índice topográfico	Min: 0,760651 Max: 23,9805	Matriz de Outlier.
			de humedad	mm máx. por día,	Datos de precipitación de la cuenca media
			Precipitaciones	mes y año	
	Curvas Intensidad	Tr10 100,82 mm/h Tr50 128,5 mm/h Tr100 138,69 mm/h			

				obtenido de NASA POWER. Modelo de Dick Peschke. Método del bloque alterno.
			Tr10 1,017m3/s Tr50 1,282m3/s Caudales máximos Tr100 1.416m3/s	
Las zonas que son más expuestas a las inundaciones incluyen arroyos y ríos montañosos, áreas urbanas, áreas bajas, desagües pluviales y alcantarillas. Estos lugares	Modelo hidráulico	Modelo Digital del Terreno “MDT” SIGTIERRAS Modelo Digital del Terreno “MDT” ALOS PALSAR Uso de suelo	Min:0 Max:22,95 Min:5 Max:4,591 Río Pradera	Uso del sistema de información geográfica. Geo portal ALOS PALSAR. Geo portal SIG TIERRAS. Levantamiento de información en

tienen		Infraestructura	campo y sistema de
características que		Vías de asfalto	información
los hacen más			geográfica.
propensos a	Rugosidad	0,025	Software IBER.
inundaciones		0,05	
repentinas y otros		0,032	
tipos de eventos		0,018	
de inundación	Malla	Mallado de 1 x 5 m	Uso del software
(Petty, 2024).	computacional de		IBER.
	condiciones de		
	contorno		
	Área de	m ²	
	inundaciones	M	
	Calado	m/s	
	Velocidad		

VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA	INSTRUMENTO
(Variable dependiente) Elementos expuestos que se fortalezca la regulación e inserción de disposiciones específicas ante la mitigación del riesgo de inundaciones.	Existen métodos para identificar zonas vulnerables que cambian en función de las cualidades definidas de las edificaciones y elementos esenciales expuestos, así como de la naturaleza del evento mismo. De tal manera que se fortalezca la regulación e inserción de disposiciones específicas ante la mitigación del riesgo de inundaciones.	Edificios públicos	Escuelas Gad Parroquial Centro de salud UPC Cuerpo de Bomberos	Núm. de edificaciones afectadas por nivel de amenaza	GPS. Vistita de campo. Datos geoespaciales de la prefectura de los Ríos.
		Centros religiosos	Iglesia	Núm. de centros afectados por nivel de amenaza	
		Centros recreativos	Canchas deportivas Parques	Núm. de centros afectados por nivel de amenaza	
		Edificaciones residenciales	Viviendas	Núm. de edificaciones	

		afectadas por nivel de amenaza
Infraestructura esencial	Planta de captación y distribución de agua Red vial	Núm. de infraestructuras afectadas por nivel de amenaza Km longitudinales de afectación por nivel de amenaza
	Puente	Núm. de afectaciones por nivel de amenaza

Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

CAPÍTULO II.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Referencial o Georreferencial

La parroquia Caracol ubicada en la parte norte del cantón Babahoyo provincia de Los Ríos. Según Franzpc (2023) en sus datos extraídos y publicados de la división política del Ecuador, la parroquia cuenta con una superficie territorial de 116,36 km² en el perfil costero. De acuerdo con los datos del censo Ecuador 2022 manifiesta que el lugar de estudio cuenta con una población total de 5.226 habitantes (INEC, 2022).

La parroquia Caracol desde sus orígenes tiene años de antigüedad, siendo su fecha de creación el 20 de noviembre de 1542, se encuentra ubicada en las estribaciones del río Catarama que desemboca en la cuenca del río Guayas, específicamente en las coordenadas UTM “670981,00 Este” y “9815210,00 Norte”. Además, cuenta con una altitud que va desde los 8 hasta superar los 42 metros sobre el nivel del mar “m.s.n.m” (NASA, 2024)

Límites

Norte: Cantón Urdaneta

Sur: Parroquia Babahoyo

Este: Parroquia La Unión (de Babahoyo)

Oeste: Parroquia Pimocha

2.2 Antecedentes

Con base en investigaciones relevante se ha tomado en cuenta casos útiles de estudio para solventar la importancia del presente proyecto:

- **“Evaluación del riesgo de inundaciones rurales y los factores que influyen en la percepción del riesgo de inundaciones en los hogares en la región de Haut-Bassins de Burkina Faso, África occidental”**, desarrollado y presentado por (Sougué, y otros, 2024) mencionan que;

En las últimas dos décadas, varias inundaciones han afectado a personas y sus propiedades en Burkina Faso. Este estudio fue desarrollado con el objetivo de orientar la disposición de los bienes de rescate y socorro a las personas afectadas frente a las inundaciones lo cual demuestra cómo los datos recopilados a nivel de hogares pueden usarse para comprender el riesgo de inundaciones y sus componentes a nivel de aldea. La metodología empleada destaca factores importantes que exagera la vulnerabilidad de las infraestructuras de ingeniería civil mal diseñadas, como las carreteras. Además, se percibido los riesgos consistentes de inundaciones, con una correlación positiva insignificante entre ambos índices de riesgo. Con base en la regresión estadística los resultados indican que la percepción y el comportamiento de los hogares están influenciados negativamente por información perniciosa. Los hallazgos realizados en este estudio proporcionaron información valiosa a líderes municipales y regionales involucrados en la inserción de medidas de mitigación del riesgo de desastres dentro del área de estudio.

Los escenarios de las inundaciones se han combinado con alteración del cambio climático, lo que influye en el incremento de una determinada cuenca hidrográfica afectando infraestructuras y asentamientos humanos ubicados al borde de los cauces, el logro obtenido en la investigación brinda información redundante sobre las inundaciones.

- **“Respuestas geomorfológica de los arroyos a las inundaciones durante la reducción del nivel base: perspectivas obtenidas mediante estudios fotogramétricos con drones en los afluentes del Mar Muerto”** desarrollado y presentado por (Ben Moshe & Lensky, 2024) menciona que;

Este estudio aborda la brecha de conocimiento identificada mediante el uso de estudios con drones y datos hidrológicos. Su objetivo es investigar cuantitativamente la relación entre eventos discretos de inundaciones repentinas y los presupuestos de sedimentos. Tal investigación fue desarrollada a través de una amplia gama de metodologías empíricas-físicas, combinación de trabajo de campo, experimentación y marcos de modelado.

Los resultados exploran respuestas geomorfológicas de las corrientes aluviales efímeras, Darga y Arugot, a eventos de inundación discretos durante un período de cuatro años. El caudal máximo surgió como el factor principal que influyó en la remoción de sedimentos, lo que llevó a una evacuación de sedimentos más eficiente y a un balance de sedimentos negativo con un mayor caudal. En conclusión, la investigación destaca la eficiencia de la fotogrametría basada en drones para la recopilación de datos rentable y oportuna, lo que proporciona una flexibilidad invaluable para la investigación de campo.

El estudio aborda una problemática relevante en cuanto al movimiento hídrico a través de arroyos fluviales y el respectivo arrastre sedimentario al cabo de presentarse un caudal máximo mismos que conllevan a inundaciones repentinas en una zona propensa a estos eventos, los autores han considerado los frecuentes periodos de desbordamientos de las corrientes aluviales efímeras, Darga y Arugot y sus consecuencias que afectan a la población local, por medio del uso tecnologías fotogramétricas se basan en saber previsiones futuras por medio de recopilación de datos oportunos o la invaluable precisión investigativa de campo.

- **“Implementación del modelo automatizado celular de evolución del paisaje CAESAR-Lisflood para determinar posibles áreas de inundación en la sub cuenca del río Portoviejo, costa de Ecuador”** desarrollado y presentado por (Moncayo Galárraga, Robayo Nieto, Padilla, & Toulkeridis, 2023) mencionan que;

La investigación se centra con el objetivo de determinar las zonas con posibilidad de inundación a diferentes periodos de retorno en la parroquia Colón del cantón Portoviejo utilizando el modelo bidimensional CAESAR-Lisflood en sus dos modalidades funcionales del modo de cuenca y tramo. Los insumos manipulados para la simulación fueron datos de lluvia y caudal a diferentes periodos de retorno (máximo histórico y probable), y el tamaño sedimentario obtenido a partir de análisis granulométrico por tamizado y un Modelo Digital de Elevación y posteriormente los comprobaron con HEC-RAS.

A cabalidad, el resultado se presenta mediante probabilidad de ocurrencia en función del periodo de retorno (10, 25, 50, 100 y 500 años), donde a mayor periodo de retorno menor probabilidad de ocurrencia, mientras que el segundo ha sido la intensidad que se clasifica como baja, media y alta en función de la profundidad del flujo de agua, siendo las instituciones educativas, centros de salud y viviendas las edificaciones de interés para analizar la peligrosidad media y alta.

En la actualidad, los modelos hidrodinámicos e hidrológicos constituyen una herramienta fundamental que permite aparentar el flujo de agua en cuencas hidrográficas de diferentes entornos, al realizar este tipo de análisis de cuencas hídricas y la inferencia de las precipitaciones registradas en plataformas de seguimiento hidrológico aluden en la formación de escenarios históricos y los periodos de retorno con base en comportamiento y modelado es factible designar áreas con niveles de afectación y la profundidad con que el agua se presente en la zona expuesta.

- **“Inundaciones urbanas: propuestas para una gestión de riesgos”** desarrollado y presentado por (García Bracamonte & Teran, 2024) mencionan que;

La investigación se enfoca en el objetivo de un manejo de los riesgos adjuntos con el sobre ocupamiento de agua en distritos urbanos, destacando la importancia de implementar estrategias efectivas en minimizar los impactos de los escenarios extremos. el artículo integro conocimientos de ingeniería, ciencias ambientales, proyección de planes urbanos y manejo zonas expuesta al riesgo. Los resultados demuestran que la inserción de leyes, mandatos, medidas, infraestructura verde y la participación comunitaria, puede reducir significativamente el riesgo de inundaciones urbanas, con el fin de fomentar la sostenibilidad, adaptabilidad y mejora continua de las comunidades y su desarrollo (García Bracamonte & Teran, 2024, pág. 4).

En el presente texto resalta la necesidad de impartir una gestión integral y colaborativa con el fin de afrontar el riesgo de inundaciones en entornos urbanos y rurales, lo que destaca las medidas preventivas y prospectivas, tales que pueden beneficiar a las comunidades como al medio ambiente la coordinación y uso de (SIG) en brinda continua mejora referente a percibir el riesgo como herramienta de simulación y caracterización de la amenaza imparcial.

- **“Evaluación de la resiliencia de los barrios Playita y Malecón ante la amenaza de desbordamiento del Río Soloma del cantón Echeandía provincia Bolívar en el periodo mayo – agosto del 2017”** desarrollado y presentado (Manobanda Toapanta & Robayo González, 2017) mencionan que;

En el estudio se desarrolló con el objetivo de estipular la resiliencia de las áreas que contengan asentamientos irregulares como el caso de la Playita y el Malecón frente el impacto que presenta el desbordamiento del caudal hídrico Soloma, con el uso del plano transversal en conjunto a metodologías como el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y

el manual de evaluación de resiliencia se trabajaron en el levantamiento de información mediante el uso de encuesta definiendo información relevante con base en el propósito del estudio. Los resultados ratificaron a los autores comprender los escalones de la resiliencia que presenta las áreas expuestas a partir del mapeo, medición de capacidades de la entidad gubernamental, público civil, análisis de datos estadísticos y final mente designado las medidas de reducción de riesgo con la integración del conocimiento civil designado por los habitantes locales.

En conclusión, mediante este procedo exhaustivo determinan que las áreas delimitadas al estudio y los líderes de las instituciones presentan un déficit en cuanto a la resiliencia frente al incremento y desbordamiento del caudal por tal es primordial general medidas preventivas y acciones de fortalecimiento en el campo de la respuesta al público general centrándose con prioridad a las zonas expuestas del cantón Echeandía. (Manobanda Toapanta & Robayo González, 2017, pág. 12).

En el texto anterior resalta la prioridad de una evaluación integral con las autoridades encaminadas a proponer medidas en minimizar la exposición de los barrios ante los desbordamientos de ríos, los cuales producen afectaciones a los elementos esenciales “red vial, viviendas, áreas de productividad entre otros.

2.3 Bases Teóricas

2.3.1 Inundaciones

Se producen en llanuras laterales de los cuerpos hídricos debido a fuertes lluvias lo que desencadena un incremento exuberante del fluido acuático en zonas de bajas elevaciones y por lo cual representa un gran impacto hacia la calidad de vida de la población (Villegas, Rodríguez, & Betancourt, 2004).

Según González del Tánago (2008) en su obra inundaciones y cambio climático estima que, las inundaciones son grandes proporciones de agua que ocupan un territorio, zona o región debido al desbordamiento de cauces fluviales y de acuerdo a la disminución de drenaje del agua a un cauce.

De acuerdo al análisis acerca de la terminología “inundaciones” según autores, se puede eludir que es una amenaza de origen natural, ocasionado por el aumento de los flujos de agua en cauces, ríos o lagos en un cierto espacio con bajas elevaciones, el cual presenta un riesgo para las personas.

2.3.2 Tipos de inundaciones

Inundaciones de Ríos

Son ocasionados cuando la capacidad de agua supera los límites del cauce de un río debido a las fuertes precipitaciones, lo que caracteriza las inundaciones en planicies por un cierto tiempo que circula por días o semanas

Inundaciones Repentinas

Crecidas súbitas de agua de un caudal o quebrada en una zona determinada, estos presentan un flujo elevado de agua, rocas, lodo o escombros y un aumento de velocidad considerable por un tiempo corto prolongado ocasionando daños devastadores (Díez, Llorente, Ballesteros, & Ruiz, 2009).

Inundaciones Costeras

Se producen en el perfil bajo de un territorio con cercanía a aguas costeras, lo que caracteriza su peligrosidad debido a fenómenos meteorológicos “tsunamis, ciclones tropicales, tormentas, entre otros”. Estos eventos son riesgosos en áreas costeras sin barreras naturales como

arrecifes o dunas que puedan proteger el área de impacto directo residente del mar o producto del incremento aleatorio del caudal (Díez, Llorente, Ballesteros, & Ruiz, 2009).

Inundaciones Urbanas

Se caracterizan por su ocurrencia en zonas con una alta densidad poblacional a consecuencia de la insuficiencia u obstrucción de los sistemas de alcantarillado y drenaje de agua proveniente de las precipitaciones, provocando escorrentías que afectan calles, sistemas de alcantarillado y viviendas. Para mitigar estos efectos, es fundamental que cada municipio y sus habitantes se aseguren de mantener limpios los sistemas de drenaje, evitando así la acumulación de desechos y escombros (Díez, Llorente, Ballesteros, & Ruiz, 2009).

2.3.3 Causas de las inundaciones

Asentamientos en áreas propensas a inundaciones.

El incremento de la ocupación de zonas inundables con la construcción de viviendas, infraestructura y todo tipo de equipamiento, crea una exposición de la población a fenómenos hidrometeorológicos, genera la vulnerabilidad social y riesgos relacionados a estos, es por ello que se toma de referencia el término de riesgos de inundaciones (Martínez, 2019).

Áreas agrícolas con más intensificación y poca práctica de conservación

La intensificación de actividades agrícolas y el esparcimiento de los sistemas de riesgos están alterando el ciclo hidrológico en extensas zonas, lo que incrementa la cantidad de escorrentía y flujos de agua debido a las lluvias intensas. Esto conlleva a que las precipitaciones torrenciales tengan un efecto más destructivo debido a la acumulación y crecidas de agua en comparación a épocas anteriores (Martínez, 2019).

Impermeabilización del terreno

El progreso urbano y la expansión de edificios e infraestructura son los responsables de la impermeabilización del suelo. Con el incremento de los suelos impermeables, existe más escorrentía, lo que incrementa el peligro por inundaciones (Martínez, 2019).

Infraestructuras modernas que desestabilizan el drenaje natural

El desarrollo urbano conlleva la ocupación de áreas vulnerables a inundaciones y la mayor impermeabilidad del suelo, sino también las nuevas infraestructuras como: arterias de tránsito rápido, carreteras, rotondas y terraplenes, que perturban y desorganizan el sistema de drenaje natural. Estas nuevas construcciones crean obstáculos que agravan los perjuicios ocasionados por precipitaciones intensas (Martínez, 2019).

Proyectos de defensa ante inundaciones que agravan los perjuicios cuando estos eventos se producen

La construcción de infraestructuras hidráulicas para prevenir inundaciones está exacerbando los daños ocasionados por este fenómeno. Estas obras han promovido una percepción equivocada de seguridad que ha propiciado la ocupación indiscriminada de áreas vulnerables a las inundaciones, aumentando la vulnerabilidad del peligro para la población y sus propiedades (Martínez, 2019).

Déficit de la superficie de canales hídricos

La urbanización y expansión agrícola ha disminuido drásticamente el espacio disponible de los ríos, es decir, no solamente se limitan a un solo flujo de agua, sino que cuentan con múltiples canales para gestionar diferentes niveles de caudal, incluidos los períodos de crecida, los cuales son componentes esenciales del sistema fluvial (Martínez, 2019).

2.3.4 Características geomorfológicas

Modelo Hidrológico

Un modelo hidrológico hace alusión a la representación física de las características que tiene una cuenca hidrográfica en el balance hídrico, con el cual se puede identificar ciertas particularidades referente al comportamiento y alteraciones presentes en el sistema del ciclo del agua y demás factores que tengan relación con los cambios en el mismo.

- **Área de drenaje de la cuenca:** Se define como una extensión que comprende todo el espacio de drenaje de escorrentías superficiales, el cual, está orientado ya sea de forma directa o indirectamente a un flujo de escorrentía natural.
- **Perímetro longitudinal de la cuenca:** Hace referencia al contorno de la cuenca, es decir la forma como se puede observar representado en un plano horizontal, por lo general se presenta características de forma regular, este dato se obtiene tras haber establecido la delimitación de la cuenca.
- **Longitud o distancia del cauce principal:** Es la medida que refleja la extensión que tiene el río principal, comprende el inicio superior e inferior de terminación de la cuenca. donde convergen todos los flujos de escorrentía superficiales (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres - CENEPRED, 2014).
- **Factor de Erosión (LS):** El cálculo de dicho factor que confiere a la longitud (L) y pendiente (S) sirve de gran utilidad para conocer acerca de la incidencia de la erosión del suelo por el método de USLE y RUSLE debido a hidrodinámica del río que presenta conforme su influencia en el transporte de sedimentos y escombros. (Alvarado Anampa, Escobar Soldevilla, & Sánchez Araujo , 2021)

- **Índice Topográfico de Humedad (ITH):** Utilizado en el proceso de cálculo de procesos hidrológicos, donde se puede estimar los índices de concentración y acumulación de agua en el territorio, esto hace alusión a las zonas con menor grado de infiltración de agua en el suelo y lo que los hace propensos a la acumulación sedimentaria y escombros que ella contenga. (Roa Lobo & Kamp , 2012)

2.3.5 *Factores desencadenantes*

Según el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED (2014), hace referencia a factores de riesgo naturales que pueden desencadenar eventos peligrosos en una zona geográfica específica, como las precipitaciones que generan movimientos en masa de suelo o rocas.

Características climatológicas

- **Precipitación:** Fenómeno meteorológico que consiste en el descenso de agua en forma de partículas desde la atmósfera hacia la superficie del planeta.
- **Intensidad:** Hace referencia a la caída de un gran volumen de agua en un intervalo de tiempo prolongado en la superficie, por ende, la intensidad está sujeta a la duración del fenómeno meteorológico.
- **Duración:** la duración del evento de lluvia o tormenta varía ampliamente oscilando de unos pocos minutos a varios días.
- **Frecuencia:** Durante un evento de precipitaciones en particular, la frecuencia se relaciona con el tiempo de retorno, lo que se define como el tiempo del evento, en donde, ante más precipitaciones exista menor será su frecuencia.

- **Distribución temporal:** La temporalidad de una tormenta desempeña un papel importante en la respuesta hidrológica de las cuencas (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres - CENEPRED, 2014).

2.3.6 Evaluación de la exposición a la amenaza de inundación

Este fenómeno se puede observar en diferentes provincias focales, esto también se lo puede encontrar en parroquias que presenten una exposición muy alta a presentar inundaciones. Categóricamente los valores de evaluación de dicho fenómeno de origen natural se lo realizan jerárquicamente y estas se encuentran en rangos como: muy bajo, bajo, moderado, alto y muy alto (Mena Benavidas, Scheffczyk, Urrutia, Huerta, & Walz, 2021).

La revisión de metodologías de evaluación de inundaciones en centros poblados de un determinado territorio nos permite alcanzar un nivel de información sofisticada que permite que entidades, instituciones u organismo de control tengan acceso a una base de datos explícita acerca de zonas que presenten un índice de vulnerabilidad a inundaciones.

2.3.7 Elementos Expuestos y Esenciales

Elementos Expuestos: Hace referencia a la presencia de elementos conocidos como edificaciones e infraestructuras, mismos que comprenden servicios, recursos económico-social y bienes culturales, los cuales por su ubicación geográfica pueden estar sometidos a múltiples afectaciones por la presencia de una amenaza específica (Castaño & Grajales, 2021).

Elementos esenciales: En la generación moderna, especialmente en las ciudades se les conoce como infraestructuras críticas, las cuales son indispensables para la eficiencia y efectividad al momento de ofrecer un servicio público, que agraven mejores condiciones de vida de personas y su economía. Estos elementos pueden presentar ciertas peculiaridades acorde a su funcionamiento.

2.3.8 Índice de ponderación del riesgo por inundación

Para hallar el rango de ponderación del riesgo en zonas urbanas ante la presencia de inundaciones se efectuó diversos procesos los cuales fueron validados con datos reales y comprobables. Según Paucar Camacho (2016) en su investigación de tesis doctoral titulada “Modelo para la articulación de la gestión del riesgo en el proceso de ordenamiento territorial de la ciudad de Guaranda, Ecuador” estipula mediante la metodología para el análisis de la exposición de la población ante amenazas (sismos, deslizamientos e inundaciones), los niveles de riesgos para inundaciones, considerado con lo siguiente: Nivel de riesgo para inundaciones, representación simbólica degradado de color azul para la amenaza y valores de ponderación porcentual para cada categoría.

Tabla 2.

Rangos de ponderación del riesgo de inundación

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	0,67-1,0	0,67	0,67	0,67	0,301	0,301 a 1,000
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

Fuente: (Paucar Camacho, 2016) <http://hdl.handle.net/10550/54628>

Mismos que serán representados mediante cartografía mediante la metodología de ponderación de amenaza por inundación, en las cuales constituyen los tres tipos de amenaza frecuente (alta, media, baja), teniendo en cuenta su simbología por colores, Por ende, también se ha optado en consideración el nivel de amenaza sin afectación debidamente expresada con valores porcentuales a cada categoría, mejorando el detalle de información primordial.

2.3.9 Tipos de afectación

Afectación económica

Las inundaciones pueden generar costos significativos monetarios, esencialmente en países desarrollados, estos pueden ser:

Pérdidas materiales: Las inundaciones ocasionan graves daños y perjuicios respecto a infraestructuras residenciales, públicos y otros bienes, lo que desencadena grandes inversiones en cuanto a la reparación de los mismos, elevando costos significativos para su continuo funcionamiento.

Pérdidas de ingresos: El impacto que las inundaciones pueden generar en las infraestructuras y propiedades que se dediquen al sector agrícola y comercial.

Costos de prevención: La creación de medidas de gestión de riesgos pueden involucrar costos adicionales, las cuales constan de sistemas de gestión integral de desastres, construcciones estructurales, tecnologías y herramientas de análisis, entre otros. (Guano Morales & Medina Vargas, 2024).

Costos de recuperación: Pueden surgir gastos elevados para su restauración, debido al deterioro de los bienes, por consiguiente, se debe poner en consideración las medidas de mitigación para reducir costos (Guano Morales & Medina Vargas, 2024).

Afectación salud

La parte fundamental que hay que tener en consideración sobre las afectaciones más significativas ocasionados por las inundaciones es la del ser humano, su impacto puede tener perjuicios en la salud, estos efectos pueden basarse en lo siguiente:

Ahogamiento: Posibilidad de que las personas corran el riesgo de ahogarse durante la amenaza de inundaciones, en cualquier intento de salvar o evadir los flujos hídricos.

Lesiones: Los problemas físicos (lesiones, cortes, golpes) son considerables en este tipo de afectación, debido a los materiales o sedimentos que lleva la corriente del cauce o río.

Enfermedades transmitidas por el agua: Las crecidas del nivel fluvial de los ríos o cauces, son considerables en la transmisión de enfermedades que se dan en agua como fiebre, diarrea, leptospirosis, gastroenteritis, entre otros.

Problemas de salud mental: Los traumas psicológicos o fobias que las personas pueden experimentar por la presencia de inundaciones llegan a ser considerables en su salud emocional que generan estos desastres de origen natural (Guano Morales & Medina Vargas, 2024).

Afectación Infraestructura

Las inundaciones pueden influir en daños considerables de estructuras e infraestructuras, estas afectaciones pueden presentarse en lo siguiente:

Daños a edificios e infraestructuras: Los fenómenos de inundación pueden resultar en daños graves o totales a los activos físicos como edificaciones, infraestructuras viarias, pasarelas, redes de transporte, redes de energía y otros elementos de infraestructura.

Problema en la prestación de servicios públicos: Los anegamientos pueden causar interrupciones en el suministro de servicios públicos fundamentales, tales como el abastecimiento de agua potable, gas, suministros y hasta los sistemas de drenaje (Guano Morales & Medina Vargas, 2024).

Afectación ambiente

Los efectos que pueden ser observados a vista propia, después de presentarse el fenómeno de inundación pueden presentar perjuicios en los siguientes temas:

Contaminación del agua: Los desbordamientos fluviales pueden ocasionar la presencia de partículas sólidas, compuestos químicos y otros elementos contaminantes en la masa de agua, lo que afecta negativamente a la salud ambiental. (Guano Morales & Medina Vargas, 2024).

Pérdida de hábitat: Los eventos de inundación tienen la capacidad de causar daños o cambios en el entorno ecológico, lo cual puede generar un impacto adverso en la biodiversidad.

Pérdida de suelo: Las precipitaciones pueden provocar la abrasión del sustrato y arrastrar elementos nutritivos y otros compuestos esenciales, dejando reseña negativa en la composición del terreno y en la agricultura. (Guano Morales & Medina Vargas, 2024).

Pérdida de productividad: Las inundaciones pueden perturbar las actividades productivas en cosechas y la escasez de productos para el comercio, lo que puede derivar a un efecto perjudicial en la economía (Guano Morales & Medina Vargas, 2024).

2.3.10 Medidas estructurales y no estructurales

Estas medidas incluyen todas las intervenciones de construcción física diseñadas para eludir y mitigar los posibles impactos y efectos potenciales que una amenaza en particular puede provocar en aquellas estructuras, además la aplicación de este método permite crear enfoques de ingeniería y tecnologías con el fin de alcanzar la resiliencia y la capacidad de recuperación en estructuras o sistemas.

En cuanto a las medidas no estructurales, estas no implican construcciones materiales y que sirven de fundamento para el conocimiento, aplicación de normas y directrices para mitigar los riesgos de desastres que producen consecuencias. Esto se logra mediante la formulación de políticas y leyes, iniciativas de sensibilización pública, la formación y la educación (Asamblea General, 2016).

Otros autores también atribuyen estos conceptos con lo siguiente: Las medidas estructurales en construcciones físicas tiene su fundamento en la reducción del riesgo de daños o no recaer en la probabilidad de impacto de la amenaza en específico para fortalecer su nivel de preparación y resiliencia de varios sistemas de funcionamiento vitales. Las medidas no estructurales aluden a cualquier estrategia que no implique una construcción física y que se apoye con el conocimiento técnico para crear un conjunto de estrategias, los trabajos o acuerdos preestablecidos para reducir el riesgo y sus efectos, en consideración con la ejecución de programas y acciones de preparación y respuesta con profesionalismo (Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres UNISDR, 2009).

2.4 Marco Legal

2.4.1 Constitución del Ecuador

2.4.1.1 Gestión de Riesgos

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 presente artículo con legalidad establecida en la constitución de la república del Ecuador hace mención al cuidado de la seguridad del bienestar de las personas por parte del Estado, dichos acontecimientos que pueden suscitarse tanto de origen natural como creado por el hombre, por ello es indispensable la autoría competente de profesionales especializados en la gestión de riesgos en todos los niveles para crear y establecer medidas encaminadas a reducir o mitigar estos problemas. También tendrá como funciones principales, entre otras:

1. Identificar los riesgos existentes y potenciales, internos y externos que afectan 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 (Asamblea Nacional, 2008).

Art. 390.- Los riesgos se gestionan bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implica la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico.

Los niveles de gobierno a nivel jerárquico, que va desde el nivel de gobernanza local hasta el nivel nacional se rigen bajo el principio de responsabilidad y humanidad, lo que aplica que dichas entidades colaboren con activaciones de emergencia en diferentes territorios del estado ecuatoriano para solventar el apoyo a una carencia de respuesta en los niveles inferiores de gobernanza (Asamblea Nacional, 2008).

2.4.2 Plan Nacional del Ecuador

Política 3.10

Impulsar la reducción de riesgo de desastres y atención oportuna a emergencias ante amenazas naturales o antrópicas en todos los sectores y niveles territoriales.

Estrategias:

- a. Promover la participación activa de la comunidad en la identificación, reducción de riesgos locales y preparación ante desastres (Secretaría Nacional del Ecuador, 2024).

Política 3.11

Fomentar la cultura de prevención de riesgos de desastres y la resiliencia comunitaria

Estrategias:

- a. Desarrollar programas educativos y de capacitación que mejoren la conciencia y el conocimiento de los riesgos existentes, así como las medidas de prevención y respuestas adecuadas (Secretaría Nacional del Ecuador, 2024).

2.4.3 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)

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 (Asamblea Nacional, 2010).

En el presente artículo resalta que, los niveles de Gobiernos Autónomos Descentralizado de municipios estén acorde a la integración de métodos de prevención y mitigación del riesgo en los territorios, para salvaguardar la seguridad de las personas, comunidades en los procesos de regulación de los ordenamientos territoriales, además de la inserción de normas de construcción (Asamblea Nacional, 2010).

2.4.4 Ley Orgánica para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres.

La Asamblea Nacional, de conformidad con las atribuciones que le confiere la Constitución de la República del Ecuador y la Ley Orgánica de la Función Legislativa, discutió y aprobó en segundo debate, el día 07 de diciembre de 2023 el PROYECTO DE LEY ORGÁNICA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO DE DESASTRES.

Art. 1.- Objeto. - La presente Ley tiene por objeto normar los procesos para la planificación, organización y articulación de políticas y servicios para el conocimiento, previsión, prevención, mitigación; la respuesta y la recuperación ante emergencias, desastres, catástrofes ,endemias (sic) y pandemias; y, regular el funcionamiento del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Integral del Riesgo de Desastres garantizando la seguridad y protección de las personas, las colectividades y la naturaleza, frente a las amenazas de origen natural y antrópico, con el objetivo de reducir el riesgo de desastres.

Esta Ley se relaciona con el proyecto de investigación para la adaptación de un proceso normativo que se rijan a las nuevas políticas para establecer por medio de los tomadores de decisiones para brindar una respuesta inmediata y oportuna (Asamblea Nacional, 2024).

2.4.5 Reglamento a la Ley de Seguridad Pública y del Estado

Art. 18.- Rectoría del Sistema. - El Estado ejerce la rectoría del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos a través de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgo, cuyas competencias son:

- Dirigir, coordinar y regular el funcionamiento del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos;
- Formular las políticas, estrategias, planes y normas del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos, bajo la supervisión del Ministerio de Coordinación de Seguridad, para la aprobación del presidente de la República;
- Adoptar, promover y ejecutar las acciones necesarias para garantizar el cumplimiento de las políticas, estrategias, planes y normas del Sistema;
- Diseñar programas de educación, capacitación y difusión orientados a fortalecer las capacidades de las instituciones y ciudadanos para la gestión de riesgos;
- Velar por que los diferentes niveles e instituciones del sistema, aporten los recursos necesarios para la adecuada y oportuna gestión;
- Fortalecer a los organismos de respuesta y atención a situaciones de emergencia, en las áreas afectadas por un desastre, para la ejecución de medidas de prevención y mitigación que permitan afrontar y minimizar su impacto en la población; y,
- Formular convenios de cooperación interinstitucional destinados al desarrollo de la investigación científica, para identificar los riesgos existentes, facilitar el monitoreo y la vigilancia de amenazas, para el estudio de vulnerabilidades (Gobierno de la república del Ecuador, 2024).

2.5 Conceptual (glosario de términos)

Amenaza: Considerado como peligro que atenta a una cosa, persona o fenómeno de otra, lo que provoca perjuicios negativos ya sea de muerte, lesiones leves o graves u otros problemas a la salud, de igual manera presentar afectaciones en la parte económica como daños materiales, de propiedad, inclusive tener incidencia en los medios de sustento y de la prestación de servicios (Asamblea General, 2016)

Amenaza Hidrometeorológica: Evento de origen atmosférico, que la potencialidad de ocasionar lesiones, muertes u algún efecto a la salud, daños a la propiedad, pérdidas de recursos, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales (Asamblea General, 2016).

Biodiversidad: Es el producto de un proceso ocasionado por la evolución que se evidencia en la existencia de distintos modos de ser para la vida, además abarca toda escala de organización de los seres vivos. (Halffter, 1994)

Desarrollo Sostenible: Concepto básico de entendimiento de los problemas del mundo como un método de solución, por ende, surgen los objetivos de desarrollo en la diplomacia de próximas generaciones (Sachs, 2014)

Exposición: Condición de individuos, infraestructuras, propiedades y sus bienes, capacidades productivas y otros activos tangibles ubicados en áreas expuestas a peligros u amenaza (Asamblea General, 2016)

Factores: Son elementos que determinan los efectos o consecuencias de algún fenómeno u objeto referente a elementos como: El agua, los suelos, el aire, volcanes y las precipitaciones que generan catástrofes como inundaciones, deslizamientos de masas, actividades volcánicas, movimientos telúricos, entre otros (Asamblea General, 2016).

Factores subyacentes del riesgo de desastres: Son factores asociados con el desarrollo, que inciden en el nivel de riesgo al incrementar la exposición y vulnerabilidad o al disminuir la capacidad de respuesta (Asamblea General, 2016).

Impacto: Hace referencia a los efectos de una intervención proyectada sobre una comunidad en su totalidad (Libera Bonilla, 2007). Estos impactos pueden presentarse de manera favorable o desfavorable acorde al suceso de presentarse una amenaza o requerir de expresar una solución.

Perturbaciones: Se abordan a las posibles percusiones de la modificación de los patrones de perturbación natural a causa de las actividades humanas, dando paso a los nuevos tipos de perturbaciones antropogénicas (Manson & Jarlen Pélaez, 2009).

Prevención y Mitigación: Componentes clave para una correcta funcionalidad en la Gestión del Riesgo, imprescindibles para disminuir los desastres antrópicos o de origen natural (Fernández, 1996)

Resiliencia: Es la destreza de un sistema de la sociedad para adaptarse, afrontar y recuperarse de un fenómeno o amenaza de manera eficaz y rápida, involucrando salvaguarda y recuperación de sus elementos esenciales (Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (CIIFEN), 2022).

Riesgo: Caracterizado como la probabilidad de ocurrencia de un evento adverso o que se materialice una amenaza que lleve consigo impactos negativos desastrosos (Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres UNISDR, 2009).

Riesgo de desastres: Se refiere al estudio y control de los posibles riesgos a la cual una comunidad u objeto está expuesto ante una amenaza, esto induce el manejo de medidas de

mitigación en funcionalidad de preparación en materia de prevención y de atención en casos de un pos-desastre en un período específico de tiempo en el futuro (Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres UNISDR, 2009).

Susceptibilidad: La susceptibilidad hace referencia a la capacidad de respuesta de un individuo, dispositivo o sistema frente a una amenaza y la capacidad de afrontar las consecuencias de un incidente adverso (Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (CIIFEN), 2022).

Vulnerabilidad: Se refiere a la posibilidad de ocurrencia de sufrir algún tipo de daño, ya sea a un individuo o colectividad con prejuicios negativos que pueden considerarse debido a factores climáticos, sociales, antrópicos, tecnológicos, entre otros (Liedo, 2021).

CAPÍTULO III.

3 METODOLOGÍA

3.1 Tipo de Investigación

En el presente estudio se desarrolló con base en una investigación no experimental, es decir, no se optó por el tratamiento de variables, en donde los casos semejantes al estudio de la susceptibilidad a inundaciones no se correlacionan, por el contrario, se fundamenta en la observación y análisis de la manifestación de la amenaza de inundaciones de manera natural, sin algún tipo de cambio, intervención o alteración en el entorno en un lapso de tiempo prolongado, para posterior realizar su respectiva evaluación.

La investigación de campo ayudó a la recopilación de información verídica y real en el territorio acerca de la amenaza y su comportamiento hidrológico sin la manipulación de variables y mediante un recorrido por toda el área de estudio, con el fin de validar los factores que influyen en los raudales circundante a la parroquia. Del mismo modo, tener en cuenta las infraestructuras existentes y edificaciones importantes en el lugar y la posible exposición frente a inundaciones.

3.2 Enfoque de la investigación

La investigación se centra en el ámbito cualitativo y cuantitativo. A través del enfoque cualitativo se define información valiosa acerca de la realidad del problema de las inundaciones en el territorio que radica en la comprensión de la amenaza en diferentes contextos de investigación, que va desde la definición conceptual principal de las cuencas hidrográficas como a los aspectos primordiales ocasionados en la población, y hasta la realización de una revisión constante de la propuesta durante la recopilación de datos.

Mediante el enfoque cuantitativo la investigación se basó en la recolección de datos numéricos provenientes de archivos geospaciales como imágenes satelitales, Modelos Digitales

del Terreno (MDTs) e información meteorológica, estos datos fueron consolidados de manera estadística-numérica.

Para el componente hidrológico, se obtuvieron valores de los dos caudales de condiciones máximo mediante el método de flotador y se lo complemento con registros históricos (huella hídrica). Además, los periodos de retorno para 10, 50 y 100 años se los obtuvieron con el fin de evidenciar la recurrencia de un escenario de gran magnitud. Finalmente, el resultado geoespacial de la susceptibilidad de inundación, se realizó mediante el cálculo entre el calado (m) y la velocidad (m/s) obtenidos del software Iber

3.3 Métodos de Investigación

Método Analítico

Con base en el método analítico, el proyecto fue encaminado a resolver la contrariedad de las inundaciones en la parroquia Caracol. Por lo tanto, fue indispensable para la comprobación, validación e interpretación de datos obtenidos de plataformas técnicas científicas encargadas del seguimiento continuo de los elementos geomorfológicos y factores que condicionen a que la amenaza se materialice. Además, se brindó un mejor seguimiento ordenado y sistemático de la amenaza con el fin de validar y comprobar los datos recopilados, volviéndolos fiables y concurrentes para proyectos futuros.

Método Histórico

Mediante la estimación de eventos y acontecimientos pasados, basados en la ocurrencia de inundación en la parroquia. Este método fue considerado de gran utilidad para conocer acerca de ciertas características que presentan los cauces y como han ido cambiando su comportamiento hidrológico a través del tiempo.

La información recopilada se obtuvo mediante consulta directa con autoridades de gobierno parroquial, en donde se determinó márgenes longitudinales extensos, con el cual, los ríos han llegado a ocupar, además de sus altitudes máximas alcanzadas, proporcionado de eventos anteriores de inundaciones, mismos que se evidenció por medio de las huellas hídricas. Esta información se correlacionó con la técnica de procesamiento de información denominado “método del flotador”, con el fin de concebir las condiciones máximas de caudales para el modelamiento hidráulico del peor escenario de inundación.

Método descriptivo

Por medio del uso de este método se describió y caracterizó propiedades y fenómenos propios la amenaza de inundación en el sector, dando paso a la utilización de fuentes narrativas, la revisión bibliográfica y la información recopilada en investigaciones previas, acercándonos a la realidad del escenario con la recopilación de datos primordiales, tendencias y patrones recurrentes de la amenaza, con el fin de lograr una comprensión detallada y precisa en una etapa inicial del estudio.

Método documental

Mediante el método documental se realizó la búsqueda de información referente a los antecedentes históricos, documentos legales encargados del control preventivo de las inundaciones además de informes técnicos publicados por instituciones de seguimiento y monitoreo de múltiples amenazas y sus impactos presentes en la sociedad.

3.4 Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos

3.4.1 Técnicas de recopilación de datos para el primer y segundo objetivo

Para alcanzar los objetivos definidos se hizo uso de diversas herramientas, software y metodología, los cuales nos permitieron el levantamiento de datos esenciales para el proyecto de investigación **“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”**, por ende, se detalla lo siguiente:

Observación

Mediante la visualización directa en el sitio, se puede apreciar el riesgo poblacional a las riberas del río Catarama, debido a la morfología del sector, en donde se determinó las posibles causas incidentes en el problema de las inundaciones, mismas que, influyen de forma negativa hacia las infraestructuras de la parroquia. La intervención continua del equipo de trabajo se relaciona directamente con el entorno del lugar con el fin de aplicar diferentes métodos que nos permitan recolectar datos característicos y estadísticos.

Investigación Documental

Se realizó una exhaustiva inspección de documentos, revistas, sitios web, libros y en ocasiones complementarias se procede a realizar una investigación más a fondo sobre registros e informes de organizaciones sin fines de lucro destacando información más relevante sobre la población afectada, bienes e infraestructura debido a la ocurrencia de la amenaza natural.

Exploración de datos

Para empezar con la obtención de datos para el estudio se tomó como referencia inicial la planificación del proceso metodológico a seguir, el cual dio paso a la creación de una metodología propia sistematizada en niveles jerárquicos con el fin de lograr cumplir los objetivos

planteados, en primer lugar se establecieron ciertas características de información satelital de plataformas geo espaciales a través de sitios web de la internet, destacando el uso de la página web “Alaska Satellite Facility(ASF)”, mediante la ayuda del el radar de Alos Palsar se constató los archivos geográficos de la Tierra como el Modelo Digital de Elevación con resolución de 12 metros para realizar el respectivo análisis de la delimitación de la cuenca.

En segundo lugar, se procedió a investigar adicionalmente una página virtual en la red, el cual se trata de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA-POWER) entidad gubernamental dirigida por los Estados Unidos desde 1958, página que ha proporcionado información valiosa para estudios y análisis de datos sobre la tierra, el agua, el aire, la temperatura y el clima del planeta. En esta plataforma digital se realizó la exploración y recolección de datos acerca de precipitaciones en el área de estudio que incluye datos anuales, mensuales, diario y por horas medio por el cual se consolidó la información en matrices de evaluación de datos hidrometeorológicos

En tercer lugar, se constató al Sistema Nacional de Información de tierras rurales e infraestructuras tecnológicas (SIGTIERRAS) para recopilar datos del levantamiento de información aérea en el territorio el cual atribuye de manera significativa a la investigación, específicamente a nivel parroquial que es determinado para nuestra área de estudio, mismos archivos que se constataron fueron los siguientes:

Ortofotos: Datos que combinan un alto nivel de detalle de fotografías aéreas con características geométricas de un plano que nos permite efectuar mediciones precisas para los procesos de planificación territorial.

Modelos Digitales de Elevación (MDTs): Archivos considerados como un recurso cartográfico que proporciona una dimensión altimétrica lo que resulta de gran utilidad para la

planificación de infraestructuras y también utilizado para realizar una amplia gama de aplicación gama como el estudio y análisis del factor de erosión y la determinación del Índice Topográfico de Humedad (ITH) indispensables para corroborar con previos resultados.

Por último, se optó por el uso del método del flotador que fue aplicado en campo, esta técnica de gran utilidad fue empleada para conocer acerca del caudal de la cuenca hidrográfica que pasa por una sección transversal. Además, es importante saber que este método es considerado como uso provisional cuando no se dispone de un dispositivo de medición como es el caudal electromagnético.

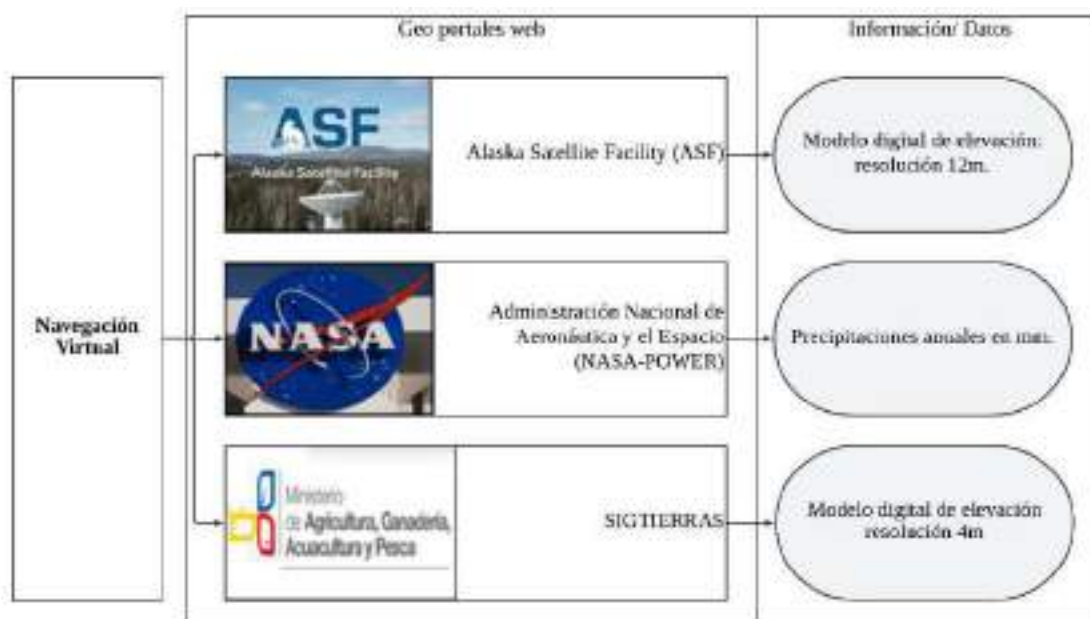
Para constatar las particularidades físicas de la cuenca, que se registran en el software AutoCAD en conjunto con hojas de cálculo Excel se procede a la toma de muestras para la gráfica espacial de la superficie interna de la cuenca hidrográfica que comprende en tramos de 1m, dicha información fue requerida para realizar una estimación del escenario en ambientes hostiles cuando el nivel del agua aumenta considerablemente sobrepasando los límites de capacidad en el cauce, logrando de esa manera la determinación de caudales máximos de entrada con el que llevará a cabo la efectiva gestión de inundaciones por medio de la modelación hidráulica.

3.4.2 Técnicas de recopilación de datos para el tercer objetivo

Un apartado muy importante fue la recolección de datos estadísticos y característicos de: viviendas residenciales, redes de tránsito viales e infraestructuras presentes en la lugar, estos datos fueron proporcionados por el Gobierno Descentralizado del cantón Babahoyo, en conjunto con el equipo técnico de trabajo, que compete a las autoridades de la junta parroquial, lo que los convierte en instituciones invaluable para la recolección de información a nivel macro dentro de la parroquia Caracol. En la **ilustración 1**, se muestra las plataformas de recolección de datos.

Ilustración 1.

Flujograma de búsqueda de información



Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Nota: En la presente ilustración se muestran los geo portales utilizados para la búsqueda de información geoespacial.

3.4.3 Instrumentos de recopilación de la información

- -GPS (Sistema de posicionamiento Global)
- -Portapapeles, Formularios y bolígrafo
- -Cinta métrica (30m)
- -Cámara Fotográfica
- -Estacas de soporte
- -Calculadora
- -Cronómetro
- -Pesa (8.61kg)
- -Objeto Flotante
- -Hilo "Fibers"

3.5 Técnicas de análisis y procesamiento de la Información

3.5.1 Metodología para identificar las áreas susceptibles a inundaciones en la zona urbana de la parroquia Caracol, cantón Babahoyo

La exploración de datos fue la etapa inicial del trabajo de investigación para poder determinar ciertos parámetros característicos de la cuenca hidrográfica en el lugar de estudio, mismos que son considerados fundamentales, ya que definen su comportamiento y dinámica fluvial, lo que hace alusión a la importancia del estudio de las áreas más propensas frente a la amenaza de inundación en la parroquia Caracol.

Por ello mediante el uso del software ArcGIS se realizó un proceso de identificación del área que comprende la cuenca hidrográfica mediante la aplicación del método de delimitación de cuencas, que se realizó mediante el uso del Modelo Digital de Elevación (MDT) a una resolución de cuatro metros, el cual permitió obtener el mapa delimitante de la cuenca y las redes de drenaje.

Para la respectiva clasificación de las redes de drenaje se utilizó el método de Strahler, el cual menciona que, en una red de cuencas hidrográficas comprenden las tres clasificaciones de cuencas (cuenca, subcuenca y microcuenca) de manera que, en el área de la delimitación de la cuenca se lo calificó con valores de ponderación numérica ascendente que parte desde el orden uno hasta el orden cuatro, correspondientemente a las ramas exteriores comprendidas como el inicio de un flujo hídrico sin afluentes hasta la caracterización de los flujos que intersecan hacia una red hídrica central. Seguidamente se explora lo que correspondería a las propiedades morfométricas de la cuenca logrando el cálculo estadístico altimétrico, el cual nos permite conocer sobre la hipsometría de la cuenca y de corrosión de los sedimentos de las altas cotas del relieve montañoso, el siguiente proceso se efectuó a través de la utilización del software SAGA

GIS, en donde se estudió los parámetros de la cuenca desarrollando de esta manera un acotación a lo estipulado de la sedimentación realizando el mapa del factor de erosión (LS) que estima el grado de sedimentos que descienden de las altas cumbres de las montañas hasta la desembocadura en el perfil costero de la parroquia, donde también puede evidenciarse su acumulación junto a demás escombros y materiales.

Por consiguiente, se estimó el grado de incidencia del elemento meteorológico que actúa como factor detonante en el aumento de los caudales, dado por las precipitaciones, en el cual mediante la plataforma digital de la NASA se buscó y recopiló información acerca de precipitaciones en el área de estudio que incluyeron datos anuales, mensuales, diarios y por horas, tomados como referencia la muestra en la red hídrica principal obtenida mediante el método de Strahler para posteriormente consolidar la información en una matriz de análisis y comprobación de datos dudosos comprendidos en un lapso de tiempo prolongado de 23 años, realizando cálculos estadísticos que confieren a precipitaciones máximas y mínimas que se correlacionan en una comparativa estadística entre el método de Outlier y el diagrama de Boxplot, acotando los datos atípicos que presentan más relevancia anómalas debido a fallos en la captación de información meteorológica de los instrumentos de medición.

A través del uso del software Hydrognomon 4 y el software Hidroesta se realizó un proceso cuantitativo que se basa en el análisis y ajuste de datos hidrológicos, como también en el cumplimiento de las siguientes funciones referente a:

- Tabulación y validación de datos.
- Análisis y procesos de intervalos hidrológicos.
- Distribución teórica, predicción estadística, análisis de sucesos externos y creación de curvas de nivel. (Chetyrina, 2017)

En relación al estudio de las precipitaciones, los resultados obtenidos mediante el software Hydrognomon se realizó pruebas estadísticas que corroboran los datos mediante la prueba de GEV min y GEV máx. obtenidos del proceso de prueba de Smirnov-Kolgomorov, cabe mencionar que para estimaciones de caudales se consideró el cálculo probabilístico de precipitaciones máximas que se pueden dar en tiempos de 10, 50 y 100 años, mismos que fueron indispensables para realizar una modelación hidráulica que se corrobora con los datos del método de flotador para estimación de caudales de la cuenca hidrográfica.

Mediante del uso del software AutoCAD, se muestra la superficie irregular interna del cauce y la circulación del cauce principal y, mediante el uso de la aplicación del software Excel se procede a realizar los respectivos cálculos de la superficie en relación con otras variables como la velocidad que influyen en el cauce del río, dándonos como resultado el cálculo del caudal actual del río Catarama y por consiguiente poder realizar una estimación de sus caudales máximos en diferentes tramos de la cuenca hídrica, la combinación de estas dos técnica dan como resultado la gráfica de los perfiles generados con un diseño altimétrico del grado aumento del flujo hídrico y su información estadística de la estimación de valores numéricos de la investigación.

Posteriormente, se hizo uso del Software Iber 3.3.1 para el desarrollo de la evaluación final con la información obtenida de caudales máximos en una estimación de inundación, datos resultantes adicionales fueron constatados para conocer acerca de ciertas particularidades entorno a factores del comportamiento hidrológico, no obstante, todos los procesos ejecutados fueron necesarios para creación de los archivos ASCII de información.

3.5.2 Metodología para la caracterizar los elementos expuestos ante la amenaza de inundaciones en la zona urbana de la parroquia Caracol

Para cumplir con el objetivo, se procedió a realizar una superposición de capas entre la modelación hidráulica obtenido del software Iber con los datos geoespaciales de infraestructuras pertenecientes a: Infraestructura crítica y esencial, edificaciones residenciales y redes de tránsito vehicular de la parroquia, proceso que se realizó mediante el uso de la aplicación ArcGIS, determinando elementos que se verán expuestos ante la amenaza de inundación, mismos que se representan con cartografía mediante la metodología del índice de ponderación del riesgo por inundación, en las cuales constituyen los tres tipos de amenaza (alta, media y baja) para los elementos expuestos, adicional se tomó en consideración el nivel de amenaza sin afectación para estimar un valor total de elementos existentes.

Tabla 3.

Ponderación de niveles de exposición

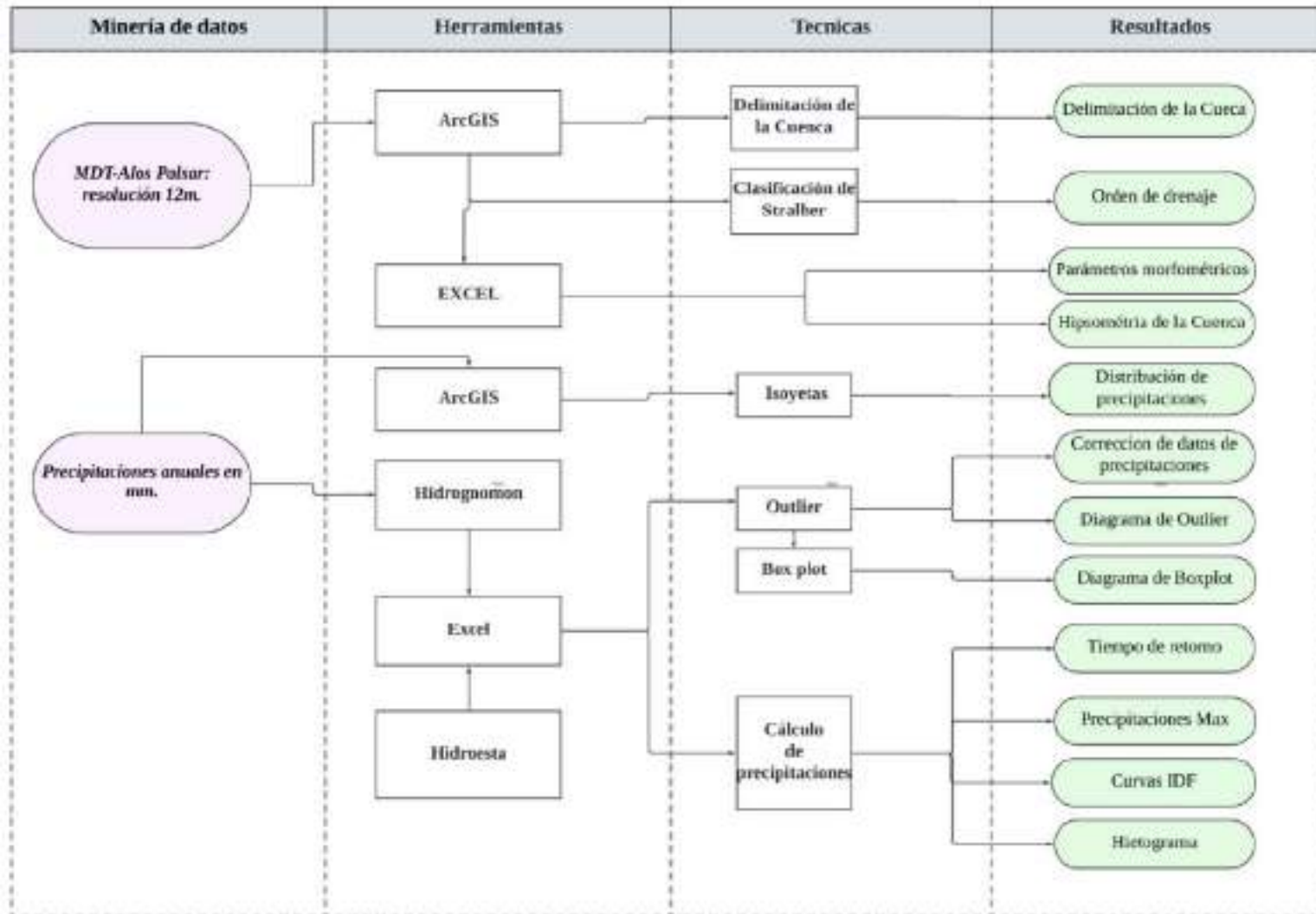
Valor	Descripción	Nivel de Exposición
1	Valores > 0,67 m ² /s acorde al estudio.	Alto
2	Entre los valores 0,34-0,66 m acorde al estudio.	Medio
3	Entre los valores 0,01-0,33 m acorde al estudio.	Bajo
4	De altura 0,00 m acorde al estudio.	Sin afectación

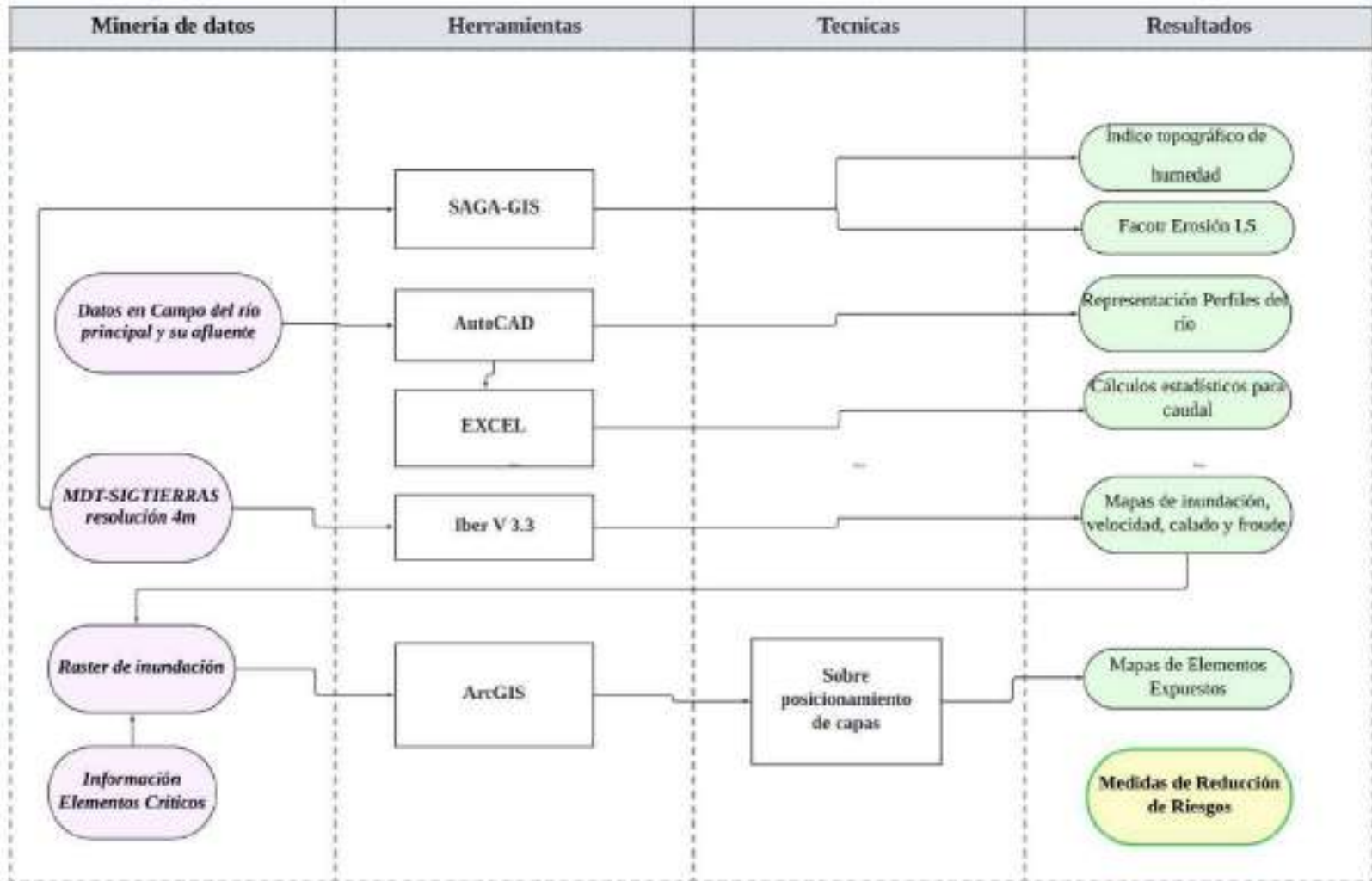
3.5.3 Metodología para proponer medidas de reducción de riesgo para las zonas susceptibles a inundaciones

Posterior al cumplimiento de los objetivos establecidos uno y dos, se llevará a cabo la formulación de estrategias de reducción de riesgos con la finalidad de aumentar la capacidad de respuesta en la parroquia Caracol y optimizar la utilización de recursos económicos en situaciones de emergencia ante desastres de manera eficiente y eficaz frente a la amenaza de inundación en el sector. En la **ilustración 2**, se muestra la metodología de los tres objetivos.

Ilustración 2.

Flujograma del procesamiento de información





Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Nota: En la presente ilustración se muestran el flujograma del procesamiento de información.

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultado del objetivo 1

4.1.1 Identificar las áreas susceptibles a inundaciones en la zona urbana de la parroquia Caracol, cantón Babahoyo

Para lograr el cumplimiento del objetivo planteado, el cual está orientado a la identificación de las áreas que presenten mayor exposición a inundaciones en el territorio, se consideró fundamental profundizar en ciertos aspectos teóricos relacionados con las cuencas hidrográficas, siendo un punto clave para la gestión de áreas susceptibles a inundaciones. En este contexto, a través de la implementación del diseño metodológico de la investigación, se obtuvieron resultados que abordan el análisis de la interrelación entre los parámetros morfológicos de la cuenca, como factor condicionante de las inundaciones, y el fenómeno meteorológico de las precipitaciones que actúa como un factor detonante de las mismas.

En este sentido, la interacción del estudio entre la morfología de la cuenca, que caracteriza sus propiedades físicas y su efecto en el desplazamiento y acumulación de las aguas generadas por lluvias torrenciales, junto a la ocurrencia de precipitaciones en periodos invernales brinda un enfoque más claro y preciso en la estimación de la geodinámica de las cuencas

Parámetros morfológicos de la cuenca

Este apartado aborda los aspectos básicos de las cuencas hidrográficas, los cuales, junto con una descripción detallada conforman la información primordial para comprender el comportamiento y naturaleza de las cuencas. A continuación, se presentan los detalles pertinentes:

Área de drenaje de la cuenca

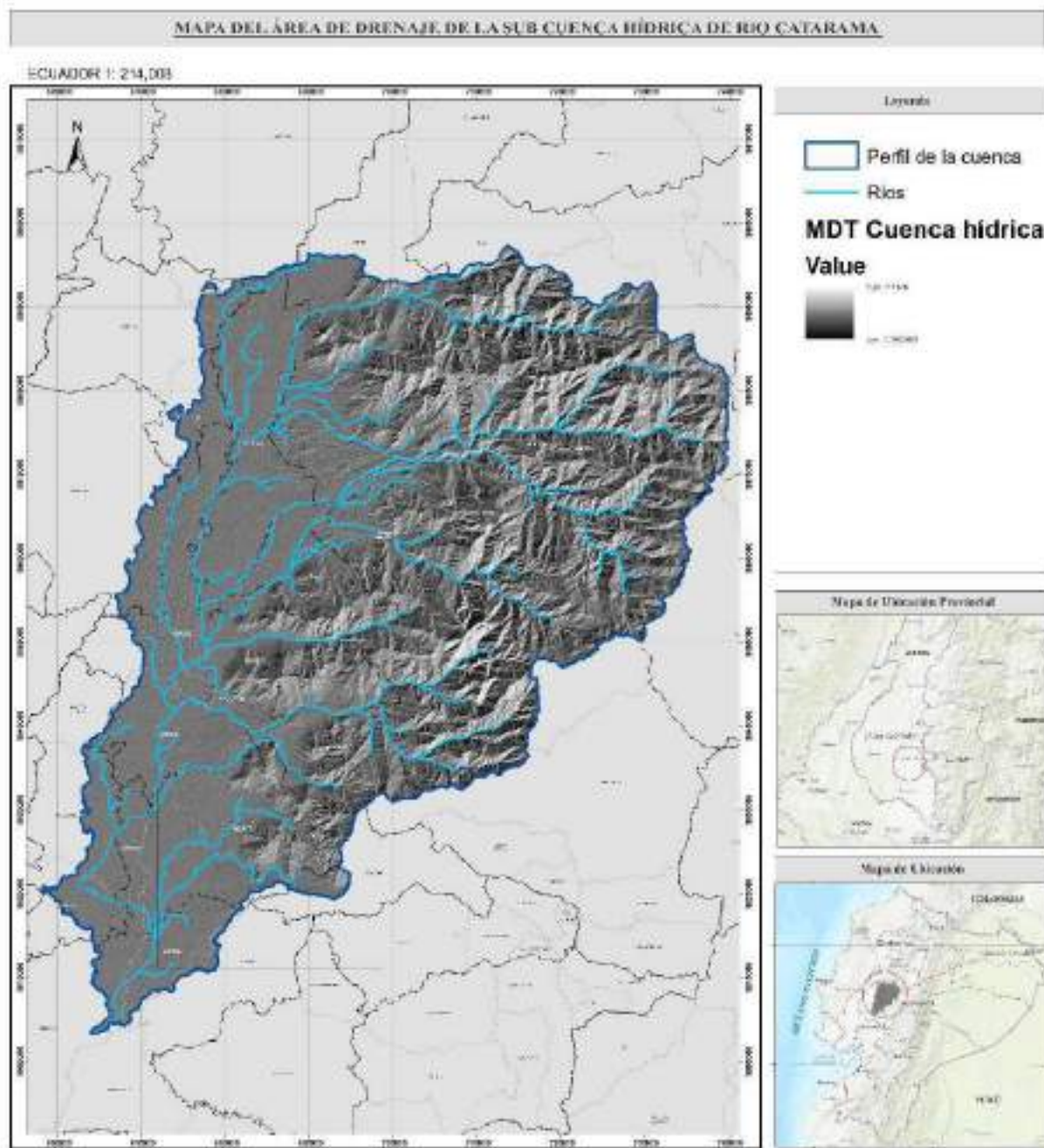
Se define como un espacio geográfico delimitado por gradientes altitudinales, cuyo tamaño y forma pueden variar en función de su topografía. En este sentido, se generan escorrentías superficiales que fluyen en dirección de las redes hídricas, convergiendo en un único sitio de descarga situado en la zona inferior de la cuenca. Así mismo, con respecto a la investigación donde se aplicó el método de delimitación de cuencas hidrográficas para indicar las unidades hidrográficas presentes en la superficie del área del polígono. Este análisis reveló que toda el agua acumulada en la red hídrica principal proviene de diversos yacimientos fluviales, los cuales se integran al cauce principal a través de intersecciones.

Este trabajo se realizó a partir del procesamiento de datos geoespaciales proporcionados por la plataforma Alaska Satellite Facility (ASF) utilizando el Modelo Digital del Terreno “MDT” de ALOS PALSAR con una resolución de 12m, donde los datos fueron analizados mediante las herramientas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) con el uso el software ArcMap, lo que permitió la elaboración del mapa de la cuenca hídrica del río Catarama delimitada.

El área de estudio comprende a la cuenca hídrica del río Catarama y sus afluentes, los cuales presentan una morfología variada que incluye tanto relieves montañosos hasta superficies planas, como se puede observar en el **Mapa 2**, Esta delimitación geográfica de la cuenca incluye los flujos hídricos que conforman el drenaje natural, donde todas las ramificaciones del agua convergen en una única red de drenaje en la parte inferior.

Mapa 2.

Mapa de delimitación de la cuenca hídrica del río Catarama



Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Nota: En la presente ilustración se muestran el flujograma del procesamiento de información.

Sistemas de orden de drenaje de la cuenca

Es importante destacar el orden de drenaje de una cuenca, de tal manera que en ella se describe cómo las unidades hidrográficas se conectan a una sola unidad de manera sistemática. Por ello, mediante la aplicación del método de STRAHLER el cual se ajusta adecuadamente al estudio, permitió clasificar estos flujos hídricos mediante una asignación nominal numérica según los niveles de órdenes de drenaje. Estos ordenes varían desde el orden uno hasta niveles de orden superiores dependiendo de los requisitos del análisis. En el caso de estudio se identificaron órdenes de drenaje que oscilan entre el orden uno al cuatro, basándonos en una jerarquía de ramificación de afluentes hacia el cauce principal como se detalla a continuación:

Orden 1 (Ramificación de nacientes)

Orden 2 (Ramificación de conductores)

Orden 3 (Ramificación de conductores)

Orden 4 (Ramificación del cauce principal)

La sub cuenca del río Catarama presenta un sistema de drenaje de tipo dendrítico comúnmente observado en otras cuencas. Este patrón, se caracteriza por presentar una ramificación arborescente, es decir, similar a la estructura de un árbol, en donde los flujos hídricos menores se distribuyen en múltiples direcciones y convergen hacia una red central que alimenta el cauce principal de la cuenca.

La aplicación del presente método desarrollado con herramientas de Sistemas de Información Geográficas “SIG”, permitió realizar el cálculo necesario para obtener información correspondiente de la longitud de cada drenaje que se lo indica en la **Tabla 4**.

No obstante, es indispensables sustentar dichos valores mediante el **Mapa 3** denominado mapa de orden de drenaje de la cuenca, el cual indica la ubicación geográfica y su nominación ordinal considerando que la forma ingresa dentro de un sistema dendrítico.

Tabla 4.

Clasificación de orden de drenaje

Orden	Total	Longitud
1	69	469,29 km
2	38	291,33 km
3	16	152,88 km
4	14	75,66 km

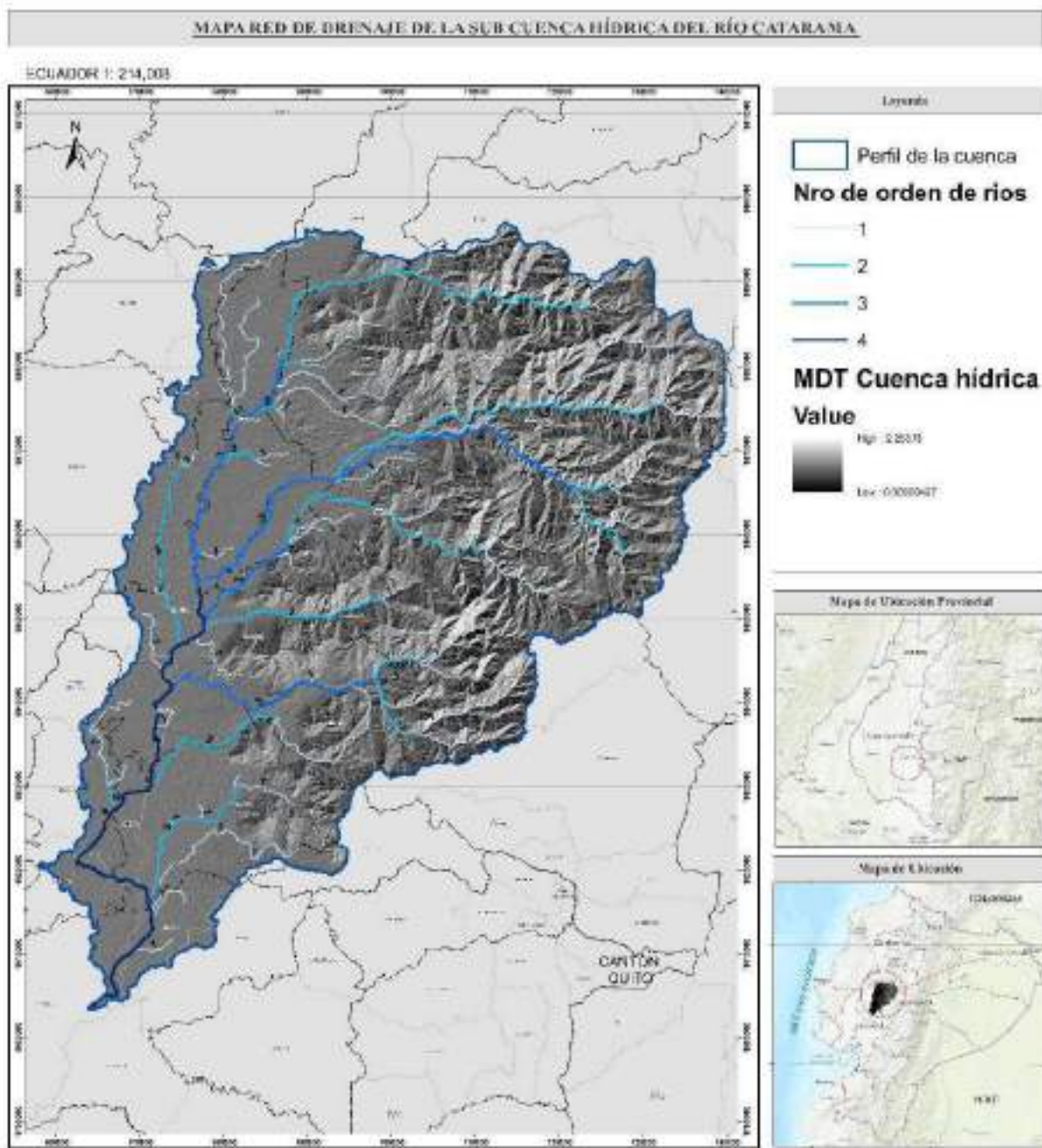
Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Nota: En la presente tabla se indica las longitudes de los cauces obtenido mediante el método de Strahler

El mapa resalta la importancia de la clasificación de las redes de drenaje para facilitar la identificación de cada una de ellas, de manera que no se genere complejidad en la localización del cauce principal de estudio. Para lograr esto, se llevó a cabo una numeración sistemática en orden ascendente correspondiente a los tramos de inicio y fin de las redes fluviales.

Mapa 3.

Mapa de orden de drenaje de la cuenca



Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Nota: En el mapa se visualiza el orden de los ríos obtenidos de la cuenca delimitada.

Características de relieve de la sub cuenca 2

La morfología terrestre del lugar de estudio presenta un carácter heterogéneo que influye significativamente en la dinámica hídrica debido a que presenta ciertas características como: elevaciones y depresiones en los terrenos altos, los cuales determinan la morfología y el curso de los ríos y sus afluentes, por consiguiente es importante tener en consideración una percepción del escenario desde distintos puntos de vista en relación con la red hídrica del “río Catarama”, con el fin de estimar el comportamiento hidrológico de los sistemas de redes fluviales. Este sistema determina la dirección y velocidad de flujo hídrico que fluye en relación a otros sistemas de drenaje. Además, se puede decir que en terrenos con pendientes pronunciadas se observa que la generación de escorrentía se manifiesta en periodos de tiempo más reducidos, lo cual es un factor trascendental para la gestión de riesgos a inundaciones.

Elevación media de la cuenca

La subcuenca del río Catarama ubicada en la parroquia Caracol, presenta un rango altitudinal que se extiende desde **los 95 msnm** hasta los **1.393 m s. n. m.** La altura o variación altitudinal se considera una variable excepcional para entender la dinámica del río, respecto al nivel del mar, así como respecto al estudio de las características morfométricas de las cuencas.

Para representar de manera más práctica y objetiva la correlación que comprende entre la altimetría de la cuenca en un mapa cartográfico y su elevación, es por medio del uso de la función hipsométrica, el cual se obtiene a partir de la "curva hipsométrica" de la cuenca.

Una vez comprendida la delimitación de la cuenca se procedió a realizar el análisis de las propiedades morfológicas, el cual proporcionará un mayor criterio con base en la información geoespacial obtenida y procesada.

Tabla 5.*Propiedades morfométricas cuenca*

PROPIEDADES MORFOMÉTRICAS CUENCA		
Propiedad	Unidad	Valor
Superficie		
Área	Km ²	4.208,08
Perímetro	Km	550,40
Cotas		
Cota máxima	m.s.n.m.	4.556
Cota mínima	m.s.n.m.	13
Centroide Wgs84-UTM-17S		
X centroide	m	698.542,60
Y centroide	m	9.854.282,14
Z centroide	m.s.n.m.	1.836,57
Altitud		
Altitud media	m.s.n.m.	1.836,57
Altitud más frecuente	m.s.n.m.	196,00
Altitud de frecuencia media	m.s.n.m.	1.393,47
Pendiente		
Pendiente promedio de la cuenca	%	2.297,94
Características de la red hídrica		
Longitud del curso principal	Km	75,66
Orden de la red hídrica	UND	4,00
Longitud de la red hídrica	Km	7.695,91
Parámetros generados		
Factor de forma	Amplia ensanchada	0,74
Densidad de drenaje	Km/km ²	1,83
Tiempo de concentración	Horas	5,03
Pendiente del cauce principal	m/km	60,04
Coefficiente de compacidad		2,38

Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Nota: En la presente tabla se muestran los datos mediante los cálculos de la curva hipsométrica.

Se identificaron los parámetros esenciales de la cuenca hidrográfica, los cuales denotan un área total de 4.208,08 km², indicando un espacio de mayor envergadura. Además, su

perímetro se extiende a lo largo de 550,40 km, lo que proporciona percepción a su longitud total. Adicionalmente, el cauce principal tiene una extensión de 75,66 km, lo que proporciona datos relevantes sobre su dimensión, y el factor de forma se establece en 0,74, lo que sugiere que la cuenca presente una forma amplia ensanchada relativamente al ancho del río de extremo a extremo.

En cambio, la **Tabla 6** se presenta los datos correspondientes a la hipsometría de la cuenca, obtenidos a partir del cálculo promedio de las cotas extremas, que comprende tanto las cotas máximas, mínima y el promedio entre sí, además se consideró sus áreas (km²) y el FR de acumulación, es decir, entre la altimetría y la precipitación mediante los parámetros de la curva hipsométrica que se encuentran en el **Gráfico 1**.

Tabla 6.

Hipsometría de la cuenca

N°	COTAS (msnm)			ÁREA			
	Mínima	Máxima	Promedio	F.A. (Km ²)	F.A. Acum. (Km ²)	F.R. (%)	F.R. Acum. (%)
1	5,00	387,00	196,00	1.857,79	4.212	44,11	100,0
2	388,00	769,00	578,50	459,69	2.354	10,91	55,9
3	770,00	1.151,00	960,50	342,62	1.894	8,14	45,0
4	1.152,00	1.533,00	1.342,50	270,34	1.551	6,42	36,8
5	1.534,00	1.915,00	1.724,50	207,69	1.281	4,93	30,4
6	1.916,00	2.298,00	2.107,00	181,00	1.073	4,30	25,5
7	2.299,00	2.680,00	2.489,50	180,30	892	4,28	21,2
8	2.681,00	3.062,00	2.871,50	174,57	712	4,14	16,9
9	3.063,00	3.444,00	3.253,50	165,82	538	3,94	12,8
10	3.445,00	3.826,00	3.635,50	163,29	372	3,88	8,8
11	3.827,00	4.208,00	4.017,50	157,85	208	3,75	5,0
12	4.209,00	4.591,00	4.400,00	50,62	51	1,20	1,2

TOTAL 4.211,57

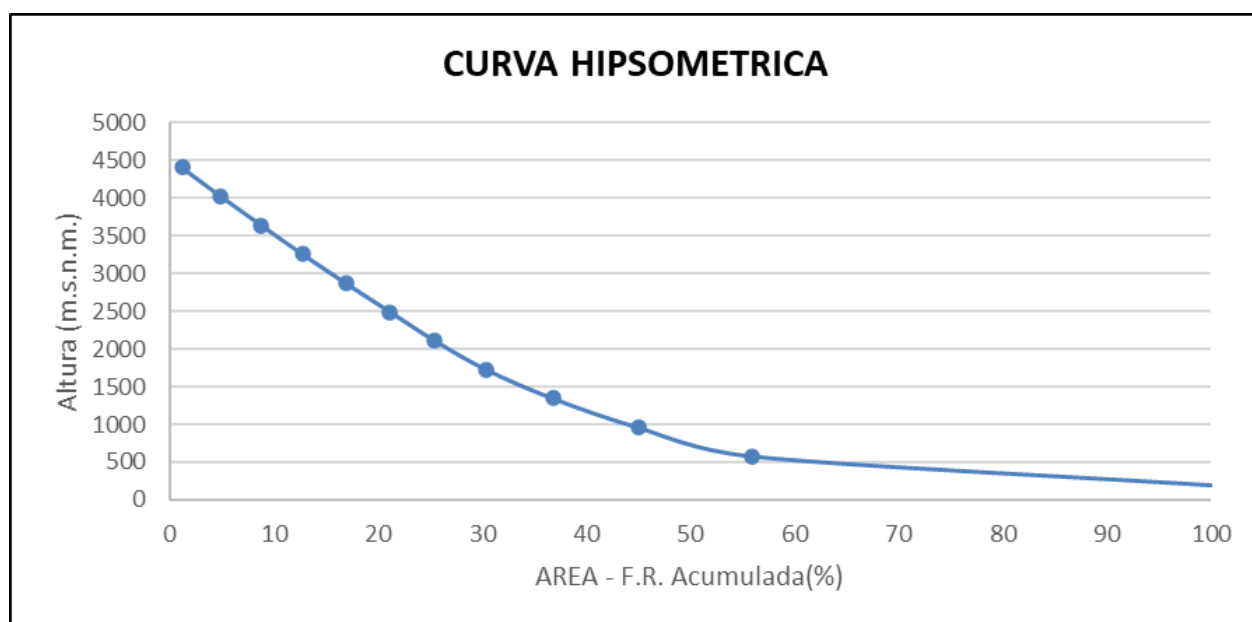
Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Nota: En la presente tabla se muestran los datos mediante los cálculos de la curva hipsométrica.

En la presente tabla se determinó los niveles de cotas que se caracterizan desde las cotas mínimas hasta la cota máximas comprendidos en intervalos altitudinales de la cuenca hídrica, esta división se estima en doce intervalos cada una caracterizada. Por consiguiente, se muestra los hallazgos obtenidos del previo análisis de los valores de la Hipsometría:

Gráfico 1.

Curva hipsométrica y frecuencia de altitudes



Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Nota: El siguiente gráfico se indica el estado de la cuenca considerando la altura y la zona de acumulación.

La curva hipsométrica obtenida de la cuenca hídrica del río Catarama corresponde a una curvatura tipo C, es decir, que hablamos de una curva sedimentaria que se encuentra en un proceso de vejez, no obstante, este tipo de curvaturas identificadas se debe tomar en consideración la potencialidad de erosión que no debe subestimarse, como se puede observar los cantos rodados a lo largo del cauce principal.

Establecido los resultados del estudio mediante el software SAGA-GIS, se realizó la estimación del factor (LS) que se relaciona con la erosión del suelo en el contexto de la geografía del medio físico.

Factor Erosión LS

Por medio de la utilización del programa SAGA-GIS, se pudo estimar el factor (LS) que se relaciona directamente con la pérdida de suelo en el ámbito de la geografía física.

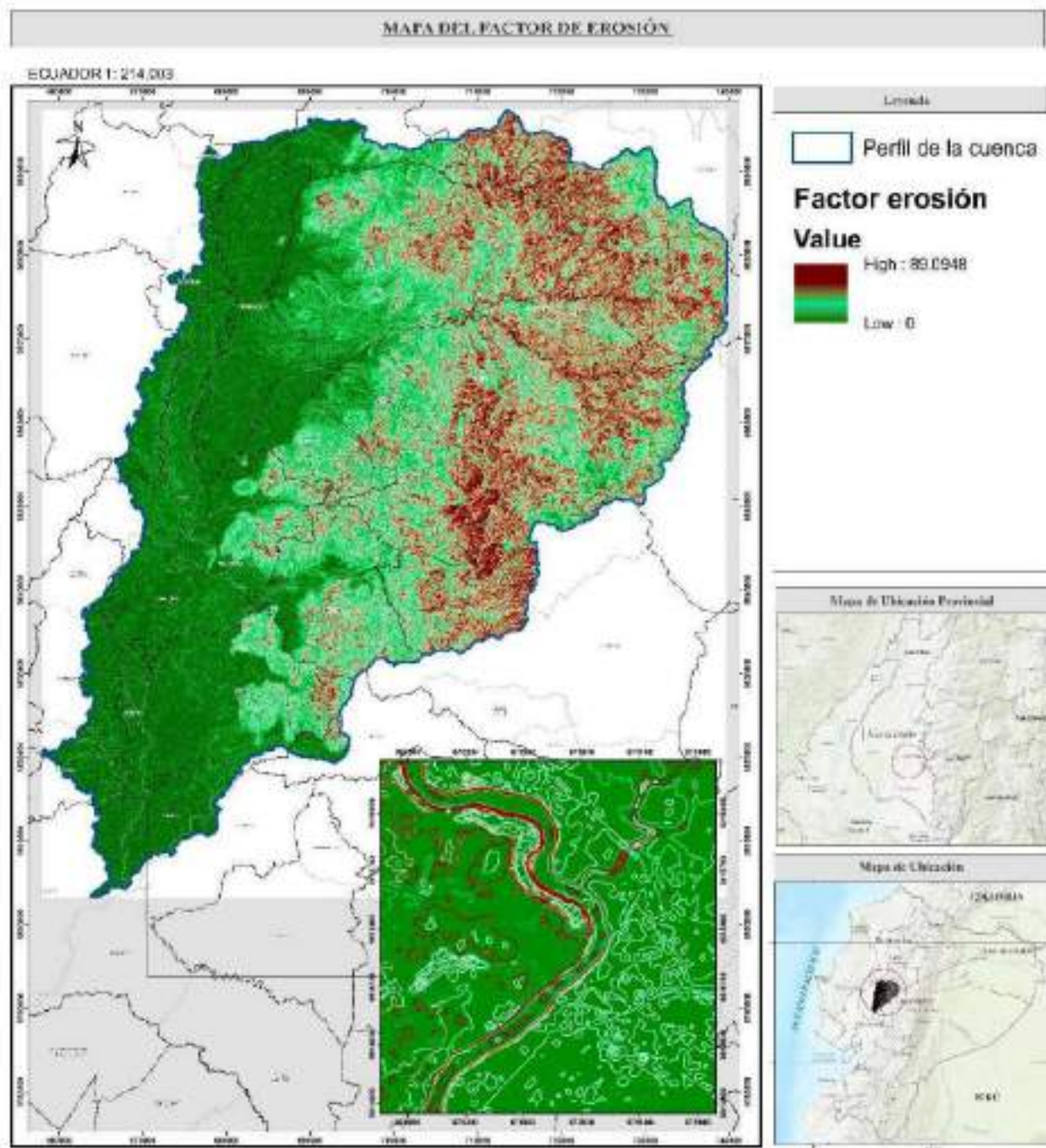
Este factor se lo relaciono mediante la longitud (L) y la pendiente del relieve montañoso que presenta la cuenca en su delimitación, es decir, se cuantificó la forma que es de afectación en los terrenos altos debido a la influencia y la proporcionalidad de los grandes flujos de agua provenientes de las fuertes precipitaciones lo que indica una considerable pérdida del suelo. Seguidamente, se obtuvo el resultado del proceso de identificación del factor de erosión en el suelo como lo especifica el modelo de USLE.

La influencia de la amenaza y su impacto respecto a la erosión (LS) en donde podemos observar mediante ubicación geográfica una vista en 2D de la cuenca mostrado a detalle mediante el DEM de elevación que detalla los polos regionales del Ecuador, en donde partiendo del centro hacia el polo derecho se observa la cordillera andina que presenta gran proporcionalidad de sedimentos mismos que desembocan a través de las redes hídricas hacia el polo izquierdo de la región litoral dando como resultado la acumulación de sedimentos y materiales en la cuenca principal provocando su modificación en el relieve y forma de la cuenca, tanto en la parte de acumulación de sedimentos en los laterales como su erosión en la parte contraria.

Se consideran factores de cambio del curso de la cuenca por influencia de la gravedad y la fuerza actuante que tiene el agua sobre la curva de cambio de dirección del flujo hídrico.

Mapa 4.

Mapa del factor de erosión



Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Nota: En el mapa se visualiza el factor de erosión considerando la zona alta de la cuenca con más erosión. Con base en el presente mapa se puede evidenciar una correspondencia de relación entre

Factor Índice Topográfico de Humedad (ITH)

La importancia de manifestar el Índice Topográfico de Humedad (ITH) en los estudios de inundaciones fortalece las características analíticas comprendiendo aspectos geomorfológicos de los terrenos que son controlados por dinámica fluvial, al considerar peculiaridades de la cuenca como es el sistema dendrítico, la forma de la cuenca y el factor de erosión se confirma que el arrastre y concentración sedimentaria se aglomera en riberas y llanuras aledañas al caudal.

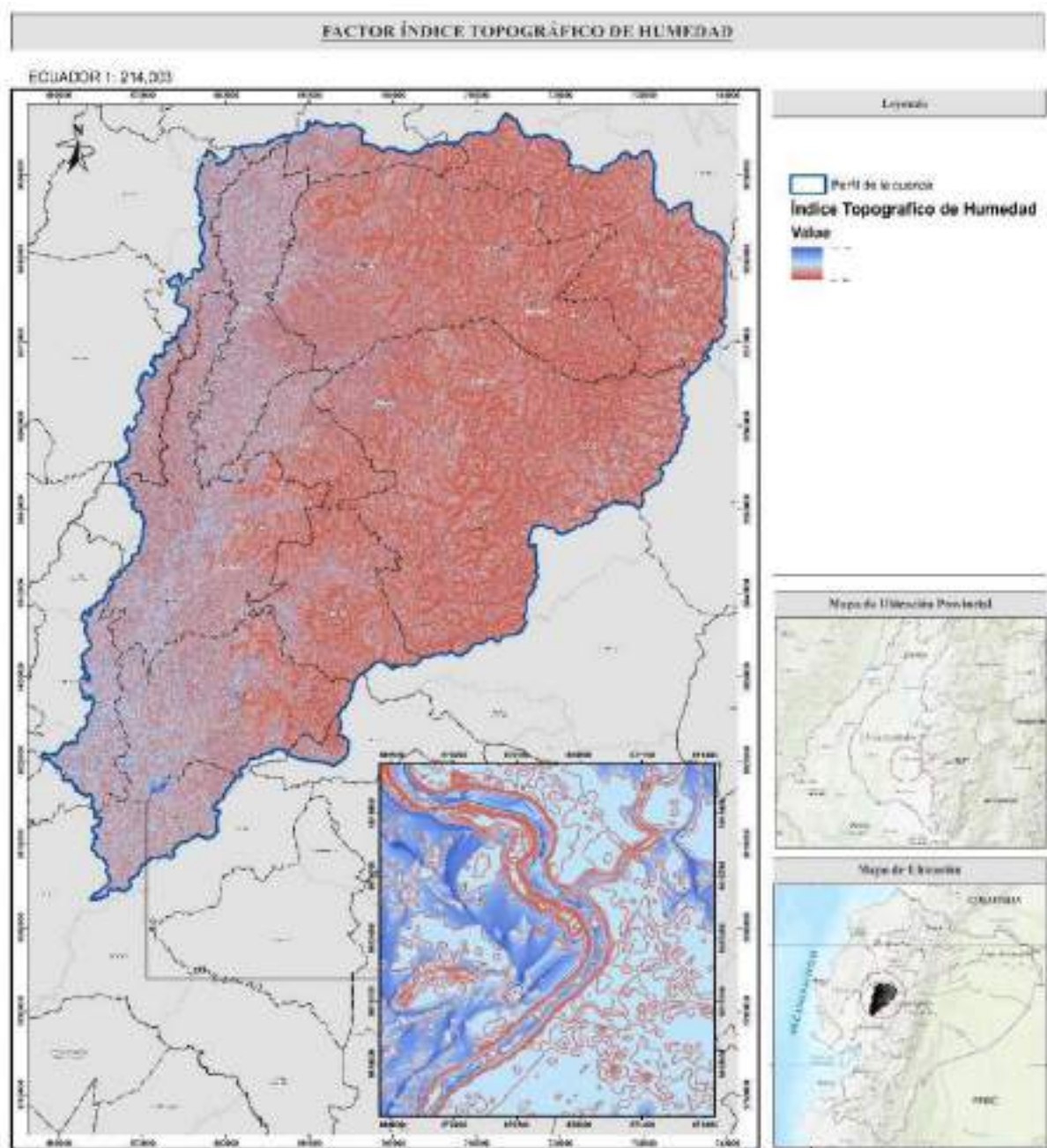
Al consolidar el relieve bajo y la acción sedimentaria atenúa la presencia de zonas de anegamiento y saturación hídrica misma que limita al crecimiento urbano o rural de manera que aquellos suelos se vuelven inestables y son propensos a sufrir efectos de licuefacción, mayor concentración de humedad elevando el nivel freático.

Para determinar el ITH fue indispensable partir desde el análisis de las zonas de escurrimiento superficial, donde ingresan variables de la dirección y la acumulación de flujo donde, permitió acotar con el sistema de drenaje. Además, el concepto de ITH se expresa mediante el logaritmo neperiano que se sustenta en las dos variables mencionadas anteriormente.

En el **Mapa 5**, se indica los parámetros generales del ITH donde mediante SIG se localizó las zonas con de acumulación y anegamiento de agua en la sub cuenca del río Catarama y parroquia Caracol. No obstante, este proceso fue restringido con base en el análisis topográfico y las condiciones visuales identificadas en el territorio, de tal manera que la parroquia al constituirse en una parte plana y ribereña del río contiene índice de 17,02 de humedad, sea el caso que existiese sobre saturación del suelo estas áreas acumularía el agua en la superficie permitiendo un desplazamiento rápido de la misma, en este sentido se justifica el por qué cuentan con la disponibilidad de una planta de extracción de agua.

Mapa 5.

Mapa del índice topográfico de humedad



Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Nota: En el mapa se visualiza el índice topográfico de humedad en la zona alta y el lugar de estudio.

Factores Detonantes (Precipitaciones)

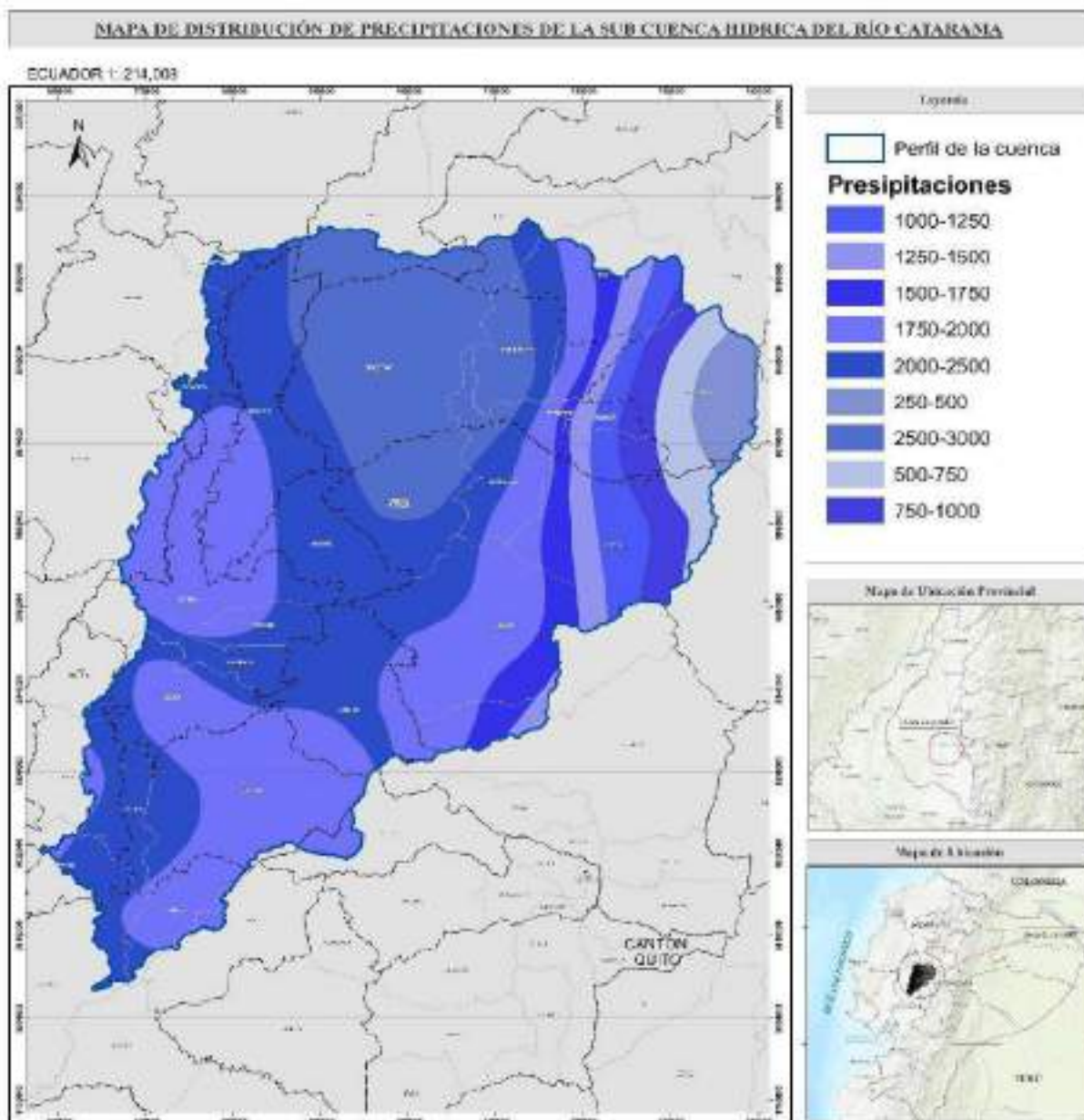
En el contexto de los riesgos por inundaciones en el sitio de estudio, es importante recalcar la relevancia del análisis de precipitaciones, ya que este factor es determinante en el incremento de los caudales de sistemas fluviales como ríos, arroyos y lagos. Debido a la variabilidad del cambio climático ha provocado el registrado de precipitaciones que superan los 4,53 mm de agua por hora, lo que determina su acumulación de agua en un total de 17,42 mm, cifra que representa un valor significativo para la gestión de recursos hídricos.

El análisis de precipitaciones mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG), permite una mejor representación espacial de la distribución de las lluvias en la parroquia durante un periodo específico. Este enfoque facilita la identificación de zonas que presentan mayor y menor índice de precipitaciones., mismos que se ven reflejado en las consecuencias que repercuten en la población durante los meses de octubre y febrero. Durante este periodo se presentan problemas como el anegamiento de agua y el desbordamiento del río en la parte superior del área de estudio.

En el **Mapa 6**, que confiere a la distribución de precipitación correspondiente al año 2023, ha sido elaborado con información de la base de datos NASA, mediante técnicas de interpolación, donde se puede evidenciar un incremento en los valores de precipitación en la zona alta de la cuenca, característica que permitió comprender la dinámica de las unidades hidrográficas en el área de estudio.

Mapa 6.

Mapa de precipitaciones.



Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Nota: En el mapa se visualiza la distribución de precipitaciones dentro de la cuenca delimitada.

Análisis de precipitaciones

Para hallar la curva de Intensidad-Diferencia-Frecuencia (IDF), se accedió al portal geoespacial de la NASA, donde se procedió a la descarga de los datos de precipitaciones correspondiente a un periodo de 23 años, mismos que comprenden desde el 1 de enero del 2001 hasta 31 de diciembre del 2023. A continuación se presentan los datos corregidos y ordenados.

Tabla 7.

Datos obtenidos y organizados NASA 2001-2023.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2001	1,9	4,3	3,5	2,7	1,3	0,5	0,5	0,1	0,6	0,3	0,3	1,5
2002	1,5	2,7	7,1	3,7	3,5	1,1	0,6	0,2	0,5	0,7	0,8	2,2
2003	4,5	5,7	3,0	2,1	1,5	0,3	1,7	0,3	1,0	1,1	1,1	2,8
2004	2,3	2,6	3,7	2,1	2,7	0,6	0,7	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
2005	0,2	0,5	1,7	3,0	0,6	0,4	0,2	0,2	0,9	0,3	0,6	0,3
2006	2,9	2,6	2,3	2,0	0,7	1,1	0,3	0,4	0,2	0,4	0,1	0,5
2007	4,0	0,2	1,2	0,3	0,5	1,3	0,8	0,8	0,4	1,2	0,8	0,5
2008	1,9	2,9	3,6	2,8	1,4	0,9	0,3	2,3	1,0	0,5	0,3	0,4
2009	2,4	1,7	3,1	0,3	0,1	0,3	0,3	0,2	0,2	0,4	0,2	0,6
2010	2,7	3,4	3,5	4,8	0,7	1,3	0,5	0,2	0,5	0,4	0,4	2,3
2011	1,2	2,5	1,2	4,8	0,7	0,7	0,6	3,6	0,6	0,2	0,7	0,9
2012	3,5	3,0	3,6	1,7	4,1	0,7	0,4	0,4	0,4	0,8	0,4	0,6
2013	1,9	3,3	5,1	3,2	0,8	0,9	0,3	0,3	0,2	0,6	0,5	0,6
2014	3,4	2,7	1,0	0,6	2,0	2,2	0,3	0,4	0,7	1,1	0,4	0,6
2015	2,0	3,1	2,1	2,8	3,4	1,9	0,3	0,2	0,1	1,3	3,1	2,7

2016	2,9	2,3	3,8	3,4	0,9	0,5	0,3	0,1	0,6	0,3	0,4	0,5
2017	3,7	3,9	5,3	6,6	2,9	1,0	0,7	0,5	0,4	1,7	0,8	1,2
2018	1,6	3,4	2,1	2,8	2,8	0,6	0,7	0,4	0,2	0,3	0,3	2,2
2019	3,2	3,8	3,7	3,2	2,4	2,2	1,2	0,2	0,3	0,5	2,1	1,9
2020	4,2	1,8	2,7	2,0	0,6	0,9	1,1	0,5	0,2	1,0	1,1	1,9
2021	0,0	2,0	4,6	1,6	2,3	8,2	0,3	0,2	1,2	1,3	0,8	2,0
2022	3,3	2,9	5,5	1,8	1,1	1,2	0,6	0,2	0,6	0,5	0,8	0,3
2023	2,3	2,5	2,7	5,5	3,0	0,9	1,4	4,5	0,4	0,6	0,9	1,5

Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Nota: Datos tabulados de la base de datos de la NASA de 23 años. Comprende la fecha del 1 de enero del 2001 hasta el 31 de diciembre del 2023.

Con base a los registros de precipitaciones máximas mensuales, se seleccionaron los valores máximos de precipitación correspondientes a cada año, donde se llevó a cabo los respectivos cálculos estadísticos de las siguientes métricas: valor máximo y mínimo, media, varianza, desviación estándar y coeficiente de sesgo.

En la **Tabla 8**, se describe un resumen referente a parámetros estadísticos en los campos de P24 h y el log P24 h. Se ocupó, dicho proceso con el fin de analizar las precipitaciones y seleccionar el método de GEV-Min y GEV-Máx, mismo que mantuvieron un alto rango de confiabilidad de datos. Por consiguiente, se describe cada uno de los apartados contenientes en el cálculo de parámetros estadísticos:

- “N” indica la cantidad de datos disponibles que confiere a la variable de estudio el cual indica un rango de 23 años.
- La sumatoria indica el aglomerado total de las P máx. y Log(P24hr) obtenido de la **Tabla 5** mismos que proporcionan un valor para P24 h = 103,00 y el Log P24 h = 14,63.

- El valor máx. es el registro más elevado de las precipitaciones que se diferencia de entre todos los años. Obtenido que para P24 h = 8,20 y el Log P24 h = 0,91.
- El valor min. al contrario del valor máx. indica el registro más minoritario de las precipitaciones. Obteniendo así, que para P24 h = 2,90 y el Log P24 h = 0,46.
- La media, consiste en obtener el promedio de las precipitaciones de entre los 23 años, concibiendo conocer que para P24 h = 4,50 y el Log P24 h = 0,64.
- La varianza, analiza la dispersión de datos alrededor de la media. Por lo tanto, si la varianza esta elevada los datos se encuentran excesivamente separados, mientras que, si la varianza esta baja los datos se presentan en mayor aglomeración. De este modo, se indica que para P24 h = 1,96 y el Log P24 h = 0,015, de igual manera, es esencial fundamentarlo mediante el **Grafico 2** y **Grafico 3**.
- La desviación estándar está determinada por la raíz cuadrada de la varianza. De esta manera, se indica la distancia entre los puntos de dispersión y la media de tendencia central. Así, tenemos que para P24 h = 1,40 y el Log P24 h = 0,123. De igual manera, es esencial fundamentarlo mediante el **Grafico 2**.
- El coeficiente de variación es una medida estandarizada de la dispersión de una distribución de frecuencia. Es decir, cuando el valor del coeficiente de variación es bajo, significa que los datos presentan menor variabilidad y alta estabilidad. Por lo tanto, P24 h = 0,31 y el Log P24 h = 0,19, Tomando en cuenta la confiabilidad de los datos dudosas que proporcionados por el método Outlier.
- El coeficiente de sesgo definido también como coeficiente de simetría para la distribución de datos uniformemente acorde a la media de tendencia central. Obtenido que para P24 h = 1,18 y el Log P24 h = 0,75. El cual, corrobora con la Prueba de Kolmogórov-Smirnov.

Tabla 8.

Cálculo de parámetros estadísticos comprendidos entre los años 2001 - 2023

Parámetros estadísticos	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	23,00	23,000
Sumatoria	103,60	14,631
Valor Máximo	8,20	0,914
Valor Mínimo	2,90	0,462
Media:	4,50	0,636
Varianza:	1,96	0,015
Desviación Estándar:	1,40	0,123
Coefficiente Variación:	0,31	0,193
Coefficiente de Sesgo:	1,18	0,7493
Se Considera:	Aplicar pruebas para datos dudosos.	

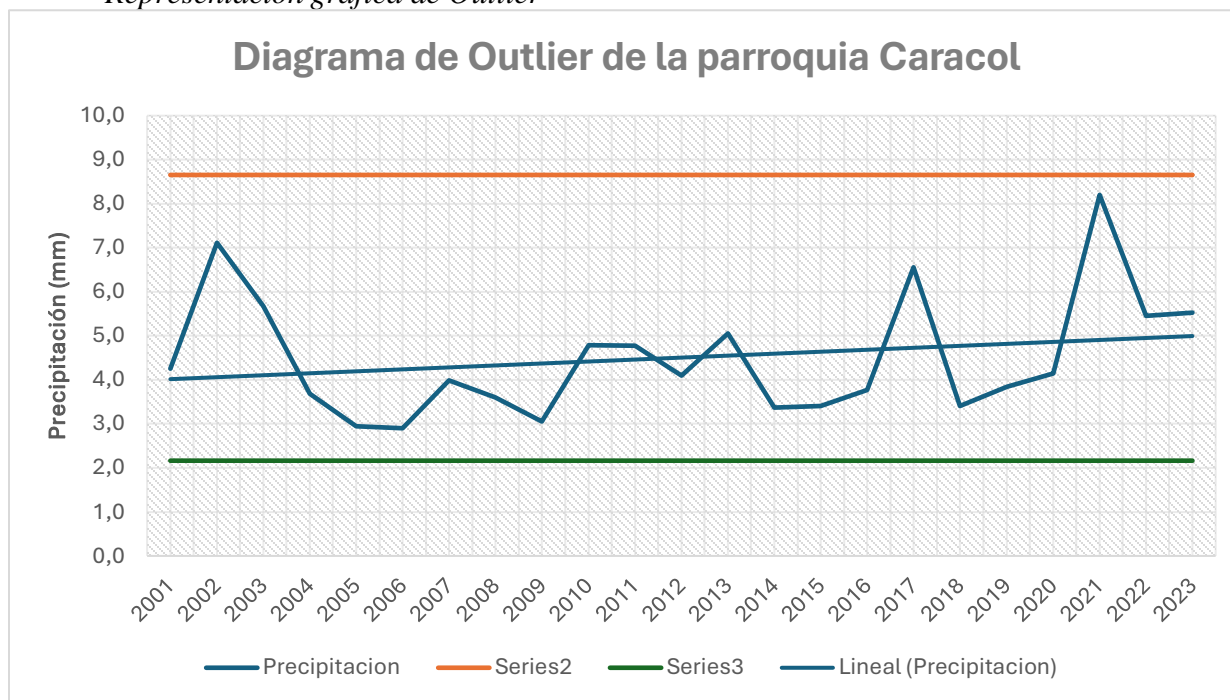
Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Nota: La presente tabla permite visualizar los parámetros estadísticos comprendidos entre los años 2001 - 2023

En el **Gráfico 2**, se presenta el análisis de datos atípicos de precipitaciones en milímetros durante un periodo de 23 años. La línea horizontal superior en color rojo indica los valores máximos, mientras que la línea horizontal inferior en color verde representa los valores mínimos, también se puede observar que las precipitaciones máximas fluctúan por cada año teniendo más incidencia en los años 2002, 2017, 2021, con ello se puede mencionar que, existe años en los que las precipitaciones son notablemente bajas, lo que hace sugiere periodos de escasez de recursos hídricos y sequías.

Gráfico 2.

Representación gráfica de Outlier



Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Nota: La grafica indica la corrección de los datos dudosos mediante Outlier comprendidos entre los años 2001 – 2023.

Para validar la confiabilidad de la metodología efectuada, se consagro un análisis de datos de precipitaciones utilizando diagramas de caja “Boxplot”. Este análisis permitió realizar comparativas estadísticas, representando cuartiles, la mediana, el rango y los valores atípicos.

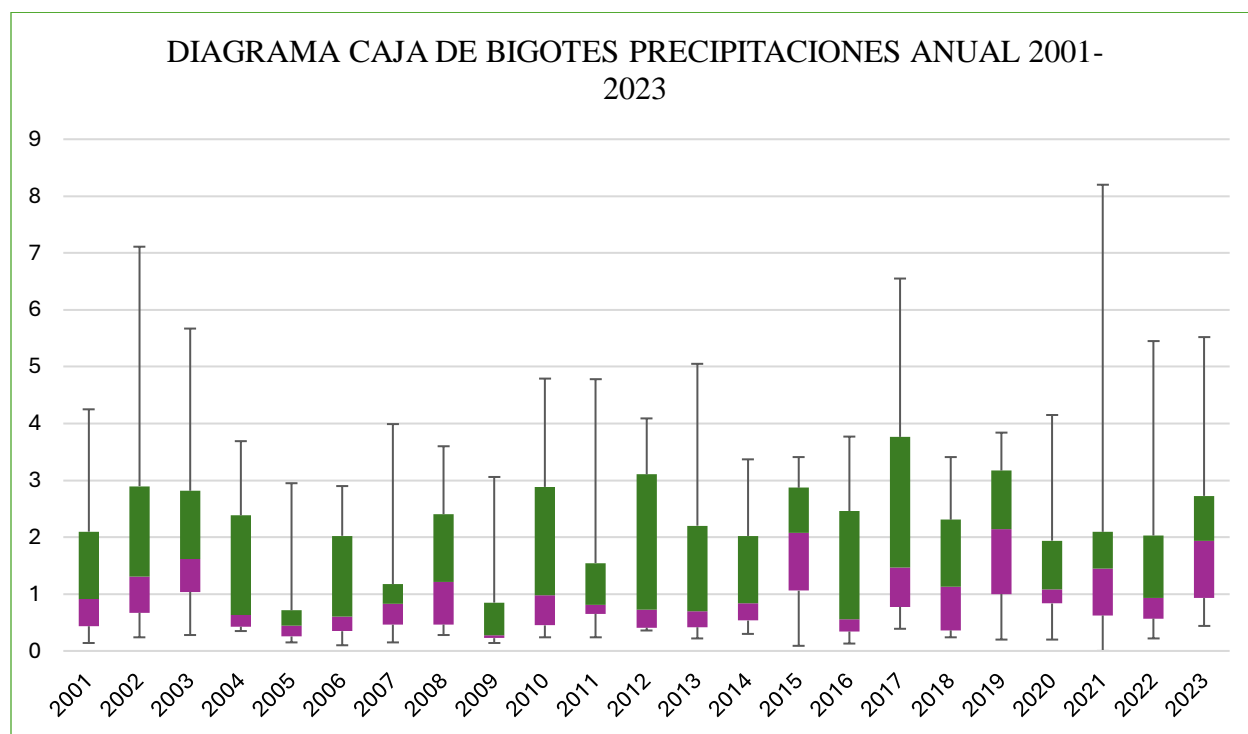
El diagrama Boxplot fue empleado como un método complementario para verificar con más exactitud, con base en la representación de los 23 datos de precipitaciones. En este diagrama, indica que los valores en la parte inferior de cada caja corresponden el primer cuartil, mientras que los valores en la parte superior pertenecen al tercer cuartil, la media aritmética divide cada caja en dos segmentos, esto permite corroborar, que en los años con mayor cantidad de precipitaciones en función con la metodología Outlier coinciden con los resultados obtenidos a través de este método. Además, se observa la varianza simétrica de los datos, evidenciando que

algunos años presentan precipitaciones significativamente más altas que otros, fundamentado que, fueron datos del factor de estudio y representando valores exuberantes.

A continuación, se muestra la representación de los datos tabulados mediante la caja de bigotes:

Gráfico 3.

Diagrama Caja-Bigotes (Boxplots)



Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Prueba de Smirnov – Kolgómorov

Mediante la aplicación de la presente técnica estadística se constató que no existen datos atípicos, estos datos de la base de estudio fueron validados por medio de una prueba de umbral, lo que mostró que los valores se hallan dentro de los rangos máximos. Además, la prueba de ajuste se realizó empleando distribuciones estadísticas comprobadas a través del modelo de Smirnov Kolmogórov.

A partir de los resultados obtenidos de las distribuciones estadísticas Smirnov-Kolmogórov, el modelo que converge con mejor con el factor ajuste es: GEV-Min y GEV-Máx., la prueba de Smirnov describe que el factor de ajuste debe ser seleccionado posterior a la organización de datos de la columna “Dmax” de manera que el valor de dichas pruebas debe acercarse a un valor neutro “0”.

A continuación, se muestra los resultados obtenidos mediante esta evaluación:

Tabla 9.

Prueba de Kolmogórov-Smirnov.

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99,96%	0,0627
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99,93%	0,0653
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99,90%	0,0668
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99,88%	0,0674
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99,82%	0,0697
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99,79%	0,0704
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99,78%	0,0708
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99,48%	0,0759
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99,40%	0,0769
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99,14%	0,0795
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99,07%	0,0801
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99,05%	0,0802
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98,82%	0,0820
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98,80%	0,0821
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98,70%	0,0828
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97,36%	0,0895
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97,09%	0,0905
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	90,31%	0,1072
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	85,06%	0,1159
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	61,26%	0,1469
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	60,28%	0,1481
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	59,92%	0,1486

EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	57,27%	0,1519
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	38,63%	0,1773
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	37,78%	0,1786
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	18,82%	0,2153
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	18,44%	0,2163

Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Nota: En la tabla se puede observar los cálculos de Kolmogórov-Smirnov en diferentes pruebas que se aplicó a los datos de precipitación, considerando el más efectivo GEV-Min y GEV-Max (kappa specified, L-Moments).

Ya obtenido los datos se procedió a realizar el cálculo de precipitaciones máximas mediante el software Hydrognomon que puede ocurrir en diferentes periodos, este proceso se dará a conocer en la siguiente tabla de información:

Tabla 10.

Precipitaciones diarias máximas posibles para distintas frecuencias

Precipitaciones diarias máximas probables para distintas frecuencias			
Factor de ajuste	1,13		
Periodo de Retorno T (años)	Hydrognomon Pmax (mm)	Pmax Corregido (mm)	Probabilidad de no excedencia P
2	4,23	4,22	0,5000
5	5,56	5,55	0,8000
10	6,42	6,41	0,9000
25	7,44	7,42	0,9600
50	8,15	8,14	0,9800
100	8,83	8,81	0,9900
200	9,48	9,46	0,9950

500	10,30	10,28	0,9980
1000	10,89	10,87	0,9990

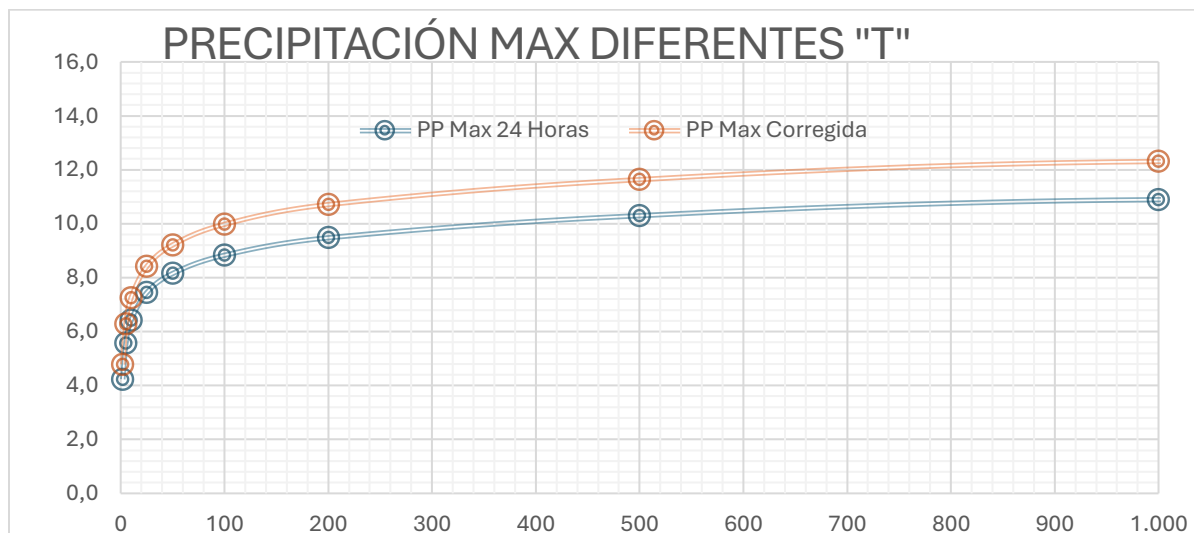
Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Nota: En la tabla se muestra los resultados obtenidos mediante el cálculo en diferentes frecuencias de retorno para las precipitaciones diarias máximas.

A continuación, se representan los datos en un gráfico estadístico para poder determinar el aumento de las precipitaciones máximas en un día indefinido, de acuerdo con los periodos de retorno mencionado en la tabla anterior.

Gráfico 4.

Representación de las precipitaciones máximas



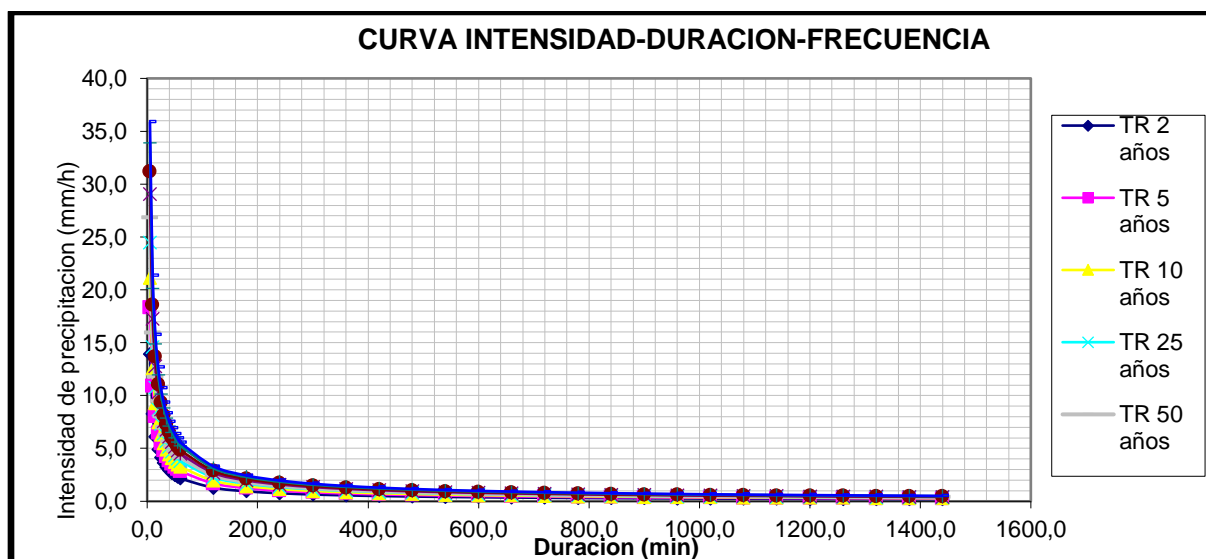
Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Nota: Esta grafica indica el incremento comparativo entre las precipitaciones máximas en 24 horas y las precipitaciones máximas corregidas tales que se analizaron para los diferentes periodos de retorno que inicia desde los 2,5,10,25, 50, 100, 200, 500 hasta los 1000 años.

Con los valores previamente analizados se procedió a realizar ciertos cálculos para hallar la curva IDF con los periodos de retorno ya establecidos, las curvas nos demuestran que la intensidad de las precipitaciones tiende a bajar con el transcurrir de las horas.

Gráfico 5.

Determinación de la Curva de Intensidad, Duración y Frecuencia IDF



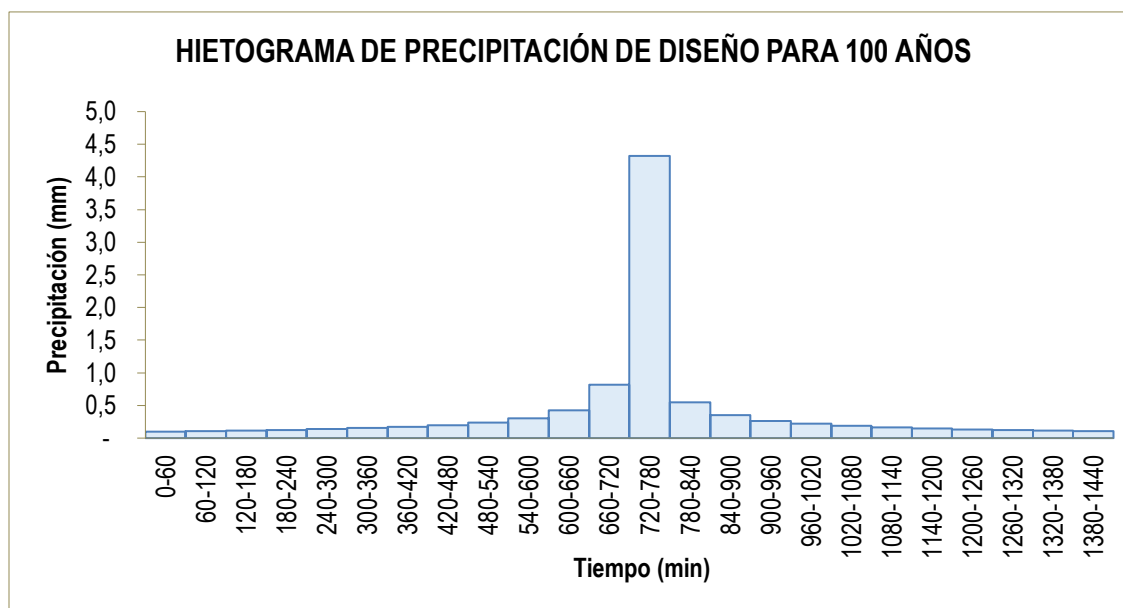
Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Nota: Esta grafica indica el comportamiento de las IDF para los diferentes periodos de retorno que inicia desde los 2,5,10,25 hasta los 50 años, considerando en sus ejes la intensidad “mm/h” y la duración “min”.

Estas curvas IDF son lluvias que se generaron a partir de la inferencia estadística de datos de precipitaciones, en donde en el **Gráfico 6** se muestran las diferentes frecuencias de periodos de retorno para hasta 100 años representadas con una línea en forma curva que está dado por su eje vertical que indica la cantidad de precipitaciones y en el eje horizontal su duración en minutos.

Gráfico 6.

Hietograma de precipitación para 100 años



Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Nota: Esta grafica indica que las lluvias se presenten con gran intensidad en un determinado el lapso de tiempo y durante ese tiempo toda la precipitación tendrá una fuerte presencia concentrada.

Cortes longitudinales de los perfiles de la parroquia Caracol

Una vez analizadas las características que corresponde a identificar el área de estudio y sus elementos que lo condicionan, se realizó un trabajo de campo en donde se diagnosticaron los espacios más adecuados para realizar la medición de los caudales que circundan por la parroquia Caracol, con tales datos obtenidos posteriormente realizar el moldeamiento hídrico en el software Iber. En el **Mapa 7**, se indica los espacios que fueron destinados a la toma del perfil y la medición del caudal mediante el método del flotador.

En cuanto a la designación y obtención de los tramos fue necesario realizar un recorrido en el territorio de estudio de tal manera que permitió identificar los caudales que circundan a la parroquia Caracol. Entre ello se identificó el río principal “Catarama” y el afluente del río Potosí por medio de esta delimitación fue evidente zonificar tres tramos dos de ellos fueron destinado a la parte superior lugar en donde ingresan los caudales y el último tramo fue designado en la parte inferior en particular este tramo importante de manera que permitió conocer un estimado real de cuantos m^3/s circula al fusionar los dos caudales anteriormente mencionados.

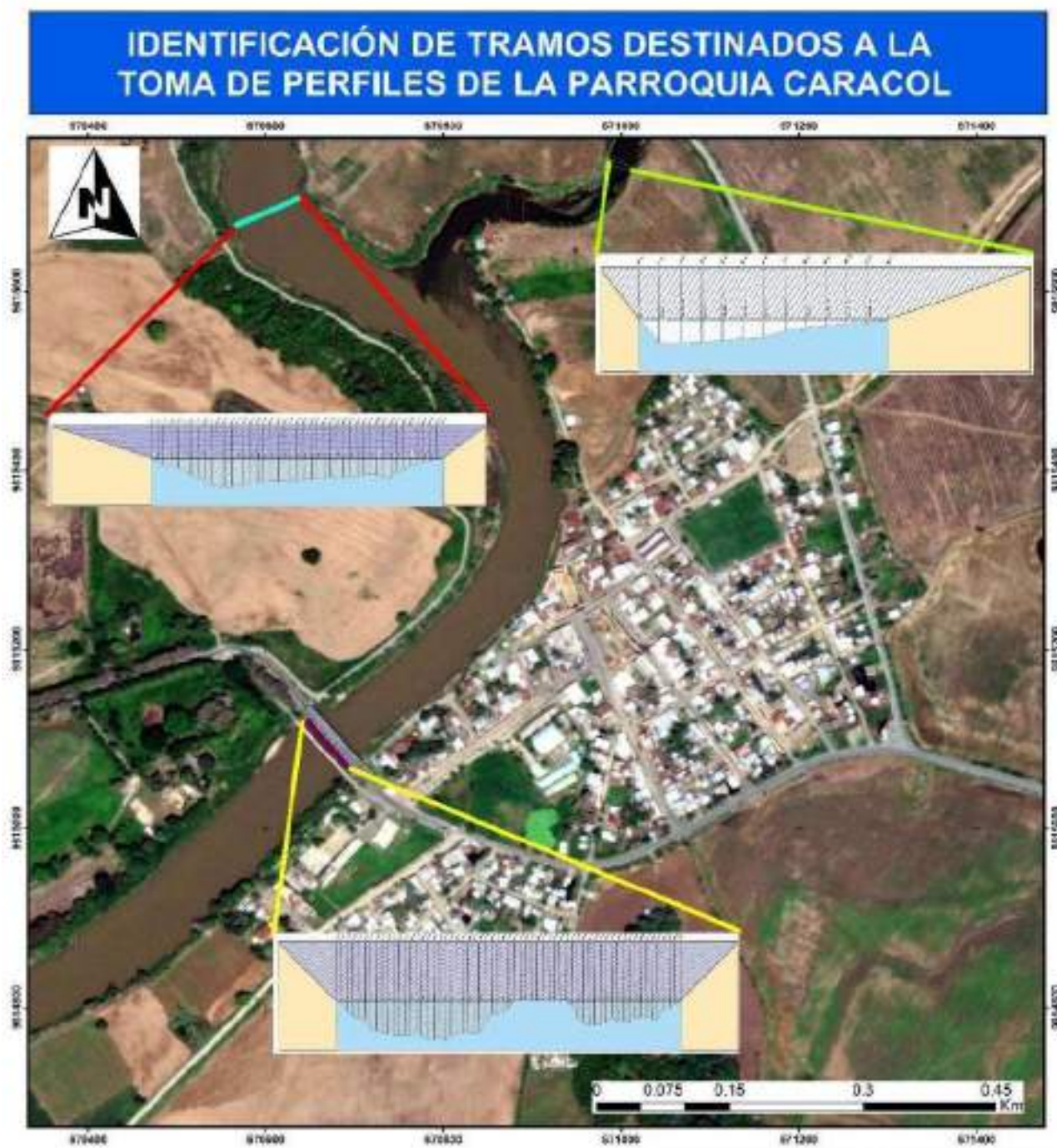
Con base en los tramos designados se comenzó con la obtención de información del caudal mediante el método clásico de medición de caudales en zonas abiertas “Método del Flotador” sin duda este proceso fue necesario de manera que no se contó con la disponibilidad de dispositivos modernos especializados en la medición de caudales por diferentes razones. Por ende, se recurrió al uso de dicha técnica de manera que permita solventar la necesidad.

El método del flotador define la obtención de diferentes parámetros como distancia (m), longitud (m), profundidad (m), tiempo (s). Con estos datos se explica en cálculo del área (m^2) a través de la profundidad y distancia, Velocidad (m/s) por medio de la distancia y el tiempo. La secuencia de este proceso matemático tiene como finalidad obtener el caudal real estimado (m^3/s).

Finalmente, con los datos a disposición se procedió a realizar la representación gráfica de los perfiles transversales de cada tramo con el fin de determinar los puntos sedimentarios los cuales son depositados por acción de arrastre y en consecuencia alteran el flujo del canal principal

Mapa 7.

Mapa de ubicación geográfica de los perfiles

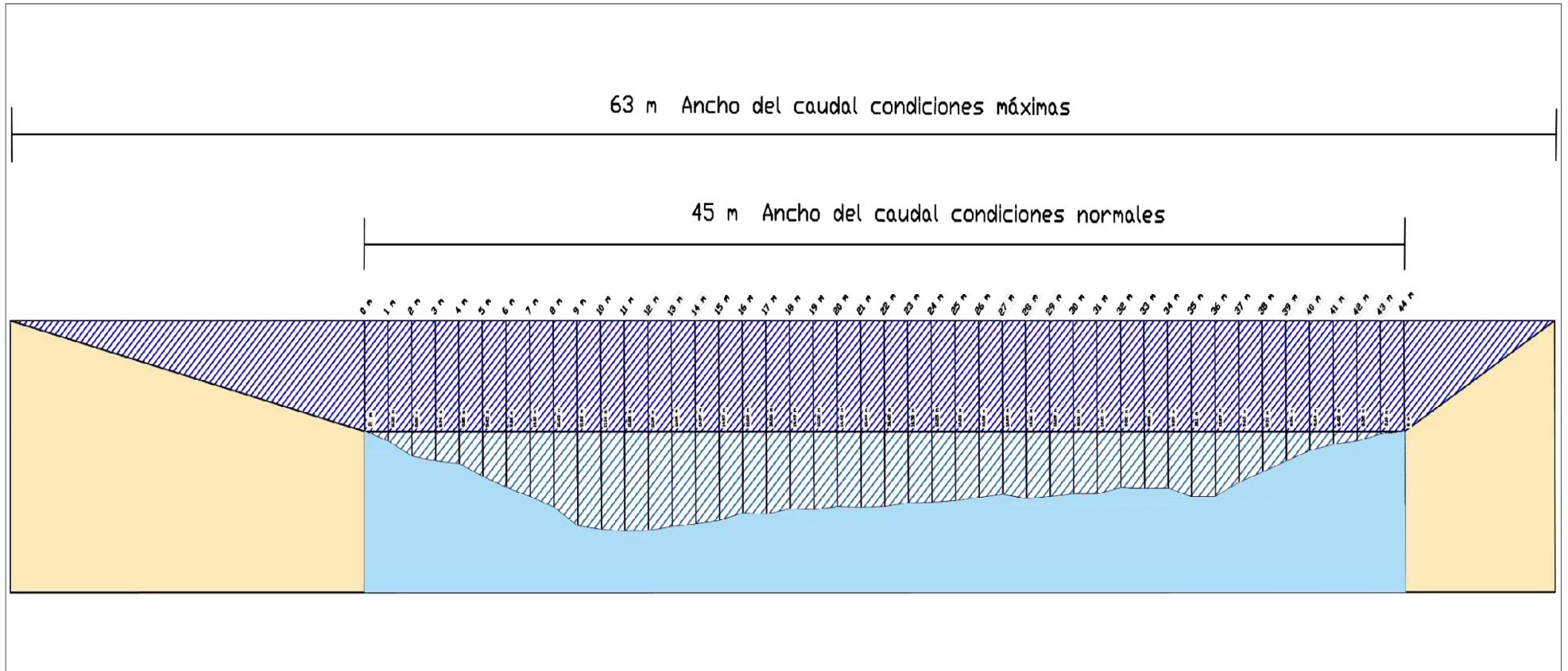


Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Nota: En el presente mapa se permite visualizar los tramos designados para la estimación del Q y la representación gráfica del perfil.

Ilustración 3.

Representación del primer perfil



Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Nota: En el presente gráfico se evidencia el perfil uno en condiciones normales y condiciones máximas de la subcuenca del río Catarama

Tabla 11.*Cálculo estadístico del primer tramo*

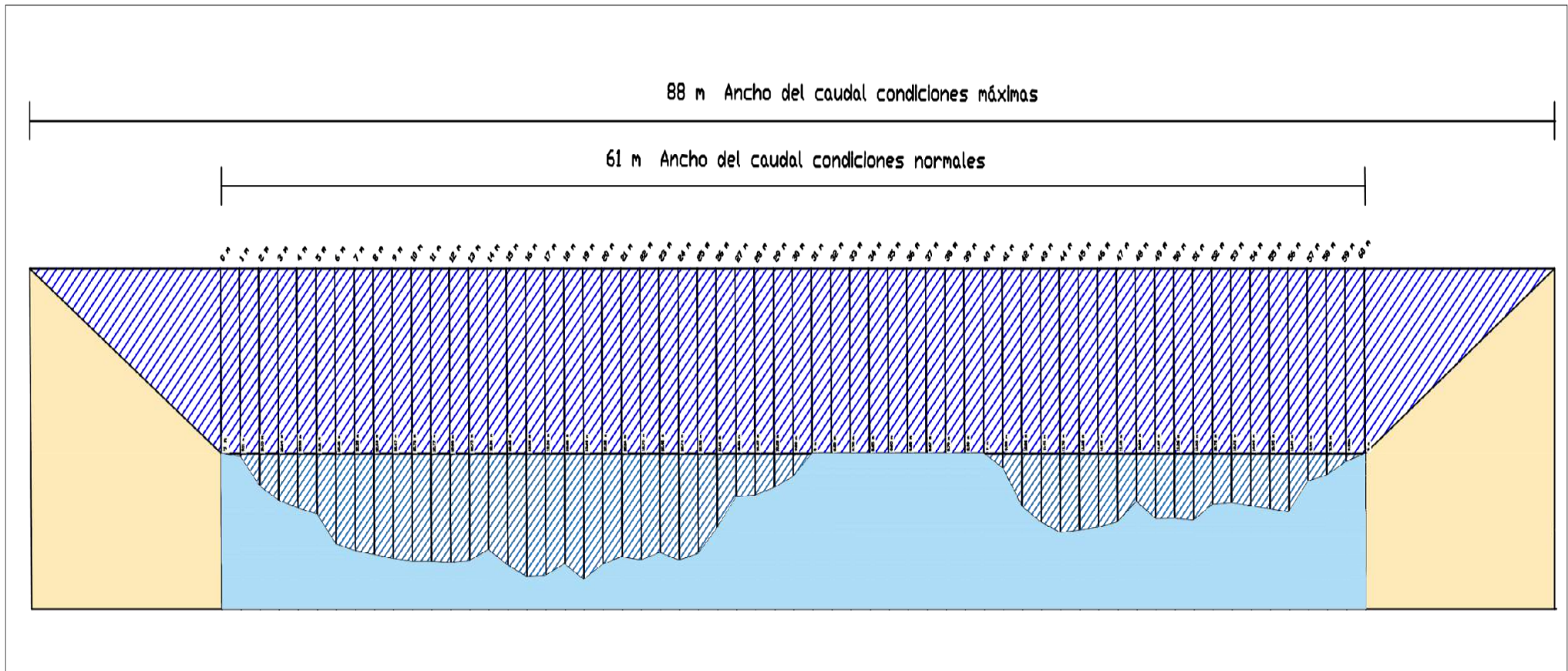
DATOS DE “PROFUNDIDAD”		DATOS DE “TIEMPO”		
Ancho (m)	Profundidad Promedio	Núm. de prueba	Tiempo Promedio	Distancia (m)
45	1,87	10	29,16	15
CÁLCULO DEL ÁREA		CÁLCULO DE LA VELOCIDAD		
Área = Ancho * Profundidad P.		Velocidad= Distancia / Media de Σ de tiempo		
Área = 45 m * 1,87 m		Velocidad= 15 m / 29,16 s		
Área =84,22 m ²		Velocidad= 0,51 m/s}		
Área máx. = 556,98 m ²				
CÁLCULO DEL CAUDAL				
Caudal Q= Área * Velocidad				
Caudal Q = 84,22 m ² * 0,51 s				
Caudal Q = 43,32 m ³ /s				
Caudal máx. = 286,00 m ³ /s				

Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Interpretación: En el tramo uno, el perfil representó un ancho de 45 metros de longitud, de igual manera el punto doce se destacó por evidenciar una profundidad de 3,20 m, mientras que el punto 44 demostró una profundidad de 0,1 m cercano a la superficie. El cálculo de caudal está definido por dos parámetros: primero el área con $A = 84,22 \text{ m}^2$, y el segundo la velocidad con $V = 0,51 \text{ m/s}$ de esta manera se estableció un caudal estimado de $Q = 43,32 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ilustración 4.

Representación del segundo perfil



Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Nota: En el presente gráfico se evidencia el perfil dos en condiciones normales y condiciones máximas de la subcuenca del río Catarama.

Tabla 12.*Cálculo estadístico del segundo tramo*

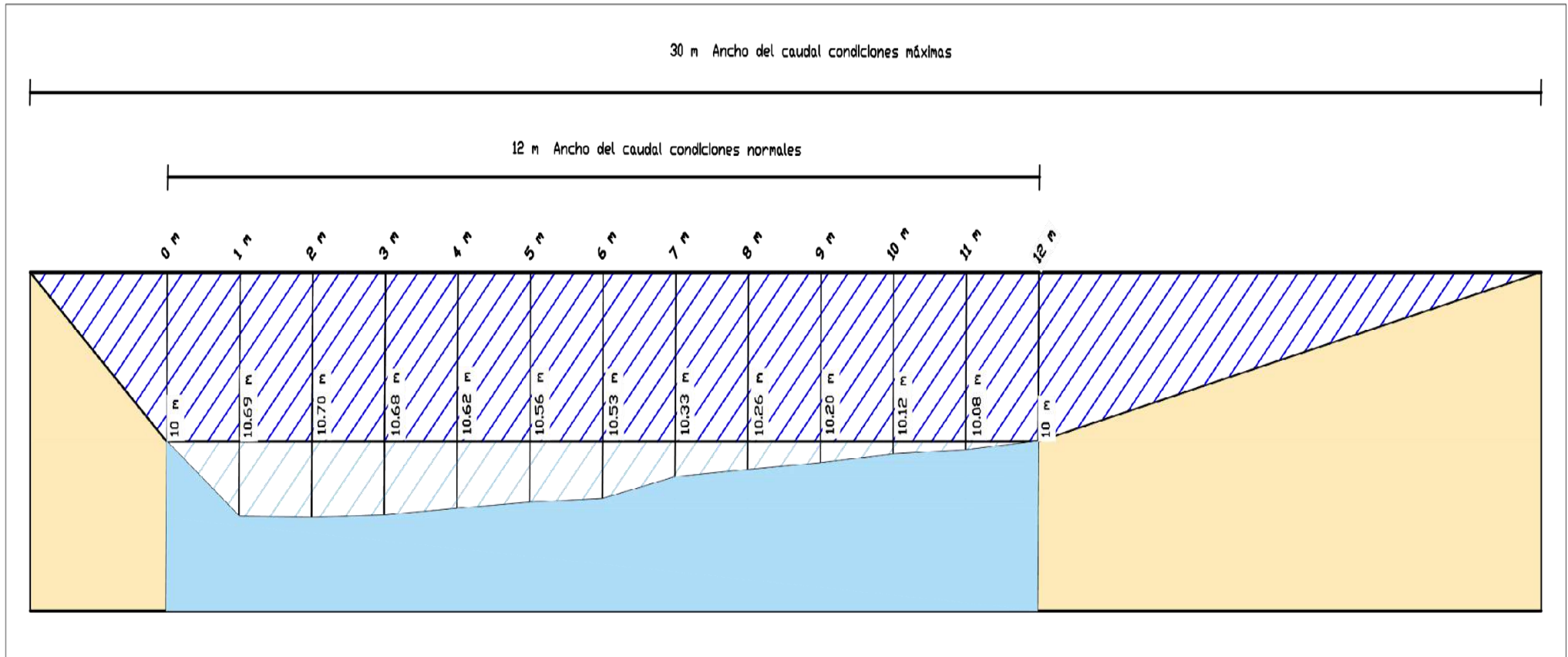
DATOS DE “PROFUNDIDAD”		DATOS DE “TIEMPO”		
Ancho (m)	Profundidad (m)	Núm. de prueba	Tiempo (s)	Distancia (m)
61	2,04	8	21,36	15
CÁLCULO DEL ÁREA		CÁLCULO DE LA VELOCIDAD		
Área = Ancho * Profundidad		Velocidad= Distancia / Media de Σ de tiempo		
Área = 61 m * 2,04 m		Velocidad= 15 m / 21,36 s		
Área = 124,44 m ²		Velocidad= 0,70 m/s		
Área máx. = 792,58 m ²				
CÁLCULO DEL CAUDAL				
Caudal Q= Área * Velocidad				
Caudal Q = 124,44 m ² * 0,70 s				
Caudal Q = 87,108 m ³ /s				
Caudal máx. = 556,59 m ³ /s				

Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Interpretación: En el tramo dos, el ancho del perfil caracterizó una longitud de 61 metros, el punto 20 sobresalió por evidenciar una profundidad de 4,40 m, seguido del punto dos que demostró una profundidad de 0,11 m cercano a la superficie. El cálculo de caudal está definido por dos parámetros: primero el área con $A = 124,44 \text{ m}^2$, y el segundo la velocidad con $V = 0,70 \text{ m/s}$ de esta manera se estableció un caudal estimado de $Q = 87,108 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ilustración 5.

Representación del tercer perfil



Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Nota: En el presente gráfico se evidencia el perfil en condiciones normales y condiciones máximas de la subcuenca del río Catarama.

Tabla 13.*Cálculo estadístico del tercer tramo*

DATOS DE “PROFUNDIDAD”		DATOS DE “TIEMPO”		
Ancho (m)	Profundidad (m)	Núm. de prueba	Tiempo (s)	Distancia (m)
13	0,37	10	12,50	15
CÁLCULO DEL ÁREA		CÁLCULO DE LA VELOCIDAD		
Área = Ancho * Profundidad		Velocidad= Distancia / Media de Σ de tiempo		
Área = 13 m * 0,37 m		Velocidad= 15 m / 12,50 s		
Área = 4,77 m ²		Velocidad= 1,20 m/s		
Área máx. = 266,15 m ²				
CÁLCULO DEL CAUDAL				
Caudal Q= Área * Velocidad				
Caudal Q = 4,77 m ² * 1,20 s				
Caudal Q = 5,72 m ³ /s				
Caudal máx. = 319,41 m ³ /s				

Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Interpretación: El tramo tres, enmarco gran diferencia por disponer de un ancho de 13 metros de longitud, de igual que los perfiles anteriores el punto tres se destacó por evidenciar una profundidad de 0,7 m, mientras que el punto 12 mostró disponer de una profundidad de 0,08 m cercano a la superficie. El cálculo de caudal está definido por dos parámetros primero el área con $A = 4,77 \text{ m}^2$, y el segundo la velocidad con $V = 1,20 \text{ m/s}$ de esta manera se estableció un caudal estimado de $Q = 5,72$.

Validación del escenario susceptible a inundaciones “Climate Central2

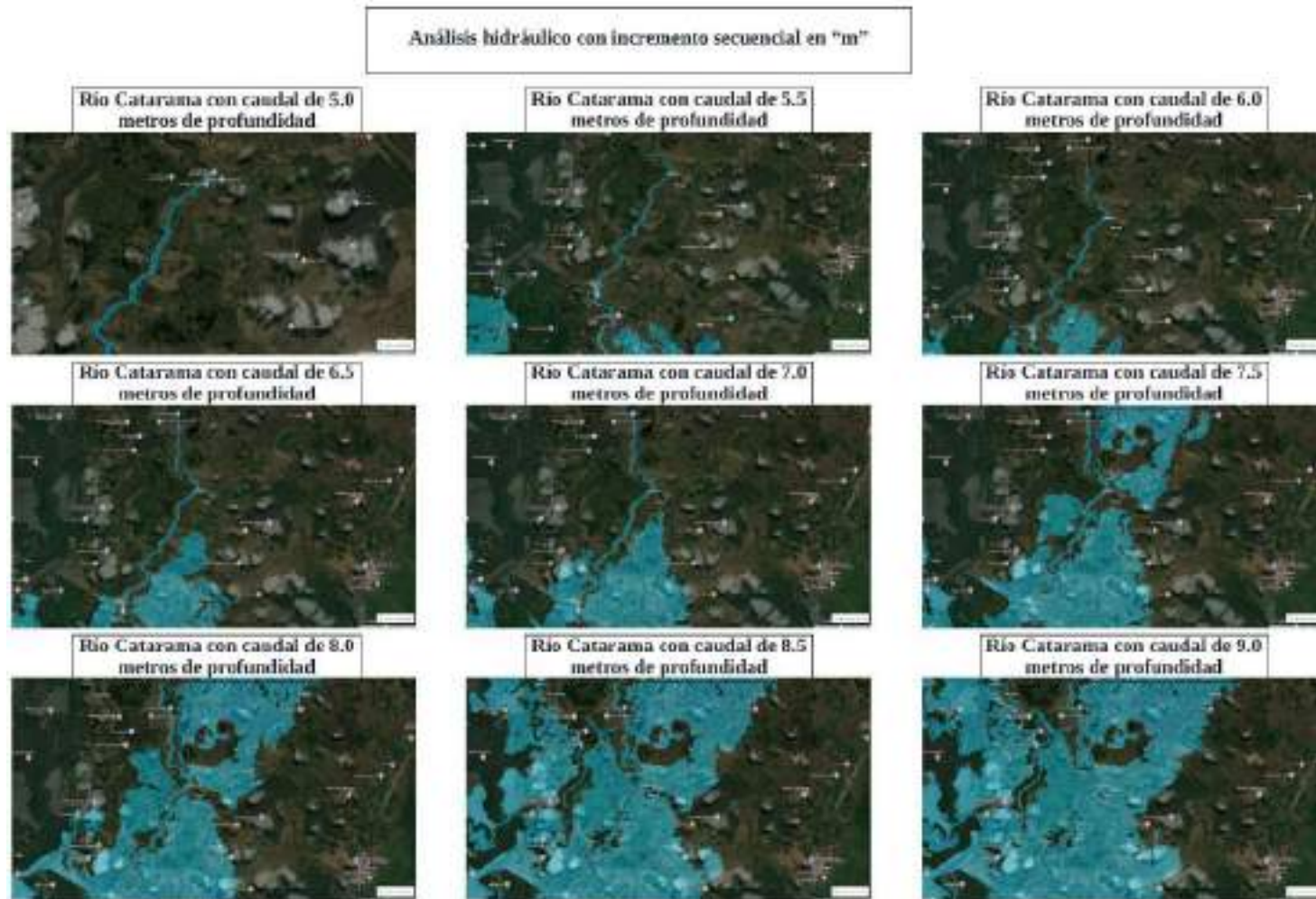
Se ha verificado mediante el uso de la plataforma de Climate Central, los escenarios en donde el agua alcanza alturas considerables partiendo desde una profundidad de 5,0 m, donde el caudal presenta condiciones normales para el recorrido hídrico. El segundo y tercer escenario se dispuso una profundidad de 5,5 y 6,0 m de manera que se evidencio condiciones anormales de la cuales presentan inundaciones en las partes más bajas.

El escenario cuarto y quinto con una profundidad de 6,5 y 7,0 m se presenta la incrustación de agua iniciando desde la región sur del lugar de estudio. El escenario sexto y séptimo con profundidades de 7,5 y 8,0 corroboramos en efecto una similitud con el escenario desarrollado en el software Iber, es el caso donde el agua se desborda del río Pijullo, inicia con las condiciones de anegamiento e inserción a las infraestructuras de la parroquia Caracol.

Por último, el escenario octavo y noveno con profundidades 8,5 y 9 m representaron ingreso del agua a la parroquia afectando las infraestructuras importantes residenciales y vías. Por ende, las inundaciones representan el desastre meteorológico más frecuente y de mayor impacto en la región costera es por ello, que el uso medios satelitales en la actualidad representan gran importancia debido al monitoreo, seguimiento y análisis de las condiciones del cambio climático presentes tanto en el área de estudio como en el país.

Ilustración 6.

Representación de los niveles de profundidad del agua



Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Fuente: <https://coastal.climatecentral.org/es/map/8/100.6166/13.2746>

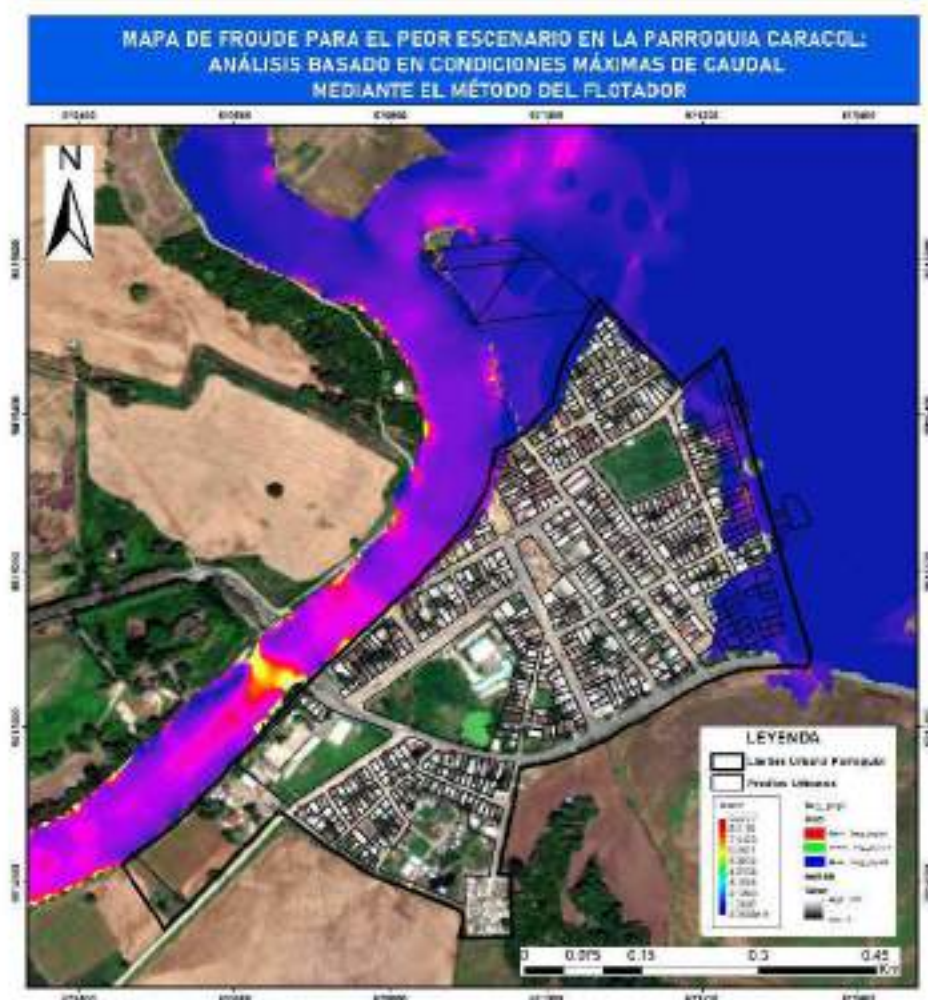
Mapa de Froude

A partir del resultado obtenido de la inundación en el área de estudio, se procedió a realizar un análisis de diversos factores críticos para la gestión de la cuenca hídrica. En primera instancia se evaluó el número de froude de la cuenca, que establece la relación existente entre las fuerzas inerciales y gravitacionales que actúan sobre el flujo del río, donde se determinó el régimen de flujo sub crítico representado por el color azul, lo que indica el desbordamiento del río debido al incremento del caudal, por otro lado, las áreas marcadas de color morado corresponden a un régimen de flujo sub crítico que conlleva gran parte del cauce principal como del afluente.

Finalmente, las áreas representadas en color rojizo indican regiones críticas con mayor turbulencia de agua en la parte inferior del área de estudio, lo cual representa un riesgo considerable debido a su proximidad a la infraestructura del puente de acceso a la parroquia, esta información resulta esencial para la planificación, diseño y gestión de recursos hídricos.

Mapa 9.

Mapa de Froude



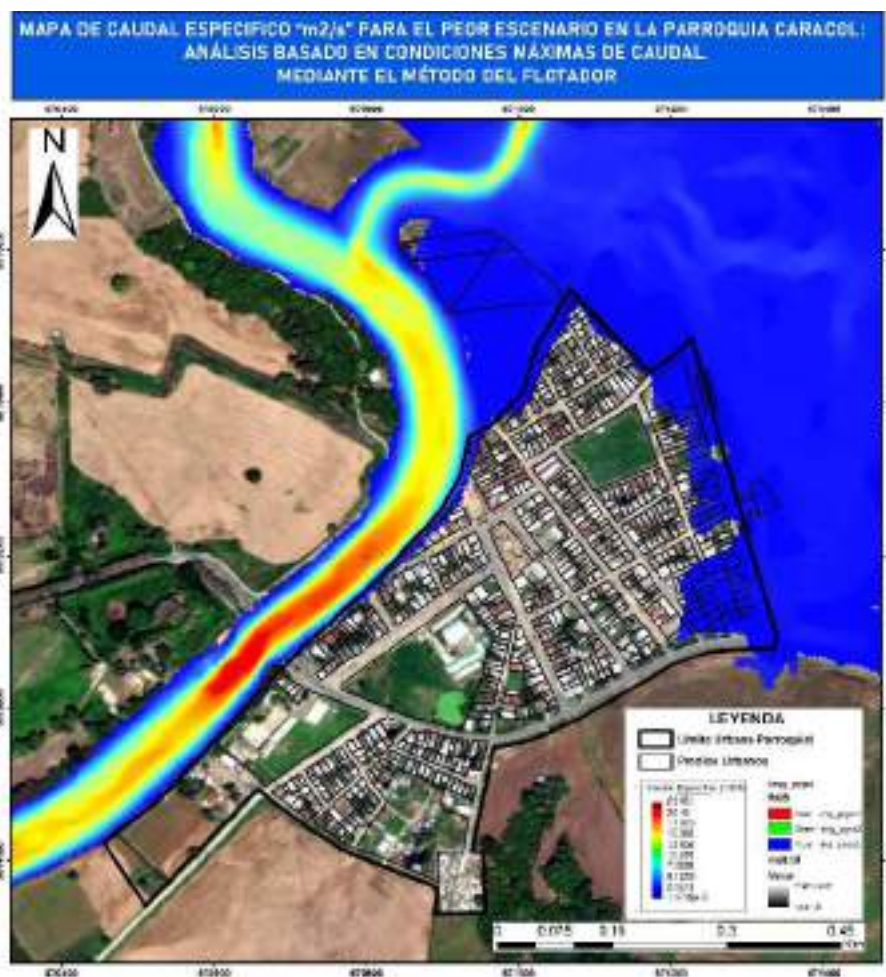
Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Mapa de caudal específico

El **Mapa10**, proporciona una representación espacial del territorio en donde se determina el caudal específico, definido como el volumen de agua que fluye a través de una unidad de área (m^2/s). Esta medición permite identificar variaciones en el caudal de los ríos, evidenciando que el volumen de agua que se desborda es inferior al del río principal y su afluente.

Mapa 10.

Mapa del caudal específico



Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

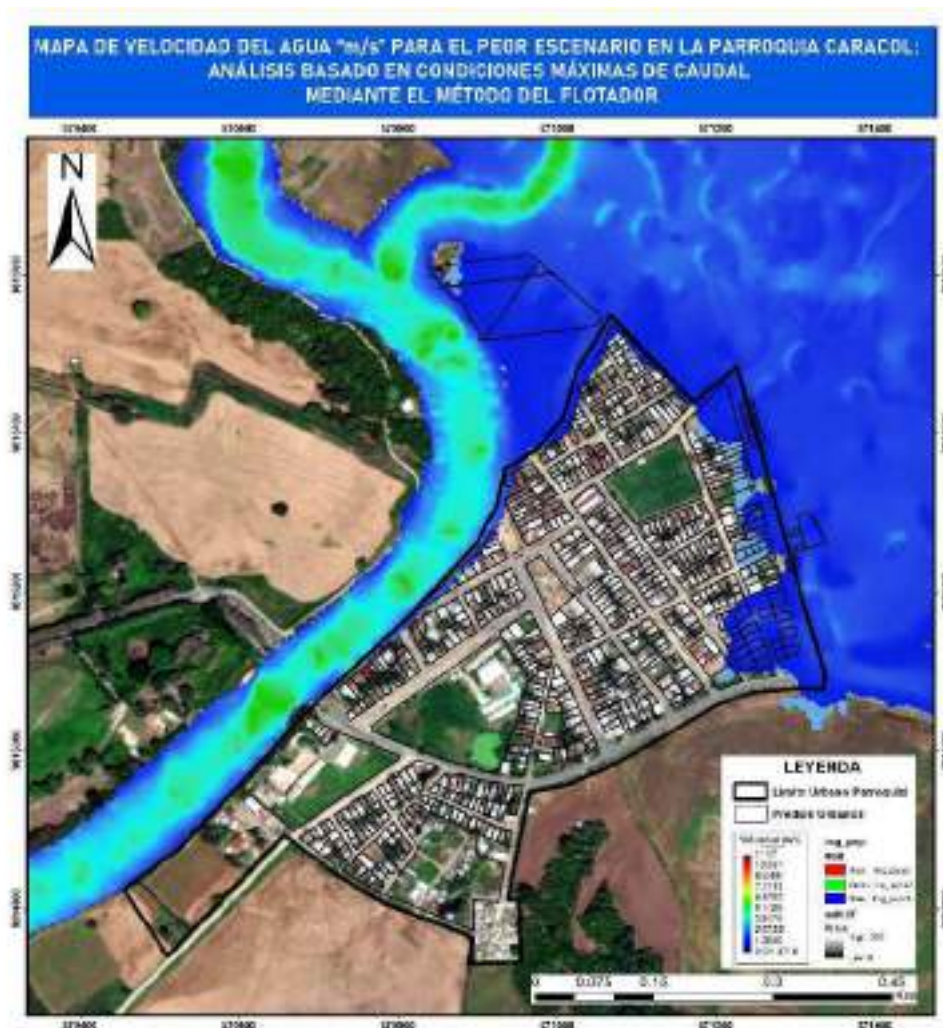
Mapa de velocidad de caudal

El **Mapa 11**, muestra el factor la velocidad del agua en diferentes zonas del cauce principal como del afluente donde se ha registrado magnitudes y direcciones del flujo que oscilan entre uno a seis m/s. Esta información es fundamental para evaluar cierta capacidad de transporte de sedimentos y escombros. En este contexto, se debe considerar la amenaza como principal problema de desbordamiento de agua que circula a velocidades bajas, el cual puede dar lugar a

“inundaciones por anegamiento”. Este tipo de inundaciones se produce en ausencia de un canal de paso adecuado que permita la circulación del agua.

Mapa 11.

Mapa de la velocidad del caudal



Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Mapa de áreas susceptibles a inundación en la parroquia Caracol.

En el **Mapa 12**, obtenido del cálculo estimado a las variables resultantes, en específico al calado y a la velocidad. Se obtuvo datos referentes a las superficies expuestas ante la amenaza de inundación, los cuales se reflejan en la siguiente tabla:

Tabla 14.

Área expuesta a los diferentes niveles de amenaza de inundación

Cantón	Parroquia	Nivel de Amenaza	Áreas expuestas en ha	Porcentaje (%)
Babahoyo	Caracol	alto	0,0	0,00
		medio	0,0020	0,00
		bajo	2,89	6,68
		sin susceptibilidad	40,4	93,32
		Total, cantonal	43,3	100,00

Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

A continuación, se realizó la representación cartográfica de la influencia de la amenaza de inundación en la parroquia Caracol.

Mapa 12.

Mapa de susceptibilidad a inundaciones del peor escenario






Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Periodos de retorno 10, 50 y 100 años

Los periodos de retorno hacen mención a los diferentes intervalos hidrológicos que se analizan mediante datos de fuertes lluvias o la recurrencia de zonas de inundación. A continuación, la **Tabla 15** indica el nivel de inundaciones en los tres periodos de retorno y su área respectiva de afectación. Al confirmar la información estadística obtenida indica una correlación estrechamente similar con el peor escenario, mismas que se presiden con las condiciones extremas obtenida en la simulación Iber.

Tabla 15

Nivel de amenaza de inundaciones en los periodos de retorno

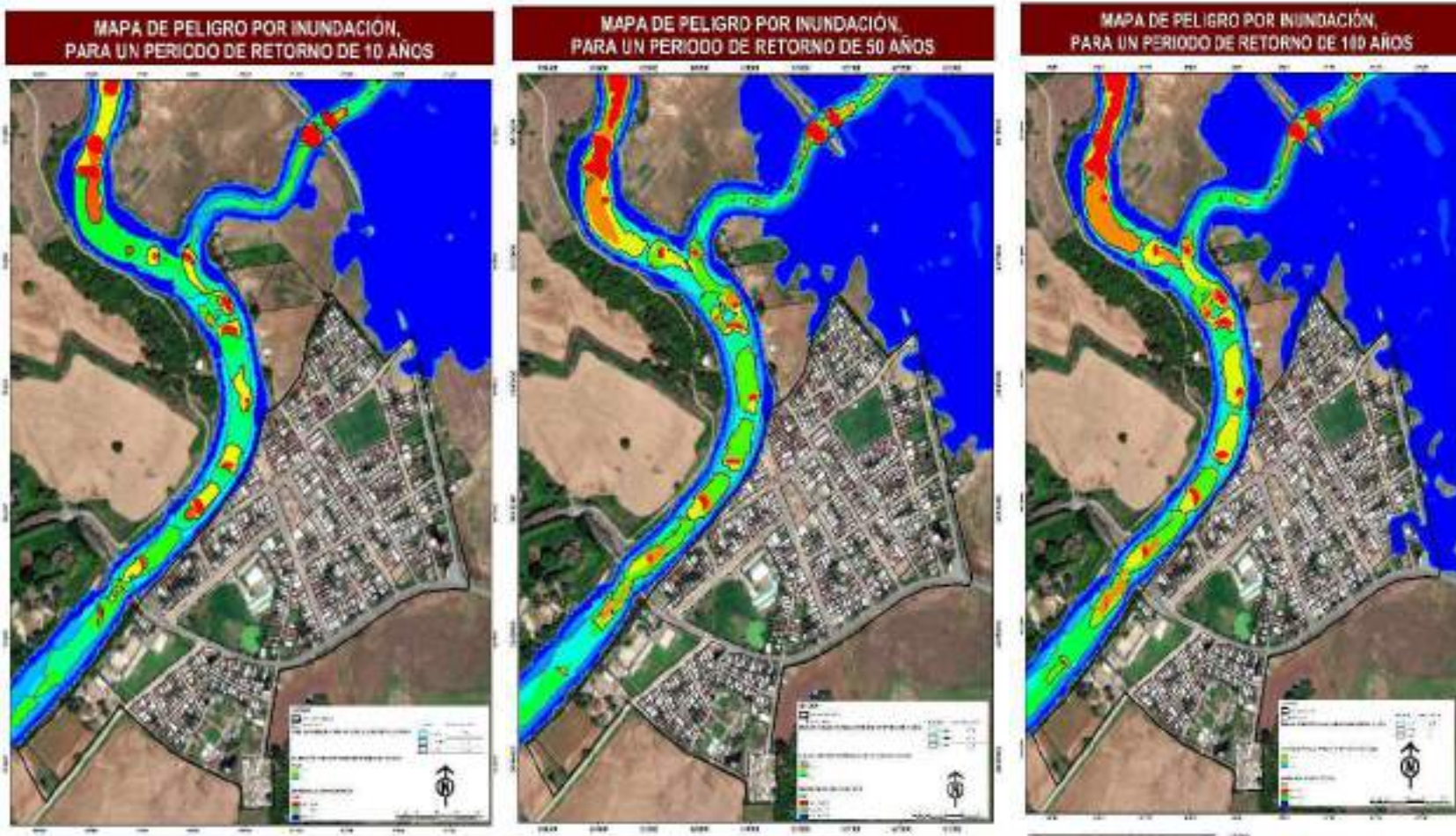
Nivel de amenaza	Área de afectación en “ha” del peor escenario	Área de afectación en “ha” para un periodo de retorno de 10 años	Área de afectación en “ha” para un periodo de retorno de 50 años	Área de afectación en “ha” para un periodo de retorno de 100 años
 Niv. Bajo	52,43 ha	21,62 ha	25,84 ha	29,79 ha
 Niv. Medio	7,07 ha	5,02 ha	4,48 ha	4,48 ha
 Niv. Alto	6,81 ha	2,24 ha	4,73 ha	5,11 ha

Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Para culminar con los resultados obtenidos en el objetivo uno, se tomó en cuenta el análisis comparativo, desarrollado en el cálculo estadístico de intensidad duración y frecuencia IDF, mediante el cual se obtuvo los periodos de retorno de 10, 50 y 100 años. **Mapa 12**, ratificado que el escenario con mayor similitud se fundamenta en el mapa de 100 años, es indispensable mencionar de igual manera que las dos cartografías restantes presentan inundaciones una superior a la siguiente recalando que las velocidades de flujo y la intensidad.

Mapa 13.

Tiempos de retorno para 10, 50 y 100 años



Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

4.2 Resultado del objetivo 2

4.2.1 Caracterizar los elementos expuestos ante la amenaza a inundaciones en la zona urbana de la parroquia Caracol

Para el logro del objetivo, se abordó la amenaza de inundación del modelamiento hidráulico estimado para caudales máximos hallados en campo. Al contrario, del modelamiento de los Tiempo de Retorno (TR) para 10, 50 y 100 años, contrasta para una proyección a futuro.

Identificación de los elementos de la parroquia Caracol

Es fundamental presentar los elementos importantes como: activos de subsistencia, recreación social y los medios de vida correctamente según la acción que cumpla en el territorio.

Tabla 16.

Identificación de los elementos críticos en la parroquia Caracol

Característica	Uso/ Componente
Edificaciones importantes	Unidades de Salud (Pública - Privadas)
	Seguridad (UPC)
	Emergencia (Cuerpo de Bomberos)
	Instituciones Educativas (Escuelas, Colegio, Institutos, etc.)
	Gubernamentales
	Espacio de recreación (Social - Religiosa)
	Viviendas residenciales
Líneas vitales	Vías de Transporte Terrestre
	Puentes de Tránsito Vehicular
	Redes eléctricas y Captación de agua.

Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Exposición de las edificaciones e infraestructura importante

A través del proceso de la superposición de capas efectuado en el programa ArcGIS, se identificó las posibles edificaciones e infraestructuras importantes que se verían afectadas y que las que no se verían afectadas de forma directa frente a la amenaza de inundación, por desbordamiento del cauce, en este sentido, la exposición se refleja en las infraestructuras de acceso y de salida a la parroquia Caracol, que conecta con la parroquia La Unión, esta información es de gran relevancia puesto que, se puede aludir con mayor énfasis las perspectivas consecuentes que pueden suscitarse ante un evento de inundación y la consideración de vías de evacuación para la población, evidentemente estas dos infraestructuras de tránsito vial tienen un nivel de exposición de amenaza alta, debido a la presencia de una transición de agua con un gran volumen de proporcionalidad, lo que resalta la fuerza y peso con la que, la amenaza puede llegar a colapsar dichas infraestructuras.

Cabe mencionar que, este tipo de resultado tiene correlación directa con el “Mapa de Froude”, en donde se registra el peligro eventual que representa el aumento del flujo hídrico con un régimen de flujo supercrítico turbulento. No obstante, el sistema de captación de agua también se ve afectado por un nivel de amenaza bajo, significativamente esta índole de estimación del grado de afectación repercute en la posibilidad llevar contaminantes al tanque de captación de agua, este hecho se constató en los recorridos de campo, donde la instalación se encontraba a una baja altura de construcción, por ende, se pone en consideración la inundación por anegamiento, ya que lleva consigo sus rangos que va desde los 0m hasta los 0,33m de altura.

En la **Tabla 17** por medio del mapa de exposición se determinó que, instituciones como las unidades educativas, centros deportivos y recreativos, centro de salud, unidades religiosas, unidad de administración parroquial y Cuerpo de Bomberos no representan peligro, sin embargo

representan una vulnerabilidad de exposición de amenaza de inundación por anegamiento, al igual que el sistema de captación de agua, dejando evidente 2 infraestructuras afectadas, 1 sistema de captación de agua afectado y 11 edificaciones críticas y esenciales sin afectación dando un total de 14 infraestructuras funcionales en la parroquia.

Tabla 17.

Determinación de los elementos expuestos de la amenaza del peor escenario de riesgo de inundación por estimación de caudales máximos.

Cantón	Parroquia	Nivel de Amenaza	Centros Deportivos y Recreacionales		Unidad Subcentros de Salud Pública		Unidades Religiosas		Unidades Educativas (ME)	
			Número	Porcentaje (%)	Número	Porcentaje (%)	Número	Porcentaje (%)	Número	Porcentaje (%)
Babahoyo	Caracol	alto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		medio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		bajo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		sin susceptibilidad	4,00	100,00	1,000	100,00	1,00	100,00	2,00	100,00
		Total, de elementos	4,00	100,00	1,00	100,00	1,00	100,00	2,00	100,00
Cantón	Parroquia	Nivel de Amenaza	Emergencia (Cuerpo de Bomberos) y UPC		Puentes		Unidades de Administración Parroquial		Instalaciones Recepción y Distribución de Agua	
			Número	Porcentaje (%)	Número	Porcentaje (%)	Número	Porcentaje (%)	Número	Porcentaje (%)
Babahoyo	Caracol	alto	0,00	0,00	2,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		medio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		bajo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	100,00
		sin susceptibilidad	2,00	100,00	0,00	0,00	1,000	100,00	0,00	0,00
		Total, de elementos	2,00	100,00	2,00	100,00	1,00	100,00	1,00	100,00

Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Nota: En esta tabla se indica el número de edificaciones importantes afectadas por la inundación bajo el criterio de la simulación Iber.

Mediante la identificación y visualización de las infraestructuras importantes en la parroquia Caracol, se procedió con la consolidación de datos geoespaciales, dicha acción tuvo cierta complicación en cuanto a la compatibilidad de archivos del municipio, por razones sociales de emergencia ante la amenaza de inundación (alerta roja) que presenta el cantón, por ende mediante el uso de herramientas georreferenciación se complementa la información faltante considerando funciones y actividades que desarrollan las autoridades locales en el medio, tal sea el caso de las instituciones públicas y privada.

Es importante, manifestar el estado de los caudales tanto para el río Caratama y su afluente río Pijullo, los cuales se encuentran en estado de vejez, el mismo que se sustenta mediante el hallazgo de la curva hipsométrica de la cuenca y el factor de Erosión (LS), que hacen mención a la presencia de bancos de sedimentos en sus cauces naturales.

Es indispensable destacar que, al no disponer de barrenas naturales o estructurales con una considerable profundidad, existe la mayor probabilidad de ocurrencia de desbordamiento del río, afectando de esta manera las actividades cotidianas de las personas y la utilización de terrenos que se encuentran a los alrededores para la agricultura.

A continuación, se presentan los elementos expuestos mediante representación cartográfica realizado en el software ArcGIS con base en los insumos proporcionados por la Unidad de Gestión de Riesgos de la municipalidad de Babahoyo efectuado una superposición de capaz con el escenario de riesgo categorizado por niveles de amenaza para un periodo de TR para 100 años, el cual expresa para el peor de los escenarios, obtenido mediante la simulación hidrológica del software Iber.

Mapa 14.

Mapa de exposición de edificaciones importantes ante el peor escenario de riesgo de inundación por estimación de caudales máximos.



Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Exposición de las infraestructuras residenciales

Al cabo de obtener la información geoespacial, se confirmó que la parroquia Caracol cuenta con un total de 290 edificaciones residenciales, mismas que se encuentran situadas en la dentro de la zona de estudio y a riberas del río Catarama y con cercanía al afluente del río Pijullo.

En la **Tabla 18**, respectan los datos estadísticos de la evaluación de las viviendas residenciales. Por medio de la ponderación de los niveles de amenaza por inundación, se evidencia que en cuanto al nivel de categoría alta no representan peligro, mientras que en los niveles medio y bajo se consideran afectación, 1 vivienda afectada expresada con el 0,34 % en el nivel medio y 30 en el nivel de afectación bajo, representando el 30% y lo que resta del número

de viviendas representa el 70% que se encuentran en el nivel de sin susceptibilidad, en este sentido, 259 viviendas se mantienen fuera del alcance inundación, además es importante mencionar que la amenaza compromete las edificaciones en caso evidenciar fuertes precipitaciones mayormente prolongadas, la mismas que se pueden ver afectadas con la probabilidad del ingreso de agua al interior de las viviendas, pero se debe tomar en cuenta que la amenaza al presentar mayor cantidad de precipitaciones en un lapso de tiempo prolongado a la época invernal puede reflejar cantidades de agua subyacentes en la parte centro de la zona urbana de la parroquia.

En contexto se prevé que se tome en consideración el estado cambiante del entorno climático y tener una percepción de los efectos de las inundaciones debido al desbordamiento del caudal.

Tabla 18.

Número de edificaciones expuestas.

Cantón	Parroquia	Nivel de Amenaza	Número de edificaciones residenciales	Porcentaje (%)
Babahoyo	Caracol	alto	0,0	0,00
		medio	0,0	0,00
		bajo	31,0	10,69
		sin susceptibilidad	259,0	89,31
		Total, de elementos	290,0	100,00

Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

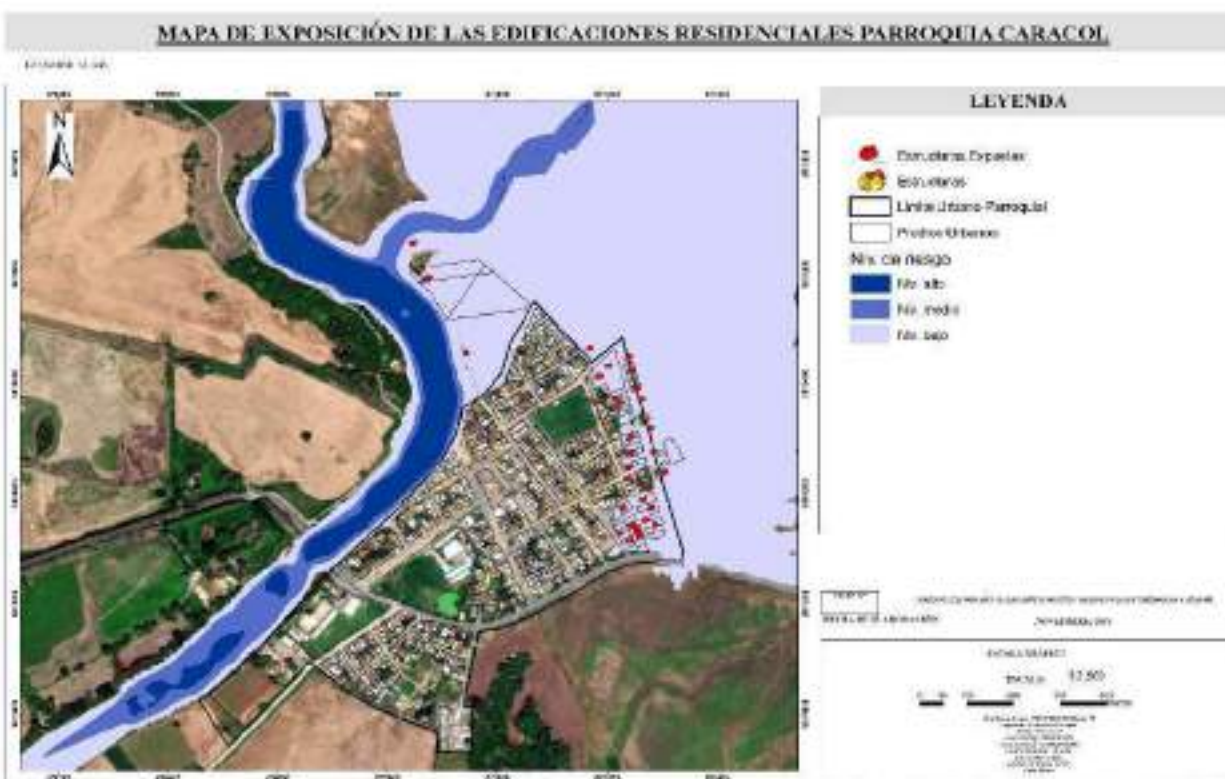
Nota: En esta tabla se indica el número de edificaciones residenciales afectadas por la inundación bajo el criterio de la simulación Iber.

En el siguiente mapa se demuestra mediante representación cartográfica, la influencia de la amenaza ante las edificaciones residenciales en el sector, lo que implica la afectación a varias familias, este tipo de estimación se corrobora con el Manual de Esfera que estipula que, la ocupación de un bloque familiar se considera como valor ponderado, un total de 4 miembros.

Con base a esta información podemos determinar que, de las 31 viviendas afectadas 124 personas requerirían de ayuda y apoyo para su debida evacuación y en casos extremos al presentar lesiones o problemas de salud, brindar primeros auxilios y atención médica.

Mapa 15.

Mapa de exposición de edificaciones residenciales ante el peor escenario de riesgo de inundación por estimación de caudales máximos.



Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Exposición de la red vial

En el **Tabla 19**, se representa la afectación que incide la amenaza sobre los elementos de las vías de circulación vehicular que se clasifican en vías de segundo y tercer orden, vías residenciales (dentro de la parroquia), vías sectoriales y vías no calificadas; Con un rango de ponderación a la amenaza de inundación los datos que se obtuvo son los siguientes:

- En el nivel alto de riesgo por inundación, se estima el 0,04 km, lo que representa el 2,57 % del total de vías longitudinales, afectando a las vías de segundo orden.
- En el nivel medio de riesgo por inundación, se identifica una longitud de 0,02 km, que representa el 1,03 % del total de vías longitudinales, mismos que tienen incidencia en lo que respecta a las vías de segundo orden.
- En el nivel bajo de riesgo por inundación, existe una mayor cantidad de afectación del 0,02 km, con porcentaje del 95,18 % del total de vías longitudinales afectando a las vías de segundo orden. En cuanto a las vías residenciales con el 0,21 km de afectación; las vías de tercer orden con el 0,72 km de afectación; Vías sectoriales con el 0,44 km de afectación y las vías no calificadas con el 0,27 km de afectación.
- En el nivel de sin susceptibilidad de riesgo por inundación, es un valor de 8,33 km, equivalente al 82,91 % del total de vías longitudinales y se detalla en: Vías de segundo orden con 1,48 km de afectación; Vías residenciales con el 5,28 km de afectación; Vías de tercer orden con el 0,22 km de afectación; Vías sectoriales con el 0,22 km de afectación y las vías no calificadas con el 1,13 km de afectación.

Resultado General: Se obtuvo un total de 10,05 km (100%) de vías longitudinales en la parroquia, con afectación del 1,7 km (17,1%) y sin susceptibilidad el 8,33 km (82,9 %).

Tabla 19.

Descripción general longitudinal de las vías expuestas ante inundación de la parroquia Caracol

Cantón	Parroquia	Nivel de Amenaza	Vías de Segundo Orden	Porcentaje	Vías Residenciales	Porcentaje	Vías de Tercer Orden	Porcentaje	
			Longitud en Km	(%)	Longitud en Km	(%)	Longitud en Km	(%)	
Babahoyo	Caracol	alto	0,04	2,57	0,00	0,00	0,00	0,00	
		medio	0,02	1,03	0,00	0,00	0,00	0,00	
		bajo	0,02	1,22	0,21	3,80	0,72	76,61	
		sin susceptibilidad	1,48	95,18	5,28	96,20	0,22	23,39	
		Total, de los sistemas viales autónomos	1,56	100,00	5,49	100,00	0,94	100,00	
Cantón	Parroquia	Nivel de Amenaza	Vías Sectoriales	Porcentaje	Vías No calificadas	Porcentaje	Sumatoria de la amenaza de inundación	Porcentaje	Totales
			Longitud en Km	(%)	Longitud en Km	(%)	Porcentaje	(%)	
Babahoyo	Caracol	alto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,40	1,72
		medio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,16	
		bajo	0,44	66,81	0,27	19,58	1,66	16,54	
		sin susceptibilidad	0,22	33,19	1,13	80,42	8,33	82,91	8,33
		Total, de los sistemas viales autónomos	0,65	100,00	1,40	100,00	10,05	100,00	10,05

Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

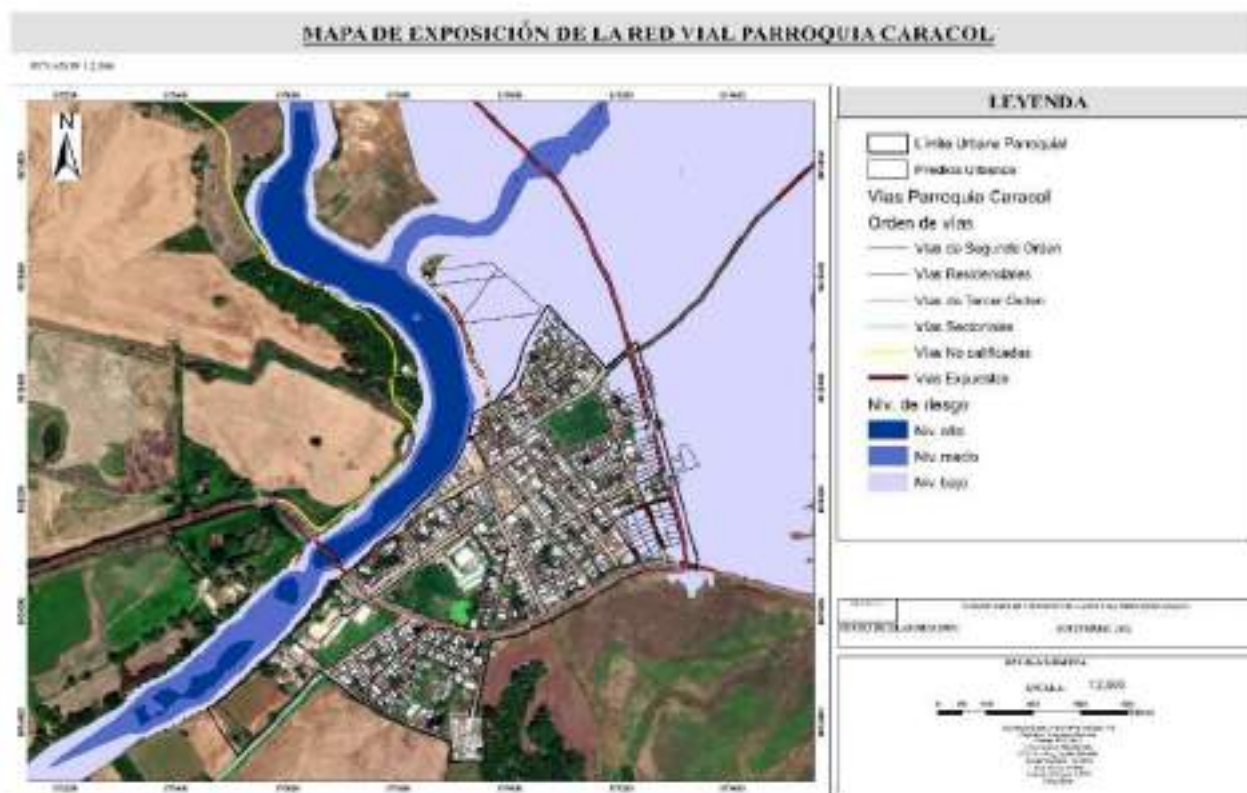
Nota: En esta tabla se indica el número de edificaciones residenciales afectadas por la inundación bajo el criterio de la simulación Iber.

En el **Mapa 16**, a través del análisis espacial geográfico se muestra evidente las vías de tránsito vehicular, que concierna a la zona de estudio, con una caracterización de ponderación ante la amenaza de inundación, donde se resalta las vías con afectación, determinado por los niveles de riesgos (alto, medio, bajo y sin susceptibilidad), esta incidencia permite conocer a detalle la exposición indiscutible del elemento vial de la parroquia Caracol, lo que corresponde a las vías de tercer Orden y vías sectoriales, que presentan una mayor exposición

Esta información es de gran utilidad para la toma de decisiones en cuanto a la ejecución de alertas de emergencia ante la evacuación de la eventualidad del riesgo por inundación.

Mapa 16.

Mapa de exposición de la red vial ante el peor escenario de riesgo de inundación por estimación de caudales máximos.



Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

4.3 Resultado del Objetivo 3

4.3.1 Proponer medidas de reducción de riesgos de desastres ante la inundación del río

Catarama en la parroquia Caracol

En el recorrido en campo, se constató ciertas falencias de acuerdo al control de asentamientos de la población y el tratado de la amenaza, que confiere tanto a la falta de políticas, planes de gestión de riesgos y normativas que regulen los asentamientos humanos en el territorio, como también la ausencia de estudios relacionados con el problema de inundación en el sector, cabe recalcar que, estos factores ponen a la población en una situación de vulnerabilidad y exposición ante la eventualidad de posibles sucesos catastrófica.

En este contexto se optó por mejorar el análisis y adopción de medidas de reducción de riesgos adecuadas ante la amenaza de inundación, lo cual fue indispensable considerar estrategias relacionadas con los aspectos estructurales y no estructurales, para mitigar los efectos de esta índole.


A través del componente de medidas estructurales que hace referencia a las intervenciones físicas, se determinó construcciones estructurales de ingeniería, que permitan reducir los impactos negativos de la amenaza y fomentar la resiliencia de la comunitaria.

Referente al componente de medidas no estructurales, el cual no aplica una intervención o construcción física, se basó fundamentalmente en técnicas, prácticas o conocimientos técnicos que tengan relación directa con la población de la parroquia Caracol,

Las acciones seleccionadas, fueron establecidas con base a los resultados obtenidos que presenta la amenaza de inundación en el lugar de estudio para el fortalecimiento de sus capacidades materia de prevención y mitigación del riesgo, que se centra en la mejoría de las condiciones de vida y actividades de los medios de subsistencia.

Tabla 20.

Matriz de medidas estructurales de reducción de riesgos ante la amenaza de inundación en la parroquia Caracol

Medidas	Problemática	Actividades de mitigación	Descripción de la actividad	Medios de verificación	Responsables involucrados	Tipo de estructura resiliente
Estructurales	Embasamiento y represamiento de cuerpos de agua restricción de movimiento hídrico.	Encunetado del caudal complementario “río Pijullo”.	La implementación de tal obra en las zonas pobladas beneficia significativamente en el control de inundaciones de manera que las barras de hormigón armado permitan la fluidez rápida del caudal desalojando en el río de mayor proporción sin afectar los elementos de la parroquia.	Fotografía de la obra culminada regidos por las Normas de Construcción Ecuatorianas (NEC). Informe de inspección final, elaborado por Ingenieros especialistas en el área.	Gobierno autónomo descentralizado del cantón Babahoyo. Prefectura de la provincia de los Ríos. Ministerio de Agricultura, Acuacultura y Pesca (MAGAP). Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP).	

Inexistencia de muros de contención en el caudal complementarios del río Pijullo causante prioritario de las inundaciones.	Construcción de un muro de contención en áreas propensas al desbordamiento del caudal.	Este tipo de estructuras están construidas con materiales de rocas y mallas metálicas que permite la contención del río reduciendo el impacto del desbordamiento en épocas lluviosas.	Fotografía de la obra culminada regidos por las Normas de Construcción Ecuatorianas (NEC). Informe de inspección final, elaborado por Ingenieros especialistas en el área.	Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO). Gobierno autónomo descentralizado del Cantón Babahoyo. Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos.
--	--	---	--	--



Acumulación sedimentaria en el paso del caudal principal y sus flancos laterales	Conformar convenios institucionales consignados a la limpieza sedimentaria.	Crear un proyecto de dragado sedimentario en el canal del río Pijullo permitiendo que tal acción fortifique la continuidad del caudal en indeterminados crecientes repentinas.	Acta de convenio con Institución Pública. Acciones del dragado sedimentario del río. Estudio del impacto ambiental	Gobierno autónomo descentralizado del Cantón Babahoyo. Prefectura de la provincia de los Ríos.
--	---	--	--	---







<p>Acumulación de agua superficial en el sistema vial y parte de las infraestructuras residenciales de la parroquia Caracol</p>	<p>Implementar un sistema de drenaje de aguas superficiales.</p>	<p>El sistema de drenaje permitirá a la población el rápido y correcto desagüe de las aguas acumuladas debido a las fuertes precipitaciones y el desbordamiento del caudal.</p>	<p>Activación y ejecución de un plan de drenaje de aguas superficiales.</p>	<p>Gobierno autónomo descentralizado del Cantón Babahoyo. Empresa Pública Municipal del Agua Potable y Alcantarillado de Babahoyo (EP-APB).</p>
<p>Carencia de datos precisos y detallados sobre las precipitaciones en tiempo real suscitadas en diferentes partes de la sub cuenca del río Catarama</p>	<p>Instalación de estaciones pluviométricas en partes altas de la cuenca.</p>	<p>Instalar puestos de control de precipitaciones con instrumentos de medición de caída de agua lluvia en una unidad de medida (mm) y sus frecuencias para poder determinar una estimación a la respuesta prospectiva ante posible ocurrencia de inundación.</p>	<p>Registro de datos pluviómetros. Memoria fotográfica de los equipos instalados</p>	<p>Centro Internacional para Investigación del Fenómeno del Niño (CIIFEN).</p>



Tabla 21.

Matriz de medidas no estructurales de reducción de riesgos ante la amenaza de inundación en la parroquia Caracol

Medidas	Problemática	Actividades de mitigación	Descripción de la actividad	Medios de verificación	Responsables involucrados	Tipo de estructura resiliente
No estructurales	Falta de respuesta eficiente frente a los escenarios de coordinación preparación y respuesta	Conformación de Comités comunitarios de gestión de riesgos.	Esta conformación de tales grupos se lo puede realizar a lo largo de la cuenca los cuales estarán liderados por una persona con la capacidad de afrontar el mando, esta actividad tendrá vinculación directa con las estaciones pluviométricas para la adecuada gestión ante inundaciones en el sector.	Conformación de grupos multidisciplinarios en puntos estratégicos. Acta de reuniones. Memorias Fotográficas.	Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. GAD parroquial Caracol. Población	
	Falencia en criterios y acciones de concienciación e información a la población de la	Fortalecimiento de capacidades a la población.	Instruir a la población de la parroquia Caracol acerca de la prevención de riesgos por inundaciones y demás conceptos básicos para	Fotografías Registro de asistencia comunitaria. Lista de talleres socializados.	Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. Población	

<p>parroquia Caracol</p>	<p>responder ante ella, esto se realizará mediante charlas y exposiciones que tendrán ideas claras y concisa para llegar a la captación de la información de cada persona.</p>	<p>Informes de capacitación a la población.</p>			
<p>Daños de bienes materiales, estructuras públicas y ciertas viviendas residenciales ubicadas en zonas de riesgo</p>	<p>Implementar un sistema de alerta temprana.</p>	<p>El uso pertinente del sistema de alerta temprana minimiza los efectos negativos, de igual manera estos medios se consideran esenciales para iniciar con acciones de monitoreo análisis y evacuación de la población expuesta.</p>	<p>Lista de verificación de los principales componentes y acciones necesarias para el desarrollo del "SAT". Memoria fotográfica de los instrumentos instalados.</p>	<p>Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. Unidad de Gestión de riesgos del GAD-Babahoyo Población</p>	
<p>Carencia del conocimiento básico del medio de evacuación y puntos</p>	<p>Planes de evacuación y refugio.</p>	<p>Identificación de las zonas seguras ante inundaciones con el fin de determinar rutas adecuadas para el</p>	<p>Documento validado por la Secretaría de Gestión de Riesgos.</p>	<p>Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos.</p>	

seguros de encuentro		traslado de las personas afectadas y damnificadas y brindarles un refugio seguro con abastecimientos de insumo y servicios.	Mapas de rutas de evacuación y encuentro en sitios seguros. Memorias fotográficas.	GAD parroquial Caracol. Población
----------------------	--	---	--	--------------------------------------

Incremento de los asentamientos irregulares y ocupación de zonas expuestas a inundaciones	Ordenamiento Territorial.	Con el fin de brindar seguridad pública las acciones de la planificación y el ordenamiento territorial sirve a las autoridades locales ante la gestión adecuada del uso del suelo y el desarrollo urbano como construcciones en zonas de riesgo y control de asentamientos humanos	Documento validado por el departamento de planificación del GAD de Babahoyo.	Departamento de planificación Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI)
---	---------------------------	--	--	--



Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

Con base en las medidas estructurales o activas, se elaboró cartografía enfocada a la reducción y mitigación del riesgo de inundación. En el **Mapa 17** se evidencia el resultado de la correcta transición del agua del caudal que circula por el río, una vez implementada la limpieza de sedimentos y escombros en el ancho considerable del río Catarama y su afluente el río Pijullo, minimizando el desbordamiento por la baja contención de agua y la falta de barreras naturales. Por lo tanto, estas acciones evitan complicaciones una vez que el caudal aumente.

La implementación de los muros de contención minimizan el riesgo residual controlando el impacto directo de la corriente fluvial específicamente en el afluente río Pijullo, donde se registró un alto índice de erosión y sedimentación como se evidencia en el **Mapa 4** denominado factor de erosión. Con respecto, al encunetado del río que se basa específicamente en la implementación de barreras de hormigón armado en las partes laterales y la superficie del caudal, mismos que mejoran el flujo hídrico permitiendo ser más rápido y constante hacia el punto de desfogue desde la parte alta de la cuenca hacia la parte inferior.

Por último, también se consideraron las medidas no estructurales o pasivas para una correcta respuesta ante las inundaciones posteriores a dichas medidas implementadas, debido al cambio climático las condiciones del caudal están propensas a sufrir alteraciones y crecidas repentinas. La implementación de estaciones pluviométricas en la parte superior de la cuenca permitirá anticipar el impacto y el comportamiento del caudal antes de presenciar los efectos de la inundación. Además, la conformación de Comités de Comunitarios de Gestión de Riesgos y el fortalecimiento de los mismos contribuyen significativamente en la capacidad de respuesta inmediata y la adecuada activación de los sistemas de alerta temprana. Con la implementación de todas las medidas, se dispondrá de una parroquia exenta de inundaciones por desbordamiento como se especifica en el **Anexo 2-Mapa 16**, donde se indica un escenario del antes y después.

Mapa 17.

Mapa con medidas estructurales implementadas



Elaborado por: Quispe, B. y Rea, J. (2024).

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Entorno al modelo hidrológico-hidráulico, se obtuvo la simulación del peor escenario de inundación, determinado por caudales máximos a través del método del flotador, lo que indica, mayor incidencia ante la amenaza de inundación en las parcelas superior de la parroquia, debido a las características del río principal como su tributario, evidenciando bancos de sedimentos verificados con el Factor LS, la modificación del cauce y su capacidad de libre circulación hídrica, lo que implica una incidencia del nivel bajo del riesgo de la amenaza afectando considerablemente en los límites del territorio urbano.
- Mediante la superposición de capas entre la amenaza de inundación del peor escenario con elementos existentes en la parroquia y la debida ponderación del nivel de riesgo de la amenaza en niveles de alto, medio, bajo y sin susceptibilidad. Se constató que, el elemento crítico que confiere a los puentes de acceso y salida de la parroquia, presenta un nivel de amenaza alto, y respecto al tanque de captación de agua, en un nivel bajo de exposición, referente a las viviendas, influye sus efectos negativos hacia 31 edificaciones residenciales de la parte urbana y en cuanto a las vías de comunicación de la parroquia, refleja un valor de 1,72 km longitudinales afectados.
- Por último, se propuso medidas encaminadas a reducir la amenaza de inundación teniendo en cuenta los elementos expuestos como: edificaciones, infraestructuras importantes y la red vial. Se estableció actividades acordes al sistema estructural y no estructural, que se desarrolló con la consideración de estrategias de reducción de riesgos para fortalecer la resiliencia y adaptación ante este tipo de eventos de origen natural.

5.2 Recomendaciones

- Es importante considerar un sistema integral de gestión de riesgos, ya que la inserción de autoridades de gobierno y profesionales especializados en el área permitirán un mejor enfoque encaminado a la resiliencia de la parroquia, esto incluye nuevas alternativas tecnológicas de monitoreo, seguimiento y análisis de las condiciones cambiantes que presente la amenaza ante diversos factores hidrológicos y meteorológicos. La actualización de mapas y datos contribuirá al desarrollo de mejores estudios.
- Realizar estudios enfocados a la gestión y control de asentamientos humanos, con respecto al crecimiento y expansión de la población en el territorio, en especial en zonas propensas a inundaciones para reducir la vulnerabilidad y riesgos por este tipo de evento hidro meteorológico. De igual manera realizar refuerzos de protección para las infraestructuras de los puentes, tanque de captación de agua y el sistema vial para evitar el deterioro y destrucción de los mismos, a lo largo del tiempo.
- Poner énfasis a la población de la parroquia mediante la difusión de información meteorológica o climática y conocimientos fundamentales frente a la ocurrencia de inundaciones en gran magnitud con el fin de mantener el fortalecimiento de sus capacidades, el nivel preparación y respuesta ante esta amenaza, minimizando las pérdidas tanto humanas como de sus bienes.

6 Bibliografía

- Alvarado Anampa, M. H., Escobar Soldevilla, M., & Sánchez Araujo, V. (2021). *Estimación del factor topográfico LS (RISLE) mediante la aplicación de sistemas de información geográfica*. Ichu, Huancavelica: Polo del Conocimiento. Obtenido de file:///C:/Users/HP/Downloads/Dialnet-EstimacionDelFactorTopograficoLSRUSLEMedianteLaApl-8094627.pdf
- Asamblea General. (2016). Informe del grupo de trabajo intergubernamental de expertos de composición abierta sobre los indicadores y la terminología relacionados con la reducción del riesgo de desastres. *Naciones Unidas*, 71-664.
- Asamblea Nacional. (2008). *Constitución de la república del Ecuador*. Obtenido de Decreto Legislativo 0 Registro Oficial: https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- Asamblea Nacional. (2010). *Código orgánico de organización territorial*. Obtenido de Constitución de la república del Ecuador.
- Asamblea Nacional. (Enero de 2024). *Ley orgánica para la gestión integral del riesgo de desastres*. Obtenido de procuraduria.utpl.edu.ec: <https://procuraduria.utpl.edu.ec/NormativaExterna/LEY%20ORG%C3%81NICA%20PARA%20LA%20GESTI%C3%93N%20INTEGRAL%20DEL%20RIESGO%20DE%20DESASTRES.pdf>
- Ben Moshe, L., & Lensky, N. G. (2024). Geomorphological Response of Alluvial Streams to Flood Events during Base-Level Lowering: Insights from Drone-Based Photogrammetric Surveys in Dead Sea Tributaries. *Remote Sensing*, Vol. 16, 1346. doi:10.3390/RS16081346

Castaño, A. C., & Grajales, N. L. (2021). *Caracterización de los elementos expuestos en los sectores camino a la estancia y vereda Ceballos del municipio de Manizales – Caldas.*

Obtenido de repositorio.ucm.edu.co:

https://repositorio.ucm.edu.co/bitstream/10839/3210/1/Caracterizaci%C3%B3n_elementos_expuestos_sectores_camino_estancia_vereda_Ceballos_municipio_Manizales_Caldas.pdf

Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (CIIFEN). (2022).

Definición de Riesgo. *CIIFEN*. Obtenido de <https://ciifen.org/definicion-de-riesgo/>

Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres - CENEPRED.

(2014). *Manual para la evaluación de riesgos originados por inundaciones fluviales.*

centro nacional de estimación, prevención y reducción de riesgos de desastres. Obtenido

de [dimse.cenepred.gob](https://dimse.cenepred.gob.pe/simse/): <https://dimse.cenepred.gob.pe/simse/>

Cevallos Tigreros, J. (2020). *Determinación de zonas inundables mediante SIG y elaboración de propuestas de mitigación en la Cabecera Cantonal Daule.* Obtenido de

cia.uagraria.edu.ec:

https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CEVALLOS%20TIGREROS%20JEREMIAS%20JOSE_compressed.pdf

Díez, A., Llorente, M., Ballesteros, J., & Ruiz, V. (2009). Riesgos por avenida e inundaciones fluviales. *Revista Catalanes*, 254-263.

Fernández, M. (1996). Ciudades en riesgo "Degradación ambiental riesgos urbanos y desastres".

La red. Obtenido de https://www.academia.edu/31992909/CIUDADES_EN_RIESGO

Franzpc. (19 de Octubre de 2023). *Descarga los SHP de la División Política de Ecuador*.

Obtenido de franzpc.com: <https://franzpc.com/descarga-los-shp-de-la-division-politica-de-ecuador/>

García Bracamonte, J. D., & Teran, E. E. (2024). Inundaciones urbanas: Propuestas para una gestión de riesgos. *ResearchGate*, 1-9. Obtenido de

<https://www.researchgate.net/publication/380904222>

Gobierno de la república del Ecuador. (2024). *Reglamento de seguridad publica y del estado en*

Ecuador. Quito. Obtenido de [https://www.defensa.gob.ec/wp-](https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2024/06/Reglamento-a-la-Ley-de-Seguridad-Publica-y-del-Estado.pdf)

[content/uploads/downloads/2024/06/Reglamento-a-la-Ley-de-Seguridad-Publica-y-del-Estado.pdf](https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2024/06/Reglamento-a-la-Ley-de-Seguridad-Publica-y-del-Estado.pdf)

González del Tánago , M. (2008). *Inundaciones y cambio climatico*. Obtenido de oa.upm.es:

https://oa.upm.es/4764/2/INVE_MEM_2008_57086.pdf

Guano Morales, M. E., & Medina Vargas, M. A. (Febrero de 2024). *Inundaciones en épocas*

lluviosas y su influencia en el centro poblado de la ciudad de Chone provincia de

Manabí. periodo mayo 2023 septiembre 2023. Obtenido de dspace.ueb.edu.ec:

<https://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/6718>

INEC. (2022). *Censo Ecuador*. Obtenido de app.powerbi.com:

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiaWUzZjQwOWMtZjFhOS00Njc2LTk0YTItNjcwZmRmY2YxMjkyIiwidCI6ImYxNThhMmU4LWNhZWMtNDQwNi1iMGFiLWY1ZTI1OWJkYTExMiJ9>

Libera Bonilla, B. E. (2007). Impacto, impacto social y evaluación del impacto. *ACIMED*, Vol.

15. doi:1024-9435

Liedo, B. (2021). Vulnerabilidad. *EUNOMÍA. Revista en Cultura de la Legalidad*. doi:10.20318

- Manobanda Toapanta, O., & Robayo González, L. F. (2017). *Evaluación de la resiliencia de los barrios Playita y Malecón ante la amenaza de desbordamiento del río Soloma del cantón Echeandía provincia Bolívar en el periodo mayo – agosto del 2017*. Obtenido de Repositorio UEB: <https://dspace.ueb.edu.ec/items/039667b4-a37a-45ce-8120-31fb6ac6cfd5>
- Manson, R. H., & Jarlen Pélaez, E. J. (2009). Perturbaciones y desastres naturales: impactos sobre las ecorregiones, la biodiversidad y el bienestar socioeconómico. 134 - 184. Obtenido de http://www2.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20II/II03_Perturbaciones%20y%20desastres%20naturales_Impactos%20sobre.pdf
- Martínez, J. (2019). Principales causas y acciones clave para reducir los daños por inundaciones. *Fundación nueva cultura del agua*, 1-10. Obtenido de <https://www.fnca.eu/>
- Mena Benavidas, M., Scheffczyk, K., Urrutia, M., Huerta, B., & Walz, Y. (2021). Evaluación del riesgo de inundación en Ecuador. *Federal Ministry for Economic Affairs and Energy*, 1-41. Obtenido de https://collections.unu.edu/eserv/UNU:8434/VALE_Flood_Risk_Assesment_Report_Ecuador_SPA_FINAL_META.pdf
- Menoscal Cevallos, j. (Enero de 2017). *El pre lotoral ecuatoriano y sus dinamicas de urbanizacion. Informalidad y construccion social del riesgo en sus ciudades intermedias*. Obtenido de repositorio.flacsoandes.edu.ec: <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/11652/14/TFLACSO2017JJMC.pdf>

- Meza Merlos, L. (Diciembre de 2007). *“Impacto en el valor de los inmuebles por los desastres naturales (inundaciones) en el municipio de Guadalupe, Nuevo León”*. Obtenido de eprints.uanl.mx: <http://eprints.uanl.mx/20340/1/1020159490.pdf>
- Moncayo Galárraga, D. S., Robayo Nieto, A. A., Padilla, O., & Toulkeridis, T. (2023). Implementation of the CAESAR-Lisflood Cellular Automated Landscape Evolution Model to Determine Possible Flood Areas in the Portoviejo River Sub-basin, Coastal Ecuador. *Communications in Computer and Information Science*, 212-227.
doi:10.1007/978-3-031-24971-6_16
- NASA. (Noviembre de 2024). *earthdata search*. Obtenido de <https://search.earthdata.nasa.gov>:
<https://search.earthdata.nasa.gov/search?lat=-0.140625>
- Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres UNISDR. (2009). *Terminología sobre la Reducción de Riesgos de Desastres*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia.
- Pacheco Cobeña, Á. (2018). *Susceptibilidad a inundaciones por intensas lluvias en el cantón Rocafuerte*. Obtenido de repositorio.unesum.edu.ec:
<https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1302/1/TESIS%20COMPLETA%20Angelo%20Pacheco%202018%20terminada.pdf>
- Paucar Camacho, J. A. (Julio de 2016). *Modelo para la articulación de la gestión del riesgo en el proceso de ordenamiento territorial de la ciudad de Guaranda / Ecuador*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10550/54628>: <https://roderic.uv.es/items/0f79b51c-6969-4bc9-b14c-363982784ebd>

- Petty, D. (24 de Junio de 2024). *¿Qué zonas son más susceptibles a las inundaciones?* Obtenido de ncesc.com: <https://www.ncesc.com/geographic-pedia/what-areas-are-most-susceptible-to-flooding/>
- Roa Lobo, J., & Kamp, U. (2012). *Uso del Índice Topográfico de Humedad (ith) para el diagnóstico de la amenaza por desborde fluvial*. Trujillo-Venezuela: Revista Geográfica Venezolana. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3477/347730388007.pdf>
- Sachs, J. D. (2014). *La era del desarrollo sostenible*. Barcelona. doi:978-84-234-2180-0
- Secretaria de Gestion de Riesgos. (2024). *El Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos activado ante inundaciones a escala nacional*. Obtenido de Unidad de monitoreo de eventos adversos.
- Secretaria Nacional del Ecuador. (2024). *Plan de Desarrollo para el Nuevo Ecuador 2024-2025*. Obtenido de Secretaría Nacional de Planificación: <https://www.planificacion.gob.ec/plan-de-desarrollo-para-el-nuevo-ecuador-2024-2025/>
- Sougué, M., Merz, B., Amadé, N., Yangouliba, G., Pouye, I., Sogbedji, J., & Zougmore, F. (2024). Assessment of Rural Flood Risk and Factors Influencing Household Flood Risk Perception in the Haut-Bassins Region of Burkina Faso, West Africa. *Climate*. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/cli12060080>
- Villegas, L. M., Rodríguez, J. G., & Betancourt, J. (2004). Incorporación del componente de riesgos en la escuela - CD-ROM. *La red*. Obtenido de <https://www.humanas.unal.edu.co/red/publicaciones/publicaciones-red/incorporacion-riesgo/>
- World Bank Group. (2024). *climateknowledgeportal*. Obtenido de Climate Change Knowledge Portal: <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/ecuador/vulnerability>

ANEXOS

Anexo 1 Memoria Fotográfica

Fotografía 1

Reuniones y con el presidente parroquial

Nota: Reuniones con la autoridad del GAD parroquial de Caracol y socialización del avance técnico de estudio.

Fotografía 2

Levantamiento de información



Nota: Levantamiento de información del río Catarama y Pijullo mediante el método del flotador en diferentes partes.

Fotografía 3

Identificación de las edificaciones importantes, residenciales, sistemas vial.

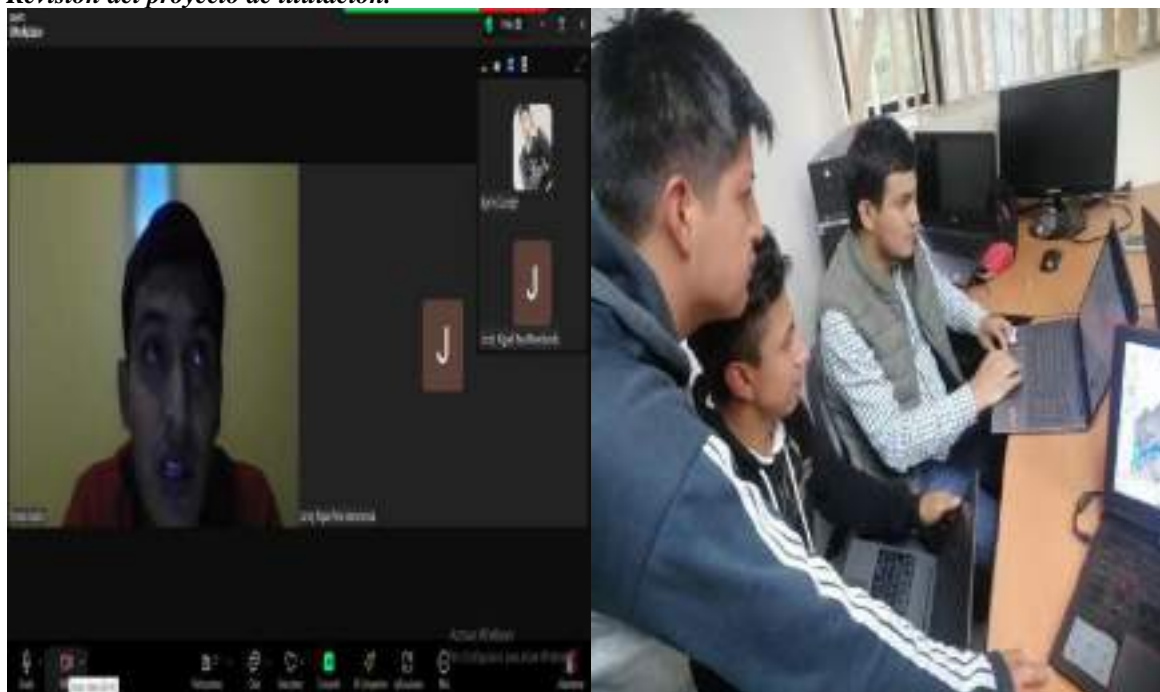




Nota: Identificar las edificaciones importantes en la parroquia Caracol y georeferenciar edificaciones faltantes.

Fotografía 4

Revisión del proyecto de titulación.

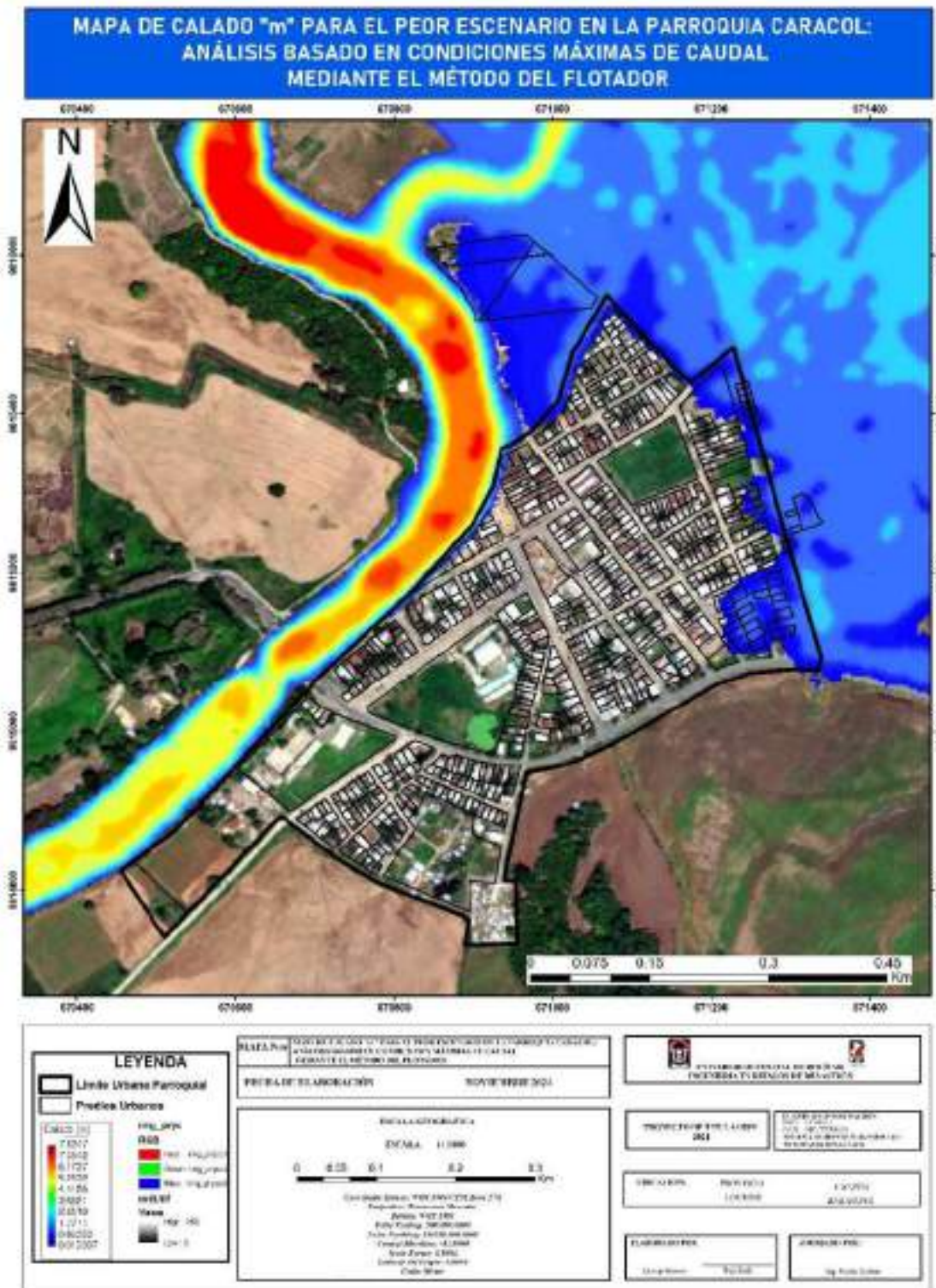


Nota: Revisión periódica de avance del proyecto de titulación virtual y presencial.

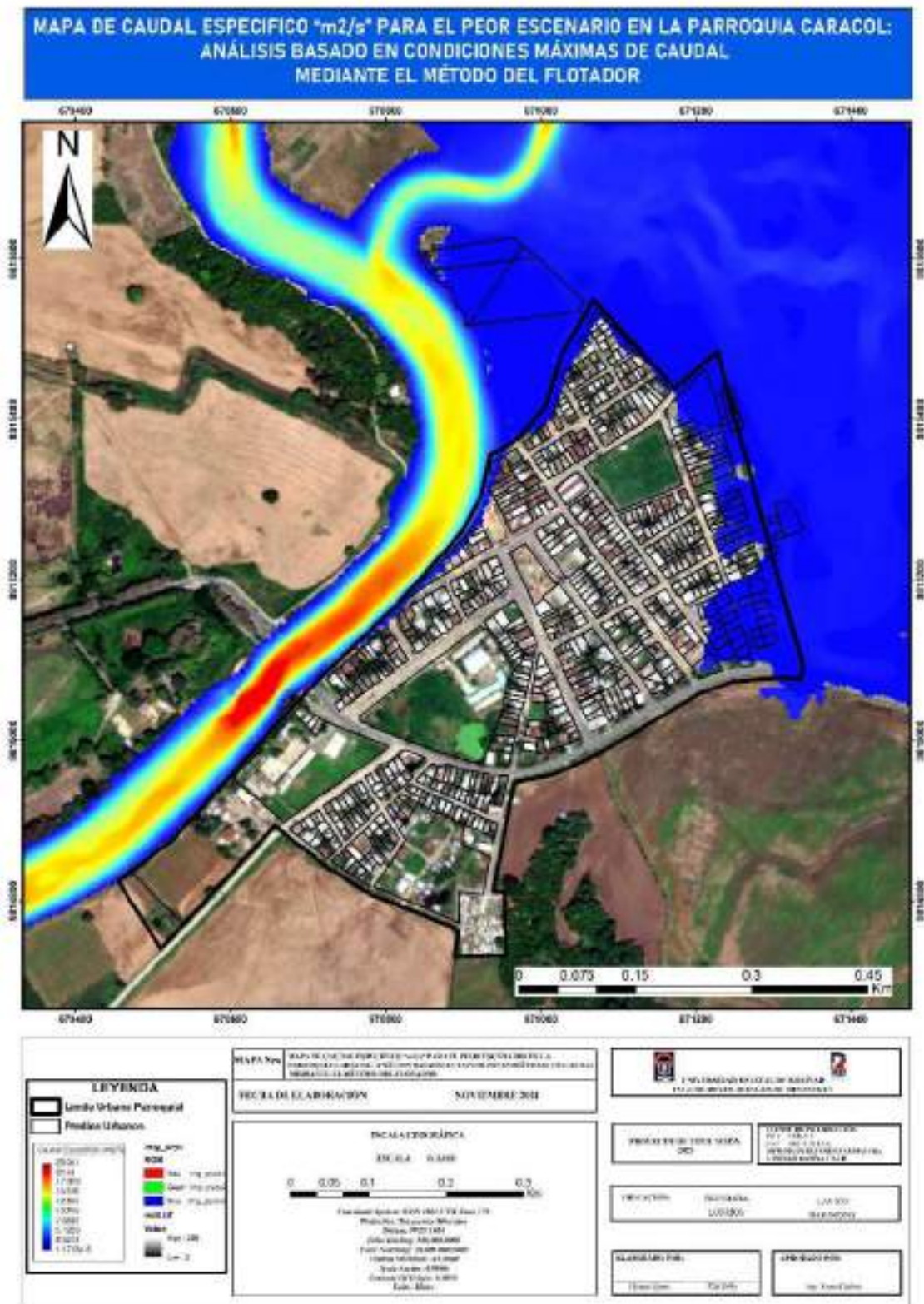
Anexo 2 Cartográfica Completa

Mapa 1

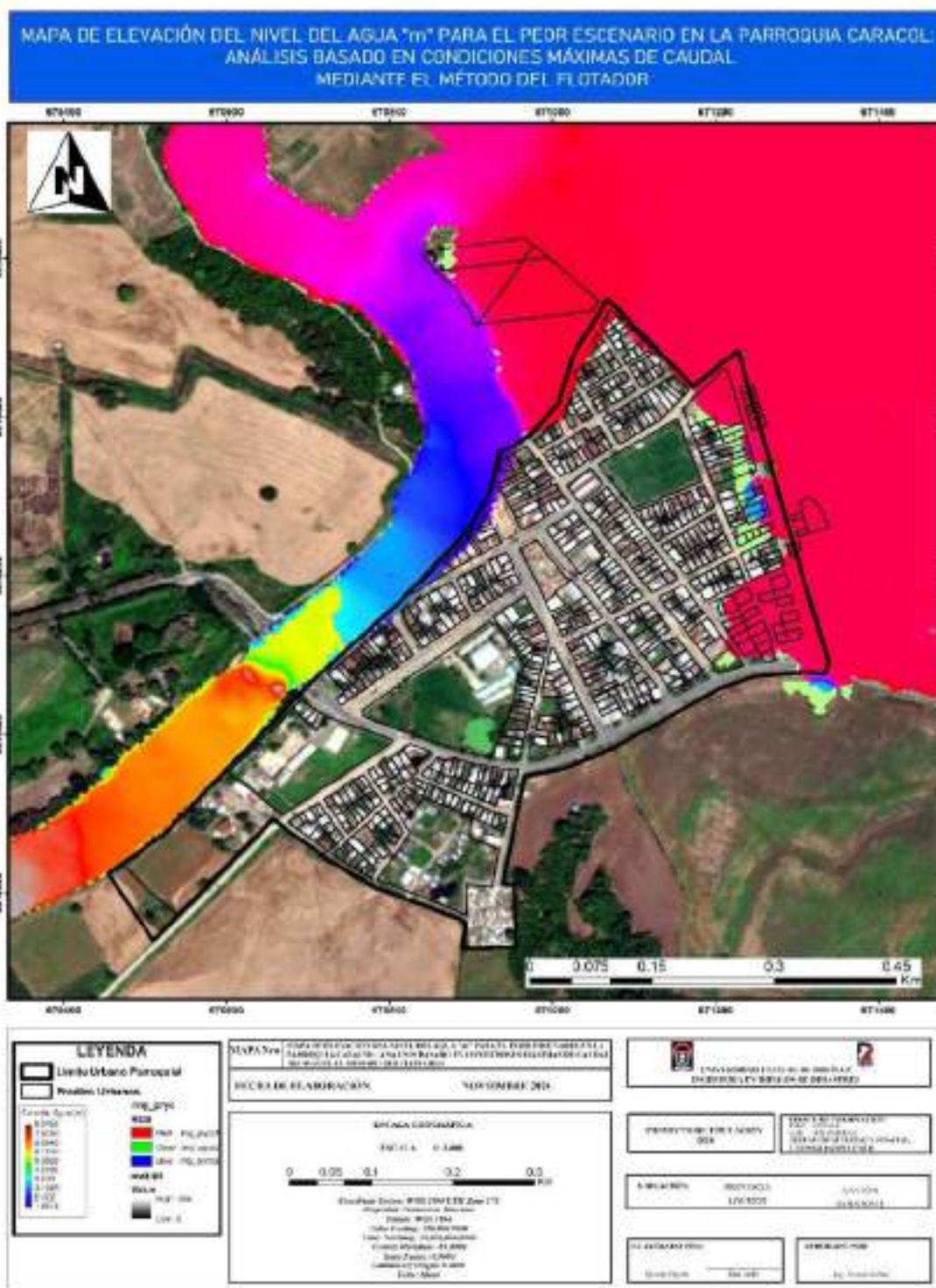
Mapa completo de las zonas susceptibles a inundaciones de la parroquia Caracol.



Mapa 2
 Mapa completo del caudal específico m²/s de la parroquia Caracol.

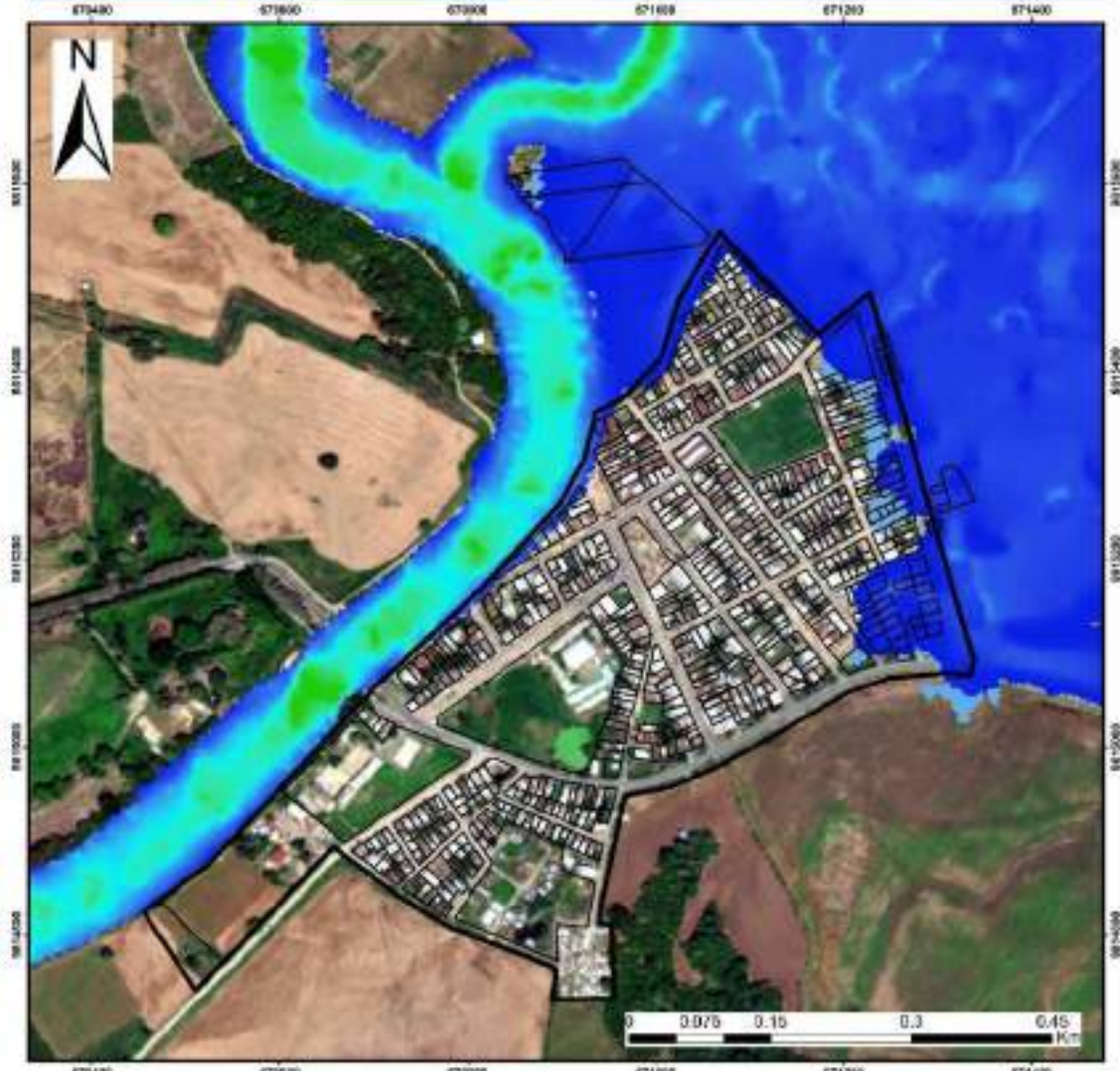


Mapa completo de la elevación del nivel de agua de la parroquia Caracol.



Mapa 5
 Mapa completo de la velocidad del caudal en la parroquia Caracol

**MAPA DE VELOCIDAD DEL AGUA "m/s" PARA EL PEOR ESCENARIO EN LA PARROQUIA CARACOL:
ANÁLISIS BASADO EN CONDICIONES MÁXIMAS DE CAUDAL
MEDIANTE EL MÉTODO DEL FLOTADOR**

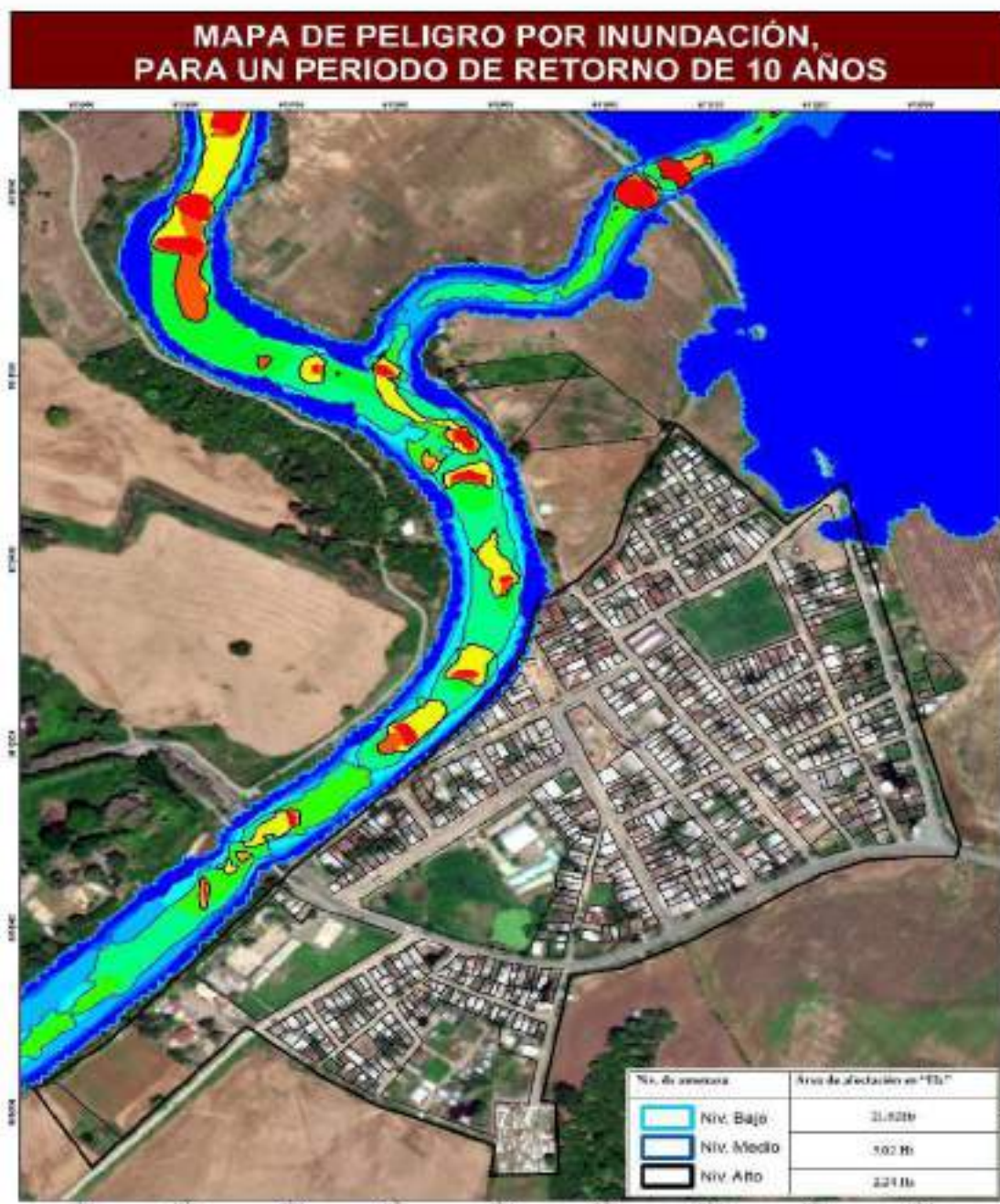


<p>LEYENDA</p> <p> Límite Urbano Parroquial Predios Urbanos </p> <p> </p> <p> </p>	<p> PROYECTO: MAPA DE VELOCIDAD DEL AGUA "m/s" PARA EL PEOR ESCENARIO EN LA PARROQUIA CARACOL FECHA DE ELABORACIÓN: 04/11/2020 ESCALA GRÁFICA: 1:5000 </p>	<p> INSTITUTO VENEZOLANO DE ESTADÍSTICA Y CENSOS </p> <p> INSTITUTO VENEZOLANO DE ESTUDIOS HIDROLÓGICOS </p> <p> ELABORADO POR: [Blank] REVISADO POR: [Blank] </p>
--	--	---

Mapa 6
Mapa completo de susceptibilidad a inundación ponderado a niveles de amenaza en la parroquia Caracol



Mapa 6
 Mapa completo de los tiempos de retorno para 10 años.



UNIVERSIDAD ESTADAL DE BOLIVAR
 ENTIDAD CIENTÍFICA DE LA SALUD Y EL BIENESTAR
 INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE

MAPA DE PELIGRO POR INUNDACIÓN
 PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS

Responsable: [Nombre]

Elaborado por: [Nombre]

Fecha: [Fecha]

Escala: [Escala]

LEYENDA

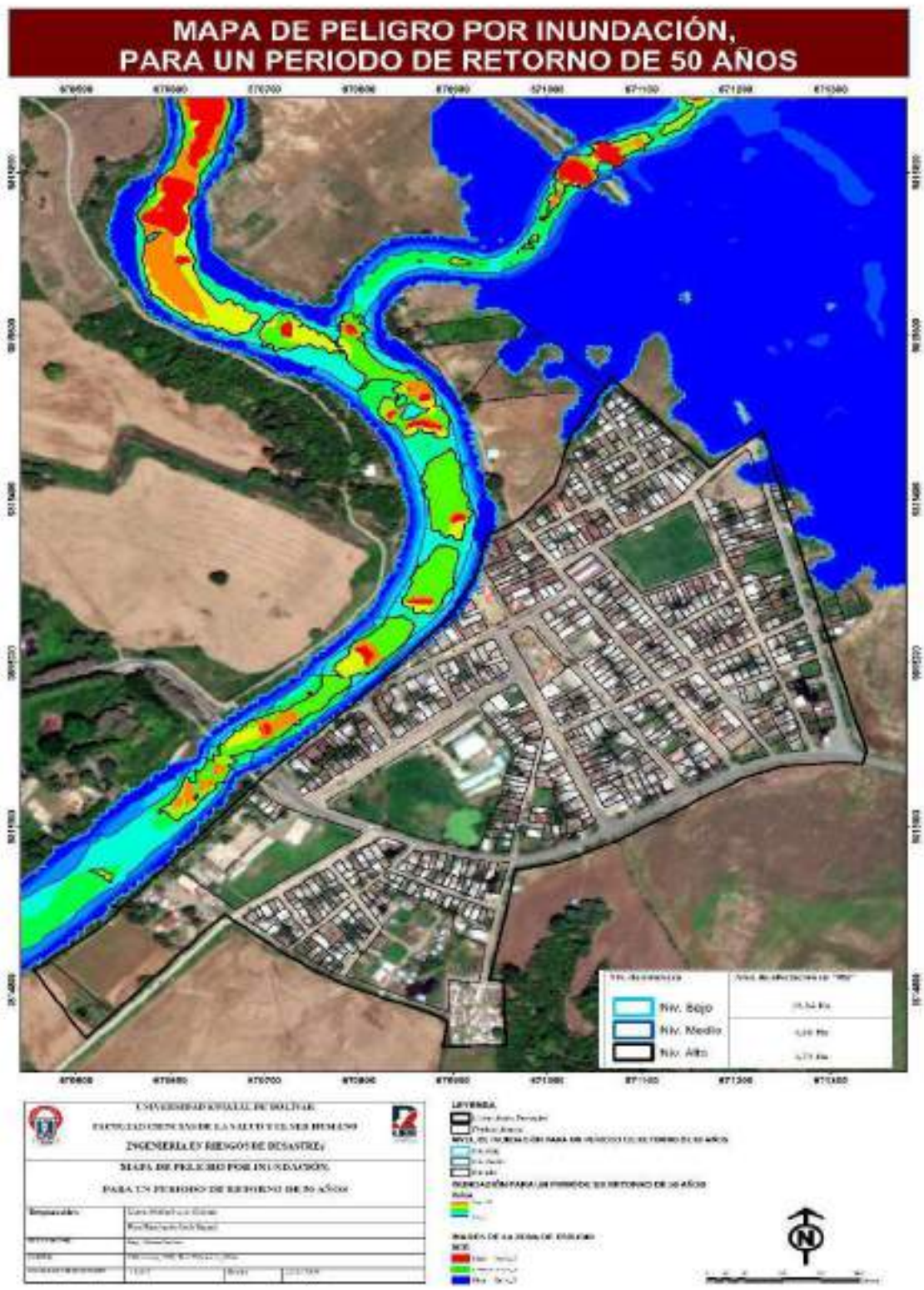
- línea de contorno
- línea de drenaje
- línea de inundación para el periodo de retorno de 10 años
- Niv. Bajo
- Niv. Medio
- Niv. Alto
- Área de inundación para un periodo de retorno de 10 años
- Niv. Bajo
- Niv. Medio
- Niv. Alto

LEGENDA DE LA ZONA DE PELIGRO

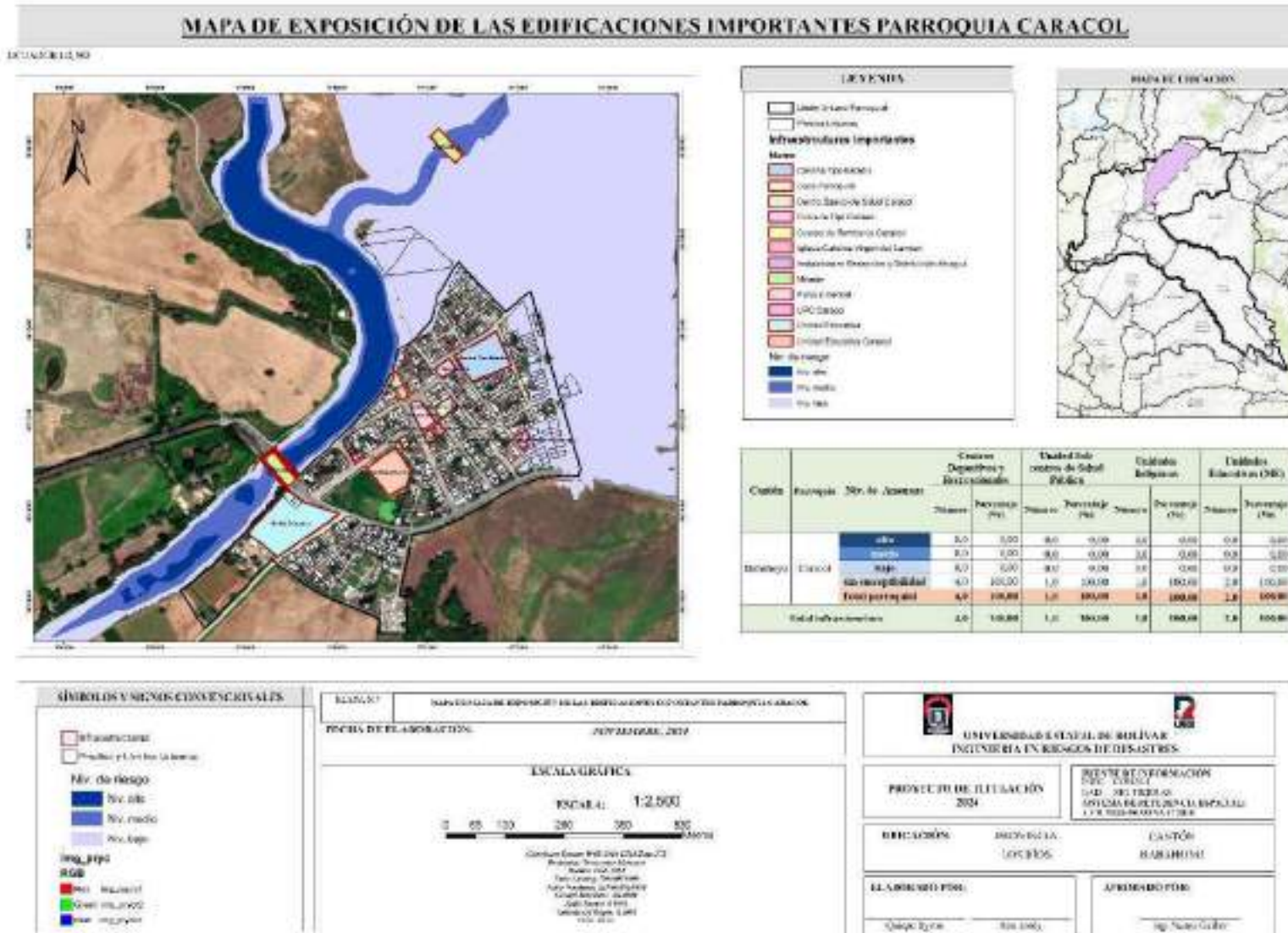
- Niv. Bajo
- Niv. Medio
- Niv. Alto



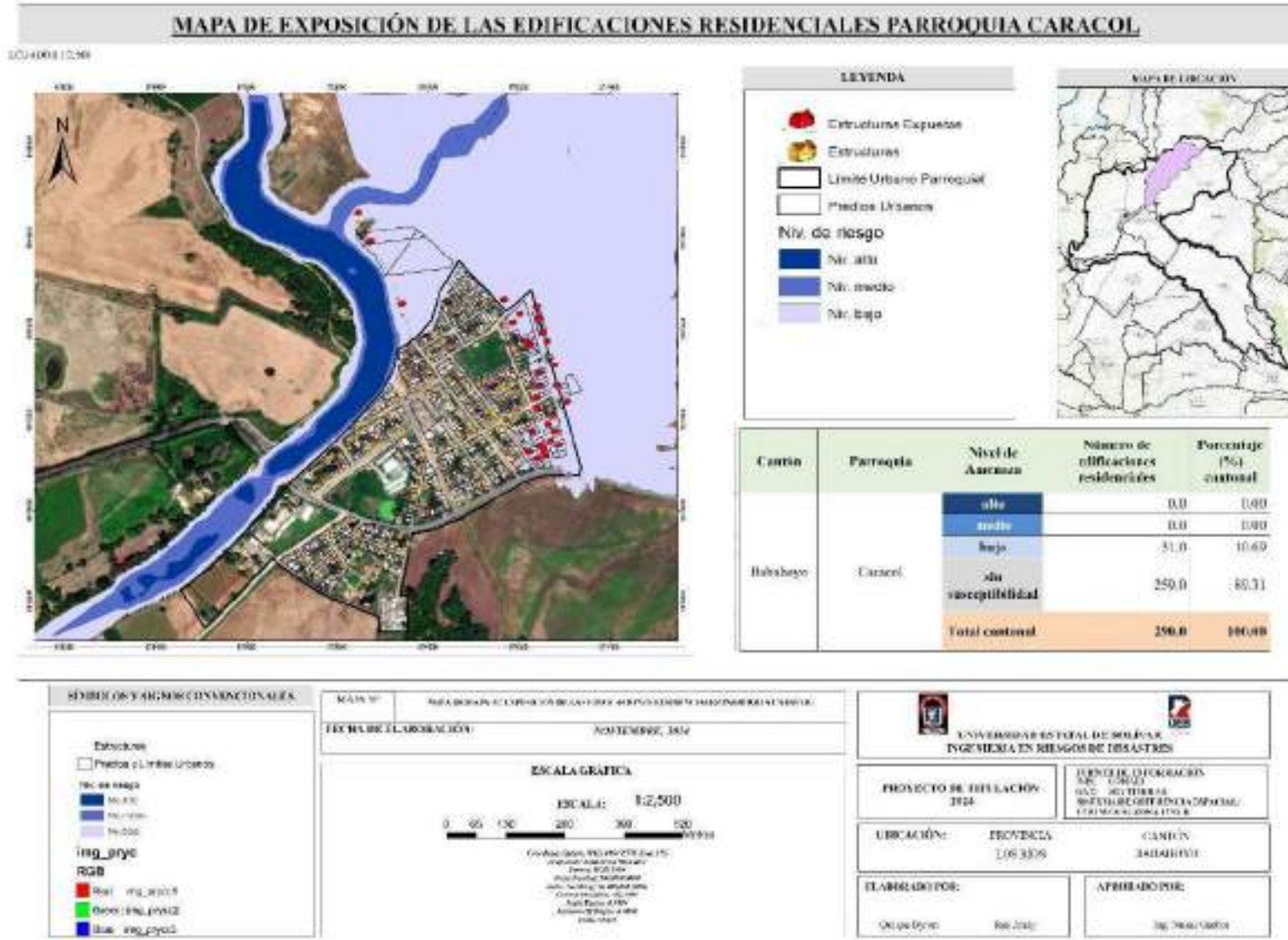
Mapa 6
 Mapa completo de los tiempos de retorno para 50 años.



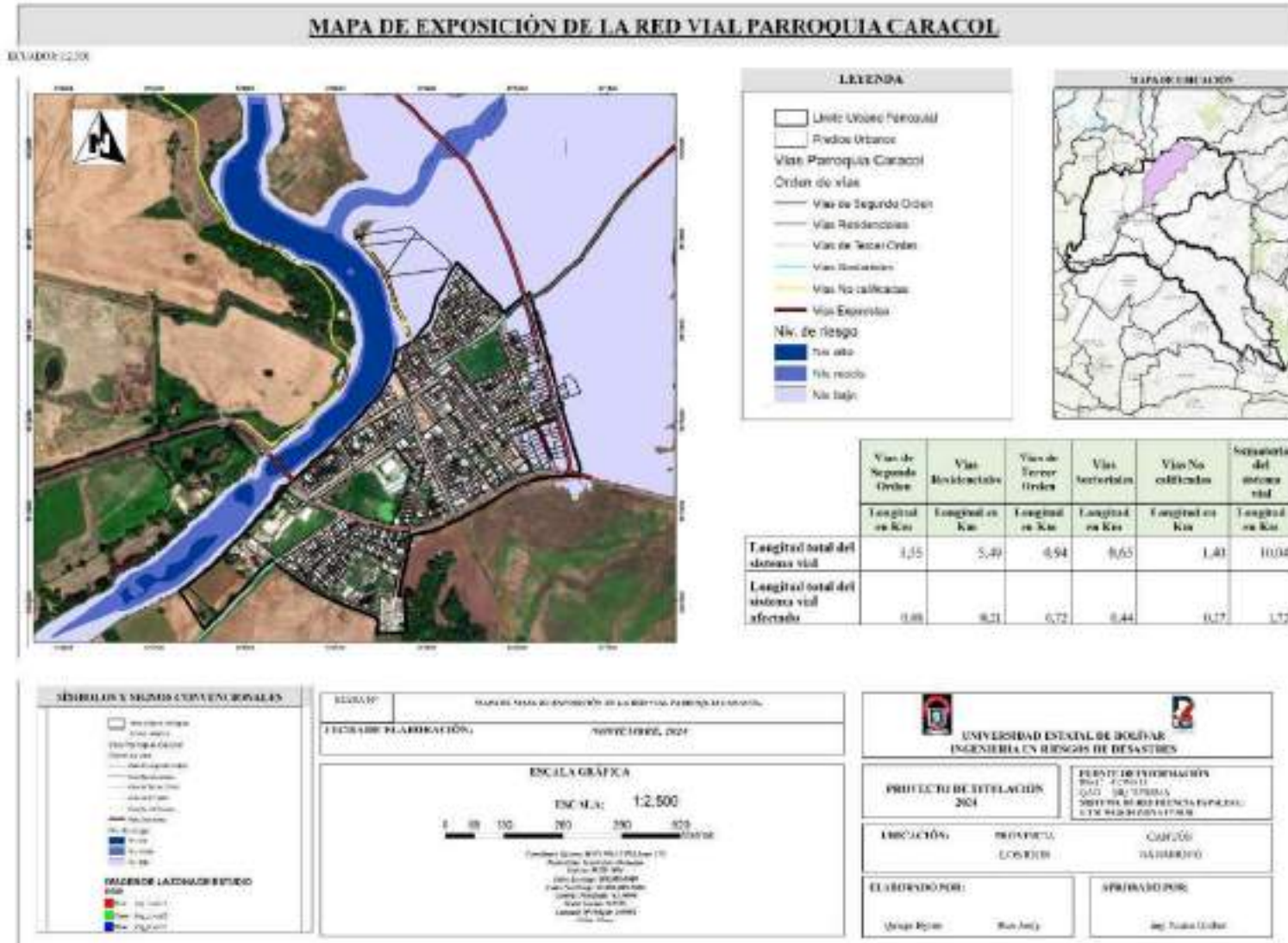
Mapa 7
 Mapa completo exposición de las edificaciones principales de la parroquia Caracol.



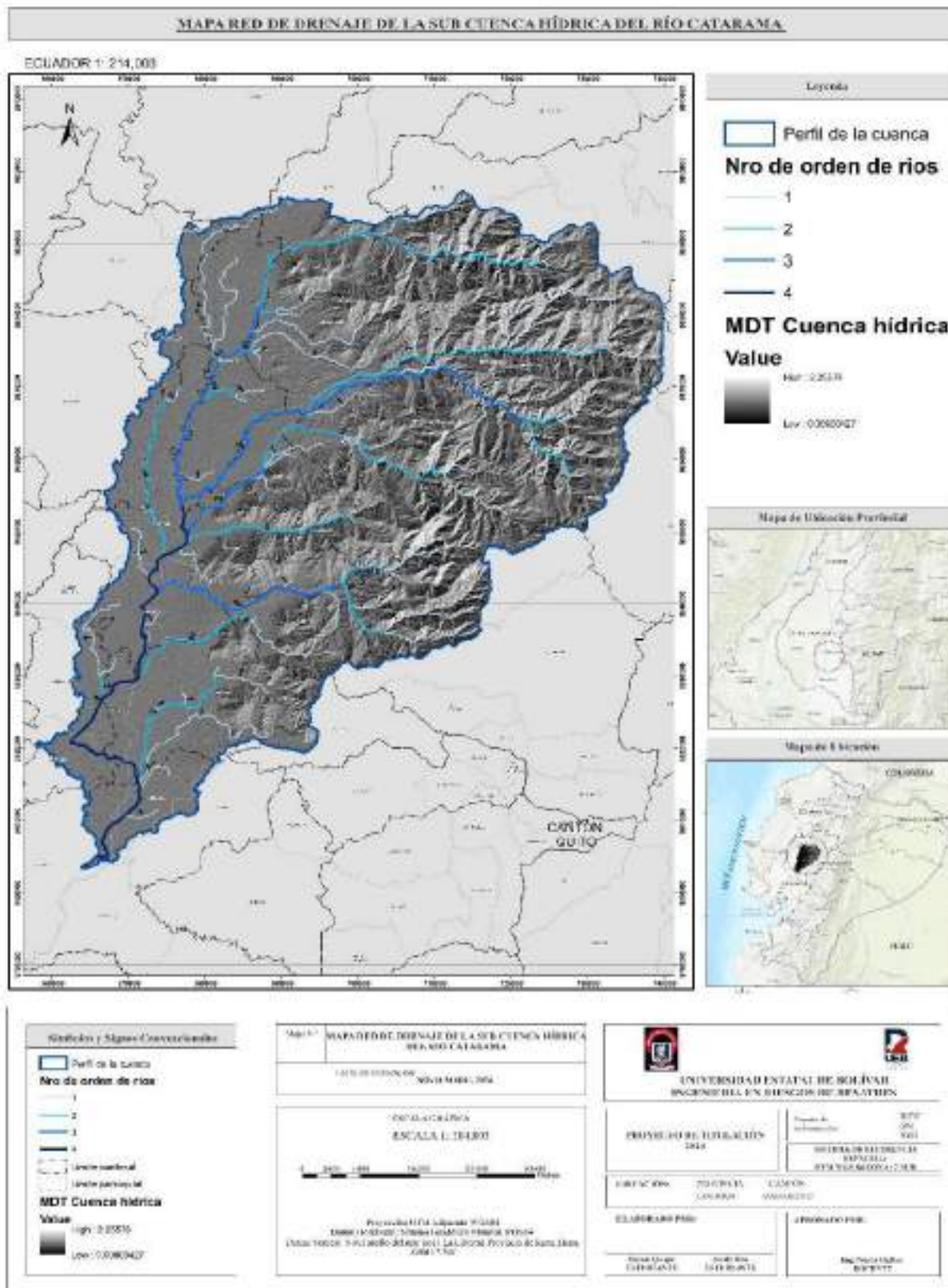
Mapa 8
 Mapa completo exposición de las edificaciones residenciales de la parroquia Caracol.



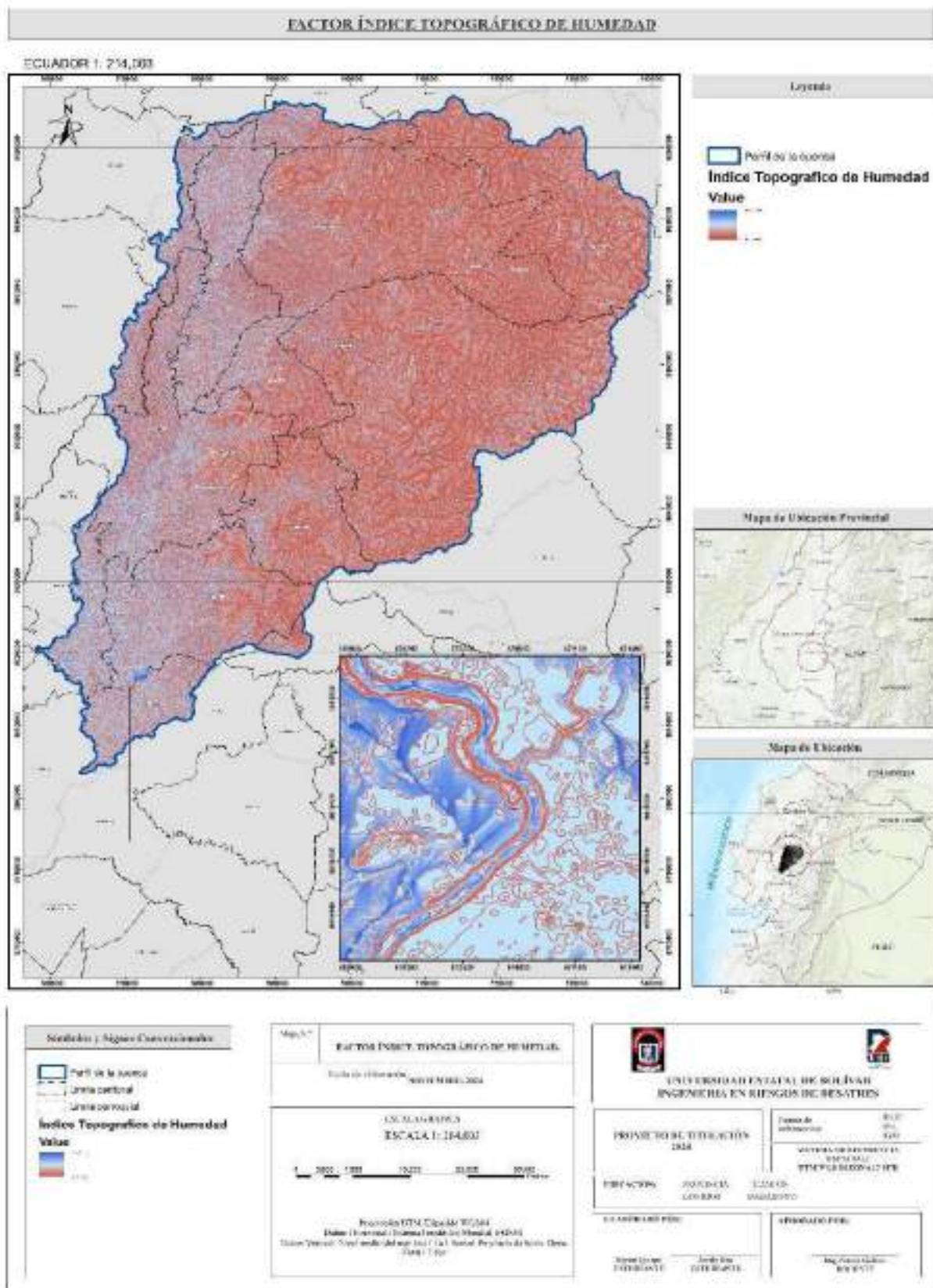
Mapa 8
Mapa completo exposición de la red vial en la parroquia Caracol.



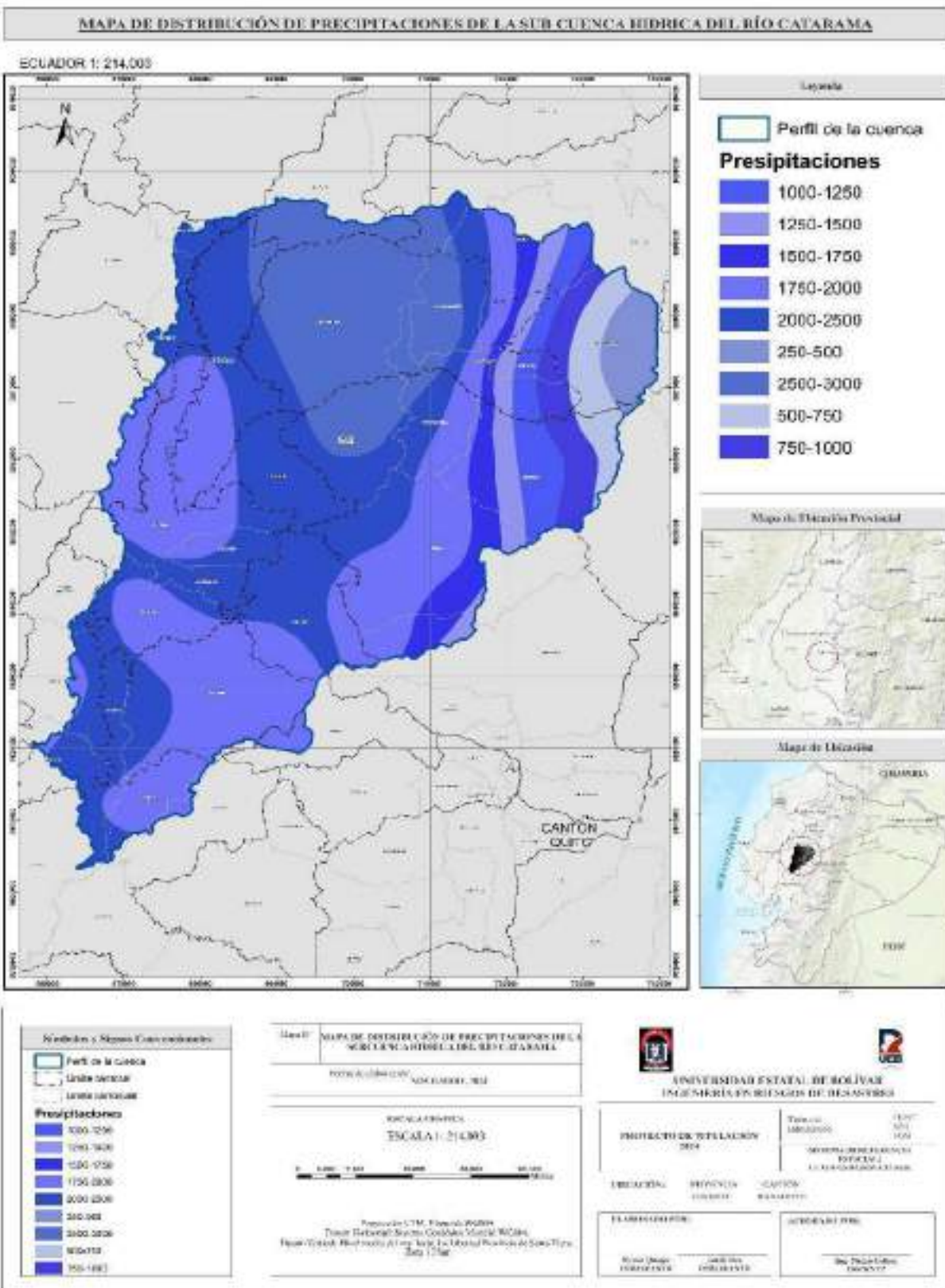
Mapa 10
Mapa completo de las redes de drenaje numeras numeralmente.



Mapa 12
Mapa completo del índice topográfico de humedad.



Mapa 13
 Mapa completo de precipitaciones.



Mapa 15
 Mapa con medidas estructurales implementadas.



