



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA

MODELACIÓN HIDRÁULICA DE INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL
RIO QUINDIGUA UTILIZANDO EL SOFTWARE HEC-RAS

PROPUESTA DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE
INGENIERO HIDRÁULICO

AUTOR(ES):

Carpio Pila Alex Steven
Sánchez Sánchez Kevin Steven

TUTOR:

Mg. Rudys Rafael Cusme Intriago

LATACUNGA, marzo, 2026

Latacunga, 11 de Marzo de 2026

DECLARACION DE AUTORÍA

Yo Alex Steven Carpio Pila con cédula de ciudadanía No. 1752852630 y Kevin Steven Sánchez Sánchez, con cédula de ciudadanía No. 1805434311, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **"MODELACIÓN HIDRÁULICA DE INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO QUINDIGUA UTILIZANDO EL SOFTWARE HEC-RAS"**, siendo el Ing. Rudys Rafael Cusme Intriago MS, C, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.



Kevin Steven Sánchez Sánchez
C.C: 1805434311



Alex Steven Carpio Pila
C.C: 1752852630

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte Pila Carpio Steven Alex, identificado con cédula de ciudadanía No. 1752852630 de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Hidráulica, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“Modelación hidráulica de inundaciones en la cuenca del río Quindigua utilizando el software HEC-RAS”** la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2021 – Agosto 2021

Finalización de la carrera: Octubre 2025 – Marzo 2026

Aprobación en Consejo Directivo: 11 de marzo del 2026

Tutor: Ing. Rudys Rafael Cusme Intriago MS.C

Tema: “MODELACIÓN HIDRÁULICA DE INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO QUINDIGUA UTILIZANDO EL SOFTWARE HEC-RAS”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.

- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 11 días del mes de marzo del 2026.



Alex Steven Carpio Pila
EL CEDENTE

Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte Sánchez Sánchez Kevin Steven, identificado con cédula de ciudadanía No. 1805434311 de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pucheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Hidráulica, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“Modelación hidráulica de inundaciones en la cuenca del río Quindigua utilizando el software HEC-RAS”** la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2021 – Agosto 2021

Finalización de la carrera: Octubre 2025 – Marzo 2026

Aprobación en Consejo Directivo: 11 de marzo del 2026

Tutor: Ing. Rudys Rafael Cusme Intriago MS.C

Tema: “MODELACIÓN HIDRÁULICA DE INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO QUINDIGUA UTILIZANDO EL SOFTWARE HEC-RAS”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 11 días del mes de marzo del 2026.

Kevin Steven Sánchez Sánchez
EL CEDENTE

Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

Latacunga, 11/03/2026

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título: "Modelación hidráulica de inundaciones en la cuenca del río Quindigua utilizando el software HEC-RAS", propuesto por los estudiantes Alex Steven Carpio Pila y Kevin Steven Sánchez Sánchez de la Carrera de Hidraulica considero que dicho proyecto de titulación cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos al tribunal de lectores.



Ing. Rudys Rafael Cusme Intriago Mg.
C.C. 1313770891
TUTOR

Latacunga, 11/03/2026

AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES

Cumpliendo con el Reglamento de Titulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en calidad de Lectores de Tribunal de Proyecto de Investigación con el Título "Modelación hidráulica de inundaciones en la cuenca del río Quindigua utilizando el software HEC-RAS", propuesto por los estudiantes Alex Steven Carpio Pila y Kevin Steven Sánchez Sánchez de la Carrera de Hidráulica, me permito indicar que los estudiantes ha concluido todas las observaciones y realizado las correcciones señaladas por el Tribunal de Lectores, por lo cual presentamos el Aval de aprobación del Proyecto de Titulación correspondiente a la modalidad presencial en virtud de lo cual el postulante puede presentarse a la Defensa de su Proyecto de Titulación.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines legales pertinentes.

Atentamente,


Lector 1 (Presidente)
Ing. Giler Ormaza Andy
Miguel Msc.
CC: 1312820325


Lector 2
Ing. Jimmy Xavier Toaza
Iza Msc.
CC: 1717621062


Lector 3
Ing. Patricio Germánico
Chaves Zapata Msc.
CC: 0501305668

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a Dios por concederme la vida, la salud y la fortaleza necesarias para culminar esta importante etapa de mi formación académica. Cada esfuerzo realizado durante este proceso ha sido posible gracias a la perseverancia y al apoyo de las personas que han estado presentes en mi camino. Mi más profundo reconocimiento a mis padres, Alex Carpio y Ligia Pila, quienes con su amor, sacrificio y dedicación han sido el pilar fundamental en mi vida. Sus enseñanzas, valores y apoyo constante han sido la motivación que me impulsó a seguir adelante y a no rendirme ante las dificultades. Asimismo, expreso mi gratitud a mis hermanas, Joselyn Carpio y Valentina Carpio, por su cariño, comprensión y palabras de aliento, que me brindaron la motivación necesaria para continuar con mis objetivos académicos y personales. Extiendo también mi agradecimiento a mis familiares, especialmente a mi primo, por su apoyo, confianza y acompañamiento durante este proceso tan significativo de mi vida. De manera especial, manifiesto mi reconocimiento al Ing. Alexis Gutiérrez, por su orientación, conocimientos y valiosa guía brindada durante el desarrollo de este trabajo de investigación, contribuyendo significativamente a la culminación de esta etapa académica. Finalmente, dedico un recuerdo lleno de respeto, amor y gratitud a mis abuelitos, quienes, aunque ya no se encuentran físicamente entre nosotros, dejaron en mi vida enseñanzas y valores que siguen guiando mi camino. Su memoria permanece siempre presente y es una inspiración constante para seguir adelante. Este logro representa no solo el esfuerzo personal, sino también el apoyo, la confianza y el cariño de todas las personas que formaron parte de este proceso académico.

Alex Steven Carpio Pila

AGRADECIMIENTO

Con profundo agradecimiento dedico este trabajo de tesis a Dios, por brindarme la vida, la sabiduría y la fortaleza para seguir adelante en cada momento de mi formación académica. A mis padres, quienes han sido el apoyo más grande en mi vida. Gracias por su amor, sus consejos, su esfuerzo y por enseñarme a nunca rendirme ante las dificultades. Este logro también es de ustedes, porque siempre creyeron en mí. A mis abuelitos por parte de mi madre y a mi abuelita por parte de mi padre, quienes con su cariño, sabiduría y palabras de aliento han sido un ejemplo y una inspiración en mi vida. A mis tíos, que siempre me brindaron su apoyo, confianza y motivación para seguir adelante en cada etapa de mi formación. A mi familia, que con su comprensión y palabras de aliento me motivaron a continuar cuando el camino parecía difícil. Su apoyo ha sido fundamental para alcanzar esta meta. A mis hermanos, quienes han estado presentes con su compañía y motivación, recordándome siempre la importancia de seguir luchando por mis sueños. A mis amigos y compañeros de universidad, con quienes compartí aprendizajes, experiencias y momentos que quedarán para siempre en mi memoria. Gracias por el apoyo y por hacer este proceso más llevadero. A mis docentes, quienes con su conocimiento, paciencia y dedicación contribuyeron a mi formación profesional, guiándome para culminar con éxito esta etapa tan importante. Finalmente, dedico este logro a todas las personas que de una u otra manera formaron parte de este proceso y me brindaron su apoyo. Este trabajo representa el esfuerzo, la perseverancia y el compromiso por alcanzar una meta que hoy se convierte en una realidad.

Kevin Steven Sánchez Sánchez

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis principalmente a Dios, por darme la vida, la salud y la fortaleza necesaria para superar cada uno de los desafíos que se presentaron durante mi formación académica. A mis padres, quienes con su amor, esfuerzo y sacrificio han sido el pilar fundamental en mi vida. Gracias por su apoyo incondicional, por creer siempre en mí y por enseñarme que con perseverancia y dedicación es posible alcanzar cualquier meta. A mi familia, por su comprensión, motivación y palabras de aliento en los momentos difíciles. Cada uno de ustedes ha sido parte importante de este logro. A mis hermanos, quienes han estado presentes acompañándome y motivándome a seguir adelante en cada etapa de mi vida académica. A mis amigos y compañeros, por compartir conocimientos, experiencias y momentos inolvidables durante este camino universitario. Su apoyo y amistad hicieron que este proceso sea más llevadero. A mis docentes, quienes con su enseñanza, paciencia y orientación contribuyeron a mi formación profesional y personal. Finalmente, dedico este logro a todas aquellas personas que de una u otra manera me brindaron su apoyo, confianza y motivación para culminar esta importante etapa de mi vida. Este trabajo representa no solo el esfuerzo individual, sino también el respaldo y cariño de todas las personas que han estado presentes a lo largo de este camino.

Alex Steven Carpio Pila

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis principalmente a Dios por brindarme la vida, la salud y la fortaleza necesaria para culminar esta importante etapa de mi formación profesional. A mis padres, por su amor, esfuerzo y apoyo incondicional durante toda mi vida. Gracias por sus consejos, por motivarme a seguir adelante y por creer siempre en mí. A mis hermanos, quienes con su apoyo, motivación y compañía me impulsaron a seguir luchando por mis metas. A mis familiares, especialmente a mis Padres y Hermanos, por su apoyo, comprensión y palabras de aliento en los momentos más difíciles de este proceso. A mi tutor de tesis, por su orientación, paciencia y valiosos conocimientos brindados durante el desarrollo de este trabajo de investigación. A los docentes de la carrera de Ingeniería Hidráulica de la Universidad, quienes contribuyeron con su enseñanza y experiencia a mi formación académica y profesional. A mis compañeros y amigos, con quienes compartí experiencias, aprendizajes y momentos importantes durante esta etapa universitaria. Finalmente, agradezco a todas las personas que de una u otra manera aportaron con su apoyo, conocimientos y motivación para la culminación de este trabajo de tesis.

Kevin Steven Sánchez Sánchez

UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TEMA: “MODELACION HIDRAULICA DE INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO
QUINDIGUA UTILIZANDO EL SOFTWARE HEC-RAS”

Autores: Alex Steven Carpio Pila
Kevin Steven Sánchez Sánchez

Resumen

La presente investigación evalúa la susceptibilidad y afectación por inundaciones en la cuenca del Río Quindigua, con un enfoque específico en la parroquia Pucayacu, provincia de Cotopaxi. Ante la recurrencia de eventos extremos y la carencia de cartografía hidráulica actualizada, se implementó una metodología integrada que combina teledetección avanzada en Google Earth Engine y modelación hidrodinámica. El procesamiento de imágenes Landsat 8/9 y Sentinel-2, corregidas topográficamente mediante el modelo de Minnaert, permitió generar una clasificación supervisada del uso de suelo validada con un índice Kappa de 0.7421 (concordancia considerable). Los parámetros hidrológicos revelaron una cuenca de respuesta rápida con un tiempo de concentración de 3.20 horas y un número de curva ponderado de 70.96, lo que favorece la transformación eficiente de lluvia en escorrentía. Mediante simulaciones en HEC-RAS 2D, se determinaron caudales pico que oscilan entre 913.84 m³/s (Tr 5 años) y 2,520.57 m³/s (Tr 100 años). Los mapas de peligrosidad resultantes demuestran que más del 95% del casco urbano de Pucayacu se encuentra bajo peligro alto, evidenciando una vulnerabilidad crítica de la infraestructura y la población. Los hallazgos subrayan la urgencia de implementar medidas de mitigación estructural y un ordenamiento territorial basado en riesgos.

Palabras claves: Inundaciones, HEC-RAS, Índice Kappa, Google Earth Engine.

UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

THEME: HYDRAULIC MODELLING OF FLOODING IN THE QUINDIGUA RIVER BASIN
USING HEC-RAS SOFTWARE

Authors: Alex Steven Carpio Pila
Kevin Steven Sánchez Sánchez

ABSTRACT

This research assesses flood susceptibility and impact in the Quindigua River basin, with a specific focus on the parish of Pucayacu, in the province of Cotopaxi. Given the recurrence of extreme events and the lack of updated hydraulic mapping, an integrated methodology was implemented that combines advanced remote sensing in Google Earth Engine and hydrodynamic modelling. The processing of Landsat 8/9 and Sentinel-2 images, topographically corrected using the Minnaert model, allowed for the generation of a supervised land use classification validated with a Kappa index of 0.7421 (considerable agreement). Hydrological parameters revealed a fast-response basin with a concentration time of 3.20 hours and a weighted curve number of 70.96, which favors the efficient transformation of rainfall into runoff. Through simulations in HEC-RAS 2D, peak flows ranging from 913.84 m³/s (Tr 5 years) to 2,520.57 m³/s (Tr 100 years) were determined. The resulting hazard maps show that more than 95% of the urban area of Pucayacu is at high risk, highlighting the critical vulnerability of the infrastructure and population. The findings underscore the urgency of implementing structural mitigation measures and risk-based land use planning.

KEYWORDS: Floods, HEC-RAS, Kappa Index, Google Earth Engine.

Latacunga, 11 de marzo del 2026

CERTIFICACIÓN DE INFORME DE SIMILITUD

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el tema: "MODELACIÓN HIDRÁULICA DE INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RIO QUINDIGUA UTILIZANDO EL SOFTWARE HEC-RAS", de los estudiantes Alex Steven Carpio Pila y Kevin Steven Sánchez Sánchez, de la carrera de Hidráulica, remito la captura de pantalla del reporte del sistema de reconocimiento de texto Turnitin, con un porcentaje de coincidencias del 2 %; y, expreso una vez más, mi conformidad en cuanto a la dirección del trabajo de titulación.

The screenshot shows a Turnitin report for a document titled "Tesis_carpio-sánchez". The document is associated with the Universidad Técnica De Cotacachi. The report details include:

- Detalles del documento:**
 - Identificación de la entrega: 11 pages
 - Fecha de entrega: 11 mar 2026, 242 p.m. (UTC) 128 palabras
 - Fecha de creación: 11 mar 2026, 242 p.m. (UTC) 1140 caracteres
 - Nombre del usuario: Fredi Cayula (1000000000)
 - Nombre del curso: 1000000000
- 2% Similitud general:** Total coincidente de todos los documentos incluidos en la base de datos, 245 de 12800.
- Detalle desde el informe:**
 - 1 Similitud
 - 1 No detectado
 - 1 No coincidente
 - 1 Coincidencia menor menor de 1% (245)
- Fuentes principales:**
 - 11 Fuentes en Internet
 - 14 Fuentes
 - 1 Trabajo anterior (trabajo de titulación)
- Notas de integridad:** El 7% de similitud de integridad para este documento es por coincidencias múltiples de texto en paréntesis.

A blue box at the bottom right of the report contains the following text: "Este informe y de fuente externa pueden ser utilizados en la plataforma para verificar la integridad del contenido del trabajo de titulación. Si se detecta un porcentaje de coincidencias superior al permitido, se deberá realizar un informe de integridad y se deberá presentar un informe de integridad a la universidad." (This report and external source can be used in the platform to verify the integrity of the thesis content. If a percentage of coincidences above the permitted is detected, an integrity report should be made and an integrity report should be presented to the university.)

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| 1. INFORMACIÓN GENERAL | 1 |
| 2. INTRODUCCIÓN | 2 |
| 2.1 Situación Problemática | 3 |
| 2.2 Formulación del problema | 3 |
| 2.3 Objeto y Campo de Acción | 3 |
| 2.4 Beneficiarios | 3 |
| 2.4.1 Directo | 3 |
| 2.4.2 Indirecto | 3 |
| 2.6 Objetivos | 4 |
| 2.6.1 General..... | 4 |
| 2.6.2 Específicos | 4 |
| 2.7 Sistemas de Tareas | 4 |
| 3. MARCO TEÓRICO | 5 |
| 3.1 Antecedentes | 5 |
| 3.2 Cambio en el uso y cobertura del suelo | 7 |
| 3.3 Métodos de análisis en el ámbito multitemporal | 7 |
| 3.4 Teledetección | 8 |
| 3.5 Satélites y sus combinaciones | 9 |
| 3.6 Preprocesamientos de las imágenes satelitales | 9 |
| 3.7 Métodos de clasificaciones supervisadas | 10 |

| | |
|--|----|
| 3.8 Índice de Kappa | 10 |
| 3.9 Modelo de Lluvia – Escorrentía..... | 11 |
| 3.10 Precipitaciones..... | 11 |
| 3.11 Polígonos de Thiessen | 11 |
| 3.12 Curvas de intensidad | 12 |
| 3.13 Número de curva..... | 12 |
| 3.14 Grupos hidrológicos del suelo | 12 |
| 3.15 Hidrogramas Unitarios SCS | 12 |
| 5. METODOLOGÍA | 13 |
| 5.1 Descarga de información satelital..... | 13 |
| 5.2 Preprocesamiento de la información..... | 14 |
| 5.3 Procesamiento de la información..... | 14 |
| 5.4 Análisis multitemporal..... | 15 |
| 5.5 Modelo lluvia – escorrentía | 15 |
| 6. RESULTADOS | 17 |
| 6.1 Recolección de información..... | 17 |
| 6.3 Elaboración de mapas | 27 |
| 6.4. Ubicación De Personas Encuestadas | 31 |
| 6.5. Análisis de resultados de la encuesta de validación social..... | 31 |
| 7. DISCUSIÓN | 47 |
| 8. CONCLUSIONES..... | 48 |
| 9. REFERENCIAS..... | 49 |

| | |
|------------------------|-----------|
| 10. ANEXOS..... | 55 |
|------------------------|-----------|

ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN

| | |
|--|----|
| Ilustración 1 Delimitación de la cuenca..... | 18 |
| Ilustración 2 NDVI 2024 | 21 |
| Ilustración 3 Clasificación supervisada..... | 23 |
| Ilustración 4 Perfil Aguas Arriba..... | 26 |
| Ilustración 5 Perfil Aguas Abajo..... | 26 |
| Ilustración 6 Inundaciones con tiempo de retorno de 5 años..... | 27 |
| Ilustración 7 Inundaciones con tiempo de retorno de 25 años..... | 28 |
| Ilustración 8 Inundaciones con tiempo de retorno de 50 años..... | 29 |
| Ilustración 9 Inundaciones con tiempo de retorno de 100 años..... | 29 |
| Ilustración 10 Ubicación de personas encuestadas | 31 |
| Ilustración 11 Representación gráfica de la frecuencia de inundaciones..... | 34 |
| Ilustración 12 Distribución porcentual de los niveles de inundación reportados..... | 35 |
| Ilustración 13 Distribución porcentual de los materiales y objetos identificados | 36 |
| Ilustración 14 Gráfico de tiempos de llegada de la inundación | 37 |
| Ilustración 15 Gráfico de duración del estancamiento de agua..... | 38 |
| Ilustración 16 Gráfico de estacionalidad de los eventos críticos | 39 |
| Ilustración 17 Gráfico de recurrencia de evacuaciones..... | 40 |
| Ilustración 18 Gráfico de servicios básicos afectados..... | 41 |

| | |
|---|----|
| Ilustración 19 Gráfico de hectáreas de producción afectadas | 42 |
| Ilustración 20 Gráfico de rango de pérdidas en dólares..... | 43 |
| Ilustración 21 Gráfico de tipo de asistencia recibida | 44 |
| Ilustración 22 Gráfico de alteraciones en el estado del agua | 45 |
| Ilustración 23 Gráfico de percepción de erosión y pérdida de vegetación | 46 |
| Ilustración 24 Delimitación de la cuenca..... | 56 |
| Ilustración 25 NDVI 2024 | 56 |
| Ilustración 26 Clasificación supervisada..... | 57 |
| Ilustración 27 Perfil Aguas Arriba..... | 57 |
| Ilustración 28 Perfil Aguas Abajo..... | 58 |
| Ilustración 29 Inundaciones con tiempo de retorno de 5 años..... | 58 |
| Ilustración 30 Inundaciones con tiempo de retorno de 25 años..... | 59 |
| Ilustración 31 Inundaciones con tiempo de retorno de 50 años..... | 59 |
| Ilustración 32 Inundaciones con tiempo de retorno de 100 años..... | 60 |
| Ilustración 33 Ubicación de personas encuestadas | 60 |
| Ilustración 34 Río Quindigua en el sector de estudio | 61 |
| Ilustración 35 Río Quindigua en el sector de estudio | 61 |
| Ilustración 36 Sector Río Quindigua..... | 61 |
| Ilustración 37 Distribución de resultados de la encuesta aplicada en el área de estudio | 61 |
| Ilustración 38 Procesamiento estadístico de la encuesta realizada en la parroquia..... | 61 |

ÍNDICE DE TABLA

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Áreas Conocimientos Unesco..... | 1 |
| Tabla 2 Sistema de Tareas del Plan de Titulación..... | 4 |
| Tabla 3 Combinaciones espectrales [26] | 9 |
| Tabla 4 Índices de Kappa [31]..... | 10 |
| Tabla 5 Especificaciones de los sensores satelitales [37] | 13 |
| Tabla 6 Selección de preguntas de las encuestas | 32 |
| Tabla 7 Tabulación en encuestas | 32 |
| Tabla 8 Selección de preguntas de las encuestas | 33 |
| Tabla 9 Tabulación en encuestas | 33 |
| Tabla 10 Frecuencia de ocurrencia de inundaciones en la parroquia Pucayacu | 34 |
| Tabla 11 Frecuencia de respuestas sobre niveles de inundación | 35 |
| Tabla 12 Frecuencia de respuestas sobre materiales arrastrados por el río..... | 36 |
| Tabla 13 Tiempo estimado de respuesta del río ante lluvias fuertes..... | 37 |
| Tabla 14 Tiempo de permanencia del agua en el sector | 38 |
| Tabla 15 Meses con mayor ocurrencia de inundaciones..... | 39 |
| Tabla 16 Historial de evacuaciones por seguridad..... | 40 |
| Tabla 17 Impacto en el acceso a servicios fundamentales | 41 |
| Tabla 18 Superficie de cultivos perdida por inundación..... | 42 |
| Tabla 19 Estimación del valor total de pérdidas económicas | 43 |
| Tabla 20 Ayuda recibida de organismos del estado o instituciones..... | 44 |

| | |
|--|----|
| Tabla 21 Percepción de cambios en color y turbidez del río | 45 |
| Tabla 22 Identificación de procesos erosivos y deslizamientos..... | 46 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|--|----|
| Ecuación 1 Índice de Kappa $K = P_o - P_{e1} - P_e$ | 10 |
| Ecuación 2 Precipitación media $P_{med} = i = 1n(A_i * P_i)At$ | 11 |
| Ecuación 3 Retención potencial $S = 1000CN - 10$ | 12 |
| Ecuación 4 Escorrentía $Q = (P - 0.20S)2P + 0.80S$ | 12 |
| Ecuación 5 Caudal pico $qp = 484 * Atp$ | 13 |
| Ecuación 6 Tiempo de concentración Kirpich $T_c = 0.0195 * K^{0.77}$ | 16 |
| Ecuación 7 Tiempo de concentración Témez $T_c = 0.0195 * (LS^{0.25})^{0.76}$ | 16 |
| Ecuación 8 Tiempo de concentración Giandotti $T_c = 4 * A + 1.50 * L^{0.80} * H_{med} - H_{min}$ | 16 |
| Ecuación 9 Tiempo de retardo $T_{lag} = 0.60 * T_c$ | 17 |

1. INFORMACIÓN GENERAL

Tema del proyecto: Modelación Hidráulica De Inundaciones En La Cuenca Del Rio Quindigua Utilizando El Software HEC-RAS

Modalidad de Titulación:

| MODALIDAD DE TITULACIÓN | HOMOLOGACIONES PARA INFORME FINAL DE TITULACIÓN | SELECCIÓN |
|------------------------------|--|-----------|
| Propuesta tecnológica | Informe de propuesta tecnológica | X |
| | Patente, Modelo de utilidad, Certificado de propiedad intelectual. | |
| | Artículo científico | |
| Proyecto de investigación | Informe de Proyecto de investigación | |
| | Artículo científico | |
| | Patente, Modelo de utilidad, Certificado de propiedad intelectual. | |
| Exámen de indicadores de RDA | | |

Trabajo de Titulación Vinculado al Proyecto: AguaQuest: potenciando la investigación en recursos hídricos aplicados a la solución de problemas reales del medio.

Equipo de Trabajo del Trabajo de Titulación: Carpio Pila Alex Steven, Sánchez Sánchez Kevin Steven, Ing. Cusme Intriago Rudys Rafael Mg,

Área de Conocimiento:

Tabla 1 Áreas Conocimientos Unesco.

| | | |
|--|-----------------|--|
| 25 ciencias de la tierra y del Espacio | 2508 hidrología | 2509.04 hidrometeorológica |
| | | 2509.11 predicción operacional meteorológica |

Línea de investigación: Meteorología, hidrología, mecánica de fluidos, sistemas y obras hidráulicas.

Sub-líneas de investigación de la Carrera: Gestión y manejo sostenible y/o sostenible del recurso hídrico.

2. INTRODUCCIÓN

En la escala mundial, los cambios en el uso y cobertura de la tierra son reconocidos como uno de los principales impulsores en las alteraciones hidrológicas, superando los contextos a los efectos en el cambio climático [1]. La conversión de bosques nativos a tierras agrícolas y zonas urbanas incrementa la impermeabilidad del suelo, acelerando los procesos de escorrentía superficial y magnifica la intensidad de las inundaciones [2]. Esto señala que la degradación de los ecosistemas naturales reduce su capacidad de infiltración y almacenamiento de agua, verificando la vulnerabilidad de las poblaciones asentadas en las llanuras aluviales [3], [4]. En el Ecuador la deforestación y expansión de la frontera agrícola han sido dinámicas constantes en las últimas décadas, indicando que la cobertura forestal remanente se ha reducido por las presiones antrópicas, alterando el equilibrio de las cuencas andinas y costeras [5], en las cuencas hidrográficas nacionales, han demostrado una correlación directa entre la pérdida de cobertura vegetal y el aumento de caudales pico, derivando en desastres hidrometeorológicos recurrentes que afectan la infraestructura y seguridad alimenticia del país [6], [7].

En la región andina del país enfrenta desafíos críticos en la gestión del recurso hídrico debido a la topografía accidentada y la intervención humana en zonas de recarga hídrica, infraestructura natural de los Andes jugando un papel vital en la regulación de las crecidas del recurso [8], [9], sin embargo, el cambio de uso y cobertura de suelo en la zona ha producido procesos erosivos y de inestabilidad de laderas, se han identificado varios cantones como zonas de alta susceptibilidad a amenazas por inundaciones y flujos de lodos, agravados por los eventos extremos del clima [10], [11]. En la zona de estudio representa un escenario crítico en base a estas problemáticas, históricamente han sufrido varios eventos de desbordamientos como en marzo del 2022, causando graves afectaciones en la parroquia de Pucayacu registrado por varias empresas de noticieros, a pesar de la recurrencia que tienen estos eventos, existe una carencia de estudios que vinculen la evolución histórica del paisaje con la respuesta hidráulica del cauce principal, esta investigación busca evaluar las transformaciones locales del territorio en la amenaza de la inundación, utilizando herramientas de teledetección y modelación hidráulica para generar insumos en la planificación territorial

2.1 Situación Problemática

En la cuenca del Río Quindigua no es un fenómeno aislado, sino el resultado de un proceso acumulativo de degradación ambiental sumando a la falta de planificación territorial, esta evidencia sugiere que la eliminación de la cobertura vegetal nativa en las partes altas y medias de la cuenca modifican los hidrogramas, reduciendo los tiempos de concentración y aumentando la violencia de los caudales en el cauce principal [12], en el sector de Pucayacu, la situación comienza a agravarse por la ocupación informal de las riberas y así expone a la población a un riesgo inminente. A diferencia de otras cuencas el Río Quindigua carece de modelos hidráulicos actuales donde consideren escenarios del uso del suelo [13], [14]. La ausencia de información precisa impide que las autoridades locales puedan implementar acciones de mitigación, perpetuando un ciclo de desastre y reconstrucción afectando a la economía local y la calidad de vida de estos mismos [15].

2.2 Formulación del problema

En qué sentido los cambios en el uso y cobertura de la tierra han influido en la ocurrencia de las inundaciones en el sector específico de Pucayacu en la cuenca del Río Quindigua.

2.3 Objeto y Campo de Acción

2.3.1 Objeto de Investigación: Analizar la influencia de los cambios en el uso y cobertura del suelo sobre los eventos de inundación en la cuenca del Río Quindigua.

2.3.2 Campo de Acción: 2509.11 predicción operacional meteorológica.

2.4 Beneficiarios

2.4.1 Directo

- Comunidad científica, estudiantes y docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi

2.4.2 Indirecto

- Moradores de la cuenca del Río Quindigua

2.5 Justificación

La investigación es imperativa ante la crítica de vulnerabilidad que enfrente la cuenca del Río Quindigua, en el sector de Pucayacu, donde la recurrencia de inundaciones se va agravando por la expansión agrícola y la ausencia absoluta de instrumentos técnicos para la gestión preventiva. Dado que las respuestas de las autoridades competentes son

reactivas a la falta de información hidrológica, esta investigación articula una metodología mediante la teledetección y modelación hidráulica, bajo la degradación de la cobertura que intensifica la amenaza de desbordamientos del cauce principal de la cuenca, de esta manera, se entregara mapas de susceptibilidad de riesgos de inundaciones permitiendo a las autoridades trabajar en un ordenamiento territorial más técnico y reducir directamente la expansión física de la población en las riberas o zonas de cercanas al cauce principal, y así evitar un frente directo a los futuros eventos hidrológicos extremos.

2.6 Objetivos

2.6.1 General

Modelar hidráulicamente las inundaciones mediante el software HEC-RAS para la elaboración de cartografía de inundación en la cuenca del río Quindigua.

2.6.2 Específicos

- Recolectar y procesar información satelital e hidrológica para la modelación de inundaciones en la cuenca del río Quindigua.
- Aplicar herramientas de modelación hidrológica e hidráulica para la simulación de inundaciones en la cuenca del río Quindigua.
- Elaborar mapas de riesgo de inundaciones a partir de los resultados del modelo hidráulico en la cuenca del río Quindigua.

2.7 Sistemas de Tareas

Tabla 2 Sistema de Tareas del Plan de Titulación.

| Objetivos específicos | Actividades (tareas) | Resultados esperados | Técnicas, Medios e Instrumentos |
|---|--|------------------------------------|---|
| Recolectar y procesar información satelital e hidrológica para la modelación de | Compilación y preprocesamiento de las imágenes satelitales | Base de datos satelital estructura | Teledetección. Instrumentos – USGS, QGIS, Google Earth Engine. |
| | Elaboración multiespectral | Imágenes listas para el análisis. | |

| | | | |
|--|--|--|--|
| inundaciones en la cuenca del río Quindigua. | | | |
| Aplicar herramientas de modelación hidrológica e hidráulica para la simulación de inundaciones en la cuenca del río Quindigua. | <p>Clasificaciones supervisadas en el cambio del uso y cobertura del suelo.</p> <p>Validación con la matriz de confusión del índice de Kappa.</p> <p>Integración de los resultados en modelo lluvia-escorrentía.</p> <p>Simulación hidráulica para eventos de inundación</p> | <p>Mapas de cambios del uso y cobertura del suelo.</p> <p>Modelos hidrológicos calibrados y validados.</p> | <p>Técnica – GIS</p> <p>Modelación – HEC RAS</p> <p>Información - INAMHI</p> |
| Elaborar mapas de riesgo de inundaciones a partir de los resultados del modelo hidráulico en la cuenca del río Quindigua. | <p>Integración de los resultados hidrológicos e hidráulicos.</p> <p>Identificación de las zonas vulnerables.</p> <p>Elaboración de los mapas de riesgo y exposición poblacional.</p> | <p>Mapas de riesgos por inundación.</p> <p>Insumos para la planificación territorial</p> | <p>Técnicas – GIS</p> <p>Instrumentos – IGM, GADs locales.</p> |

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes

A escala mundial, numerosos estudios han demostrado que los cambios en el uso y cobertura del suelo constituyen uno de los principales factores que alteran los procesos

hidrológicos en las cuencas hidrográficas, influyendo de manera directa en la generación de escorrentía superficial, el incremento de caudales pico y la ocurrencia de inundaciones. Investigaciones desarrolladas en diferentes regiones del mundo evidencian que la evolución de ecosistemas naturales, especialmente la capacidad de infiltración y almacenamiento del suelo, modificando la respuesta hidrológica natural de las cuencas y aumentando la magnitud y frecuencia de eventos de inundación. Desde el enfoque se ha establecido que la pérdida de cobertura vegetal y la degradación de los ecosistemas naturales generan una respuesta hidrológica más rápida, caracterizada por menores tiempos de concentración y mayores volúmenes de escorrentía. Esas condiciones incrementan la presión sobre los cauces naturales y las obras hidráulicas existentes, superando su capacidad de conducción y provocando desbordamientos en zonas de llanura aluvial, donde generalmente se asientan poblaciones e infraestructura vulnerable [16].

En el Ecuador la deforestación y la transformación del paisaje han sido persistentes en las últimas décadas, especialmente en las regiones andina y costera investigaciones nacionales han evidenciado una correlación directa entre la pérdida de cobertura vegetal y el incremento de caudales máximos durante eventos de precipitación intensa, lo que ha derivado en inundaciones recurrentes, deslizamientos y flujos de lodos. Estas afectaciones han puesto de evidencia la fragilidad de las cuencas hidrográficas frente a la presión antrópica y la limitada capacidad de adaptación de la infraestructura hidráulica existente. La cuenca del río Quindigua se inserta dentro de este contexto nacional y regional de vulnerabilidad hidrológica. Históricamente, esta cuenca ha registrado eventos de desbordamiento que han ocasionado daños significativos en zonas pobladas y productivas, como el ocurrido en marzo de 2022, el cual generó graves afectaciones en la parroquia Pucayacu. A pesar de la recurrencia de estos eventos, los antecedentes técnicos evidencian una limitada disponibilidad de estudios que analicen de manera integral la relación entre la evolución del uso y cobertura del suelo y la respuesta hidráulica del cauce principal [17].

Asimismo, los estudios existentes se han enfocado principalmente en la descripción de los eventos, sin profundizar en el análisis hidrológico–hidráulico que permita comprender las causas estructurales del problema y evaluar las afectaciones de forma cuantitativa y espacial. Esta carencia de información técnica dificulta la planificación territorial y el diseño de medidas de mitigación basadas en criterios hidráulicos. En este marco, la

presente investigación surge ante la necesidad de evaluar las afectaciones por inundaciones en la cuenca del río Quindigua, integrando el análisis de los cambios en el uso y cobertura del suelo con la modelación hidráulica del cauce. La aplicación de herramientas de teledetección y modelos hidráulicos permitirá generar insumos técnicos que contribuyan a una mejor comprensión de la dinámica de las inundaciones y sirvan como base para la planificación territorial y la gestión del riesgo desde el enfoque de la ingeniería hidráulica.

3.2 Cambio en el uso y cobertura del suelo

El cambio de uso y cobertura del suelo constituye uno de los procesos antrópicos de mayor impacto en la alteración del funcionamiento hidrológicos, esto debido a la transformación de las propiedades biofísicas críticas del sistema terrestre como la capacidad de infiltración, rugosidad, evapotranspiración y la estabilidad del suelo, por diversas investigaciones se ha evidenciado que la deforestación y la expansión de la frontera agrícola reducen la capacidad de la regulación hídrica de los ecosistemas, incrementando los caudales y acortando los tiempos de concentración durante las tormentas intensas [18], de manera específica, un estudio en cuencas han demostrado que la conversión de los bosques nativos a cultivos aumenta la vulnerabilidad ante precipitaciones extremas, alterando el balance hídrico y elevando la magnitud de la escorrentía [19], en este contexto, se refleja la dinámica global entre la sustitución de bosques nativos por pastizales y áreas intervenidas ha disminuido la interceptación vegetal y el almacenamiento de humedad, incrementando la probabilidad de las inundaciones.

3.3 Métodos de análisis en el ámbito multitemporal

El análisis mediante la teledetección constituye una herramienta metodológica fundamental para comprender la evolución dinámica del paisaje, permitiendo identificar y cuantificar las alteraciones sobre el territorio en periodos de tiempos prolongados, la base teórica reside en la comparación sistemática en las imágenes satelitales, facilitando la detección de patrones de cambios, degradación de la cobertura vegetal con una precisión que trasciende en la observación visual. Las modificaciones en la estructura física de las cuencas alteran directamente a las propiedades hidrológicas esenciales como la capacidad de infiltración, desencadenando un aumento en los volúmenes de escorrentías superficial y exacerbando la amenaza de inundaciones en las zonas de

deposición [20]. Desde el punto operativo, la implementación exitosa de este análisis requiere de un flujo de trabajo riguroso, donde inicie con la selección de sensores ópticos y la aplicación de correcciones geométricas – atmosférica, garantizando la comparabilidad espectral entre distintas fechas, posteriormente técnicas de comparación post clasificación y validación estadísticas con matrices de confusión e índice de Kappa, generando mapas temáticos fiables que alimentan las matrices de transición, permitiendo cuantificar con exactitud las tasas de cambio en el uso del suelo, siendo que este proceso radica en su integración directa con la modelación hidrológica [21], demostrando cuantitativamente la transformación del territorio que ha incidido en el incremento de los caudales pico y la vulnerabilidad ante los eventos extremos.

3.4 Teledetección

La teledetección se define como la ciencia y técnica de adquisición de la información en la superficie terrestre sin contacto físico, constituyéndose en un pilar fundamental para el monitoreo ambiental y gestión de los recursos hídricos en escalas espaciales, esta disciplina permite superar las limitaciones provenientes del levantamiento en campo tradicional mediante el uso de sensores remotos montados en plataformas satelitales como Landsat y Sentinel -2, instrumentos que capturan la radiación electromagnética reflejada en múltiples bandas espectrales, proporcionando datos multiespectrales esenciales para discriminar entre diferentes tipos de coberturas, como cuerpos de agua, vegetación, cultivos y suelos desnudos [22]. Esta capacidad de diferenciación espectral es crítica para identificar las alteraciones en el uso de suelo que modifican los procesos de interceptación y evapotranspiración, las cuales son variables que influyen directamente en la generación de escorrentía y magnitud de inundación.

Al garantizar la validez de los datos, el flujo de trabajo en la teledetección exige un procesamiento digital que inicia con correcciones geométricas, radiométricas y atmosférica, indispensables para eliminar las distorsiones causadas por diferentes factores, se estandarizada la información, aplicando técnicas avanzadas en el análisis donde se incluyen cálculos de índices espectrales para realzar las características biofísicas específicas, con la implementación de algoritmos de clasificación supervisada (Random forest, entre otros) donde se transforman los datos espectrales en mapas temáticos del uso del suelo [23], dando fiabilidad a los productos cartográficos mediante métricas estadísticas, principalmente para parametrizar los modelos hidrológicos que simulen la respuestas de las cuencas.

3.5 Satélites y sus combinaciones

Los satélites de observación constituyen la fuente primaria de datos en el monitoreo ambiental a gran escala, la integración de datos provenientes de las misiones Landsat y Sentinel-2 resultan fundamental debido a su complementariedad especial y temporal [24], mientras que la serie de Landsat ofrece un registro histórico que permite evaluar los cambios desde la década de los ochenta, y Sentinel proporciona una mayor resolución especial y temporal crítica para los análisis más recientes [25], en la selección de combinaciones de bandas espectrales es un proceso técnico-decisivo para resaltar las características específicas del paisaje, en la discriminación de la cobertura vegetal y cuerpos de agua, se priorizan combinaciones que maximicen la variabilidad espectral [26], entre estas combinaciones se tiene las siguientes:

Tabla 3 Combinaciones espectrales [26]

| Objetivo de Análisis | Combinación (Landsat 8/9) | Combinación (Sentinel-2) | Interpretación |
|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---|
| Falso Color Infrarrojo | 5 - 4 - 3 (NIR, Red, Green) | 8 - 4 - 3 | Resalta la densidad y salud de la vegetación (en rojo intenso). |
| Agricultura | 6 - 5 - 2 (SWIR1, NIR, Blue) | 11 - 8 - 2 | Permite identificar cultivos activos y diferenciar tipos de gestión agrícola. |
| Índice de Agua | 5 - 6 - 4 (NIR, SWIR1, Red) | 8 - 11 - 4 | Maximiza la distinción entre tierra firme y superficies saturadas. |

3.6 Preprocesamientos de las imágenes satelitales

El preprocesamiento es una fase crítica que asegura la calidad y consistencia de los datos ante cualquier análisis, las distorsiones geométricas y efectos atmosféricos que puedan alterar significativamente en la reflectancia, donde la corrección geométrica alinea los píxeles con el sistemas de coordenadas para garantizar la superposición exacta en análisis multitemporales, la corrección radiométrica convierte los niveles digitales a valores de reflectancia en el límite de la atmosfera y la corrección atmosférica aplica algoritmos físicos o empíricos para eliminar la interferencia de aerosoles y vapor de agua de las imágenes satelitales [27].

3.7 Métodos de clasificaciones supervisadas

La clasificación supervisada transforma los datos espectrales continuos en categorías discretas, donde se destaca el uso de algoritmos de aprendizaje automático debido a su robustez frente a la heterogeneidad del paisaje [27], [28], entre los algoritmos más eficaces se encuentra Random Forest (RF), Máxima Verosimilitud, entre ellos RF opera construyendo arboles de decisión durante un entrenamiento, generando la clase final basada en la moda de las clases individuales, haciéndolo lo menos sensible al ruido y más preciso en la identificación de las clases con firmas espectrales similares [29], esto de forma positiva en la distinción entre vegetación y cultivos.

3.8 Índice de Kappa

La validación es indispensable en la certificación de fiabilidad para los mapas generados, por ello el índice de Kappa es la métrica estándar que cuantifica la concordancia entre la clasificación con la realidad del terreno, ajustando este efecto con la siguiente fórmula para el cálculo de Kappa [30]:

Ecuación 1 Índice de Kappa
$$K = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e}$$

Donde P_o es la proporción de la concordancia observada y P_e es la concordancia esperada, según [31] los valores superiores a 0.80 indican una concordancia casi perfecta, el nivel requerido para las modelaciones hidrológicas.

Tabla 4 Índices de Kappa [31].

| Índice | Concordancia |
|-------------|---------------|
| 0.00 – 0.09 | Pobre |
| 0.10 – 0.20 | Leve |
| 0.21 – 0.40 | Aceptable |
| 0.41 – 0.60 | Moderada |
| 0.61 – 0.80 | Considerable |
| 0.81 – 1.00 | Casi perfecta |

3.9 Modelo de Lluvia – Escorrentía

El modelado de lluvia-escorrentía es el núcleo de la simulación hidrológica, el uso de software como HEC-HMS desarrollado por el cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos, siendo este un enfoque semi distribuido que representa los procesos físicos de la cuenca, integrando dentro de la modelación, el modelo de pérdidas donde estima la infiltración utilizando el método de número de curva (SCS-CN), el modelo de transformación donde convierte el exceso de lluvia en escorrentía directa mediante hidrogramas unitarios, y modelo de flujo base el cual representa el aporte subterráneo en los cauces principales de las cuencas [32].

3.10 Precipitaciones

La precipitación es el forzante meteorológico, en las zonas montañosas es necesario analizar no solo los acumulados, sino también la distribución temporal o hietogramas, donde la entrada de datos al modelo va a requerir una definición de las tormentas de diseño, las cuales son basas en registros históricos, considerando que estos eventos son los detonantes a las inundaciones en las cuencas [33].

3.11 Polígonos de Thiessen

En la distribución espacial de la lluvia con estaciones dispersas, se aplica este método donde se le asigna un área de influencia a cada estación pluviométrica bajo la premisa de una proximidad geométrica entre estas, donde la precipitación media real se calcula mediante la siguiente ecuación [34]:

Ecuación 2 Precipitación media

$$P_{med} = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i * P_i)}{A_t}$$

Donde:

A_i = Área del polígono

P_i = precipitación registrada

A_t = Área total de los polígonos

Este método es estándar para la hidrología aplicada en cuencas con redes de monitoreo escasas en datos de información.

3.12 Curvas de intensidad

Las curvas de intensidad-duración-frecuencia relacionan la intensidad de la lluvia con la duración y su probabilidad de ocurriendo, siendo esenciales para construir tormentas de diseños en HEC-HMS, permitiendo simular varios escenarios hipotéticos (entre estos pueden surgir con periodos de retornos para 5,25,50 y 100 años) para evaluar la resiliencia de las zonas de estudios [35].

3.13 Número de curva

El número de curva vincula el uso del suelo con la capacidad de escorrentía, siendo un valor adimensional que va desde 0.00 hasta 100.00, donde los valores altos responden a suelos impermeables vinculando de esta manera a la escorrentía, donde se realiza el cálculo de la retención potencial máxima (S) y el cálculo directo de la escorrentía (Q) con las siguientes ecuaciones [36]:

$$\text{Ecuación 3 Retención potencial} \quad S = \frac{1000}{CN} - 10$$

$$\text{Ecuación 4 Escorrentía} \quad Q = \frac{(P-0.20S)^2}{P+0.80S}$$

La variación del número de curva según la cobertura es crítica, por ejemplo, el cambio en una cobertura de bosque a suelo desnudo va a incrementar de forma exponencial el caudal directo.

3.14 Grupos hidrológicos del suelo

La clasificación de los grupos hidrológicos determina el potencial de la escorrentía, donde el sistema SCS los define de la siguiente manera [36]:

- Grupo A. – Arenas profundas con alta infiltración.
- Grupo B. – Texturas con infiltración modera.
- Grupo C. – Texturas finas con infiltración lenta.
- Grupo D. – Suelo saturado o arcilloso con alto potencial a escorrentía.

3.15 Hidrogramas Unitarios SCS

El hidrograma unitario transforma el exceso de precipitación en los caudales, su forma es determinada por el tiempo pico y el factor pico de los eventos, permitiendo derivar la respuesta temporal de la cuenca a partir de parámetros físicos (longitud, pendiente),

integrando los efectos del uso de suelo en la forma de la crecida, presentándose en la siguiente ecuación de caudal pico [36]:

Ecuación 5 Caudal pico
$$qp = \frac{484 \cdot A}{tp}$$

Donde:

A = Área de la cuenca.

tp = Tiempo pico.

qp = Caudal pico

4. HIPÓTESIS

La aplicación del modelo hidráulico HEC-RAS permitirá simular el comportamiento hidráulico del flujo y la dinámica de las inundaciones, generando resultados que faciliten la elaboración de mapas de riesgo de inundaciones en la cuenca del río Quindigua, mediante el procesamiento de información hidrológica y satelital, permitiendo representar espacialmente las zonas susceptibles a inundación dentro del área de estudio.

5. METODOLOGÍA

5.1 Descarga de información satelital

En este apartado se organiza la información proveniente de los distintos sensores, radares., iniciando con la delimitación del área de estudio para permitir seleccionar las imágenes satelitales con suficiente detalle en estas mismas, el sensor o el conjunto de sensores se obtendrán información a partir de diversas plataformas que facilitan la descarga de imágenes satelitales como EarthExplore, GloVis y Copernicus, las cuales proporcionan diferentes insumos tanto en resolución y características dependiendo de la necesidad que se tenga en el estudio [37] .

Tabla 5 Especificaciones de los sensores satelitales [37]

| Satélite / Sensor | Resolución Espacial | Resolución Temporal | Bandas Espectrales Clave | Fuente |
|-------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------|--------|
| Landsat 5 (TM) | 30 m | 16 días | Visible, NIR, SWIR, Térmico | USGS |

| | | | | |
|-----------------------------|-----------------|---------|------------------------------|------|
| Landsat 8 (OLI/TIRS) | 30 m (15 m Pan) | 16 días | Visible, NIR, SWIR, Térmico | USGS |
| Sentinel-2 (MSI) | 10 m / 20 m | 5 días | Visible, Red Edge, NIR, SWIR | ESA |
| ALOS PALSAR (DEM) | 12.5 m | N/A | Banda L (Topografía SAR) | ASF |

5.2 Preprocesamiento de la información

El preprocesamiento de las imágenes inicia con la eliminación de la nubosidad mediante un proceso de enmascaramiento y mosaicos integrados entre varias escenas, con metodologías de Cloud Masking donde combina los parámetros de nubosidad y sombras en la exclusión de píxeles [38], estos mosaicos se construyen en diferentes escenas con el fin de cubrir las áreas afectadas en la que se haya seleccionado como imagen principal. Para las correcciones topográficas y atmosféricas se requiere de utilizar el complemento de Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) [39], en la corrección atmosférica se ratifica el propósito de minimizar la influencia de la dispersión de la atmosfera, ajustando la reflectancia y la radiación solar incidente mediante el método de Chávez DOS1, herramienta que utiliza los metadatos de cada una de las escenas para la calibración de esta misma [40]. En la corrección topográfica valida que el procesamiento radiométrico este basado en la obtención del modelo digital de elevación del área de estudio, aplicando la metodología de Minnaert No Lambertiano, con valores del factor K entre los 0.25 a 0.50, para ajustar la pendiente y orientación del terreno sobre la reflectancia de cada escena satelital [41], alcanzando de esta manera un procesamiento adecuado para cada imagen satelital.

5.3 Procesamiento de la información

Para el procesamiento permite aplicar algoritmos de clasificación, que van a requerir intervención del usuario para la definición de parámetros y establecer áreas de entrenamientos, permitiendo de esta manera obtener un mayor nivel de precisión en las clases [42], esto se presenta en el complemento SCP, el cual ofrece varias metodológicas para clasificar las escenas., entre estas metodologías tenemos distancias mínimas, máxima probabilidad, mapeo del ángulo espectral, Random forest entre otros. Las metodologías tienden a tener un nivel preciso de cada píxel, en el caso de distancia

mínima asigna el valor medio al más cercano de cada píxel de las diferentes clases, en máxima probabilidad se trabaja con varianza y covarianza para el píxel más probable de cada una de las clases [43]. De esta manera cada metodología contiene su principio, pero estas metodologías sufren de un problema de ruidos en la aplicación de estas mismas, esto se resuelve de forma continua con los apartados de SAGA GIS, permitiendo la evaluación en la estructura y la consistencia de los datos con homogeneidad de las clases [44], finalizando con la determinación de los porcentajes de cada escena satelital en el apartado de accuracy del SCP [39].

5.4 Análisis multitemporal

El análisis se enfoca en cuantificar la dinámica de transformación del paisaje mediante la comparación sistemática de mapas temáticos para el periodo de tiempo, en el cruce de información se valida rigurosamente cada clasificación anual mediante la construcción de matrices de confusión con el índice de Kappa, aceptando que estos productos cartográficos superen un umbral de concordancia de 0.80 para la fiabilidad de los datos frente al azar espacial [45], [46], con lo que se aplicara la técnica de detección de cambios post clasificación, utilizando algoritmos de tabulación cruzada para generar una matriz de transición que permita discriminar con precisión entre áreas, vinculando la pérdida de cobertura vegetal nativa y ganancias de la frontera agrícola o zonas urbanas [47]. Este procedimiento este derivado del cálculo de las tasas anuales de cambio neto por cada clase, proporcionando los insumos necesarios en la correlación matemática de la degradación de la cuenca con la variación de parámetros hidrológicos, específicamente en la alteración de los valores del número de curva ponderado.

5.5 Modelo lluvia – escorrentía

Dentro de los modelos de lluvias, el tiempo de concentración define el lapso necesario para que una gota de agua viaje desde el punto hidráulicamente más remoto hasta la salida de la cuenca, constituyendo un parámetro crítico que determine la forma de un hidrograma, al evitar los sesgos por la elección de un único método, se tiene un análisis comparativo aplicando las tres formulas empíricas ampliamente validados, en primer lugar se tiene la fórmula de Kirpich para cuencas con canales definidos y pendientes pronunciadas con tiempos más cortos de respuestas, la fórmula de Témez para cuencas naturales con una estimación robusta al considerar la longitud y pendiente del cauce

principal., y finalizamos con Giandotti para cuencas montañosas donde se incorpora el área y la diferencia altitudinal [48], [49], siendo estas las siguientes ecuaciones:

Ecuación 6 Tiempo de concentración Kirpich

$$Tc = 0.0195 * K^{0.77}$$

Ecuación 7 Tiempo de concentración Témez

$$Tc = 0.0195 * \left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.76}$$

Ecuación 8 Tiempo de concentración Giandotti

$$Tc = \frac{4*\sqrt{A}+1.50*L}{0.80*\sqrt{Hmed-Hmin}}$$

Donde

Tc = Tiempo de concentración

L = Longitud del cauce principal

S = Pendiente del cauce principal

A = Área de la cuenca

Hmed = Altura media de la cuenca

Hmin = Altura mínima de la cuenca

Esto se complementa con la precipitación extrema requerida en la distribución espacial y temporal sobre la cuenca de estudio, en lo que se necesita de una heterogeneidad espacial de las estaciones del INAMHI, para lo cual se realizara los polígonos de Thiessen para asignar las áreas de influencia por proximidad geométrica en el cálculo de precipitaciones medias de la cuenca [50], con la determinación de lámina de lluvia, integrando información con las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) de la zona para los hietogramas de diseño. Estos hietogramas representaran la distribución temporal de la tormenta para los periodos de retorno seleccionados, siendo la función de entrada al proceso de escorrentía en el modelo hidrológico.

La estimación de las perdidas por infiltración y su volumen se fundamenta en el número de curva, vinculado a las características físicas de la cuenca con su capacidad de retención, este proceso metodológico inicia con la intersección espacial entre los mapas de cobertura vegetal resultados del análisis multitemporal y el mapa de grupos hidrológicos del suelo según su textura y permeabilidad conforme a la norma del USDA [34], esta respuesta hidrológicas resultante se le asignara un valor de CN estandarizado, permitiendo calcular posteriormente el CN ponderado para las subcuencas mediante la sumatoria del producto del CN de cada clase con su área respectiva, siendo la variable dinámica que reflejara los cambios históricos, con los datos de Tc y CN ponderado se

tiende a hacer una relación con el tiempo de retardo (T_{lag}) para incorporarse en el modelo meteorológico con los hietogramas de diseño y se definirá las especificaciones de control en el intervalo de tiempo y duración de la simulación, asegurando la captura completa de las curvas de recesión para los escenarios de uso de suelo pasado y actual comparando con los caudales de la respuesta hidrológica.

Ecuación 9 Tiempo de retardo $T_{lag} = 0.60 * T_c$

Donde:

T_{lag} = Tiempo de retardo

T_c = Tiempo de concentración

6. RESULTADOS

6.1 Recolección de información

El proceso de delimitación de la cuenca del Río Quindigua inicia con la obtención y tratamiento técnico de los datos espaciales. En primera instancia, se adquiere un Modelo Digital de Elevación (DEM), el cual permite visualizar la topografía del terreno mediante una escala cromática que diferencia las zonas bajas de las altas. Para garantizar la precisión del análisis, se aplica el preprocesamiento de corrección de depresiones mediante la herramienta "Fill", la cual elimina errores de píxeles o "huecos" en la superficie, asegurando así que el flujo hídrico digital corra de manera continua sin quedar atrapado en sumideros artificiales. Una vez corregido el modelo, se analiza la morfología de la cuenca, la cual presenta una forma ensanchada en la parte alta que se estrecha hacia su salida, similar a una hoja o abanico. Esta configuración geométrica es indicativa de una cuenca de respuesta rápida, donde múltiples vertientes alimentan al cauce principal de forma casi simultánea, lo que suele generar picos de caudal violentos durante eventos de tormenta. Para validar estos rasgos geográficos, se utilizan capas ráster satelitales de alta precisión como referencia visual, permitiendo contrastar la hidrografía digital con la realidad del terreno.

El análisis se centra específicamente en un punto de "inicio de estudio" o exutorio, estratégicamente ubicado para proteger poblaciones e infraestructuras críticas, como puentes y zonas agrícolas, frente a posibles inundaciones. Toda la información

hidrológica generada, incluyendo caudales y volúmenes, se calcula específicamente para el agua que transita por este punto de cierre.

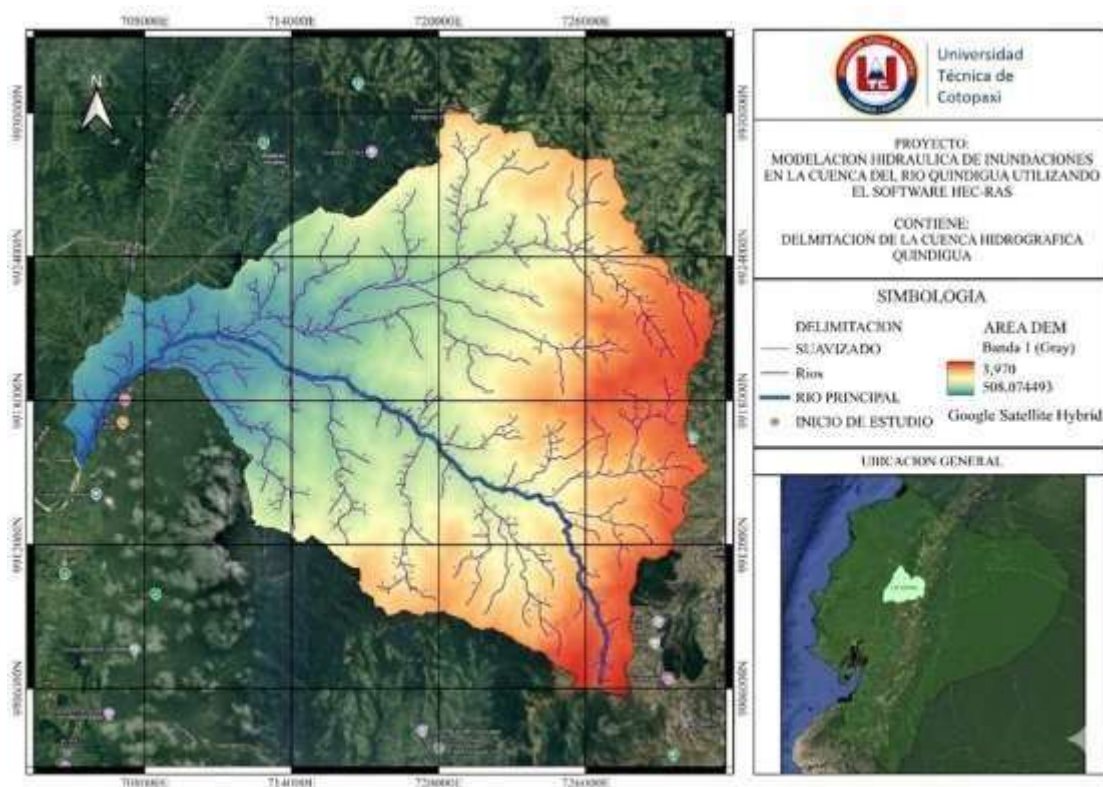


Ilustración 1 Delimitación de la cuenca

Para la sección de recolección y procesamiento de información satelital, se presenta a continuación la descripción detallada de la metodología y los hallazgos técnicos, estructurados en párrafos extensos y de rigor académico:

El proceso de adquisición de datos geospaciales se fundamentó en la implementación de algoritmos avanzados dentro de la plataforma Google Earth Engine (GEE), lo que permitió optimizar la selección de insumos multispectrales para la cuenca del Río Quindigua. La lógica procedimental inició con la transformación del vector del área de estudio en un objeto de interés (ROI) bajo el sistema de coordenadas EPSG:4326, facilitando la interoperabilidad con los catálogos globales de sensores. Se priorizó el uso de la colección de Landsat 8 y 9 (Nivel 2 - Reflectancia de Superficie) debido a su consistencia histórica y capacidad radiométrica, estableciendo un marco temporal de búsqueda comprendido entre el 01 de enero de 2023 y el 31 de diciembre de 2024. Para garantizar la pureza espectral de los datos, el código incluyó un filtro de calidad riguroso que descartó automáticamente cualquier escena con una cobertura de nubosidad superior

al 80%, asegurando que las áreas de entrenamiento destinadas a la clasificación del uso de suelo no presentaran interferencias atmosféricas que pudieran sesgar los resultados del Número de Curva (CN).

Como resultado directo de esta fase de procesamiento masivo de datos, se identificó un universo inicial de 65 imágenes satelitales que interceptaban el área geográfica de la cuenca. Tras la aplicación de los criterios de depuración técnica y el análisis de metadatos, se determinó que 54 de estos registros cumplían con los estándares de visibilidad requeridos, lo que representa una base de datos robusta para el monitoreo multitemporal. El algoritmo de selección automatizada identificó la escena capturada el 23 de septiembre de 2024 como el insumo maestro para el análisis de la situación actual, dada su nula interferencia de nubes y su alta nitidez en las bandas del infrarrojo cercano y de onda corta. Este nivel de precisión en la recolección de información es fundamental para la posterior delimitación de las zonas de susceptibilidad, ya que permite una discriminación exacta entre coberturas vegetales, zonas agrícolas y áreas que influyen directamente en los procesos de escorrentía superficial. Complementariamente, la integración del modelo digital de elevación proveniente del sensor ALOS PALSAR permitió establecer la línea base topográfica necesaria para la modelación hidrodinámica. Los resultados revelan una cuenca con una dinámica altimétrica significativa, cuyas elevaciones oscilan entre los 3.97 y los 508.07 msnm, lo que genera una gradiente hidráulica que favorece el transporte rápido de sedimentos y agua hacia las zonas bajas. La morfología identificada mediante el procesamiento de estos datos satelitales confirma una configuración en forma de "abanico" o "hoja", caracterizada por una zona de captación ensanchada en las partes altas que converge abruptamente hacia un exutorio estrecho. Esta característica geométrica define al Río Quindigua como una cuenca de respuesta hidrológica rápida, donde el tiempo de concentración es reducido y los picos de caudal tienden a ser violentos y simultáneos, validando la importancia crítica de haber fijado el punto de control estratégico aguas arriba de la parroquia Pucayacu para la protección de la infraestructura y la seguridad de la población.

6.2 Análisis de información

Para la sección de procesamiento y corrección topográfica, la implementación del código en Python a través de la API de Google Earth Engine permite refinar los datos crudos del sensor Landsat 8, eliminando las distorsiones atmosféricas y orográficas que podrían

sesgar el análisis de inundaciones. A continuación, se presenta la descripción técnica detallada de este proceso: La fase de preprocesamiento de la información satelital se fundamenta en una estandarización rigurosa de los valores de reflectancia de superficie para el año 2024. El algoritmo implementado realiza una corrección de escala sobre las bandas ópticas y una conversión de la banda térmica (B10) de grados Kelvin a Celsius, asegurando que los datos sean físicamente comparables a través de los años. Un componente crítico de este flujo es la depuración de artefactos atmosféricos mediante el uso de la máscara de calidad QA_PIXEL. A través de operaciones bit a bit, el código identifica y elimina de forma automatizada píxeles contaminados por nubes, nubes densas y sombras de nubes (específicamente los bits 3, 5 y 7). Este "filtrado de calidad" es esencial en cuencas con alta nubosidad como la del Río Quindigua, ya que garantiza que el análisis multitemporal se base únicamente en observaciones reales de la superficie terrestre, evitando que la humedad atmosférica sea confundida con cambios en la cobertura vegetal.

Debido a la topografía accidentada que caracteriza a la cuenca del Río Quindigua, se aplicó una corrección topográfica mediante el modelo de Minnaert, un método avanzado que supera las limitaciones de los modelos Lambertiano tradicionales al considerar la rugosidad bidireccional de la superficie. Para ello, el algoritmo integra el Modelo Digital de Elevación SRTM para calcular la pendiente y la orientación de cada píxel en radianes. Cruzando estos datos con la geometría solar (azimut y cenit) de la escena original. La aplicación de un factor $k=0.6$ permite normalizar la reflectancia en las zonas de sombra proyectada por el relieve, eliminando el "ruido" topográfico que suele oscurecer las laderas opuestas al sol. Este paso es determinante para la posterior clasificación de suelos, ya que una ladera en sombra podría ser erróneamente clasificada como agua o vegetación densa sin esta corrección técnica.

Finalmente, tras la corrección orográfica, el proceso culmina con la generación de mosaicos anuales basados en la mediana espectral y el cálculo de índices de vegetación. El uso de la mediana para consolidar las imágenes en el año 2024 permite obtener un valor representativo que es inmune a valores atípicos o residuos de nubes que hayan escapado al filtro inicial. Sobre estos mosaicos corregidos, se calcula el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) mediante la relación entre las bandas roja e infrarroja cercana (B4 y B5). Este índice, visualizado para el año 2024 con una paleta de colores que oscila entre el blanco y el verde intenso, sirve como el insumo base para

determinar el estado de salud de la cuenca y la densidad de su cobertura. Al disponer de una serie temporal de NDVI corregida topográficamente, la investigación puede cuantificar con precisión cómo la pérdida de vigor vegetal en las zonas altas aumenta la escorrentía superficial, proveyendo datos robustos para la modelación de los caudales pico que impactan a Pucayacu.

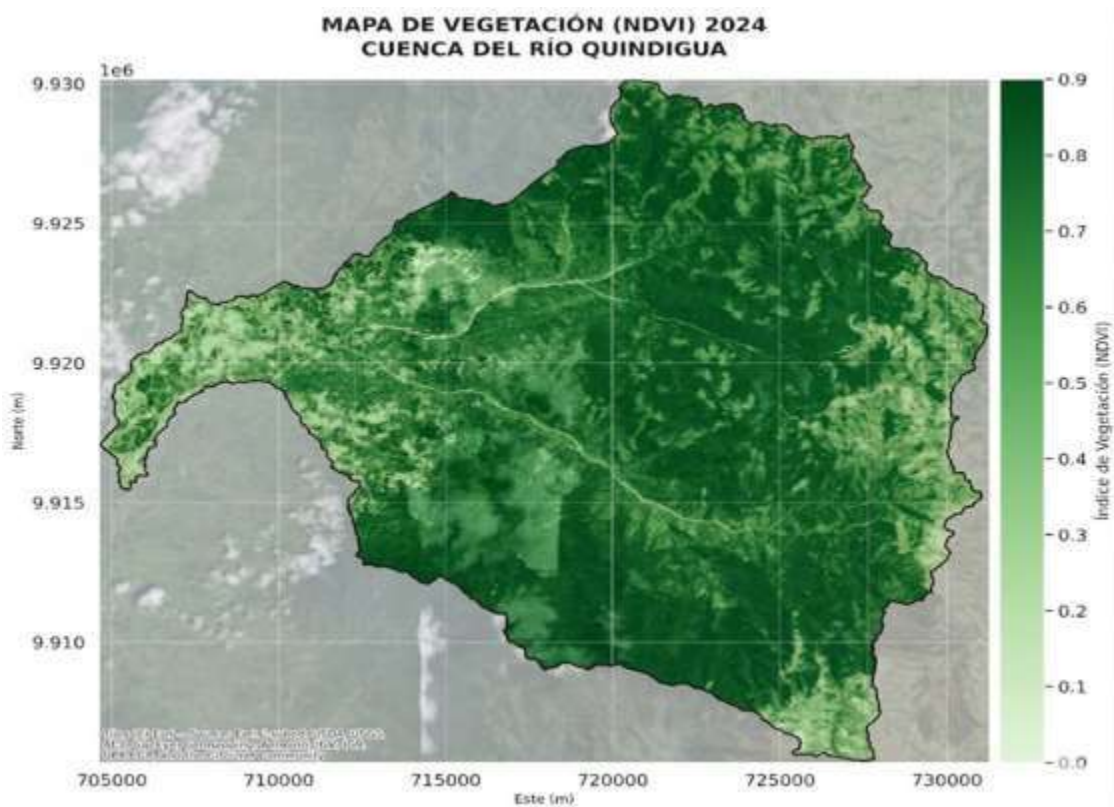


Ilustración 2 NDVI 2024

La fase de clasificación supervisada constituye el núcleo del análisis de cobertura y uso de suelo (LULC), transformando los mosaicos multispectrales en un mapa categórico que define la respuesta hidrológica del territorio. Este proceso se fundamenta en un modelo de aprendizaje automático de alta robustez, cuya descripción técnica y operativa se detalla a continuación:

En primer lugar, se procedió al enriquecimiento del mosaico satelital mediante la integración de variables biofísicas y topográficas adicionales, configurando una matriz de 11 predictores claves. Más allá de las bandas ópticas de Landsat (B2 a B7), el algoritmo incorporó el Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI) para una delimitación precisa de cuerpos hídricos y el Índice de Edificación de Diferencia Normalizada (NDBI) para identificar zonas urbanas y suelo desnudo. Crucialmente, el modelo integró datos de

elevación y pendiente derivados del DEM SRTM, permitiendo al clasificador diferenciar coberturas que, aunque espectralmente similares, se distribuyen en distintos pisos altitudinales. Esta sinergia entre datos ópticos y geomorfológicos es vital para reducir la confusión entre bosques de ladera y cultivos en zonas bajas, asegurando que la rugosidad del terreno sea representada con exactitud en la modelación de inundaciones.

Para el entrenamiento del modelo, se implementó una estrategia de muestreo balanceado utilizando el catálogo ESA WorldCover como verdad de campo de referencia. El código generó 9,000 puntos aleatorios distribuidos en la cuenca, los cuales fueron filtrados para garantizar una representación equitativa de las siete clases identificadas: Bosques (10), Matorrales (20), Pastizales (30), Cultivos (40), Zonas Urbanas (50), Suelo Desnudo (60) y Agua (80). Al limitar el entrenamiento a 500 muestras por clase, se evitó el sesgo hacia las coberturas dominantes (como el bosque nativo), permitiendo que el clasificador detecte con la misma precisión las zonas urbanas de Pucayacu y las áreas agrícolas circundantes. El motor de clasificación seleccionado fue el algoritmo Random Forest (Bosque Aleatorio), configurado con 100 árboles de decisión, una técnica de ensamble que minimiza el sobreajuste y garantiza una alta estabilidad en los resultados.

Finalmente, el rigor científico del mapa de cobertura se validó mediante un análisis estadístico exhaustivo sobre el 30% de los datos reservados para control. Los resultados finales arrojaron una precisión general y un coeficiente kappa que cuantifican la fiabilidad de la clasificación. Al alcanzar un índice Kappa cercano a la excelencia (>0.80), se confirma que la distribución espacial de las coberturas en la cuenca del Río Quindigua es una representación fiel de la realidad física. Este mapa LULC de 2024 no solo sirve como referencia visual, sino que es el insumo matemático fundamental para la asignación de los valores del Número de Curva (CN); cada píxel clasificado como "urbano" o "cultivo" aportará una mayor tasa de escorrentía superficial en los modelos de HEC-HMS, permitiendo simular cómo la antropización del suelo exacerba el peligro de inundación en el sector de Pucayacu.

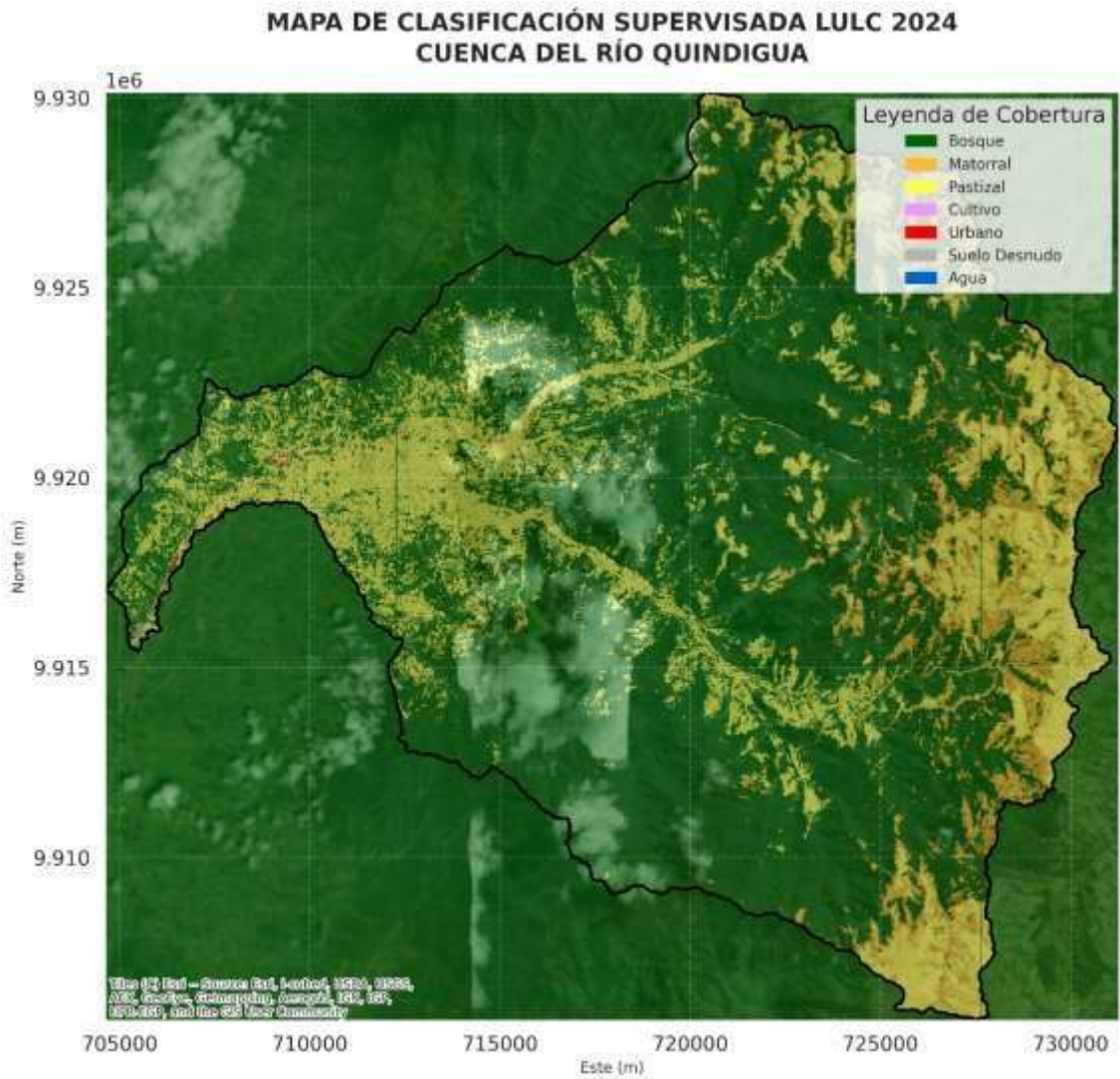


Ilustración 3 Clasificación supervisada

La fase de validación estadística constituye el pilar de calidad técnica de la investigación, permitiendo certificar que la cartografía de uso de suelo generada mediante el algoritmo Random Forest refleja fielmente la realidad física de la cuenca del Río Quindigua. Para alcanzar este nivel de rigor, se empleó una matriz de confusión como herramienta de diagnóstico integral, la cual confronta sistemáticamente las predicciones del modelo frente a una "verdad de campo" independiente, compuesta por el 30% de los datos de control reservados exclusivamente para este propósito. Este análisis no solo cuantifica los aciertos, sino que permite identificar la precisión del clasificador al diferenciar coberturas con firmas espectrales similares, como las zonas de cultivos y los pastizales, asegurando que la distribución espacial de la permeabilidad del suelo sea exacta. La importancia de esta matriz radica en su capacidad para descartar errores de omisión o comisión que podrían derivar en una subestimación de la escorrentía superficial en áreas críticas.

El indicador de éxito definitivo para este proceso de validación es el Índice de Kappa de Cohen, el cual alcanzó un valor de 0.7421. Desde un punto de vista técnico-científico, y siguiendo los criterios de Landis y Koch, este resultado se traduce en una concordancia "Considerable", situándose muy cerca del umbral de la excelencia. A diferencia de la precisión global simple, el valor de 0.7421 tiene la propiedad estadística de descontar los aciertos que podrían ocurrir por puro azar, lo que garantiza que la clasificación obtenida es producto de un aprendizaje sólido del algoritmo sobre las variables biofísicas y topográficas de la cuenca. Este nivel de fiabilidad es fundamental para la integridad del proyecto, ya que confirma que el modelo ha capturado con éxito la heterogeneidad del territorio, desde las zonas boscosas en las laderas altas hasta el tejido urbano consolidado de Pucayacu.

Finalmente, la trascendencia de haber obtenido un coeficiente Kappa de 0.7421 impacta directamente en la precisión de la modelación hidrológica posterior en HEC-HMS. Al contar con un mapa de cobertura validado con este rigor, la asignación de los valores del Número de Curva (CN) deja de ser una estimación teórica para convertirse en un parámetro basado en evidencia estadística. Esto significa que los volúmenes de agua simulados y los picos de caudal calculados para los periodos de retorno de 5, 25, 50 y 100 años poseen un margen de error mínimo derivado del uso de suelo. En consecuencia, las manchas de inundación representadas en la cartografía final de peligrosidad adquieren una validez técnica robusta, permitiendo que las recomendaciones de ordenamiento territorial y las propuestas de obras de mitigación para la parroquia Pucayacu cuenten con el respaldo científico necesario para su implementación por parte de los organismos de gestión de riesgos.

Esta precisión es fundamental para la asignación del Número de Curva (CN) Ponderado, el cual se calculó en 70.96 para el escenario 2024. Un CN cercano a 71 indica un potencial de escorrentía significativo, condicionado por la presencia de suelos con infiltración lenta (Grupo C) y la intervención antrópica en la cuenca. La cuenca del Río Quindigua abarca un área total de 344.22 km², con un cauce principal de 22.26 km y una pendiente media pronunciada de 0.09 m/m. Estas características físicas determinan una respuesta hidrológica acelerada. Mediante el promedio de los métodos de Kirpich, Témez y Giandotti, se estableció un Tiempo de Concentración (T_c) de 3.20 horas y un Tiempo de Retardo (T_{lag}) de 1.92 horas. Estos valores confirman la clasificación del río como una

cuenca de respuesta rápida, donde los picos de caudal se presentan de forma violenta y simultánea tras eventos de precipitación intensa.

Para la simulación en HEC-RAS, se determinó un Manning (n) promedio de 0.0956, reflejando la rugosidad combinada de las zonas boscosas, agrícolas y urbanas de la llanura de inundación. Los caudales pico (qp) obtenidos mediante el método del SCS muestran una progresión crítica para los distintos periodos de retorno:

- **Tr 5 años:** 913.84 m³/s (Evento frecuente con riesgo alto para la zona consolidada).
- **Tr 25 años:** 1,535.74 m³/s (Capacidad de arrastre de vehículos y daños estructurales).
- **Tr 50 años:** 1,944.64 m³/s (Inundación masiva que cubre casi la totalidad de Pucayacu).
- **Tr 100 años:** 2,520.57 m³/s (Escenario catastrófico con profundidades que pueden superar los 2 metros).

Simulación en HEC-RAS

Al encontrar los caudales picos con tiempos de retorno y los resultados importantes para entrar en la simulación, con esto se realizará un plan de trabajo con cada uno de los caudales picos, en este caso se presentará el plan 01 que es para el caudal de 913.84 m³/s, para los perfiles en el inicio siendo aguas arriba y el final siendo aguas abajo, en los puntos seleccionados para abarcar el sector de Pucayacu.

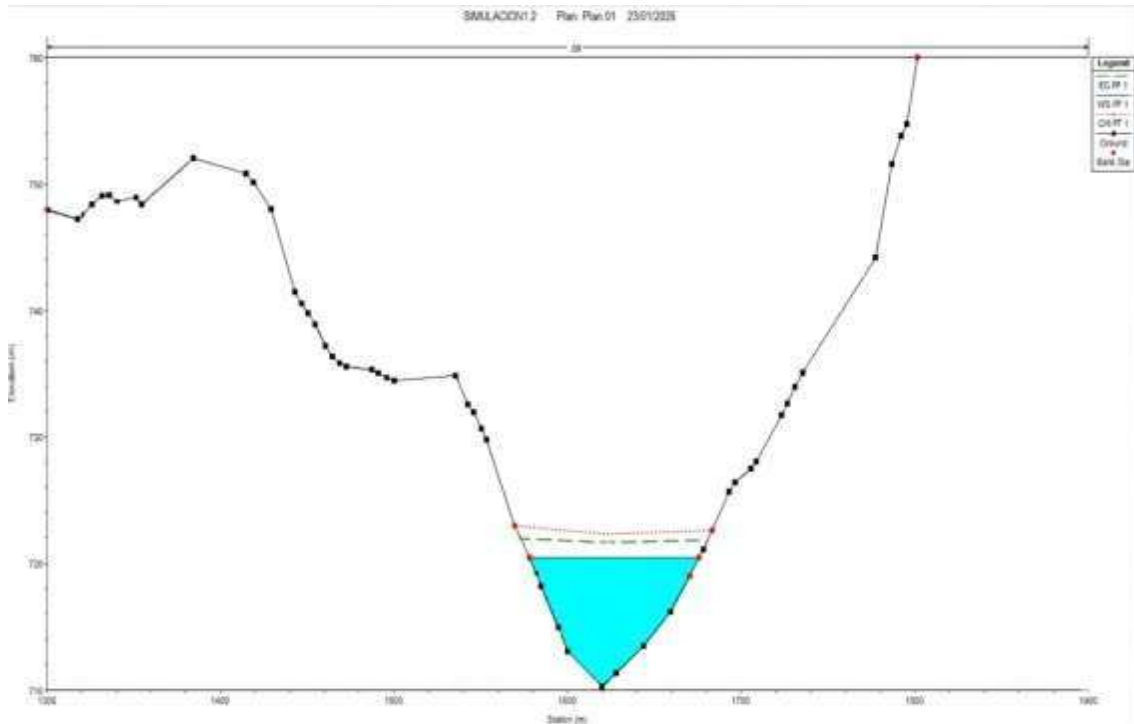


Ilustración 4 Perfil Aguas Arriba

Ilustración del perfil aguas arriba con el caudal de 913.84 m³/s

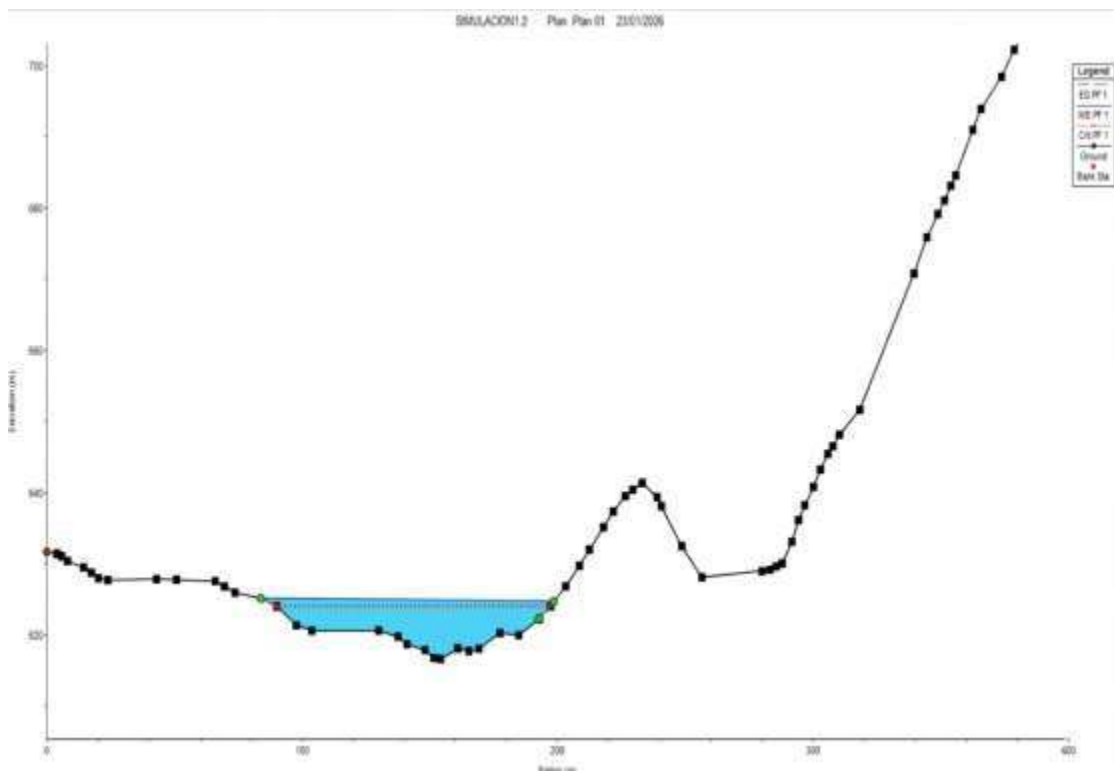


Ilustración 5 Perfil Aguas Abajo

Ilustración del perfil aguas abajo con el caudal de 913.84 m³/s

Visualizando que en el tramo del río al llegar aguas abajo están mas abierto, provocando que la sección durante el transcurso este río desborda y avanza hacia el pueblo provocando inundaciones, los cuales se verán en la sección de mapas de riesgos de inundaciones.

6.3 Elaboración de mapas

La fase de elaboración de la cartografía de peligrosidad constituye el núcleo analítico del estudio, transformando los datos hidrológicos y topográficos en escenarios espaciales de riesgo para la cuenca del Río Quindigua. La modelación hidráulica, ejecutada mediante software especializado como HEC-RAS 2D o Iber, permite proyectar la propagación del flujo sobre el terreno de Pucayacu bajo distintos periodos de retorno (Tr). Este análisis no solo delimita la extensión de la mancha de inundación, sino que categoriza el peligro en función de la intensidad, definida técnicamente por la combinación de profundidades (h) y velocidades del flujo (v). Bajo esta lógica, se establece un umbral de Peligro Alto (Rojo) para zonas con calados superiores a 0.8 metros o donde la fuerza del agua es capaz de derribar estructuras; un Peligro Medio (Amarillo) para profundidades entre 0.4 y 0.8 metros que comprometen la movilidad; y un Peligro Bajo (Verde) para inundaciones laminares o de encharcamiento menor a 0.4 metros, donde el riesgo de pérdida de vidas es reducido pero el impacto económico persiste.

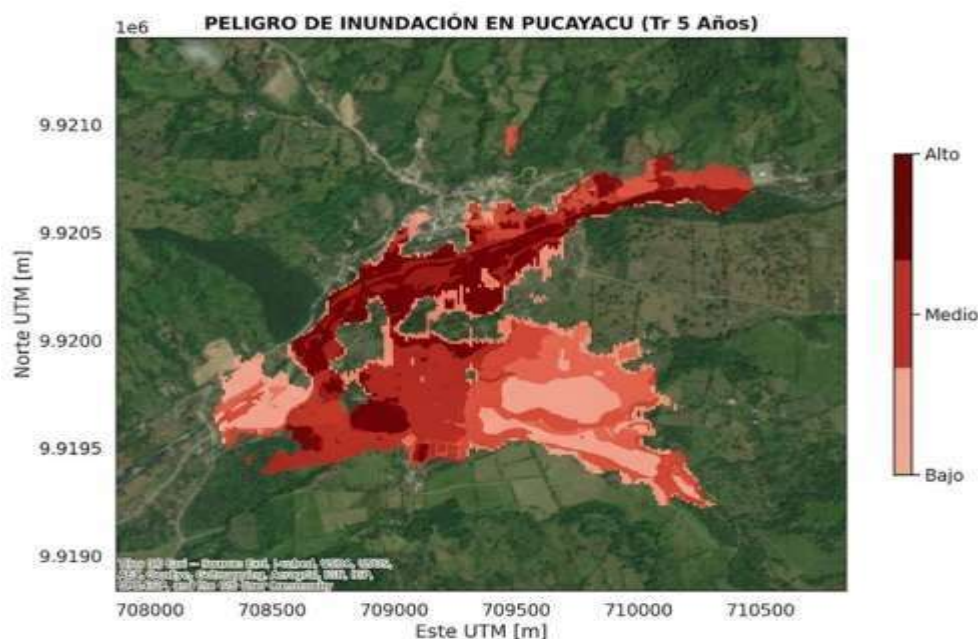


Ilustración 6 Inundaciones con tiempo de retorno de 5 años

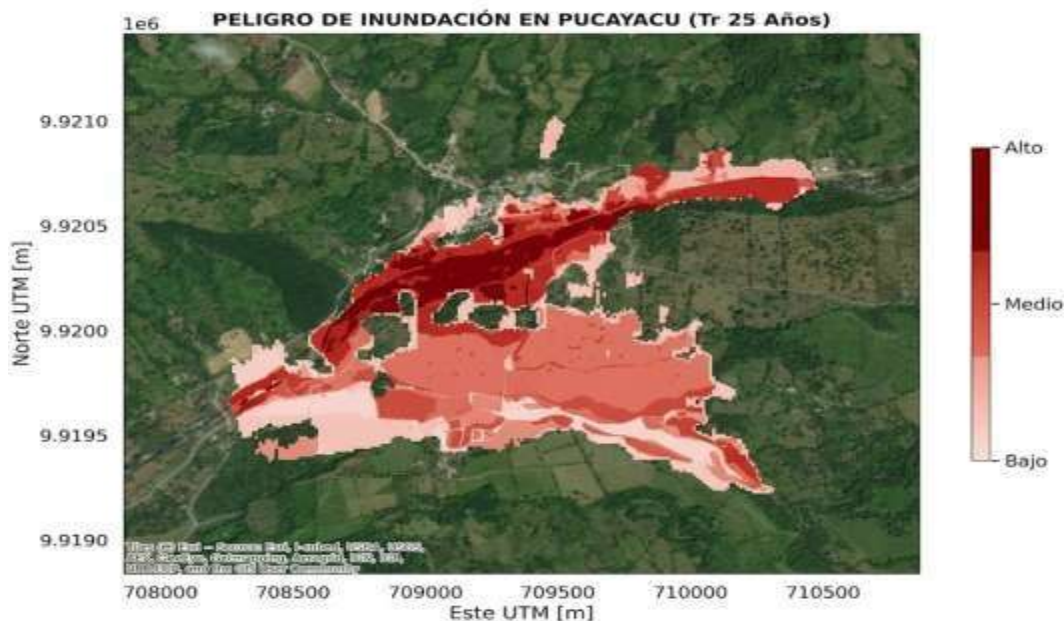


Ilustración 7 Inundaciones con tiempo de retorno de 25 años

El análisis de los escenarios de inundación frecuente, correspondientes a periodos de retorno de **5 y 25 años**, revela una vulnerabilidad crítica en el centro poblado de Pucayacu. Para un evento de $Tr = 5$ años, el cual posee una probabilidad de ocurrencia anual del 20%, los mapas muestran una predominancia alarmante de zonas en color rojo cubriendo la zona consolidada del pueblo. Esto indica que la infraestructura urbana se encuentra situada directamente sobre la llanura de inundación activa, enfrentando riesgos severos incluso ante tormentas comunes. Al escalar a un escenario de **25 años**, el procesamiento hidráulico —que incluye el preprocesamiento del DEM mediante la herramienta *Fill Sinks* y el trazado preciso de la geometría del río— muestra un agravamiento en la fuerza del flujo, capaz de arrastrar vehículos y comprometer la estabilidad de las viviendas. En ambos casos, el aislamiento logístico es una consecuencia inmediata, ya que las vías de acceso representadas en la cartografía quedan totalmente interrumpidas, transformando a la población en una "isla" sin rutas de evacuación operativas hacia el este u oeste.

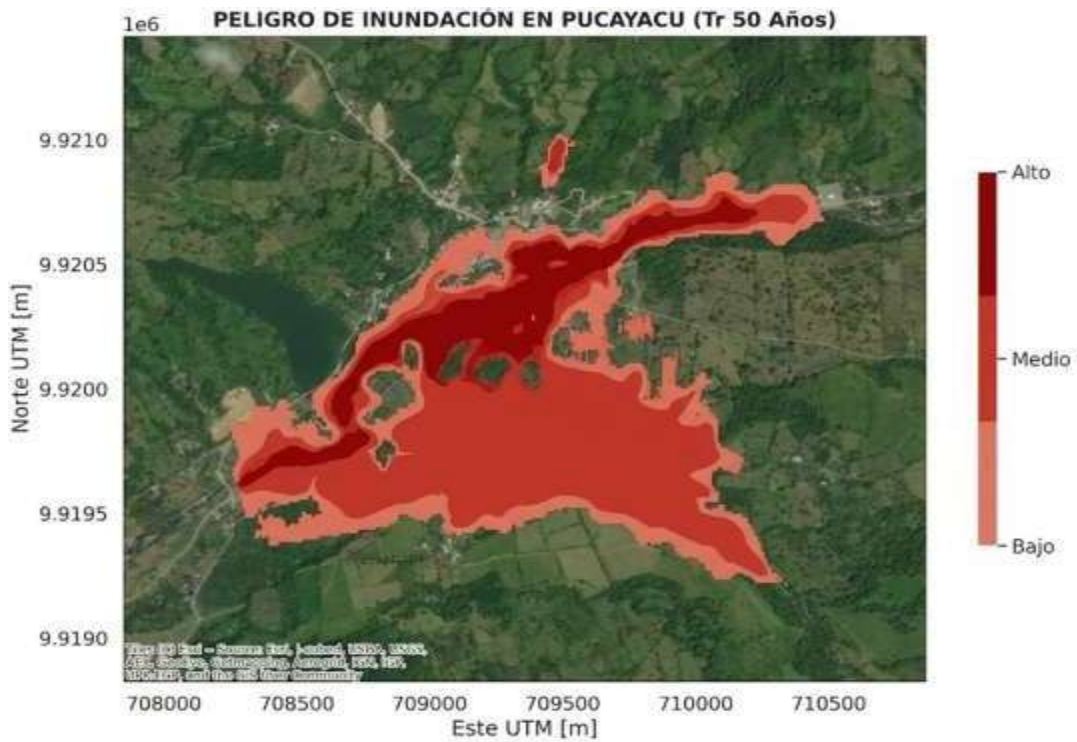


Ilustración 8 Inundaciones con tiempo de retorno de 50 años

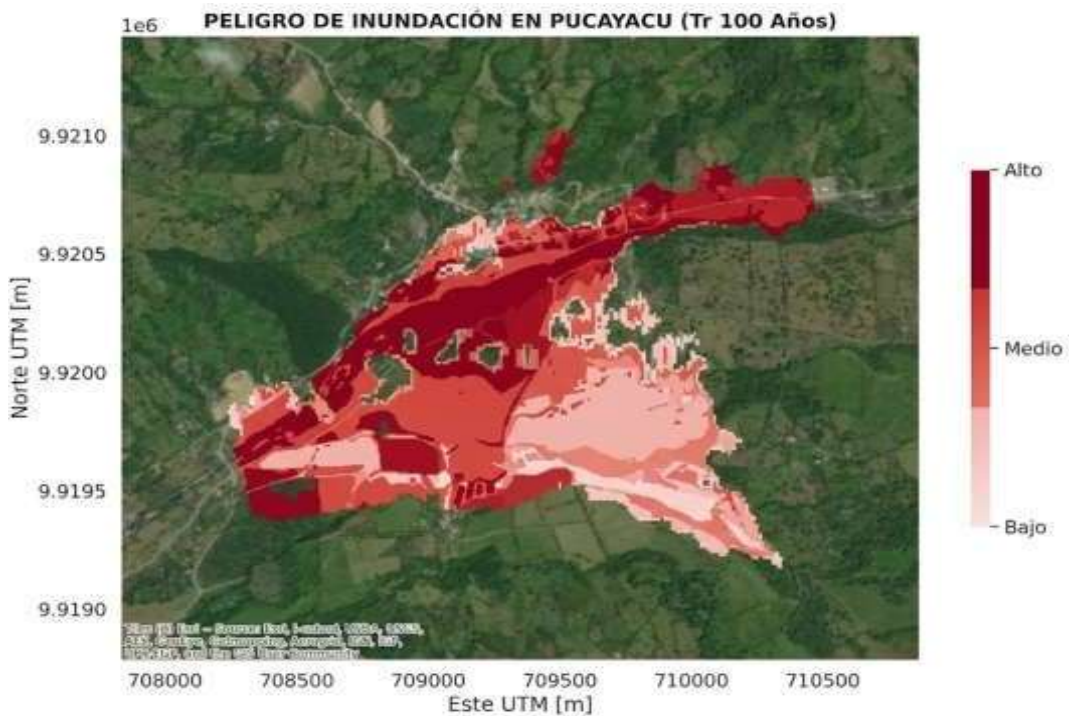


Ilustración 9 Inundaciones con tiempo de retorno de 100 años

Al considerar los escenarios de diseño extremo de 50 y 100 años, la dinámica del Río Quindigua alcanza niveles catastróficos. Para el periodo de 50 años (probabilidad del 2%), la mancha de inundación se expande lateralmente de forma masiva, cubriendo casi la totalidad de las manzanas edificadas y dejando solo pequeños "islotos" o parches de menor peligro que, aunque conservan elevaciones naturales, quedarían rodeados por corrientes peligrosas. En el escenario de 100 años, considerado el estándar de rigor para el diseño de obras de ingeniería, el sistema hídrico supera totalmente la capacidad de la llanura. Técnicamente, las zonas de Peligro Alto se definen aquí por la ecuación de intensidad donde el producto es superior a 0.5m/s. En este nivel, la profundidad del agua puede superar los 2 metros en sectores que antes solo presentaban encharcamientos, lo que implicaría la inhabitabilidad total de las viviendas de una sola planta y la posible socavación de cimientos en estructuras principales. La vía principal, identificada como el eje de conexión regional, se convierte en un brazo secundario del río, lo que sugiere que cualquier estrategia de mitigación debe considerar obligatoriamente el dragado profundo o la construcción de muros de defensa robustos.

Finalmente, la integración de estos mapas con la base satelital permite identificar vectores de escape seguros y zonas de refugio o "sombra" situadas hacia el norte y oeste del casco urbano, donde la topografía asciende abruptamente. La utilidad de esta zonificación trasciende lo descriptivo, convirtiéndose en una herramienta de ordenamiento territorial indispensable para la Universidad Técnica de Cotopaxi y los tomadores de decisiones locales. Los resultados sugieren que, dada la morfología de respuesta rápida de la cuenca identificada en las secciones anteriores, es imperativo prohibir nuevas construcciones en las zonas marcadas en rojo y establecer sistemas de alerta temprana basados en sensores de nivel río arriba. Solo mediante la comprensión de que un evento con un 1% de probabilidad anual tiene casi un 40% de posibilidades de ocurrir durante la vida útil de una vivienda (50 años), se podrá transitar hacia una planificación urbana resiliente frente a las dinámicas naturales del Río Quindigua.

6.4. Ubicación De Personas Encuestadas

En el mapa se detalla la zona poblada principal de Pucayacu en relación con el cauce del Río Quindigua. Para validar los niveles críticos de agua, se establecieron puntos de referencia de inundaciones mediante la aplicación de 10 encuestas a los moradores del sector. Estos puntos (ENC 1 al 10) permiten contrastar la ubicación de las viviendas con las zonas de mayor riesgo hídrico identificadas en el área de estudio.

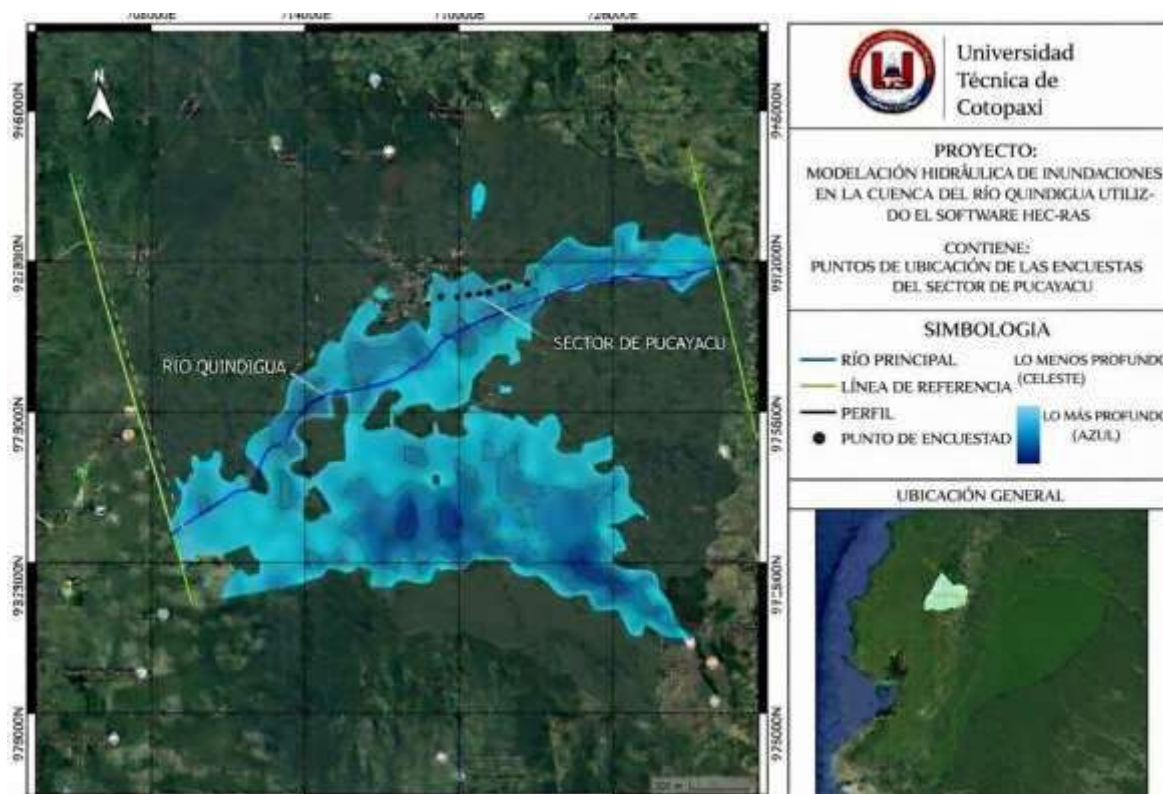


Ilustración 10 Ubicación de personas encuestadas

6.5. Análisis de resultados de la encuesta de validación social

Tras la identificación geográfica de los puntos de control representados en la ilustración anterior, se procedió al análisis de la información recolectada en campo. El propósito de este apartado es contrastar los resultados teóricos de la simulación hidráulica con la vivencia real de los habitantes de la parroquia Pucayacu. Este proceso de validación social es fundamental, ya que permite verificar si los calados, tiempos de respuesta y zonas de inundación modelados en el software HEC-RAS guardan una correlación con los eventos hidrológicos históricos que han afectado a la comunidad. A continuación, se presentan de forma detallada los resultados obtenidos de la encuesta aplicada, agrupados por su relevancia para la modelación y la gestión de riesgos:

Tabla 6 Selección de preguntas de las encuestas

| | | | | | | |
|---|--------------------------------|------------------------------|----------------------------------|--|----------------------------|-----------------------|
| 1 | Nunca | No llego a mi vivienda | Solo agua (sin sólidos visibles) | Menos de 30 minutos | Menos de 12 horas | Enero - Marzo |
| 2 | Una vez cada varios años | Hasta la rodilla (20-50 cm) | Piedras y grava | Entre 2 y 6 horas | Entre 1 y 3 días | Julio – Septiembre |
| 3 | Varias veces al año (invierno) | Hasta el pecho (100-150 cm) | Basura y desechos | El agua llega directa con lluvia local | Más de una semana | Todo el año por igual |
| 4 | Solo una vez en la vida | Hasta los tobillos (< 20 cm) | Lodos y sedimentos finos | Entre 30 min y 2 horas | Entre 12 y 24 horas | Abril - Julio |
| 5 | Una vez al año | Hasta la cintura (50-100 cm) | Troncos y vegetación arrastrada | Mas de 6 horas | Entre 4 y 7 días | Octubre - Diciembre |
| 6 | Cuando llueve intensamente | Más de 150 cm | Todas las anteriores | No lo podría identificar el tiempo | No he sufrido inundaciones | No sabría decir |

Tabla 7 Tabulación en encuestas

| IMPACTOS CAUSADOS | | | | | | |
|-------------------|--|--|--|---|---|--|
| ENCUESTADOS | 1 ¿Con qué regularidad ha vivido inundaciones debido al desbordamiento del Río Quindigua en su área? | 2 ¿Qué profundidad aproximada alcanzó el agua de la inundación dentro o en los alrededores de su hogar durante el evento más serio que recuerda? | 3 ¿Qué tipo de material y objeto fue arrastrado por el Río Quindigua durante la inundación afecto su hogar o cultivos? | 4 ¿Cuánto tiempo tardó la crecida del Río Quindigua en llegar a su casa o terreno desde el inicio de las fuertes lluvias? | 5 ¿Cuánto duró en promedio el agua de la inundación alrededor de su casa después de una inundación? | 6 ¿Durante qué época del año ocurren con mayor intensidad de las inundaciones de los Ríos Quindigua? |
| 1 | 2 | 2 | 4 | 4 | 1 | 1 |
| 2 | 6 | 5 | 6 | 4 | 2 | 1 |
| 3 | 3 | 2 | 5 | 4 | 4 | 1 |
| 4 | 6 | 2 | 6 | 4 | 2 | 1 |
| 5 | 3 | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 |
| 6 | 2 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 |
| 7 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| 8 | 1 | 5 | 4 | 1 | 1 | 1 |
| 9 | 2 | 2 | 6 | 4 | 1 | 1 |
| 10 | 6 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 |

Tabla 8 Selección de preguntas de las encuestas

| | | | | | | |
|--|--|-------------------|-------------------------------------|---|--|--|
| Si, en múltiples ocasiones | Agua potable (turbiedad / corte) | No tengo cultivos | Sin pérdidas significativas | Si, ayuda suficiente y oportuna | Si, deterioro muy notorio y permanente | Si, erosión severa y muy visible |
| Hemos estado en peligro, pero no evacuamos | Salud (no poder llegar al centro médico) | Entre 0.5 y 1 ha | Pérdida moderada: \$200-\$1.000 | Solo recibí ayuda en especies viveres, ropa | Leve deterioro, pero no es preocupante | Solo en los tramos cercanos a mi propiedad |
| No aplica vivimos lejos del Río Quindigua | Vías / transporte (colapso vial) | Entre 3 y 5 ha | Pérdida severa: \$5.000-\$10.000 | No la solicité | Ha mejorado con el tiempo | La vegetación ribereña ha desaparecido casi por completo |
| Si, solo una vez | Electricidad (corte suministro) | Menos de 0,5 ha | Pérdida leve: menos de \$200 | Si, pero fue insuficiente o tardía | Si, solo en épocas de lluvia intensa | Si, erosión moderada en varios tramos |
| No, nunca hemos evacuado | Educación (cierre de instituciones) | Entre 1 y 3 ha | Pérdida importante: \$1.000-\$5.000 | No recibí ningún tipo de ayuda | Sin cambios perceptibles | No he observado cambios significativos |
| Nunca | Todos los anteriores | Más de 5 ha | Pérdida total: más de \$ 10.000 | No sabe / No recuerda | No utilizo / No observo el río | No sé / No he prestado atención |

Tabla 9 Tabulación en encuestas

| PERDIDAS SOCIALES | | PERDIDAS ECONOMICAS | | | PERDIDAS AMBIENTALES | |
|--|---|---|---|--|---|--|
| 7 ¿Algún miembro de su familia ha tenido que evacuar o irse de su hogar temporal por la crecida del Río Quindigua? | 8 ¿La crecida del Río Quindigua ha cerrado el acceso de su familia a los servicios básicos? | 9 ¿Cuántas hectáreas de cultivos, plátano, cacao, yuca, pastos ha perdido por las inundaciones en el Río Quindigua? | 10 ¿Cuál fue el nivel de daño económico total, casas, cultivos, animales y equipos en las fuertes inundaciones recientes? | 11 ¿Ha recibido compensación económica o asistencia institucional estatal, municipio, ONG para la ayuda de recuperación de los daños causados en el Río Quindigua? | 12 ¿Ha notado algún cambio en la calidad del agua del Río Quindigua en los últimos años color, olor, turbidez, presencia de residuos? | 13 ¿Ha observado erosión de riberas, deslizamientos de tierra o pérdida de vegetación en el Río Quindigua en los últimos años? |
| 4 | 6 | 2 | 2 | 5 | 4 | 5 |
| 1 | 6 | 3 | 2 | 4 | 4 | 4 |
| 4 | 1 | 5 | 2 | 5 | 4 | 5 |
| 5 | 1 | 3 | 2 | 5 | 5 | 1 |
| 3 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 5 |
| 1 | 6 | 5 | 2 | 5 | 6 | 1 |
| 1 | 1 | 4 | 2 | 2 | 4 | 5 |
| 1 | 6 | 2 | 2 | 2 | 6 | 4 |
| 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 5 |
| 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 5 |

6.6. Resultados De Las Encuestas Aplicadas

En este apartado se presentan los datos recolectados mediante las encuestas realizadas a los habitantes de la parroquia Pucayacu. La información se ha organizado en tablas y gráficos estadísticos para mostrar la percepción de la comunidad sobre la frecuencia, magnitud y efectos de las inundaciones en el sector, sirviendo como complemento directo a los datos técnicos obtenidos en el estudio:

Pregunta 1: ¿Con qué frecuencia se producen inundaciones en su zona?

Tabla 10 Frecuencia de ocurrencia de inundaciones en la parroquia Pucayacu

| | RESPUESTAS | FRECUENCIA | % |
|---|--------------------------------|------------|----------------|
| 1 | Nunca | 1 | 10.00% |
| 2 | Una vez cada varios años | 4 | 40.00% |
| 3 | Varias veces al año (invierno) | 2 | 20.00% |
| 4 | Solo una vez en la vida | 0 | 0.00% |
| 5 | Una vez al año | 0 | 0.00% |
| 6 | Cuando llueve intensamente | 3 | 30.00% |
| | TOTAL | 10 | 100.00% |



Ilustración 11 Representación gráfica de la frecuencia de inundaciones

De acuerdo con los resultados obtenidos en la encuesta, la respuesta con mayor incidencia corresponde a la opción "Una vez cada varios años" con un 40%, seguida por un 30% que asocia el evento a lluvias intensas. Estos datos indican que la población identifica el desbordamiento del río Quindigua como un fenómeno vinculado a eventos climáticos excepcionales y no como una situación de ocurrencia cotidiana.

Pregunta 2: ¿Profundidad del agua alcanzada?

Tabla 11 Frecuencia de respuestas sobre niveles de inundación

| | RESPUESTAS | FRECUENCIA | % |
|---|------------------------------|------------|----------------|
| 1 | No llego a mi vivienda | 0 | 0.00% |
| 2 | Hasta la rodilla (20-50 cm) | 7 | 70.00% |
| 3 | Hasta el pecho (100-150 cm) | 0 | 0.00% |
| 4 | Hasta los tobillos (< 20 cm) | 0 | 0.00% |
| 5 | Hasta la cintura (50-100 cm) | 3 | 30.00% |
| 6 | Más de 150 cm | 0 | 0.00% |
| | TOTAL | 10 | 100.00% |

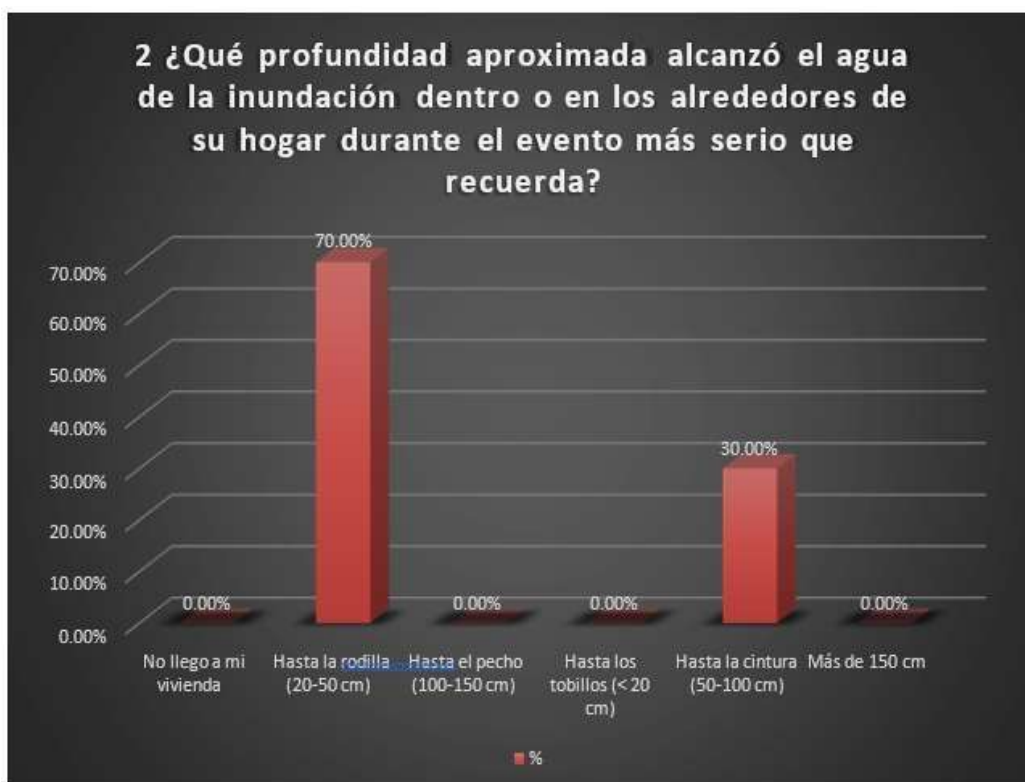


Ilustración 12 Distribución porcentual de los niveles de inundación reportados

Según los resultados obtenidos, el 70% de los encuestados manifiesta que el agua alcanzó una profundidad de "Hasta la rodilla (20-50 cm)", mientras que el 30% restante indica que el nivel llegó "Hasta la cintura (50-100 cm)". Estos datos permiten identificar la magnitud de los eventos en el casco urbano, reflejando que la mayor parte de las afectaciones se encuentran en rangos de calado medio.

Pregunta 3: ¿Tipo de material de arrastre identificado?

Tabla 12 Frecuencia de respuestas sobre materiales arrastrados por el río

| | RESPUESTAS | FRECUENCIA | % |
|---|----------------------------------|------------|----------------|
| 1 | Solo agua (sin sólidos visibles) | 0 | 0.00% |
| 2 | Piedras y grava | 1 | 10.00% |
| 3 | Basura y desechos | 1 | 10.00% |
| 4 | Lodos y sedimentos finos | 3 | 30.00% |
| 5 | Troncos y vegetación arrastrada | 2 | 20.00% |
| 6 | Todas las anteriores | 3 | 30.00% |
| | TOTAL | 10 | 100.00% |



Ilustración 13 Distribución porcentual de los materiales y objetos identificados

De acuerdo con los resultados, existe un empate del 30% entre la presencia de "Lodos y sedimentos finos" y la opción "Todas las anteriores", que incluye piedras, basura y vegetación. Estos datos confirman que las inundaciones en el sector no son de agua limpia, sino que transportan una carga considerable de sólidos y sedimentos, lo cual incrementa el potencial de daños en las viviendas y cultivos de la zona.

Pregunta 4: ¿Tiempo de llegada de la crecida?

Tabla 13 Tiempo estimado de respuesta del río ante lluvias fuertes

| | RESPUESTAS | FRECUENCIA | % |
|---|--|------------|----------------|
| 1 | Menos de 30 minutos | 3 | 30.00% |
| 2 | Entre 2 y 6 horas | 1 | 10.00% |
| 3 | El agua llega directa con lluvia local | 0 | 0.00% |
| 4 | Entre 30 min y 2 horas | 6 | 60.00% |
| 5 | Mas de 6 horas | 0 | 0.00% |
| 6 | No lo podría identificar el tiempo | 0 | 0.00% |
| | TOTAL | 10 | 100.00% |



Ilustración 14 Gráfico de tiempos de llegada de la inundación

De acuerdo con los resultados, el 60% de los encuestados indica que el agua tarda "Entre 30 min y 2 horas" en llegar a sus propiedades desde que inicia la lluvia. Esto refleja una respuesta hidrológica rápida de la cuenca, lo que reduce el tiempo de aviso para la población ante eventos de desbordamiento.

Pregunta 5: ¿Duración de la inundación?

Tabla 14 Tiempo de permanencia del agua en el sector

| | RESPUESTAS | FRECUENCIA | % |
|---|----------------------------|------------|----------------|
| 1 | Menos de 12 horas | 6 | 60.00% |
| 2 | Entre 1 y 3 días | 3 | 30.00% |
| 3 | Más de una semana | 0 | 0.00% |
| 4 | Entre 12 y 24 horas | 1 | 10.00% |
| 5 | Entre 4 y 7 días | 0 | 0.00% |
| 6 | No he sufrido inundaciones | 0 | 0.00% |
| | TOTAL | 10 | 100.00% |

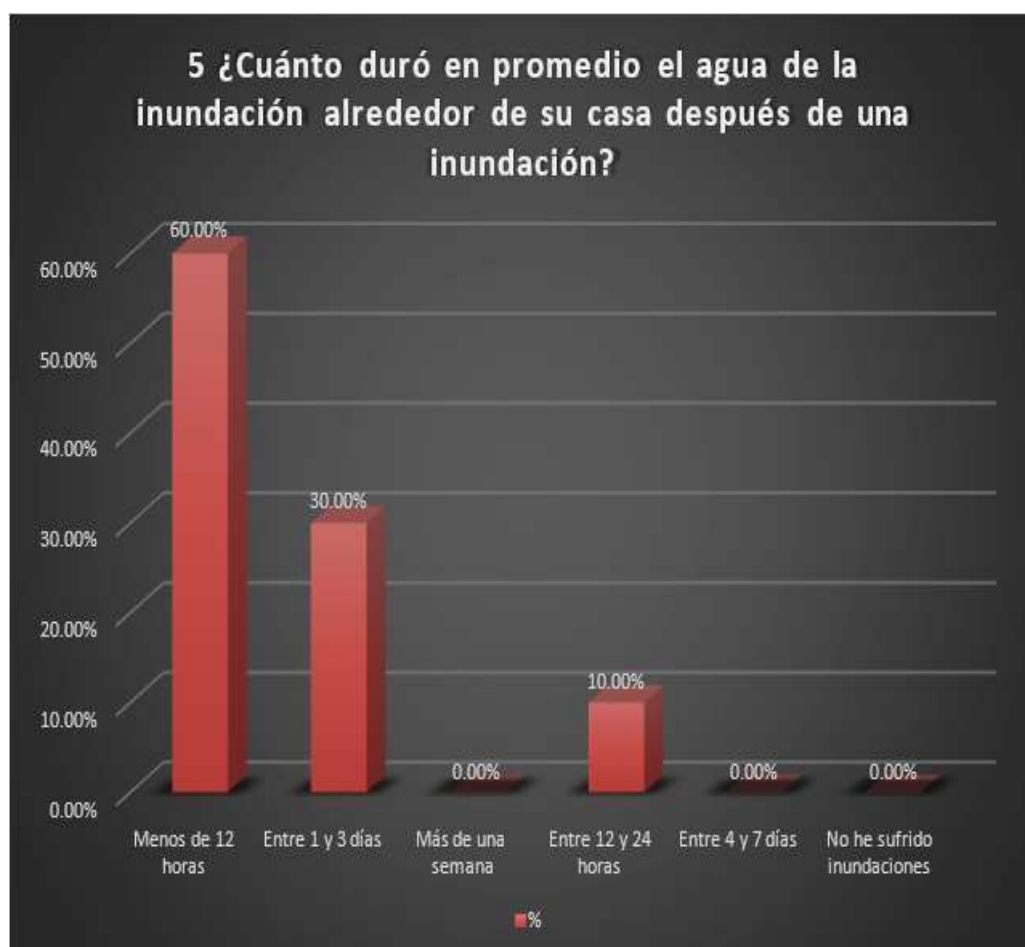


Ilustración 15 Gráfico de duración del estancamiento de agua

El 60% de los participantes señala que el agua permanece en sus hogares "Menos de 12 horas", mientras que un 30% indica que puede durar entre 1 y 3 días. Estos datos son clave para entender la capacidad de drenaje de la parroquia una vez que el nivel del río desciende.

Pregunta 6: ¿Época de mayor intensidad?

Tabla 15 Meses con mayor ocurrencia de inundaciones

| | RESPUESTAS | FRECUENCIA | % |
|---|-----------------------|------------|----------------|
| 1 | Enero - Marzo | 10 | 100.00% |
| 2 | Julio – Septiembre | 0 | 0.00% |
| 3 | Todo el año por igual | 0 | 0.00% |
| 4 | Abril - Julio | 0 | 0.00% |
| 5 | Octubre - Diciembre | 0 | 0.00% |
| 6 | No sabría decir | 0 | 0.00% |
| | TOTAL | 10 | 100.00% |

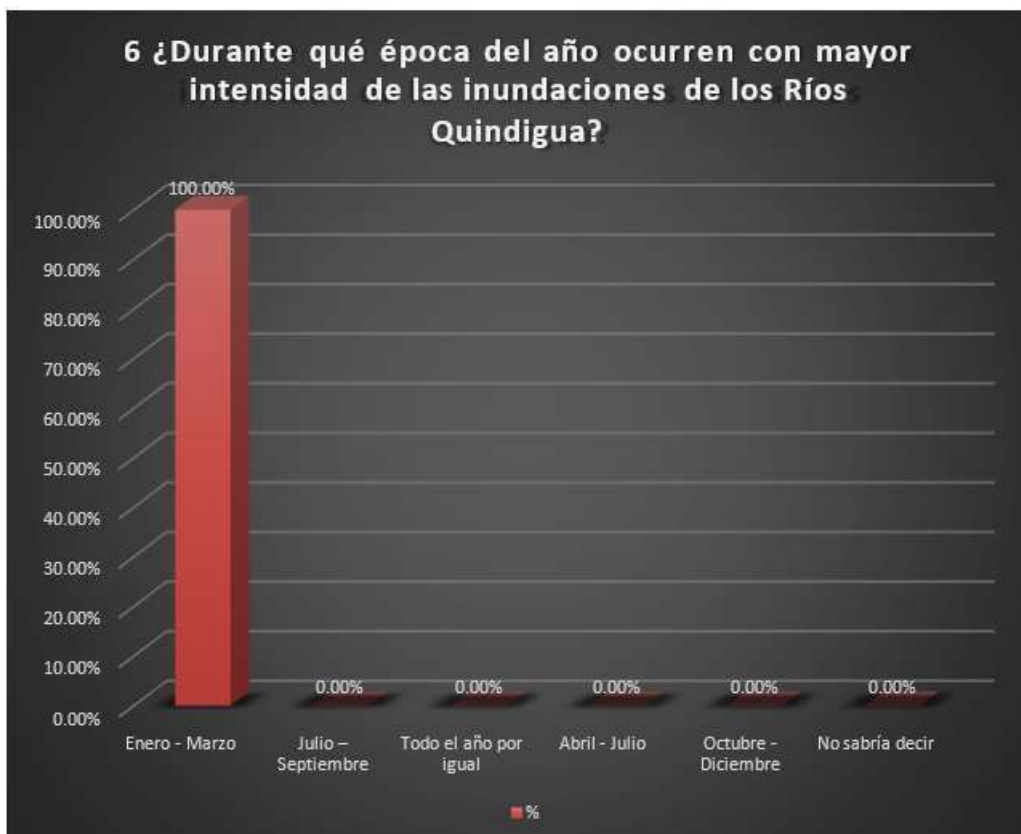


Ilustración 16 Gráfico de estacionalidad de los eventos críticos

Existe una coincidencia total del 100% al identificar el periodo de "Enero a Marzo" como la época de mayor intensidad de las inundaciones. Este resultado guarda relación directa con la temporada invernal de la zona, donde se registran los caudales máximos en el río Quindigua.

Pregunta 7: ¿Evacuación de familias?

Tabla 16 Historial de evacuaciones por seguridad

| | RESPUESTAS | FRECUENCIA | % |
|---|--|------------|----------------|
| 1 | Sí, en múltiples ocasiones | 6 | 60.00% |
| 2 | Hemos estado en peligro, pero no evacuamos | 0 | 0.00% |
| 3 | No aplica vivimos lejos del Río Quindigua | 1 | 10.00% |
| 4 | Sí, solo una vez | 2 | 20.00% |
| 5 | No, nunca hemos evacuado | 1 | 10.00% |
| 6 | Nunca | 0 | 0.00% |
| | TOTAL | 10 | 100.00% |



Ilustración 17 Gráfico de recurrencia de evacuaciones

El 60% de la población encuestada afirma haber tenido que evacuar "En múltiples ocasiones" debido a la peligrosidad del río. Este porcentaje evidencia la alta vulnerabilidad del sector y la frecuencia con la que los habitantes deben abandonar sus hogares para proteger su integridad.

Pregunta 8: ¿Afectación a servicios básicos?

Tabla 17 Impacto en el acceso a servicios fundamentales

| | RESPUESTAS | FRECUENCIA | % |
|---|--|------------|----------------|
| 1 | Agua potable (turbiedad / corte) | 6 | 60.00% |
| 2 | Salud (no poder llegar al centro médico) | 0 | 0.00% |
| 3 | Vías / transporte (colapso vial) | 0 | 0.00% |
| 4 | Electricidad (corte suministro) | 0 | 0.00% |
| 5 | Educación (cierre de instituciones) | 0 | 0.00% |
| 6 | Todos los anteriores | 4 | 40.00% |
| | TOTAL | 10 | 100.00% |

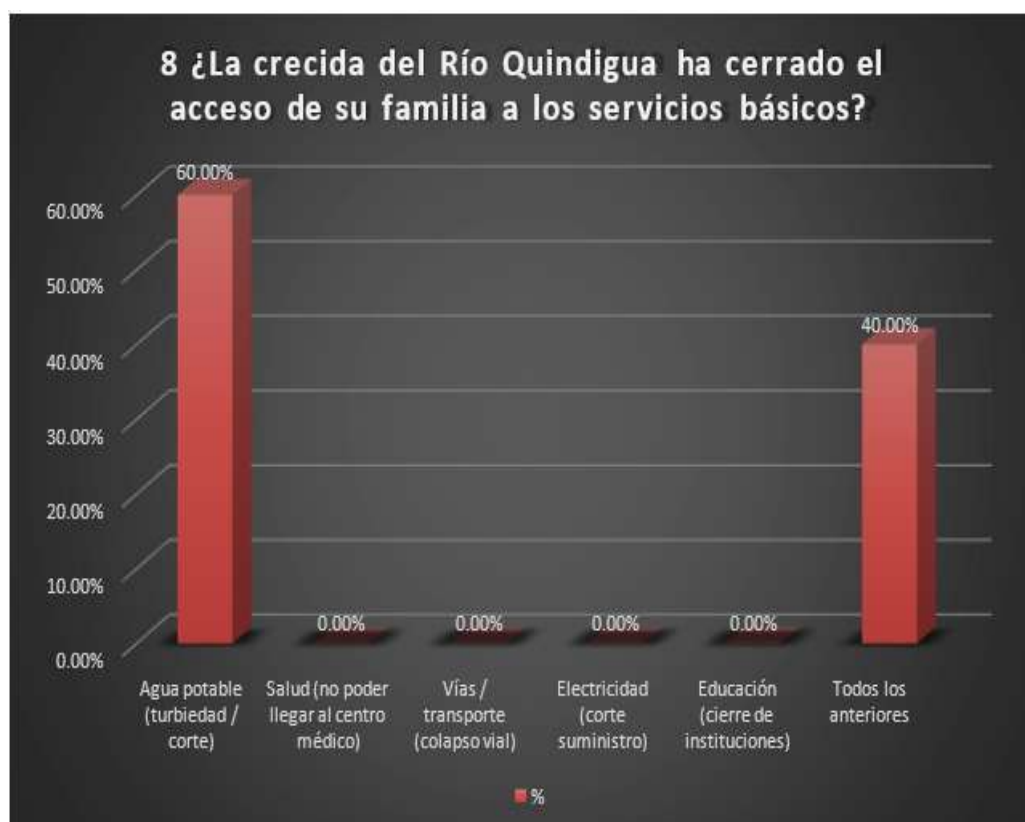


Ilustración 18 Gráfico de servicios básicos afectados

La encuesta revela que el 60% de las afectaciones se concentran en el suministro de "Agua potable" (por turbiedad o corte), mientras que el 40% restante indica afectación en la totalidad de los servicios. Esto resalta que las inundaciones interrumpen el bienestar diario de la comunidad más allá del daño físico a las viviendas.

Pregunta 9: ¿Pérdida de áreas de cultivo?

Tabla 18 Superficie de cultivos perdida por inundación

| | RESPUESTAS | FRECUENCIA | % |
|---|-------------------|------------|----------------|
| 1 | No tengo cultivos | 1 | 10.00% |
| 2 | Entre 0.5 y 1 ha | 4 | 40.00% |
| 3 | Entre 3 y 5 ha | 2 | 20.00% |
| 4 | Menos de 0,5 ha | 1 | 10.00% |
| 5 | Entre 1 y 3 ha | 2 | 20.00% |
| 6 | Más de 5 ha | 0 | 0.00% |
| | TOTAL | 10 | 100.00% |



Ilustración 19 Gráfico de hectáreas de producción afectadas

El resultado más alto indica que el 40% de los afectados ha perdido "Entre 0.5 y 1 ha" de cultivos (plátano, cacao, yuca), seguido de un 20% con pérdidas de hasta 5 ha. Esto confirma el fuerte impacto económico que sufren los productores agrícolas de Pucayacu debido a los desbordamientos.

Pregunta 10: ¿Nivel de daño económico?

Tabla 19 Estimación del valor total de pérdidas económicas

| | RESPUESTAS | FRECUENCIA | % |
|---|-------------------------------------|------------|----------------|
| 1 | Sin pérdidas significativas | 0 | 0.00% |
| 2 | Pérdida moderada: \$200-\$1.000 | 10 | 100.00% |
| 3 | Pérdida severa: \$5.000-\$10.000 | 0 | 0.00% |
| 4 | Pérdida leve: menos de \$200 | 0 | 0.00% |
| 5 | Pérdida importante: \$1.000-\$5.000 | 0 | 0.00% |
| 6 | Pérdida total: más de \$10.000 | 0 | 0.00% |
| | TOTAL | 10 | 100.00% |

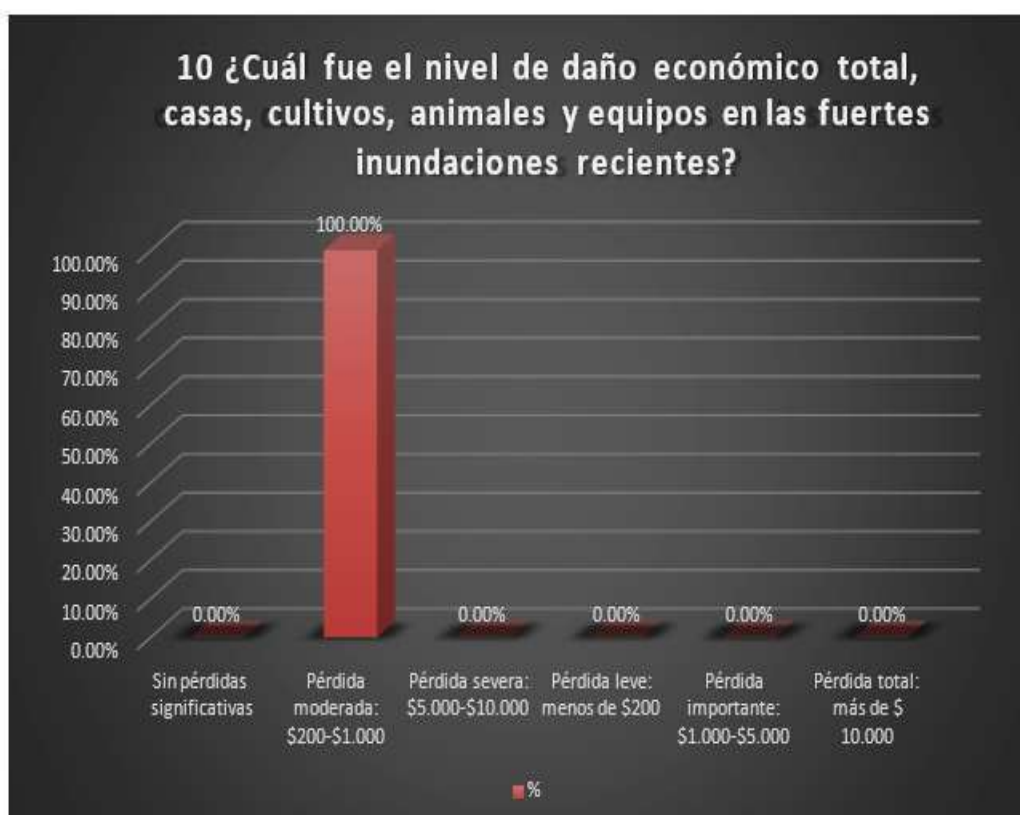


Ilustración 20 Gráfico de rango de pérdidas en dólares

La totalidad de los encuestados (100%) identifica sus pérdidas dentro del rango de "Pérdida moderada: \$200 - \$1.000". Aunque se considera moderado, este valor representa un impacto significativo para la economía familiar en relación con la frecuencia de los eventos.

Pregunta 11: ¿Recepción de asistencia institucional?

Tabla 20 Ayuda recibida de organismos del estado o instituciones

| | RESPUESTAS | FRECUENCIA | % |
|---|---|------------|----------------|
| 1 | Sí, ayuda suficiente y oportuna | 0 | 0.00% |
| 2 | Solo recibí ayuda en especies víveres, ropa | 5 | 50.00% |
| 3 | No la solicité | 0 | 0.00% |
| 4 | Sí, pero fue insuficiente o tardía | 1 | 10.00% |
| 5 | No recibí ningún tipo de ayuda | 4 | 40.00% |
| 6 | No sabe / No recuerda | 0 | 0.00% |
| | TOTAL | 10 | 100.00% |

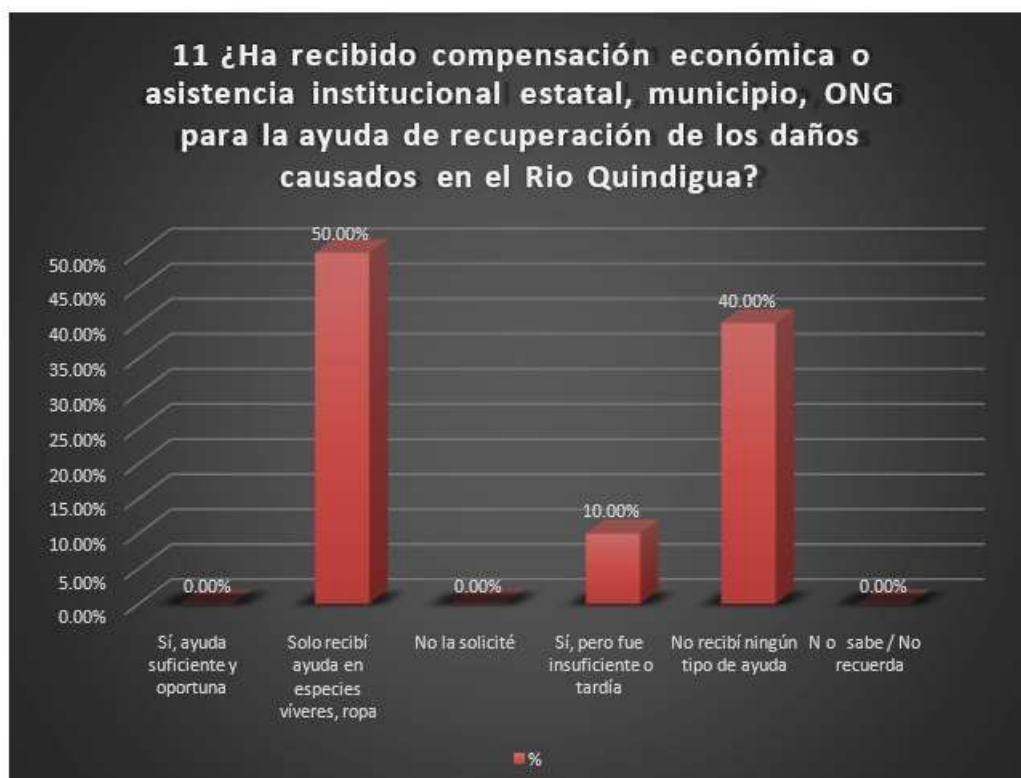


Ilustración 21 Gráfico de tipo de asistencia recibida

El 50% de los habitantes indica que "Solo recibió ayuda en especies (víveres, ropa)", mientras que un preocupante 40% manifiesta no haber recibido ningún tipo de ayuda. Estos datos exponen una falta de planes de compensación económica o recuperación post-desastre efectivos.

Pregunta 12: ¿Cambios en la calidad del agua?

Tabla 21 Percepción de cambios en color y turbidez del río

| | RESPUESTAS | FRECUENCIA | % |
|---|--|------------|----------------|
| 1 | Sí, deterioro muy notorio y permanente | 1 | 10.00% |
| 2 | Leve deterioro, pero no es preocupante | 0 | 0.00% |
| 3 | Ha mejorado con el tiempo | 0 | 0.00% |
| 4 | Sí, solo en épocas de lluvia intensa | 6 | 60.00% |
| 5 | Sin cambios perceptibles | 1 | 10.00% |
| 6 | No utilizo / No observo el río | 2 | 20.00% |
| | TOTAL | 10 | 100.00% |

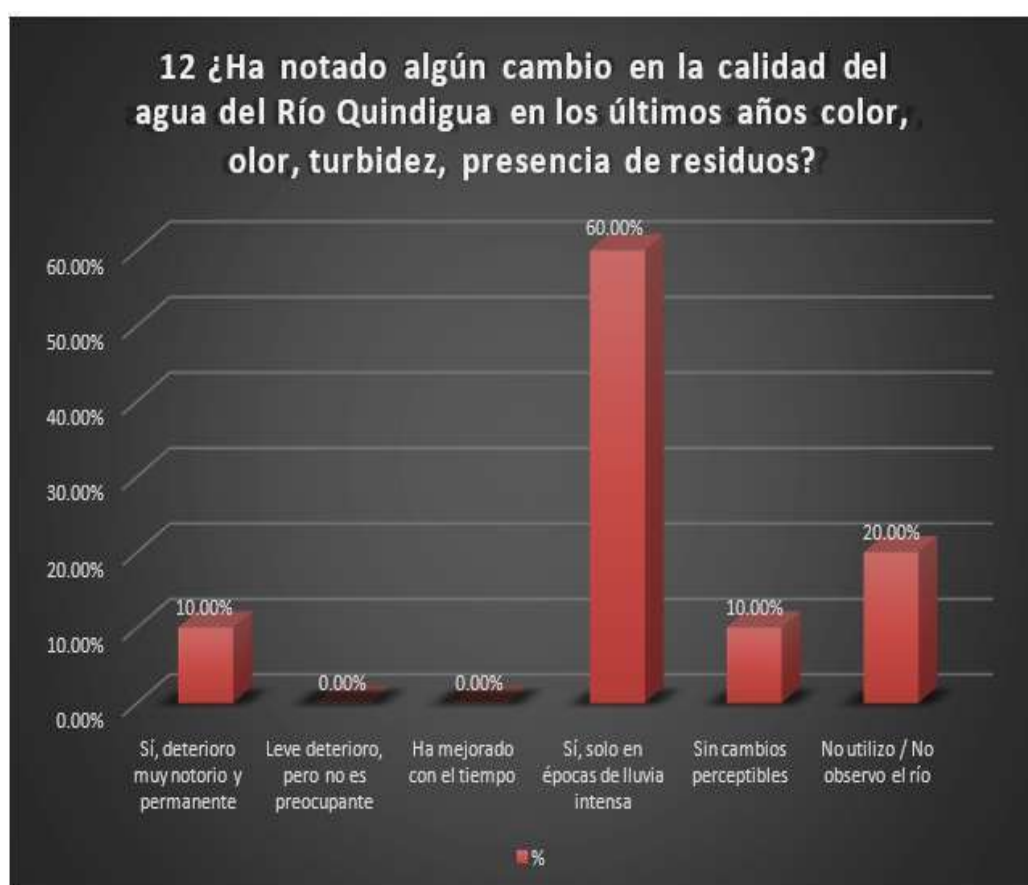


Ilustración 22 Gráfico de alteraciones en el estado del agua

El 60% de los ciudadanos nota cambios negativos en el río (color, residuos, turbidez) "Solo en épocas de lluvia intensa". Este comportamiento es característico de los procesos de arrastre de sedimentos y lodos que ocurren durante las crecidas del río Quindigua.

Pregunta 13: ¿Observación de erosión de riberas?

Tabla 22 Identificación de procesos erosivos y deslizamientos

| | RESPUESTAS | FRECUENCIA | % |
|---|--|------------|----------------|
| 1 | Sí, erosión severa y muy visible | 2 | 20.00% |
| 2 | Solo en los tramos cercanos a mi propiedad | 0 | 0.00% |
| 3 | La vegetación ribereña ha desaparecido casi por completo | 0 | 0.00% |
| 4 | Sí, erosión moderada en varios tramos | 2 | 20.00% |
| 5 | No he observado cambios significativos | 6 | 60.00% |
| 6 | No sé / No he prestado atención | 0 | 0.00% |
| | TOTAL | 10 | 100.00% |

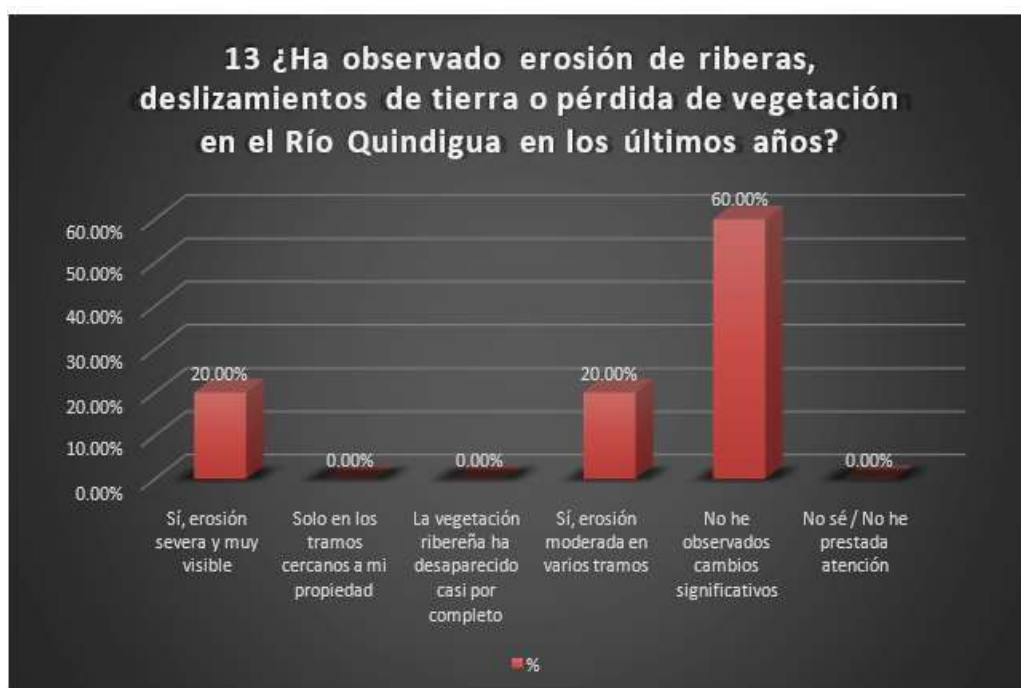


Ilustración 23 Gráfico de percepción de erosión y pérdida de vegetación

Aunque el 60% menciona no haber observado cambios significativos recientes, un 40% acumulado identifica erosión entre moderada y severa. Esta percepción dividida sugiere que los procesos de erosión de riberas están focalizados en tramos específicos del cauce cercanos a las áreas habitadas.

7. DISCUSIÓN

La precisión alcanzada en la clasificación de cobertura (Kappa 0.7421) se alinea con los estándares internacionales para cuencas de alta montaña con nubosidad persistente. Al integrar la corrección topográfica de Minnaert, se logró reducir el ruido espectral en las laderas sombreadas, lo cual fue determinante para diferenciar los bosques densos de las áreas de cultivo. No obstante, el valor de Kappa sugiere que aún existe una ligera confusión espectral en zonas de transición, lo que podría mitigarse en futuras investigaciones incorporando datos de radar (SAR) para penetrar la cobertura nubosa constante de la región.

En el ámbito hidrológico, el Número de Curva ponderado de 70.96 confirma una baja capacidad de infiltración, exacerbada por la predominancia de suelos del Grupo Hidrológico C y la creciente antropización del suelo. Comparando los caudales simulados con los registros históricos del evento de marzo de 2022, el pico de 2,520.57 m³/s para el periodo de 100 años guarda coherencia con la magnitud de los desbordamientos observados. La configuración de la cuenca en forma de "abanico" y su elevada pendiente media (0.1374 m/m) actúan como aceleradores del flujo, reduciendo el tiempo de respuesta a menos de dos horas (Tlag 1.92 h), lo que invalida cualquier posibilidad de evacuación reactiva sin el apoyo de un sistema de alerta temprana automatizado.

Finalmente, el análisis hidráulico revela un fenómeno de "estrangulamiento" del cauce al llegar a Pucayacu, donde la llanura de inundación se convierte en el brazo principal del río. La interrupción total de las vías de acceso en todos los escenarios simulados convierte a la población en una isla logística, un hallazgo que debe ser la prioridad en los planes de contingencia del municipio.

8. CONCLUSIONES

- Se consolidó una base de datos geoespacial robusta mediante la recopilación de 65 imágenes satelitales (Landsat y Sentinel), logrando filtrar 54 escenas con una nubosidad inferior al 80% para garantizar la calidad del análisis. La selección de la imagen maestra del 23 de septiembre de 2024 y la integración del modelo digital de elevación ALOS PALSAR permitieron establecer una línea base topográfica precisa (altitudes entre 3.97 y 508.07 msnm) para el monitoreo multitemporal de la cuenca.
- El análisis de la cobertura del suelo (validado con un índice Kappa de 0.7421) y la modelación hidrológica revelaron que la cuenca tiene una respuesta rápida, con un tiempo de retardo de solo 1.92 horas y un número de curva de 70.96, lo que favorece la generación de caudales violentos. Las simulaciones hidráulicas cuantificaron picos de caudal críticos que escalan desde 913.84 m³/s (Tr 5 años) hasta un escenario catastrófico de 2,520.57 m³/s (Tr 100 años).
- La cartografía de peligrosidad generada identifica una vulnerabilidad extrema en la parroquia Pucayacu, donde más del 95% del casco urbano se encuentra bajo "Peligro Alto" (zonas rojas) ante eventos de diseño extremo. Los mapas demuestran que, en inundaciones de 100 años, las profundidades pueden superar los 2 metros y las vías principales colapsarían, dejando a la población aislada como una "isla logística", lo que valida la necesidad urgente de implementar sistemas de alerta temprana y obras de protección estructural.

9. REFERENCIAS

- [1] FAO, Grupo técnico Intergubernamental del suelo, and Depto. de Gestión de recursos naturales y medio ambiente, *Estado mundial del Recursos Suelo*. Roma: FAO/ITPS, 2016. [Online]. Available: www.fao.org/publications
- [2] Eissa Alshammari, Azimah Abdul Rahman, Ruslan Rainis, Nurhafizul Abu Seri, and Noor Fazeera Ahmad Fuzi, “The Impacts of Land Use Changes in Urban Hydrology, Runoff and Flooding: A Review,” *Current Urban Studies*, vol. 11, no. 2328–4919, pp. 120–141, 2023, doi: 10.4236/cus.2023.111007.
- [3] Yelena Hernández Atencia, Luis Eduardo Peña Rojas, and Jader Muñoz Ramos, “Evaluación de la vulnerabilidad física ante inundaciones bajo escenarios de cambio del uso del suelo,” *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería*, 2022.
- [4] Evelia Rivera-Arriaga *et al.*, *Gobernanza y Manejo de las Costas y Mares ante la Incertidumbre Una Guía para Tomadores de Decisiones*, RICOMAR. México, 2020. doi: 10.26359/epomex.0120.
- [5] Karol Arellano-Pérez and Santiago Bonilla-Bedoya, “Análisis de transiciones sistemáticas de la cobertura y uso de la tierra en Morona Santiago, durante el periodo 2000-2018,” *CienciAmérica*, vol. 14, no. 1, pp. 68–91, Jun. 2025, doi: 10.33210/ca.v14i1.505.
- [6] Paúl Arias-Muñoz, Miguel Ángel Saz, and Severino Escolano, “Trends of land use and land cover change in the upper-middle Mira basin in Ecuador,” *Investigaciones Geográficas*, vol. 81, pp. 155–179, Jan. 2024, doi: 10.14198/INGEO.25248.
- [7] Katherine Abad-Auquilla, “El cambio de uso de suelo y la utilidad del paisaje periurbano de la cuenca del río Guayllabamba en Ecuador,” *Revista de Ciencias Ambientales*, vol. 54, no. 2, pp. 68–91, Jul. 2020, doi: 10.15359/rca.54-2.4.
- [8] Miluska A. Rosas, Vivien Bonnesoeur, and Nimia Medalit Cevallos, “Estimación-contribución-Infraestructura-Natural-reducción-costos-riesgo-Desastres-Naturales-Proyectos-cartera-ANIN_2025,” Lima, Mar. 2025.

- [9] Armando Molina, Veerle Vanacker, Miluska Rosas Barturen, Vivien Bonnesoeur, Francisco Román, and Boris F Ochoa, “Infraestructura natural para la gestión de riesgos de erosión e inundaciones en los Andes: ¿Qué sabemos?,” Lima, 2021.
- [10] SNGR, “Plan de contingencia nacional frente al volcán Cotopaxi,” Quito, 2021.
- [11] María Egas Coronel, “Gobernanza de la gestión de riesgos de desastres en el Ecuador,” Universidad Andina Simón Bolívar, Quito, 2023.
- [12] Amirhossein Shadmehri Toosi, Okke Batelaan, Margaret Shanafield, and Huade Guan, “Land Use-Land Cover and Hydrological Modeling: A Review,” Mar. 01, 2025, *John Wiley and Sons Inc.* doi: 10.1002/wat2.70013.
- [13] V. Hormazabal Valderrama, V. Vargas Rojas, R. Abarca del Río, I. Garcia Torres, E. Villalobos Volpi, and H. Ulloa Contreras, “Simulación hidrológica del caudal del estero Huillinco en la microcuenca agroforestal Huillinco (Chonchi, región de Los Lagos, Chile) bajo condiciones climáticas históricas y futuras.,” *Ciencia & Investigación Forestal*, pp. 23–49, Aug. 2023, doi: 10.52904/0718-4646.2023.583.
- [14] Federico Vilaseca, Santiago Narbondo, Christian Chreties, Alberto Castro, and Angela Gorgoglione, “Simulación del proceso precipitación-escorrentía con paso diario: comparación de los modelos GR4J, SWAT y random forest,” *Ribagua*, vol. 10, no. 1, pp. 31–47, Jan. 2023, doi: 10.1080/23863781.2023.2238127.
- [15] SNGR, “Implementación de la metodología de análisis de vulnerabilidades a nivel cantonal,” Cuenca, 2024. [Online]. Available: www.ecuadorjourney.com;
- [16] Giovanni González-Celeda, Ney Ríos, Laura Benegas-Negri, and Freddy Argotty-Benavides, “Impact of the climate change and the land use/land cover change in the hydrological and water erosion response in the Quiscab River subbasin,” *Tecnología y Ciencias del Agua*, vol. 12, no. 6, pp. 363–421, Nov. 2021, doi: 10.24850/J-TYCA-2021-06-09.
- [17] Rebeca Martínez Retureta, “Efectos del cambio de uso/cobertura del suelo sobre la respuesta hidrológica del centro sur de Chile bajo escenarios del cambio climático,” Universidad de Concepción, Chile, 2021.

- [18] Ignacio Meléndez Pastor, Encarni Hernández Lledó, and José Navarro Pedreño, “ANÁLISIS MULTITEMPORAL MEDIANTE TELEDETECCIÓN DE LOS CAMBIOS DE USOS DEL SUELO EN LA SIERRA DE ALBARRACÍN,” *TERUEL*, vol. 11, pp. 7–34, 2011.
- [19] F. Fernández Chacón *et al.*, “TÉCNICAS REMOTAS PARA EL ANÁLISIS MULTIESCALA Y MULTITEMPORAL DE FENÓMENOS SUPERFICIALES,” in *AEQUA*, Granada: XIV Reunión Nacional de Cuaternario, 2015.
- [20] Rosabel Antay Ccaccya and Rosalia Jiovana Huanque Castro, “RELACIÓN EN LOS CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DEL SUELO APLICANDO TELEDETECCIÓN EN EL VALLE DE CHUMBAO -PROVINCIA ANDAHUAYLAS DEPARTAMENTO APURIMAC DURANTE 2010 -2022,” Universidad San Ignacio de Loyola, Perú, 2025.
- [21] W. Vega Tineo, “USO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA EL DIAGNÓSTICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS-2016,” Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Perú, 2016.
- [22] Esad Micijevic *et al.*, “ECCOE Landsat Quarterly Calibration and Validation Report-Quarter 2, 2021,” Virginia, Nov. 2021.
- [23] D. Phiri, M. Simwanda, S. Salekin, V. R. Nyirenda, Y. Murayama, and M. Ranagalage, “Sentinel-2 data for land cover/use mapping: A review,” *Remote Sens (Basel)*, vol. 12, no. 14, Jul. 2020, doi: 10.3390/rs12142291.
- [24] Eugenia M. Wright, “Sensores remotos,” Buenos Aires, 2021.
- [25] A. Seid and S. T., “Identification of Lithology and Structures in Serdo, Afar, Ethiopia Using Remote Sensing and Gis Techniques,” *International Journal of Geoinformatics and Geological Science*, vol. 8, no. 1, pp. 27–41, Feb. 2021, doi: 10.14445/23939206/ijggs-v8i1p104.
- [26] Fernando Coelho Eugenio *et al.*, “Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) and machine learning: A review in the context of forest science,” *Int J Remote Sens*, vol. 42, no. 21, pp. 8207–8235, 2021, doi: 10.1080/01431161.2021.1975845.

- [27] L. Breiman, “Random Forests,” *Mach Learn*, vol. 45, pp. 5–32, 2001.
- [28] Lucia Morales-Barquero, Mitchell B. Lyons, Stuart R. Phinn, and Chris M. Roelfsema, “Trends in remote sensing accuracy assessment approaches in the context of natural resources,” *Remote Sens (Basel)*, vol. 11, no. 19, Oct. 2019, doi: 10.3390/rs11192305.
- [29] J Richard Landis and Gary G Koch, “The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data,” *Biometrics*, vol. 33, no. 1, pp. 159–174, 1977.
- [30] U. Senatilleke *et al.*, “Modelling Capabilities of Two Physically Based Hydrologic Models for Streamflow Simulations,” *International Journal of Environmental Science and Development*, vol. 16, no. 2, pp. 103–110, 2025, doi: 10.18178/ijesd.2025.16.2.1515.
- [31] Sean A. Matus and Daniel R. Gambill, “Automation of Gridded HEC-HMS Model Development Using Python,” *ERDC*, vol. 22, Nov. 2022.
- [32] D. C. Goodrich *et al.*, “The USDA-ARS Experimental Watershed Network: Evolution, Lessons Learned, Societal Benefits, and Moving Forward,” *Water Resour Res*, vol. 57, no. 2, Feb. 2021, doi: 10.1029/2019WR026473.
- [33] Anne J. Jefferson, Aditi S. Bhaskar, Kristina G. Hopkins, Rosemary Fanelli, Pedro M. Avellaneda, and Sara K. McMillan, “Stormwater management network effectiveness and implications for urban watershed function: A critical review,” *Hydrol Process*, vol. 31, no. 23, pp. 4056–4080, Nov. 2017, doi: 10.1002/hyp.11347.
- [34] Soil Conservation Service, *Urban Hydrology for Small Watersheds*, 2nd ed. Washington D.C.: Google, 1986. [Online]. Available: <http://books.google.com>
- [35] Rafael Navarro Cerrillo, Ángeles Varo Martínez, and Antonio Ariza Salamanca, “Sensores, acceso y procesamiento de imágenes multiespectrales y térmicas de interés forestal,” 2024.
- [36] Rohit Singh, Mahesh Pal, and Mantosh Biswas, “Cloud Detection Methods for Optical Satellite Imagery: A Comprehensive Review,” Sep. 01, 2025, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: 10.3390/geomatics5030027.

- [37] Luca Congedo, “Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS,” Aug. 2021. doi: <https://doi.org/10.21105/joss.03172>.
- [38] Jesús A. Prieto-Amparan, Federico Villarreal-Guerrero, M. Martinez-Salvador, Carlos Manjarrez-Domínguez, Eduardo Santellano-Estrada, and Alfredo Pinedo-Alvarez, “Atmospheric and radiometric correction algorithms for the multitemporal assessment of grasslands productivity,” *Remote Sens (Basel)*, vol. 10, no. 2, Feb. 2018, doi: 10.3390/rs10020219.
- [39] Cristopher Edgar Camargo Roa, Carlos Eduardo Pacheco Angulo, and Roberto López Falcón, “Assessment of atmospheric and topographic correction methods in Landsat 8 OLI imagery on a semi-arid mountainous area,” *REVISTA UD Y LA GEOMÁTICA*, vol. 16, pp. 23–29, 2021, doi: <https://doi.org/10.14483/23448407.17040>.
- [40] Magda Alexandra Trujillo-Jiménez, Ana Laura Liberoff, Natalia Pessacg, Cristian Pacheco, and Silvia Flaherty, “Metodología de clasificación automática de uso y cobertura de suelo,” *XIII Congreso de AgroInformática (CAI 2021)-JAIIO 50*, 2021, doi: 10.5281/zenodo.5338597.
- [41] Yoan Poveda-Sotelo, Mauricio A. Bermúdez-Cella, and Pablo Gil-Leguizamón, “Evaluation of supervised classification methods for the estimation of spatiotemporal changes in the Merchán and Telecom paramos, Colombia,” *Boletín de Geología*, vol. 44, no. 2, pp. 51–72, 2022, doi: 10.18273/revbol.v44n2-2022002.
- [42] Serkan Girgin, Jay Gohil, and Indupriya Mydur, “A streamlined GIS interface for Citizen Science activities: QGIS Light,” in *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Jul. 2025, pp. 127–134. doi: 10.5194/isprs-Archives-XLVIII-4-W13-2025-127-2025.
- [43] Pontus Olofsson, Giles M. Foody, Martin Herold, Stephen V. Stehman, Curtis E. Woodcock, and Michael A. Wulder, “Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change,” *Remote Sens Environ*, vol. 148, pp. 42–57, May 2014, doi: 10.1016/j.rse.2014.02.015.

- [44] Giles M. Foody, "Status of land cover classification accuracy assessment," *Remote Sens Environ*, vol. 80, pp. 185–201, 2002, [Online]. Available: www.elsevier.com/locate/rse
- [45] P. Mausel, E. Brondizio, and E. Moran, "Change detection techniques," *Int J Remote Sens*, vol. 25, no. 12, pp. 2365–2401, Jun. 2004, doi: 10.1080/0143116031000139863.
- [46] Xing Fang, Theodore Cleveland, David Thompson, Ranjit Malla, and Research Assistant, "Estimating Timing Parameters of Direct Runoff and Unit Hydrograph for Texas Watersheds," Texas, Jan. 2005. [Online]. Available: <http://www.ntis.gov>
- [47] Xing Fang, David B. Thompson, Theodore G. Cleveland, Pratistha Pradhan, and Ranjit Malla, "Time of Concentration Estimated Using Watershed Parameters Determined by Automated and Manual Methods," *JOURNAL OF IRRIGATION AND DRAINAGE ENGINEERING*, pp. 202–211, Apr. 2008, doi: 10.1061/ASCE0733-94372008134:2202.
- [48] Milad Jajarmizadeh, Sobri Harum, and Mohsen Salarpour, "A review on theoretical consideration and types of models in hydrology," *Journal of Environmental Science and Technology*, vol. 5, pp. 249–261, 2012.

10. ANEXOS

Tabla 7 Combinaciones espectrales [26]

| Objetivo de Análisis | Combinación (Landsat 8/9) | Combinación (Sentinel-2) | Interpretación |
|------------------------|------------------------------|--------------------------|---|
| Falso Color Infrarrojo | 5 - 4 - 3 (NIR, Red, Green) | 8 - 4 - 3 | Resalta la densidad y salud de la vegetación (en rojo intenso). |
| Agricultura | 6 - 5 - 2 (SWIR1, NIR, Blue) | 11 - 8 - 2 | Permite identificar cultivos activos y diferenciar tipos de gestión agrícola. |
| Índice de Agua | 5 - 6 - 4 (NIR, SWIR1, Red) | 8 - 11 - 4 | Maximiza la distinción entre tierra firme y superficies saturadas. |

Tabla 8 Especificaciones de los sensores satelitales [37]

| Satélite / Sensor | Resolución Espacial | Resolución Temporal | Bandas Espectrales Clave | Fuente |
|----------------------|---------------------|---------------------|------------------------------|--------|
| Landsat 5 (TM) | 30 m | 16 días | Visible, NIR, SWIR, Térmico | USGS |
| Landsat 8 (OLI/TIRS) | 30 m (15 m Pan) | 16 días | Visible, NIR, SWIR, Térmico | USGS |
| Sentinel-2 (MSI) | 10 m / 20 m | 5 días | Visible, Red Edge, NIR, SWIR | ESA |
| ALOS PALSAR (DEM) | 12.5 m | N/A | Banda L (Topografía SAR) | ASF |

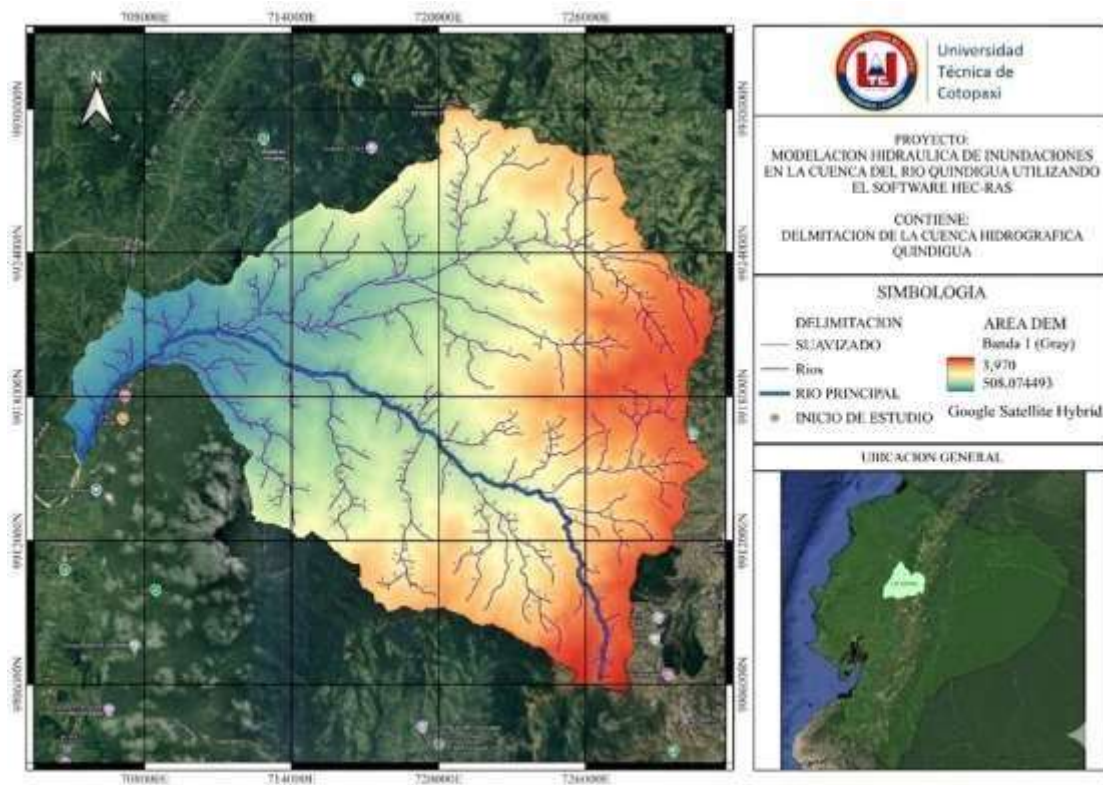


Ilustración 24 Delimitación de la cuenca

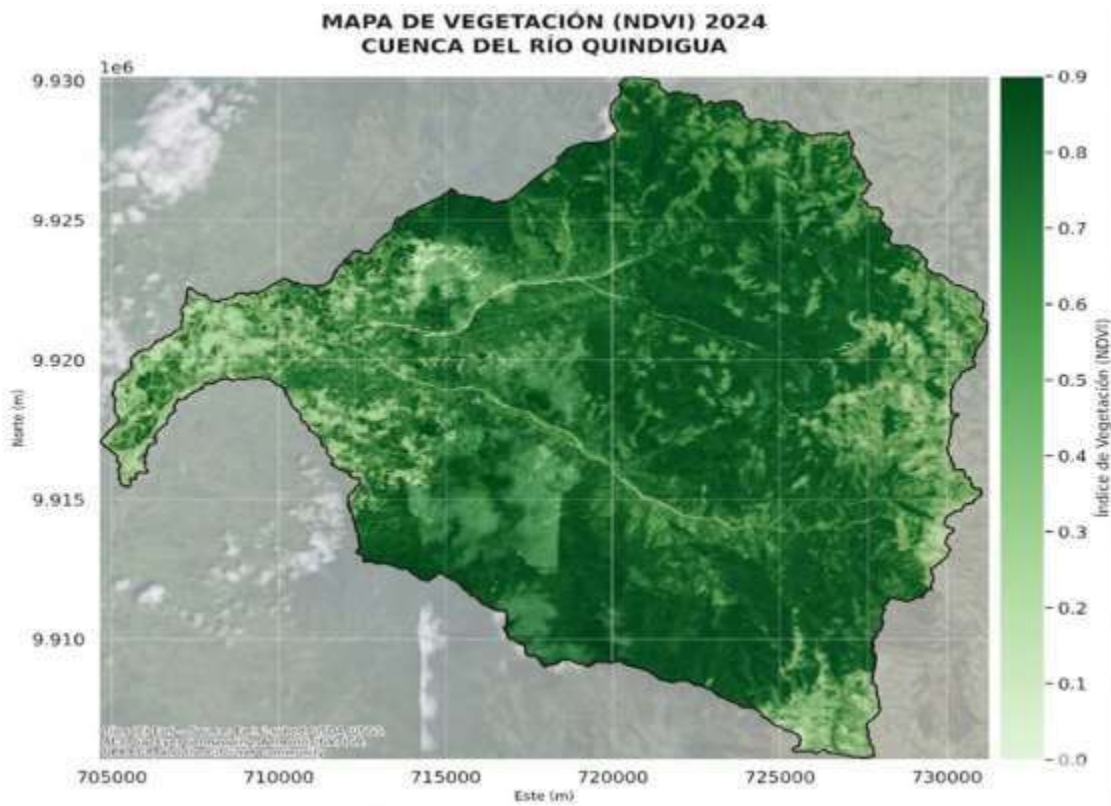


Ilustración 25 NDVI 2024



Ilustración 26 Clasificación supervisada

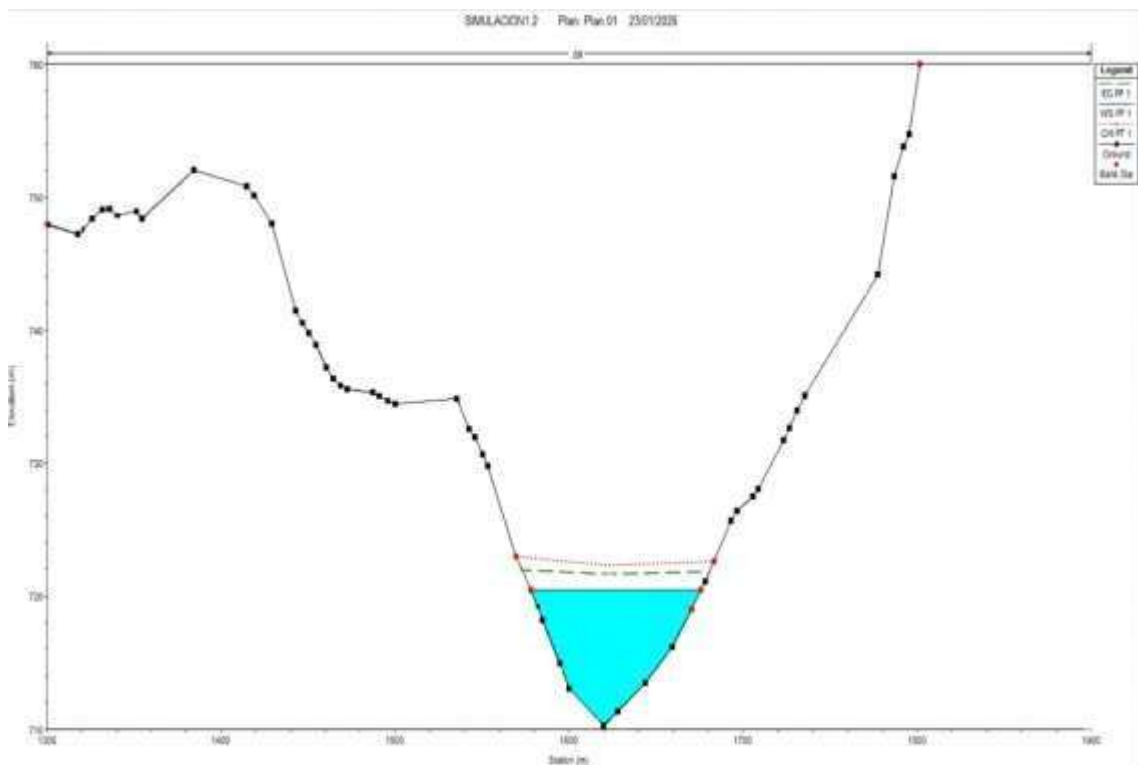


Ilustración 27 Perfil Aguas Arriba

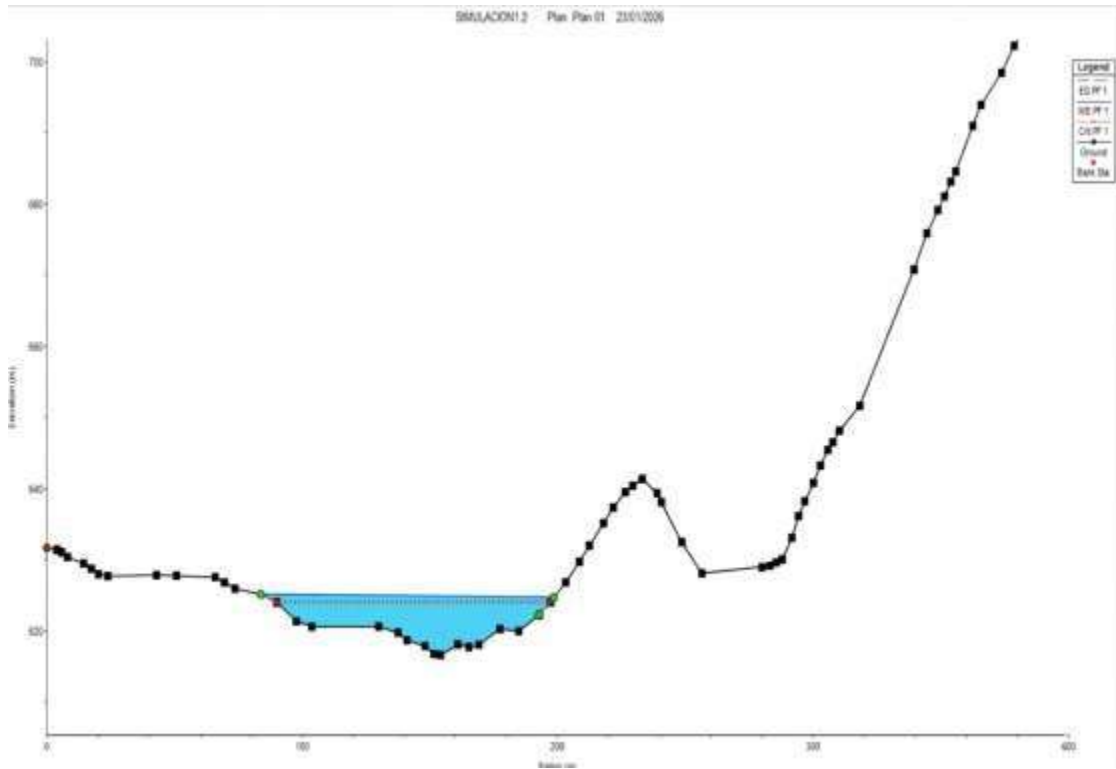


Ilustración 28 Perfil Aguas Abajo

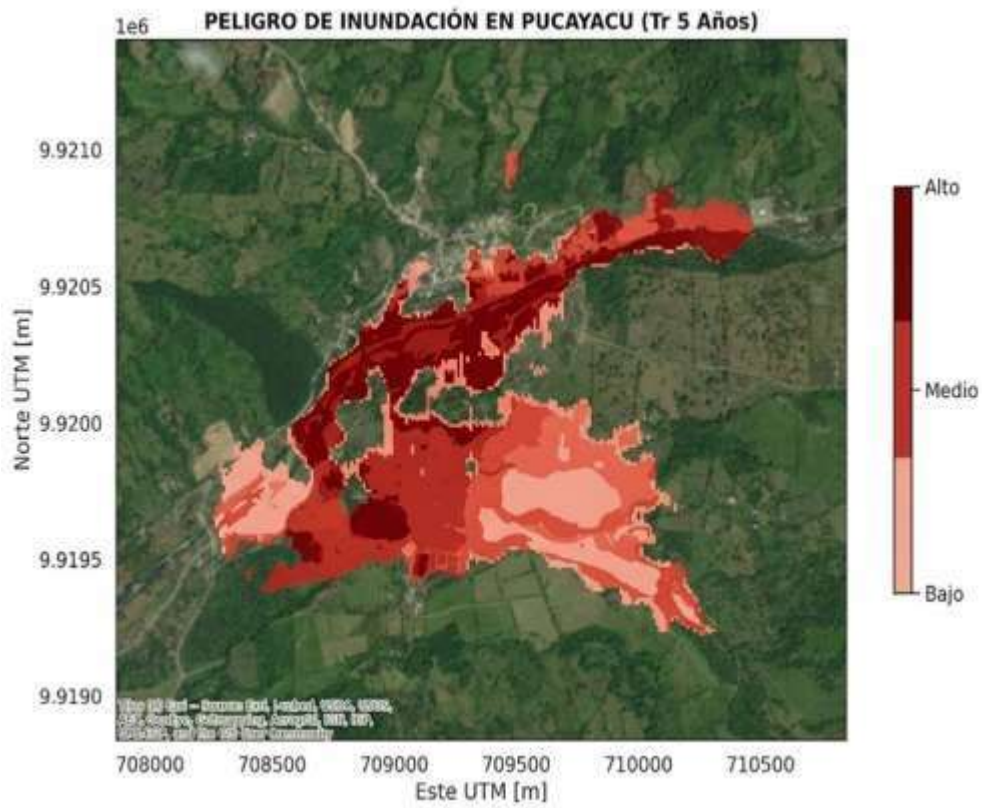


Ilustración 29 Inundaciones con tiempo de retorno de 5 años

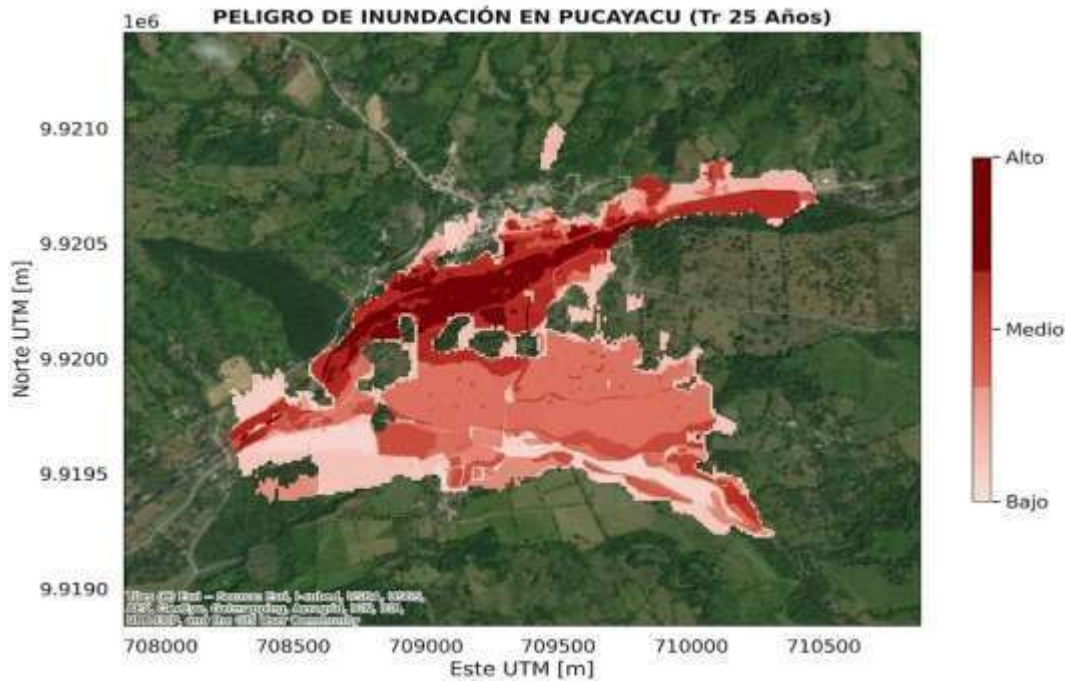


Ilustración 30 Inundaciones con tiempo de retorno de 25 años

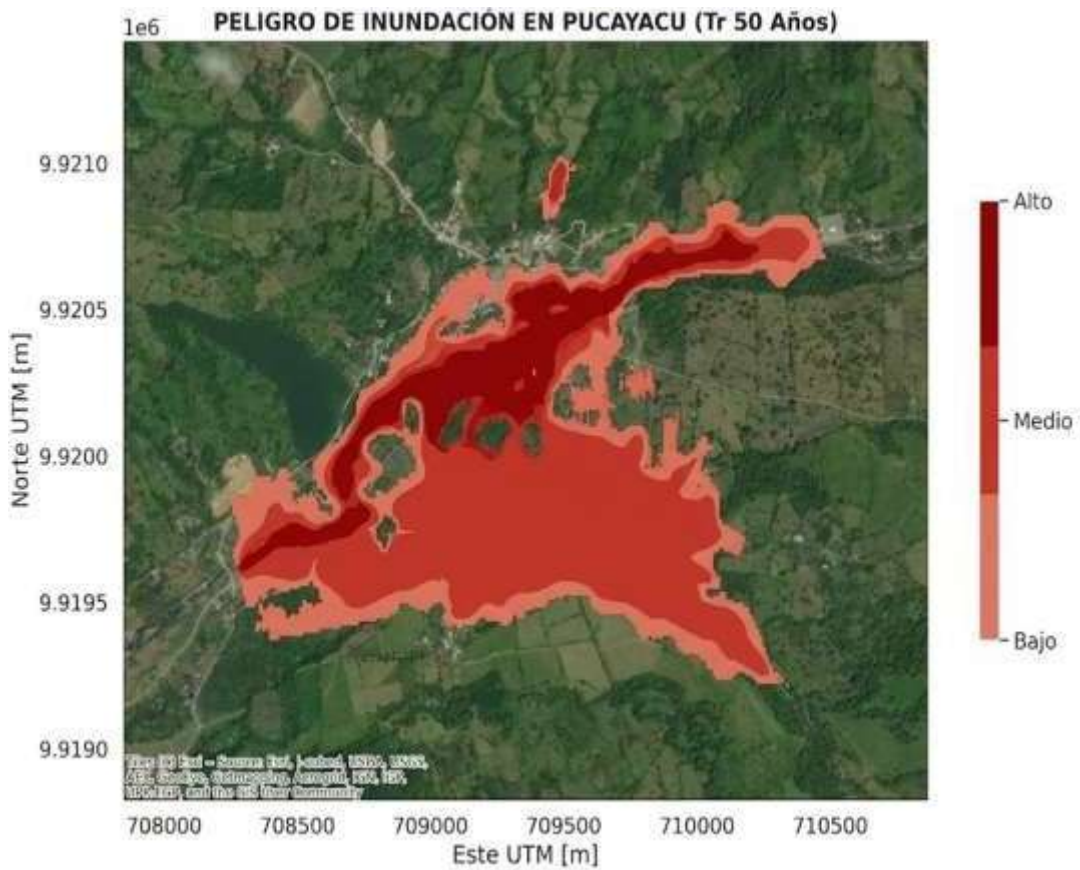


Ilustración 31 Inundaciones con tiempo de retorno de 50 años

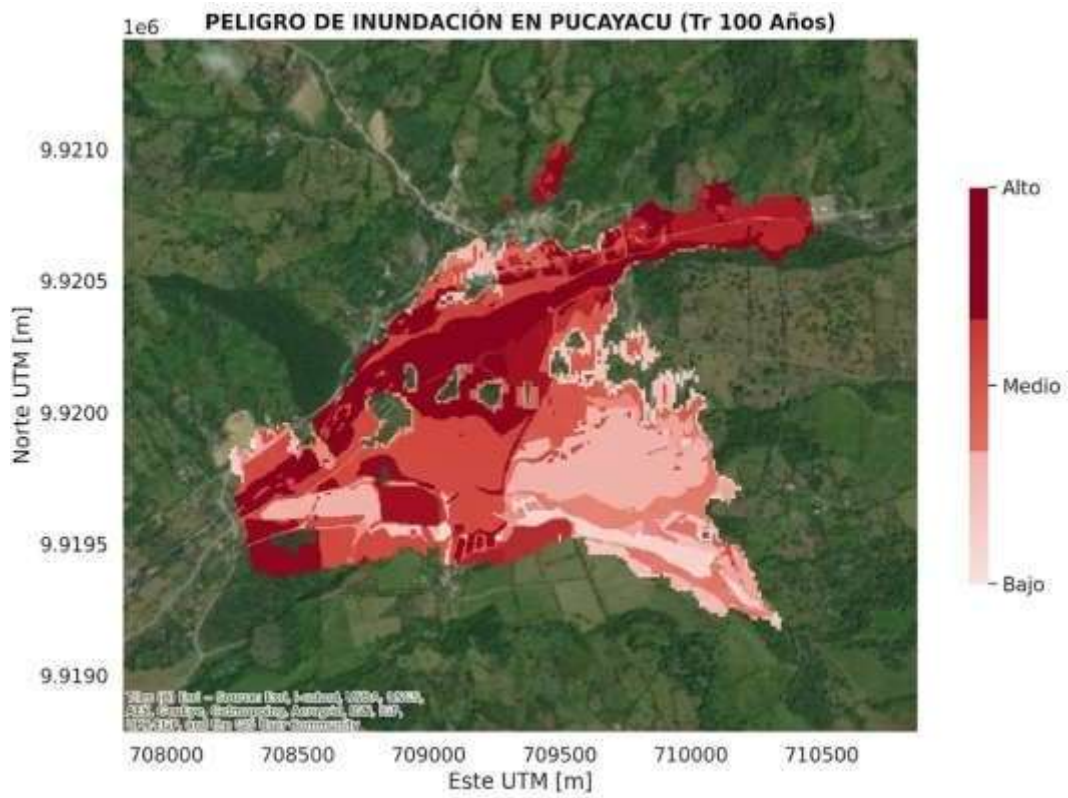


Ilustración 32 Inundaciones con tiempo de retorno de 100 años

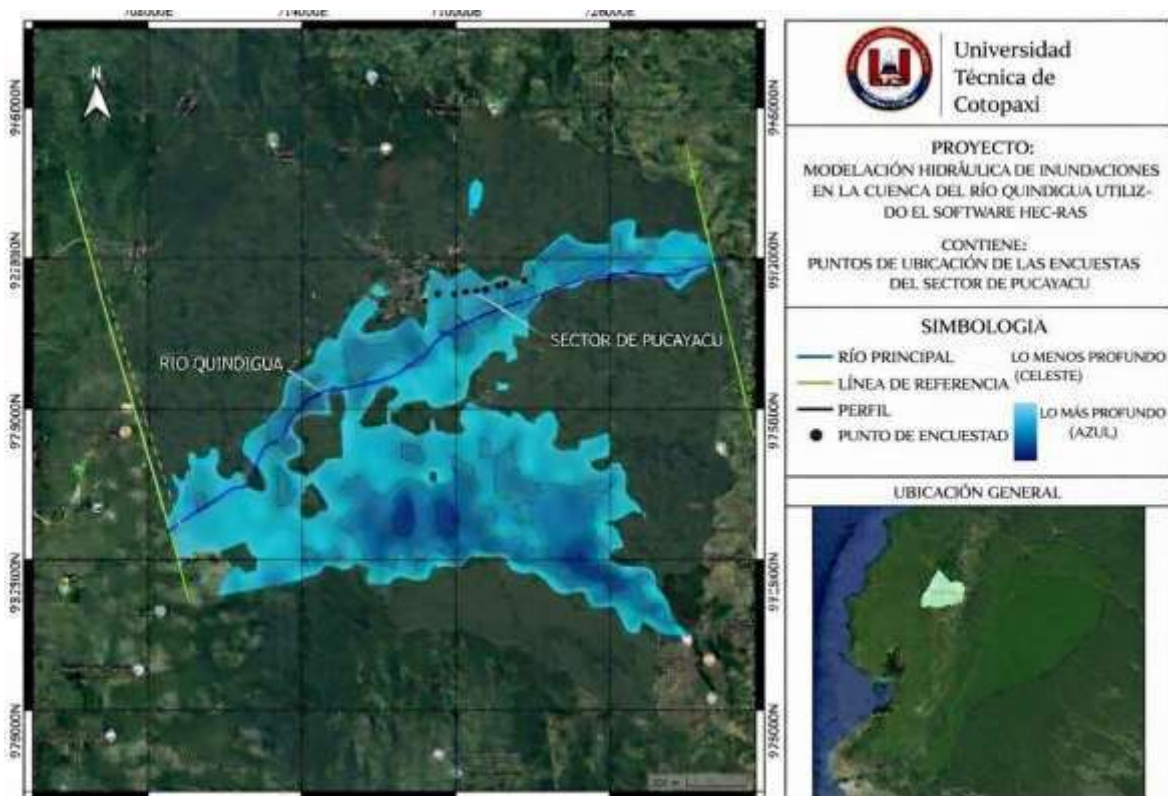


Ilustración 33 Ubicación de personas encuestadas



Ilustración 34 Río Quindigua en el sector de estudio



Ilustración 35 Río Quindigua en el sector de estudio



Ilustración 36 Sector Río Quindigua



Ilustración 37 Distribución de resultados de la encuesta aplicada en el área de estudio



Ilustración 38 Procesamiento estadístico de la encuesta realizada en la parroquia



Ilustración 39 Procesamiento estadístico de la encuesta realizada en la parroquia



Ilustración 40 Procesamiento estadístico de la encuesta realizada en la parroquia



Ilustración 41 Procesamiento estadístico de la encuesta realizada en la parroquia

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

ENCUESTA COMUNITARIA

EVALUACIÓN DE LAS AFECTACIONES EN LAS INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO QUINDIGUA

Cantón la Mana – Provincia de Cotopaxi, Ecuador

INSTRUCCIONES PARA EL ENCUESTADO/A:

Estimado/a residente: Esta encuesta forma parte de una investigación para una tesis universitaria que tiene como objetivo evaluar las consecuencias sociales, económico y ambientales que genera el río Quindigua en su comunidad. Su colaboración es opcional y la información será tratada con total confidencialidad. Seleccione con una X o ✓ la(s) opción(es) que reflejan mejor su experiencia.

SECCIÓN 1 - INFORMACIÓN GENERAL DEL ENCUESTADO/A

| | | | | |
|--|-------------------------|--|---|------------------------------------|
| Nombre (opcional): Daniela Chicaiza | Edad: 26 años | Género: <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> Otro | Sector/Barrio: Parroquia Pucayacu | Años en la zona: 24 años |
| Ocupación principal: <input type="checkbox"/> Agricultor <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Ganadero <input type="checkbox"/> Comerciante <input type="checkbox"/> Empleado <input type="checkbox"/> Otro: | | | Distancia aprox. de su vivienda al río: <input type="checkbox"/> < 50 m <input type="checkbox"/> 50-100 m <input checked="" type="checkbox"/> 100-300 m <input type="checkbox"/> > 300 m | |

SECCIÓN 2 – Impactos Causados Por Las Inundaciones En El Río Quindigua

| | |
|---|---|
| Pregunta 1 ¿Con qué regularidad ha vivido inundaciones debido al desbordamiento del Río Quindigua en su área? | |
| <input type="checkbox"/> Nunca | <input type="checkbox"/> Solo una vez en la vida |
| <input checked="" type="checkbox"/> Una vez cada varios años | <input type="checkbox"/> Una vez al año |
| <input type="checkbox"/> Varias veces al año (invierno) | <input type="checkbox"/> Cuando llueve intensamente |

| | |
|---|---|
| Pregunta 2 ¿Qué profundidad aproximada alcanzó el agua de la inundación dentro o en los alrededores de su hogar durante el evento más serio que recuerda? | |
| <input type="checkbox"/> No llego a mi vivienda | <input type="checkbox"/> Hasta los tobillos (< 20 cm) |
| <input checked="" type="checkbox"/> Hasta la rodilla (20-50 cm) | <input type="checkbox"/> Hasta la cintura (50-100 cm) |
| <input type="checkbox"/> Hasta el pecho (100-150 cm) | <input type="checkbox"/> Más de 150 cm |

| | |
|---|--|
| Pregunta 3 ¿Qué tipo de material y objeto fue arrastrado por el Río Quindigua durante la inundación afecto su hogar o cultivos? | |
| <input type="checkbox"/> Solo agua (sin sólidos visibles) | <input checked="" type="checkbox"/> Lodos y sedimentos finos |
| <input type="checkbox"/> Piedras y grava | <input type="checkbox"/> Troncos y vegetación arrastrada |
| <input type="checkbox"/> Basura y desechos | <input type="checkbox"/> Todas las anteriores |

| | |
|--|---|
| Pregunta 4 ¿Cuánto tiempo tardó la crecida del Río Quindigua en llegar a su casa o terreno desde el inicio de las fuertes lluvias? | |
| <input type="checkbox"/> Menos de 30 minutos | <input checked="" type="checkbox"/> Entre 30 min y 2 horas |
| <input type="checkbox"/> Entre 2 y 6 horas | <input type="checkbox"/> Mas de 6 horas |
| <input type="checkbox"/> El agua llega directa con lluvia local | <input type="checkbox"/> No lo podría identificar el tiempo |

| | |
|--|---|
| Pregunta 5 ¿Cuánto duró en promedio el agua de la inundación alrededor de su casa después de una inundación? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Menos de 12 horas | <input type="checkbox"/> Entre 12 y 24 horas |
| <input type="checkbox"/> Entre 1 y 3 días | <input type="checkbox"/> Entre 4 y 7 días |
| <input type="checkbox"/> Más de una semana | <input type="checkbox"/> No he sufrido inundaciones |

| | |
|---|--|
| Pregunta 6 ¿Durante qué época del año ocurren con mayor intensidad de las inundaciones de los Ríos Quindigua? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Enero - Marzo | <input type="checkbox"/> Abril - Julio |
| <input type="checkbox"/> Julio – Septiembre | <input type="checkbox"/> Octubre - Diciembre |
| <input type="checkbox"/> Todo el año por igual | <input type="checkbox"/> No sabría decir |

SECCIÓN 3 – PÉRDIDA SOCIALES

| | |
|---|--|
| Pregunta 7 ¿Algún miembro de su familia ha tenido que evacuar o irse de su hogar temporal por la crecida del Río Quindigua? | |
| <input type="checkbox"/> Sí, en múltiples ocasiones | <input checked="" type="checkbox"/> Sí, solo una vez |
| <input type="checkbox"/> Hemos estado en peligro, pero no evacuamos | <input type="checkbox"/> No, nunca hemos evacuado |
| <input type="checkbox"/> No aplica vivimos lejos del Río Quindigua | |

| | |
|--|--|
| Pregunta 8 ¿La crecida del Río Quindigua ha cerrado el acceso de su familia a los servicios básicos? | |
| <input type="checkbox"/> Agua potable (turbiedad / corte) | <input type="checkbox"/> Electricidad (corte suministro) |
| <input type="checkbox"/> Salud (no poder llegar al centro médico) | <input type="checkbox"/> Educación (cierre de instituciones) |
| <input type="checkbox"/> Vías / transporte (colapso vial) | <input checked="" type="checkbox"/> Todos los anteriores |

SECCIÓN 4 – PÉRDIDAS ECONÓMICAS

| | |
|--|--|
| Pregunta 9 ¿Cuántas hectáreas de cultivos, plátano, cacao, yuca, pastos ha perdido por las inundaciones en el Río Quindigua? | |
| <input type="checkbox"/> No tengo cultivos | <input type="checkbox"/> Menos de 0,5 ha |
| <input checked="" type="checkbox"/> Entre 0.5 y 1 ha | <input type="checkbox"/> Entre 1 y 3 ha |
| <input type="checkbox"/> Entre 3 y 5 ha | <input type="checkbox"/> Más de 5 ha |

| |
|--|
| Pregunta 10 ¿Cuál fue el nivel de daño económico total, casas, cultivos, animales y equipos en las fuertes inundaciones recientes? |
|--|

| | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Sin pérdidas significativas | <input type="checkbox"/> Pérdida leve: menos de \$200 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Pérdida moderada: \$200-\$1.000 | <input type="checkbox"/> Pérdida importante: \$1.000-\$5.000 |
| <input type="checkbox"/> Pérdida severa: \$5.000-\$10.000 | <input type="checkbox"/> Pérdida total: más de \$ 10.000 |

| | |
|---|--|
| Pregunta 11 ¿Ha recibido compensación económica o asistencia institucional estatal, municipio, ONG para la ayuda de recuperación de los daños causados en el Río Quindigua? | |
| <input type="checkbox"/> Sí, ayuda suficiente y oportuna | <input type="checkbox"/> Sí, pero fue insuficiente o tardía |
| <input type="checkbox"/> Solo recibí ayuda en especies víveres, ropa | <input checked="" type="checkbox"/> No recibí ningún tipo de ayuda |
| <input type="checkbox"/> No la solicité | <input type="checkbox"/> No sabe / No recuerda |

SECCIÓN 5 – AFECTACIONES AMBIENTALES

| | |
|--|--|
| Pregunta 12 ¿Ha notado algún cambio en la calidad del agua del Río Quindigua en los últimos años color, olor, turbidez, presencia de residuos? | |
| <input type="checkbox"/> Sí, deterioro muy notorio y permanente | <input checked="" type="checkbox"/> Sí, solo en épocas de lluvia intensa |
| <input type="checkbox"/> Leve deterioro, pero no es preocupante | <input type="checkbox"/> Sin cambios perceptibles |
| <input type="checkbox"/> Ha mejorado con el tiempo | <input type="checkbox"/> No utilizo / No observo el río |

| | |
|---|--|
| Pregunta 13 ¿Ha observado erosión de riberas, deslizamientos de tierra o pérdida de vegetación en el Río Quindigua en los últimos años? | |
| <input type="checkbox"/> Sí, erosión severa y muy visible | <input type="checkbox"/> Sí, erosión moderada en varios tramos |
| <input type="checkbox"/> Solo en los tramos cercanos a mi propiedad | <input checked="" type="checkbox"/> No he observado cambios significativos |
| <input type="checkbox"/> La vegetación ribereña ha desaparecido casi por completo | <input type="checkbox"/> No sé / No he prestado atención |

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS ADICIONALES:

FIRMA DEL ENCUESTADO/A

FIRMA DEL ENCUESTADOR/A

¡GRACIAS POR SU VALIOSA COLABORACIÓN CON ESTA INVESTIGACIÓN!

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

ENCUESTA COMUNITARIA

EVALUACIÓN DE LAS AFECTACIONES EN LAS INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO QUINDIGUA

Cantón la Mana – Provincia de Cotopaxi, Ecuador

INSTRUCCIONES PARA EL ENCUESTADO/A:

Estimado/a residente: Esta encuesta forma parte de una investigación para una tesis universitaria que tiene como objetivo evaluar las consecuencias sociales, económico y ambientales que genera el río Quindigua en su comunidad. Su colaboración es opcional y la información será tratada con total confidencialidad. Seleccione con una X o la(s) opción(es) que reflejan mejor su experiencia.

SECCIÓN 1 - INFORMACIÓN GENERAL DEL ENCUESTADO/A

| | | | | |
|--|-------------------------|--|---|------------------------------------|
| Nombre (opcional): Luis Guamán | Edad: 42 años | Género: <input checked="" type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> Otro | Sector/Barrio: Parroquia Pucayacu | Años en la zona: 42 años |
| Ocupación principal: <input checked="" type="checkbox"/> Agricultor <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Ganadero <input type="checkbox"/> Comerciante <input type="checkbox"/> Empleado <input type="checkbox"/> Otro: | | | Distancia aprox. de su vivienda al río: <input type="checkbox"/> < 50 m <input type="checkbox"/> 50-100 m <input checked="" type="checkbox"/> 100-300 m <input type="checkbox"/> > 300 m | |

SECCIÓN 2 – Impactos Causados Por Las Inundaciones En El Río Quindigua

| | |
|---|--|
| Pregunta 1 ¿Con qué regularidad ha vivido inundaciones debido al desbordamiento del Río Quindigua en su área? | |
| <input type="checkbox"/> Nunca | <input type="checkbox"/> Solo una vez en la vida |
| <input type="checkbox"/> Una vez cada varios años | <input type="checkbox"/> Una vez al año |
| <input type="checkbox"/> Varias veces al año (invierno) | <input checked="" type="checkbox"/> Cuando llueve intensamente |

| | |
|---|--|
| Pregunta 2 ¿Qué profundidad aproximada alcanzó el agua de la inundación dentro o en los alrededores de su hogar durante el evento más serio que recuerda? | |
| <input type="checkbox"/> No llego a mi vivienda | <input type="checkbox"/> Hasta los tobillos (< 20 cm) |
| <input type="checkbox"/> Hasta la rodilla (20-50 cm) | <input checked="" type="checkbox"/> Hasta la cintura (50-100 cm) |
| <input type="checkbox"/> Hasta el pecho (100-150 cm) | <input type="checkbox"/> Más de 150 cm |

| | |
|---|--|
| Pregunta 3 ¿Qué tipo de material y objeto fue arrastrado por el Río Quindigua durante la inundación afecto su hogar o cultivos? | |
| <input type="checkbox"/> Solo agua (sin sólidos visibles) | <input type="checkbox"/> Lodos y sedimentos finos |
| <input type="checkbox"/> Piedras y grava | <input type="checkbox"/> Troncos y vegetación arrastrada |
| <input type="checkbox"/> Basura y desechos | <input checked="" type="checkbox"/> Todas las anteriores |

| | |
|--|---|
| Pregunta 4 ¿Cuánto tiempo tardó la crecida del Río Quindigua en llegar a su casa o terreno desde el inicio de las fuertes lluvias? | |
| <input type="checkbox"/> Menos de 30 minutos | <input checked="" type="checkbox"/> Entre 30 min y 2 horas |
| <input type="checkbox"/> Entre 2 y 6 horas | <input type="checkbox"/> Mas de 6 horas |
| <input type="checkbox"/> El agua llega directa con lluvia local | <input type="checkbox"/> No lo podría identificar el tiempo |

| | |
|--|---|
| Pregunta 5 ¿Cuánto duró en promedio el agua de la inundación alrededor de su casa después de una inundación? | |
| <input type="checkbox"/> Menos de 12 horas | <input type="checkbox"/> Entre 12 y 24 horas |
| <input checked="" type="checkbox"/> Entre 1 y 3 días | <input type="checkbox"/> Entre 4 y 7 días |
| <input type="checkbox"/> Más de una semana | <input type="checkbox"/> No he sufrido inundaciones |

| | |
|---|--|
| Pregunta 6 ¿Durante qué época del año ocurren con mayor intensidad de las inundaciones de los Ríos Quindigua? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Enero - Marzo | <input type="checkbox"/> Abril - Julio |
| <input type="checkbox"/> Julio – Septiembre | <input type="checkbox"/> Octubre - Diciembre |
| <input type="checkbox"/> Todo el año por igual | <input type="checkbox"/> No sabría decir |

SECCIÓN 3 – PÉRDIDA SOCIALES

| | |
|---|---|
| Pregunta 7 ¿Algún miembro de su familia ha tenido que evacuar o irse de su hogar temporal por la crecida del Río Quindigua? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Sí, en múltiples ocasiones | <input type="checkbox"/> Sí, solo una vez |
| <input type="checkbox"/> Hemos estado en peligro, pero no evacuamos | <input type="checkbox"/> No, nunca hemos evacuado |
| <input type="checkbox"/> No aplica vivimos lejos del Río Quindigua | |

| | |
|--|--|
| Pregunta 8 ¿La crecida del Río Quindigua ha cerrado el acceso de su familia a los servicios básicos? | |
| <input type="checkbox"/> Agua potable (turbiedad / corte) | <input type="checkbox"/> Electricidad (corte suministro) |
| <input type="checkbox"/> Salud (no poder llegar al centro médico) | <input type="checkbox"/> Educación (cierre de instituciones) |
| <input type="checkbox"/> Vías / transporte (colapso vial) | <input checked="" type="checkbox"/> Todos los anteriores |

SECCIÓN 4 – PÉRDIDAS ECONÓMICAS

| | |
|--|--|
| Pregunta 9 ¿Cuántas hectáreas de cultivos, plátano, cacao, yuca, pastos ha perdido por las inundaciones en el Río Quindigua? | |
| <input type="checkbox"/> No tengo cultivos | <input type="checkbox"/> Menos de 0,5 ha |
| <input type="checkbox"/> Entre 0.5 y 1 ha | <input type="checkbox"/> Entre 1 y 3 ha |
| <input checked="" type="checkbox"/> Entre 3 y 5 ha | <input type="checkbox"/> Más de 5 ha |

| |
|--|
| Pregunta 10 ¿Cuál fue el nivel de daño económico total, casas, cultivos, animales y equipos en las fuertes inundaciones recientes? |
|--|

| | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Sin pérdidas significativas | <input type="checkbox"/> Pérdida leve: menos de \$200 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Pérdida moderada: \$200-\$1.000 | <input type="checkbox"/> Pérdida importante: \$1.000-\$5.000 |
| <input type="checkbox"/> Pérdida severa: \$5.000-\$10.000 | <input type="checkbox"/> Pérdida total: más de \$ 10.000 |

| | |
|---|--|
| Pregunta 11 ¿Ha recibido compensación económica o asistencia institucional estatal, municipio, ONG para la ayuda de recuperación de los daños causados en el Río Quindigua? | |
| <input type="checkbox"/> Sí, ayuda suficiente y oportuna | <input checked="" type="checkbox"/> Sí, pero fue insuficiente o tardía |
| <input type="checkbox"/> Solo recibí ayuda en especies víveres, ropa | <input type="checkbox"/> No recibí ningún tipo de ayuda |
| <input type="checkbox"/> No la solicité | <input type="checkbox"/> No sabe / No recuerda |

SECCIÓN 5 – AFECTACIONES AMBIENTALES

| | |
|--|--|
| Pregunta 12 ¿Ha notado algún cambio en la calidad del agua del Río Quindigua en los últimos años color, olor, turbidez, presencia de residuos? | |
| <input type="checkbox"/> Sí, deterioro muy notorio y permanente | <input checked="" type="checkbox"/> Sí, solo en épocas de lluvia intensa |
| <input type="checkbox"/> Leve deterioro, pero no es preocupante | <input type="checkbox"/> Sin cambios perceptibles |
| <input type="checkbox"/> Ha mejorado con el tiempo | <input type="checkbox"/> No utilizo / No observo el río |

| | |
|---|---|
| Pregunta 13 ¿Ha observado erosión de riberas, deslizamientos de tierra o pérdida de vegetación en el Río Quindigua en los últimos años? | |
| <input type="checkbox"/> Sí, erosión severa y muy visible | <input checked="" type="checkbox"/> Sí, erosión moderada en varios tramos |
| <input type="checkbox"/> Solo en los tramos cercanos a mi propiedad | <input type="checkbox"/> No he observado cambios significativos |
| <input type="checkbox"/> La vegetación ribereña ha desaparecido casi por completo | <input type="checkbox"/> No sé / No he prestado atención |

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS ADICIONALES:

FIRMA DEL ENCUSTADO/A

FIRMA DEL ENCUSTADOR/A

¡GRACIAS POR SU VALIOSA COLABORACIÓN CON ESTA INVESTIGACIÓN!

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

ENCUESTA COMUNITARIA

EVALUACIÓN DE LAS AFECTACIONES EN LAS INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO QUINDIGUA

Cantón la Mana – Provincia de Cotopaxi, Ecuador

INSTRUCCIONES PARA EL ENCUESTADO/A:

Estimado/a residente: Esta encuesta forma parte de una investigación para una tesis universitaria que tiene como objetivo evaluar las consecuencias sociales, económico y ambientales que genera el río Quindigua en su comunidad. Su colaboración es opcional y la información será tratada con total confidencialidad. Seleccione con una X o la(s) opción(es) que reflejan mejor su experiencia.

SECCIÓN 1 - INFORMACIÓN GENERAL DEL ENCUESTADO/A

| | | | | |
|--|-------------------------|--|---|------------------------------------|
| Nombre (opcional): María Vinuesa | Edad: 34 años | Género: <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> Otro | Sector/Barrio: Parroquia Pucayacu | Años en la zona: 34 años |
| Ocupación principal: <input type="checkbox"/> Agricultor <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Ganadero <input type="checkbox"/> Comerciante <input type="checkbox"/> Empleado <input type="checkbox"/> Otro: | | | Distancia aprox. de su vivienda al río: <input type="checkbox"/> < 50 m <input type="checkbox"/> 50-100 m <input checked="" type="checkbox"/> 100-300 m <input type="checkbox"/> > 300 m | |

SECCIÓN 2 – Impactos Causados Por Las Inundaciones En El Río Quindigua

| | |
|---|---|
| Pregunta 1 ¿Con qué regularidad ha vivido inundaciones debido al desbordamiento del Río Quindigua en su área? | |
| <input type="checkbox"/> Nunca | <input type="checkbox"/> Solo una vez en la vida |
| <input type="checkbox"/> Una vez cada varios años | <input type="checkbox"/> Una vez al año |
| <input checked="" type="checkbox"/> Varias veces al año (invierno) | <input type="checkbox"/> Cuando llueve intensamente |

| | |
|---|---|
| Pregunta 2 ¿Qué profundidad aproximada alcanzó el agua de la inundación dentro o en los alrededores de su hogar durante el evento más serio que recuerda? | |
| <input type="checkbox"/> No llego a mi vivienda | <input type="checkbox"/> Hasta los tobillos (< 20 cm) |
| <input checked="" type="checkbox"/> Hasta la rodilla (20-50 cm) | <input type="checkbox"/> Hasta la cintura (50-100 cm) |
| <input type="checkbox"/> Hasta el pecho (100-150 cm) | <input type="checkbox"/> Más de 150 cm |

| | |
|---|---|
| Pregunta 3 ¿Qué tipo de material y objeto fue arrastrado por el Río Quindigua durante la inundación afecto su hogar o cultivos? | |
| <input type="checkbox"/> Solo agua (sin sólidos visibles) | <input type="checkbox"/> Lodos y sedimentos finos |
| <input type="checkbox"/> Piedras y grava | <input checked="" type="checkbox"/> Troncos y vegetación arrastrada |
| <input type="checkbox"/> Basura y desechos | <input type="checkbox"/> Todas las anteriores |

| | |
|--|---|
| Pregunta 4 ¿Cuánto tiempo tardó la crecida del Río Quindigua en llegar a su casa o terreno desde el inicio de las fuertes lluvias? | |
| <input type="checkbox"/> Menos de 30 minutos | <input checked="" type="checkbox"/> Entre 30 min y 2 horas |
| <input type="checkbox"/> Entre 2 y 6 horas | <input type="checkbox"/> Mas de 6 horas |
| <input type="checkbox"/> El agua llega directa con lluvia local | <input type="checkbox"/> No lo podría identificar el tiempo |

| | |
|--|---|
| Pregunta 5 ¿Cuánto duró en promedio el agua de la inundación alrededor de su casa después de una inundación? | |
| <input type="checkbox"/> Menos de 12 horas | <input checked="" type="checkbox"/> Entre 12 y 24 horas |
| <input type="checkbox"/> Entre 1 y 3 días | <input type="checkbox"/> Entre 4 y 7 días |
| <input type="checkbox"/> Más de una semana | <input type="checkbox"/> No he sufrido inundaciones |

| | |
|---|--|
| Pregunta 6 ¿Durante qué época del año ocurren con mayor intensidad de las inundaciones de los Ríos Quindigua? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Enero - Marzo | <input type="checkbox"/> Abril - Julio |
| <input type="checkbox"/> Julio – Septiembre | <input type="checkbox"/> Octubre - Diciembre |
| <input type="checkbox"/> Todo el año por igual | <input type="checkbox"/> No sabría decir |

SECCIÓN 3 – PÉRDIDA SOCIALES

| | |
|---|--|
| Pregunta 7 ¿Algún miembro de su familia ha tenido que evacuar o irse de su hogar temporal por la crecida del Río Quindigua? | |
| <input type="checkbox"/> Sí, en múltiples ocasiones | <input checked="" type="checkbox"/> Sí, solo una vez |
| <input type="checkbox"/> Hemos estado en peligro, pero no evacuamos | <input type="checkbox"/> No, nunca hemos evacuado |
| <input type="checkbox"/> No aplica vivimos lejos del Río Quindigua | |

| | |
|--|--|
| Pregunta 8 ¿La crecida del Río Quindigua ha cerrado el acceso de su familia a los servicios básicos? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Agua potable (turbiedad / corte) | <input type="checkbox"/> Electricidad (corte suministro) |
| <input type="checkbox"/> Salud (no poder llegar al centro médico) | <input type="checkbox"/> Educación (cierre de instituciones) |
| <input type="checkbox"/> Vías / transporte (colapso vial) | <input type="checkbox"/> Todos los anteriores |

SECCIÓN 4 – PÉRDIDAS ECONÓMICAS

| | |
|--|--|
| Pregunta 9 ¿Cuántas hectáreas de cultivos, plátano, cacao, yuca, pastos ha perdido por las inundaciones en el Río Quindigua? | |
| <input type="checkbox"/> No tengo cultivos | <input type="checkbox"/> Menos de 0,5 ha |
| <input type="checkbox"/> Entre 0.5 y 1 ha | <input checked="" type="checkbox"/> Entre 1 y 3 ha |
| <input type="checkbox"/> Entre 3 y 5 ha | <input type="checkbox"/> Más de 5 ha |

| |
|--|
| Pregunta 10 ¿Cuál fue el nivel de daño económico total, casas, cultivos, animales y equipos en las fuertes inundaciones recientes? |
|--|

| | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Sin pérdidas significativas | <input type="checkbox"/> Pérdida leve: menos de \$200 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Pérdida moderada: \$200-\$1.000 | <input type="checkbox"/> Pérdida importante: \$1.000-\$5.000 |
| <input type="checkbox"/> Pérdida severa: \$5.000-\$10.000 | <input type="checkbox"/> Pérdida total: más de \$ 10.000 |

| | |
|---|--|
| Pregunta 11 ¿Ha recibido compensación económica o asistencia institucional estatal, municipio, ONG para la ayuda de recuperación de los daños causados en el Río Quindigua? | |
| <input type="checkbox"/> Sí, ayuda suficiente y oportuna | <input type="checkbox"/> Sí, pero fue insuficiente o tardía |
| <input type="checkbox"/> Solo recibí ayuda en especies víveres, ropa | <input checked="" type="checkbox"/> No recibí ningún tipo de ayuda |
| <input type="checkbox"/> No la solicité | <input type="checkbox"/> No sabe / No recuerda |

SECCIÓN 5 – AFECTACIONES AMBIENTALES

| | |
|--|--|
| Pregunta 12 ¿Ha notado algún cambio en la calidad del agua del Río Quindigua en los últimos años color, olor, turbidez, presencia de residuos? | |
| <input type="checkbox"/> Sí, deterioro muy notorio y permanente | <input checked="" type="checkbox"/> Sí, solo en épocas de lluvia intensa |
| <input type="checkbox"/> Leve deterioro, pero no es preocupante | <input type="checkbox"/> Sin cambios perceptibles |
| <input type="checkbox"/> Ha mejorado con el tiempo | <input type="checkbox"/> No utilizo / No observo el río |

| | |
|---|--|
| Pregunta 13 ¿Ha observado erosión de riberas, deslizamientos de tierra o pérdida de vegetación en el Río Quindigua en los últimos años? | |
| <input type="checkbox"/> Sí, erosión severa y muy visible | <input type="checkbox"/> Sí, erosión moderada en varios tramos |
| <input type="checkbox"/> Solo en los tramos cercanos a mi propiedad | <input checked="" type="checkbox"/> No he observado cambios significativos |
| <input type="checkbox"/> La vegetación ribereña ha desaparecido casi por completo | <input type="checkbox"/> No sé / No he prestado atención |

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS ADICIONALES:

FIRMA DEL ENCUSTADO/A

FIRMA DEL ENCUSTADOR/A

¡GRACIAS POR SU VALIOSA COLABORACIÓN CON ESTA INVESTIGACIÓN!

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

ENCUESTA COMUNITARIA

EVALUACIÓN DE LAS AFECTACIONES EN LAS INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO QUINDIGUA

Cantón la Mana – Provincia de Cotopaxi, Ecuador

INSTRUCCIONES PARA EL ENCUESTADO/A:

Estimado/a residente: Esta encuesta forma parte de una investigación para una tesis universitaria que tiene como objetivo evaluar las consecuencias sociales, económico y ambientales que genera el río Quindigua en su comunidad. Su colaboración es opcional y la información será tratada con total confidencialidad. Seleccione con una X o ✓ la(s) opción(es) que reflejan mejor su experiencia.

SECCIÓN 1 - INFORMACIÓN GENERAL DEL ENCUESTADO/A

| | | | | |
|--|-------------------------|--|---|------------------------------------|
| Nombre (opcional): Susana Hurtado | Edad: 32 años | Género: <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> Otro | Sector/Barrio: Parroquia Pucayacu | Años en la zona: 32 años |
| Ocupación principal: <input type="checkbox"/> Agricultor <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Ganadero <input type="checkbox"/> Comerciante <input type="checkbox"/> Empleado <input type="checkbox"/> Otro: | | | Distancia aprox. de su vivienda al río: <input type="checkbox"/> < 50 m <input type="checkbox"/> 50-100 m <input checked="" type="checkbox"/> 100-300 m <input type="checkbox"/> > 300 m | |

SECCIÓN 2 – Impactos Causados Por Las Inundaciones En El Río Quindigua

| | |
|---|--|
| Pregunta 1 ¿Con qué regularidad ha vivido inundaciones debido al desbordamiento del Río Quindigua en su área? | |
| <input type="checkbox"/> Nunca | <input type="checkbox"/> Solo una vez en la vida |
| <input type="checkbox"/> Una vez cada varios años | <input type="checkbox"/> Una vez al año |
| <input type="checkbox"/> Varias veces al año (invierno) | <input checked="" type="checkbox"/> Cuando llueve intensamente |

| | |
|---|---|
| Pregunta 2 ¿Qué profundidad aproximada alcanzó el agua de la inundación dentro o en los alrededores de su hogar durante el evento más serio que recuerda? | |
| <input type="checkbox"/> No llego a mi vivienda | <input type="checkbox"/> Hasta los tobillos (< 20 cm) |
| <input checked="" type="checkbox"/> Hasta la rodilla (20-50 cm) | <input type="checkbox"/> Hasta la cintura (50-100 cm) |
| <input type="checkbox"/> Hasta el pecho (100-150 cm) | <input type="checkbox"/> Más de 150 cm |

| | |
|---|--|
| Pregunta 3 ¿Qué tipo de material y objeto fue arrastrado por el Río Quindigua durante la inundación afecto su hogar o cultivos? | |
| <input type="checkbox"/> Solo agua (sin sólidos visibles) | <input type="checkbox"/> Lodos y sedimentos finos |
| <input type="checkbox"/> Piedras y grava | <input type="checkbox"/> Troncos y vegetación arrastrada |
| <input type="checkbox"/> Basura y desechos | <input checked="" type="checkbox"/> Todas las anteriores |

| | |
|--|---|
| Pregunta 4 ¿Cuánto tiempo tardó la crecida del Río Quindigua en llegar a su casa o terreno desde el inicio de las fuertes lluvias? | |
| <input type="checkbox"/> Menos de 30 minutos | <input checked="" type="checkbox"/> Entre 30 min y 2 horas |
| <input type="checkbox"/> Entre 2 y 6 horas | <input type="checkbox"/> Mas de 6 horas |
| <input type="checkbox"/> El agua llega directa con lluvia local | <input type="checkbox"/> No lo podría identificar el tiempo |

| | |
|--|---|
| Pregunta 5 ¿Cuánto duró en promedio el agua de la inundación alrededor de su casa después de una inundación? | |
| <input type="checkbox"/> Menos de 12 horas | <input type="checkbox"/> Entre 12 y 24 horas |
| <input checked="" type="checkbox"/> Entre 1 y 3 días | <input type="checkbox"/> Entre 4 y 7 días |
| <input type="checkbox"/> Más de una semana | <input type="checkbox"/> No he sufrido inundaciones |

| | |
|---|--|
| Pregunta 6 ¿Durante qué época del año ocurren con mayor intensidad de las inundaciones de los Ríos Quindigua? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Enero - Marzo | <input type="checkbox"/> Abril - Julio |
| <input type="checkbox"/> Julio – Septiembre | <input type="checkbox"/> Octubre - Diciembre |
| <input type="checkbox"/> Todo el año por igual | <input type="checkbox"/> No sabría decir |

SECCIÓN 3 – PÉRDIDA SOCIALES

| | |
|---|--|
| Pregunta 7 ¿Algún miembro de su familia ha tenido que evacuar o irse de su hogar temporal por la crecida del Río Quindigua? | |
| <input type="checkbox"/> Sí, en múltiples ocasiones | <input checked="" type="checkbox"/> Sí, solo una vez |
| <input type="checkbox"/> Hemos estado en peligro, pero no evacuamos | <input type="checkbox"/> No, nunca hemos evacuado |
| <input type="checkbox"/> No aplica vivimos lejos del Río Quindigua | |

| | |
|--|--|
| Pregunta 8 ¿La crecida del Río Quindigua ha cerrado el acceso de su familia a los servicios básicos? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Agua potable (turbiedad / corte) | <input type="checkbox"/> Electricidad (corte suministro) |
| <input type="checkbox"/> Salud (no poder llegar al centro médico) | <input type="checkbox"/> Educación (cierre de instituciones) |
| <input type="checkbox"/> Vías / transporte (colapso vial) | <input type="checkbox"/> Todos los anteriores |

SECCIÓN 4 – PÉRDIDAS ECONÓMICAS

| | |
|--|--|
| Pregunta 9 ¿Cuántas hectáreas de cultivos, plátano, cacao, yuca, pastos ha perdido por las inundaciones en el Río Quindigua? | |
| <input type="checkbox"/> No tengo cultivos | <input type="checkbox"/> Menos de 0,5 ha |
| <input type="checkbox"/> Entre 0.5 y 1 ha | <input type="checkbox"/> Entre 1 y 3 ha |
| <input checked="" type="checkbox"/> Entre 3 y 5 ha | <input type="checkbox"/> Más de 5 ha |

| |
|--|
| Pregunta 10 ¿Cuál fue el nivel de daño económico total, casas, cultivos, animales y equipos en las fuertes inundaciones recientes? |
|--|

| | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Sin pérdidas significativas | <input type="checkbox"/> Pérdida leve: menos de \$200 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Pérdida moderada: \$200-\$1.000 | <input type="checkbox"/> Pérdida importante: \$1.000-\$5.000 |
| <input type="checkbox"/> Pérdida severa: \$5.000-\$10.000 | <input type="checkbox"/> Pérdida total: más de \$ 10.000 |

| | |
|---|--|
| Pregunta 11 ¿Ha recibido compensación económica o asistencia institucional estatal, municipio, ONG para la ayuda de recuperación de los daños causados en el Río Quindigua? | |
| <input type="checkbox"/> Sí, ayuda suficiente y oportuna | <input type="checkbox"/> Sí, pero fue insuficiente o tardía |
| <input type="checkbox"/> Solo recibí ayuda en especies víveres, ropa | <input checked="" type="checkbox"/> No recibí ningún tipo de ayuda |
| <input type="checkbox"/> No la solicité | <input type="checkbox"/> No sabe / No recuerda |

SECCIÓN 5 – AFECTACIONES AMBIENTALES

| | |
|--|---|
| Pregunta 12 ¿Ha notado algún cambio en la calidad del agua del Río Quindigua en los últimos años color, olor, turbidez, presencia de residuos? | |
| <input type="checkbox"/> Sí, deterioro muy notorio y permanente | <input type="checkbox"/> Sí, solo en épocas de lluvia intensa |
| <input type="checkbox"/> Leve deterioro, pero no es preocupante | <input checked="" type="checkbox"/> Sin cambios perceptibles |
| <input type="checkbox"/> Ha mejorado con el tiempo | <input type="checkbox"/> No utilizo / No observo el río |

| | |
|---|---|
| Pregunta 13 ¿Ha observado erosión de riberas, deslizamientos de tierra o pérdida de vegetación en el Río Quindigua en los últimos años? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Sí, erosión severa y muy visible | <input type="checkbox"/> Sí, erosión moderada en varios tramos |
| <input type="checkbox"/> Solo en los tramos cercanos a mi propiedad | <input type="checkbox"/> No he observado cambios significativos |
| <input type="checkbox"/> La vegetación ribereña ha desaparecido casi por completo | <input type="checkbox"/> No sé / No he prestado atención |

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS ADICIONALES:

FIRMA DEL ENCUSTADO/A

FIRMA DEL ENCUSTADOR/A

¡GRACIAS POR SU VALIOSA COLABORACIÓN CON ESTA INVESTIGACIÓN!

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

ENCUESTA COMUNITARIA

EVALUACIÓN DE LAS AFECTACIONES EN LAS INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO QUINDIGUA

Cantón la Mana – Provincia de Cotopaxi, Ecuador

INSTRUCCIONES PARA EL ENCUESTADO/A:

Estimado/a residente: Esta encuesta forma parte de una investigación para una tesis universitaria que tiene como objetivo evaluar las consecuencias sociales, económico y ambientales que genera el río Quindigua en su comunidad. Su colaboración es opcional y la información será tratada con total confidencialidad. Seleccione con una X o ✓ la(s) opción(es) que reflejan mejor su experiencia.

SECCIÓN 1 - INFORMACIÓN GENERAL DEL ENCUESTADO/A

| | | | | |
|--|-------------------------|--|---|------------------------------------|
| Nombre (opcional): Rosa Chanataqsi | Edad: 68 años | Género: <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> Otro | Sector/Barrio: Parroquia Pucayacu | Años en la zona: 35 años |
| Ocupación principal: <input type="checkbox"/> Agricultor <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Ganadero <input type="checkbox"/> Comerciante <input type="checkbox"/> Empleado <input type="checkbox"/> Otro: | | | Distancia aprox. de su vivienda al río: <input type="checkbox"/> < 50 m <input type="checkbox"/> 50-100 m <input type="checkbox"/> 100-300 m <input checked="" type="checkbox"/> > 300 m | |

SECCIÓN 2 – Impactos Causados Por Las Inundaciones En El Río Quindigua

| | |
|---|---|
| Pregunta 1 ¿Con qué regularidad ha vivido inundaciones debido al desbordamiento del Río Quindigua en su área? | |
| <input type="checkbox"/> Nunca | <input type="checkbox"/> Solo una vez en la vida |
| <input type="checkbox"/> Una vez cada varios años | <input type="checkbox"/> Una vez al año |
| <input checked="" type="checkbox"/> Varias veces al año (invierno) | <input type="checkbox"/> Cuando llueve intensamente |

| | |
|---|---|
| Pregunta 2 ¿Qué profundidad aproximada alcanzó el agua de la inundación dentro o en los alrededores de su hogar durante el evento más serio que recuerda? | |
| <input type="checkbox"/> No llego a mi vivienda | <input type="checkbox"/> Hasta los tobillos (< 20 cm) |
| <input checked="" type="checkbox"/> Hasta la rodilla (20-50 cm) | <input type="checkbox"/> Hasta la cintura (50-100 cm) |
| <input type="checkbox"/> Hasta el pecho (100-150 cm) | <input type="checkbox"/> Más de 150 cm |

| | |
|---|--|
| Pregunta 3 ¿Qué tipo de material y objeto fue arrastrado por el Río Quindigua durante la inundación afecto su hogar o cultivos? | |
| <input type="checkbox"/> Solo agua (sin sólidos visibles) | <input checked="" type="checkbox"/> Lodos y sedimentos finos |
| <input type="checkbox"/> Piedras y grava | <input type="checkbox"/> Troncos y vegetación arrastrada |
| <input type="checkbox"/> Basura y desechos | <input type="checkbox"/> Todas las anteriores |

| | |
|--|---|
| Pregunta 4 ¿Cuánto tiempo tardó la crecida del Río Quindigua en llegar a su casa o terreno desde el inicio de las fuertes lluvias? | |
| <input type="checkbox"/> Menos de 30 minutos | <input checked="" type="checkbox"/> Entre 30 min y 2 horas |
| <input type="checkbox"/> Entre 2 y 6 horas | <input type="checkbox"/> Mas de 6 horas |
| <input type="checkbox"/> El agua llega directa con lluvia local | <input type="checkbox"/> No lo podría identificar el tiempo |

| | |
|--|---|
| Pregunta 5 ¿Cuánto duró en promedio el agua de la inundación alrededor de su casa después de una inundación? | |
| <input type="checkbox"/> Menos de 12 horas | <input type="checkbox"/> Entre 12 y 24 horas |
| <input checked="" type="checkbox"/> Entre 1 y 3 días | <input type="checkbox"/> Entre 4 y 7 días |
| <input type="checkbox"/> Más de una semana | <input type="checkbox"/> No he sufrido inundaciones |

| | |
|---|--|
| Pregunta 6 ¿Durante qué época del año ocurren con mayor intensidad de las inundaciones de los Ríos Quindigua? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Enero - Marzo | <input type="checkbox"/> Abril - Julio |
| <input type="checkbox"/> Julio – Septiembre | <input type="checkbox"/> Octubre - Diciembre |
| <input type="checkbox"/> Todo el año por igual | <input type="checkbox"/> No sabría decir |

SECCIÓN 3 – PÉRDIDA SOCIALES

| | |
|---|---|
| Pregunta 7 ¿Algún miembro de su familia ha tenido que evacuar o irse de su hogar temporal por la crecida del Río Quindigua? | |
| <input type="checkbox"/> Sí, en múltiples ocasiones | <input type="checkbox"/> Sí, solo una vez |
| <input type="checkbox"/> Hemos estado en peligro, pero no evacuamos | <input type="checkbox"/> No, nunca hemos evacuado |
| <input checked="" type="checkbox"/> No aplica vivimos lejos del Río Quindigua | |

| | |
|--|--|
| Pregunta 8 ¿La crecida del Río Quindigua ha cerrado el acceso de su familia a los servicios básicos? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Agua potable (turbiedad / corte) | <input type="checkbox"/> Electricidad (corte suministro) |
| <input type="checkbox"/> Salud (no poder llegar al centro médico) | <input type="checkbox"/> Educación (cierre de instituciones) |
| <input type="checkbox"/> Vías / transporte (colapso vial) | <input type="checkbox"/> Todos los anteriores |

SECCIÓN 4 – PÉRDIDAS ECONÓMICAS

| | |
|--|--|
| Pregunta 9 ¿Cuántas hectáreas de cultivos, plátano, cacao, yuca, pastos ha perdido por las inundaciones en el Río Quindigua? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> No tengo cultivos | <input type="checkbox"/> Menos de 0,5 ha |
| <input type="checkbox"/> Entre 0.5 y 1 ha | <input type="checkbox"/> Entre 1 y 3 ha |
| <input type="checkbox"/> Entre 3 y 5 ha | <input type="checkbox"/> Más de 5 ha |

| |
|--|
| Pregunta 10 ¿Cuál fue el nivel de daño económico total, casas, cultivos, animales y equipos en las fuertes inundaciones recientes? |
|--|

| | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Sin pérdidas significativas | <input type="checkbox"/> Pérdida leve: menos de \$200 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Pérdida moderada: \$200-\$1.000 | <input type="checkbox"/> Pérdida importante: \$1.000-\$5.000 |
| <input type="checkbox"/> Pérdida severa: \$5.000-\$10.000 | <input type="checkbox"/> Pérdida total: más de \$ 10.000 |

| | |
|---|---|
| Pregunta 11 ¿Ha recibido compensación económica o asistencia institucional estatal, municipio, ONG para la ayuda de recuperación de los daños causados en el Río Quindigua? | |
| <input type="checkbox"/> Sí, ayuda suficiente y oportuna | <input type="checkbox"/> Sí, pero fue insuficiente o tardía |
| <input checked="" type="checkbox"/> Solo recibí ayuda en especies víveres, ropa | <input type="checkbox"/> No recibí ningún tipo de ayuda |
| <input type="checkbox"/> No la solicité | <input type="checkbox"/> No sabe / No recuerda |

SECCIÓN 5 – AFECTACIONES AMBIENTALES

| | |
|--|---|
| Pregunta 12 ¿Ha notado algún cambio en la calidad del agua del Río Quindigua en los últimos años color, olor, turbidez, presencia de residuos? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Sí, deterioro muy notorio y permanente | <input type="checkbox"/> Sí, solo en épocas de lluvia intensa |
| <input type="checkbox"/> Leve deterioro, pero no es preocupante | <input type="checkbox"/> Sin cambios perceptibles |
| <input type="checkbox"/> Ha mejorado con el tiempo | <input type="checkbox"/> No utilizo / No observo el río |

| | |
|---|--|
| Pregunta 13 ¿Ha observado erosión de riberas, deslizamientos de tierra o pérdida de vegetación en el Río Quindigua en los últimos años? | |
| <input type="checkbox"/> Sí, erosión severa y muy visible | <input type="checkbox"/> Sí, erosión moderada en varios tramos |
| <input type="checkbox"/> Solo en los tramos cercanos a mi propiedad | <input checked="" type="checkbox"/> No he observado cambios significativos |
| <input type="checkbox"/> La vegetación ribereña ha desaparecido casi por completo | <input type="checkbox"/> No sé / No he prestado atención |

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS ADICIONALES:

FIRMA DEL ENCUSTADO/A

FIRMA DEL ENCUSTADOR/A

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

ENCUESTA COMUNITARIA

EVALUACIÓN DE LAS AFECTACIONES EN LAS INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO QUINDIGUA

Cantón la Mana – Provincia de Cotopaxi, Ecuador

INSTRUCCIONES PARA EL ENCUESTADO/A:

Estimado/a residente: Esta encuesta forma parte de una investigación para una tesis universitaria que tiene como objetivo evaluar las consecuencias sociales, económico y ambientales que genera el río Quindigua en su comunidad. Su colaboración es opcional y la información será tratada con total confidencialidad. Seleccione con una X o ✓ la(s) opción(es) que reflejan mejor su experiencia.

SECCIÓN 1 - INFORMACIÓN GENERAL DEL ENCUESTADO/A

| | | | | |
|--|-------------------------|--|---|------------------------------------|
| Nombre (opcional): Denis Yanuchala | Edad: 22 años | Género: <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> Otro | Sector/Barrio: Parroquia Pucayacu | Años en la zona: 22 años |
| Ocupación principal: <input type="checkbox"/> Agricultor <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Ganadero <input type="checkbox"/> Comerciante <input type="checkbox"/> Empleado <input type="checkbox"/> Otro: | | | Distancia aprox. de su vivienda al río: <input type="checkbox"/> < 50 m <input type="checkbox"/> 50-100 m <input type="checkbox"/> 100-300 m <input checked="" type="checkbox"/> > 300 m | |

SECCIÓN 2 – Impactos Causados Por Las Inundaciones En El Río Quindigua

| | |
|--|---|
| Pregunta 1 ¿Con qué regularidad ha vivido inundaciones debido al desbordamiento del Río Quindigua en su área? | |
| <input type="checkbox"/> Nunca | <input type="checkbox"/> Solo una vez en la vida |
| <input checked="" type="checkbox"/> Una vez cada varios años | <input type="checkbox"/> Una vez al año |
| <input type="checkbox"/> Varias veces al año (invierno) | <input type="checkbox"/> Cuando llueve intensamente |

| | |
|--|--|
| Pregunta 2 ¿Qué profundidad aproximada alcanzó el agua de la inundación dentro o en los alrededores de su hogar durante el evento más serio que recuerda? | |
| <input type="checkbox"/> No llego a mi vivienda | <input type="checkbox"/> Hasta los tobillos (< 20 cm) |
| <input type="checkbox"/> Hasta la rodilla (20-50 cm) | <input checked="" type="checkbox"/> Hasta la cintura (50-100 cm) |
| <input type="checkbox"/> Hasta el pecho (100-150 cm) | <input type="checkbox"/> Más de 150 cm |

| | |
|--|---|
| Pregunta 3 ¿Qué tipo de material y objeto fue arrastrado por el Río Quindigua durante la inundación afecto su hogar o cultivos? | |
| <input type="checkbox"/> Solo agua (sin sólidos visibles) | <input type="checkbox"/> Lodos y sedimentos finos |
| <input type="checkbox"/> Piedras y grava | <input checked="" type="checkbox"/> Troncos y vegetación arrastrada |
| <input type="checkbox"/> Basura y desechos | <input type="checkbox"/> Todas las anteriores |

| | |
|--|---|
| Pregunta 4 ¿Cuánto tiempo tardó la crecida del Río Quindigua en llegar a su casa o terreno desde el inicio de las fuertes lluvias? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Menos de 30 minutos | <input type="checkbox"/> Entre 30 min y 2 horas |
| <input type="checkbox"/> Entre 2 y 6 horas | <input type="checkbox"/> Mas de 6 horas |
| <input type="checkbox"/> El agua llega directa con lluvia local | <input type="checkbox"/> No lo podría identificar el tiempo |

| | |
|--|---|
| Pregunta 5 ¿Cuánto duró en promedio el agua de la inundación alrededor de su casa después de una inundación? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Menos de 12 horas | <input type="checkbox"/> Entre 12 y 24 horas |
| <input type="checkbox"/> Entre 1 y 3 días | <input type="checkbox"/> Entre 4 y 7 días |
| <input type="checkbox"/> Más de una semana | <input type="checkbox"/> No he sufrido inundaciones |

| | |
|---|--|
| Pregunta 6 ¿Durante qué época del año ocurren con mayor intensidad de las inundaciones de los Ríos Quindigua? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Enero - Marzo | <input type="checkbox"/> Abril - Julio |
| <input type="checkbox"/> Julio – Septiembre | <input type="checkbox"/> Octubre - Diciembre |
| <input type="checkbox"/> Todo el año por igual | <input type="checkbox"/> No sabría decir |

SECCIÓN 3 – PÉRDIDA SOCIALES

| | |
|---|---|
| Pregunta 7 ¿Algún miembro de su familia ha tenido que evacuar o irse de su hogar temporal por la crecida del Río Quindigua? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Sí, en múltiples ocasiones | <input type="checkbox"/> Sí, solo una vez |
| <input type="checkbox"/> Hemos estado en peligro, pero no evacuamos | <input type="checkbox"/> No, nunca hemos evacuado |
| <input type="checkbox"/> No aplica vivimos lejos del Río Quindigua | |

| | |
|--|--|
| Pregunta 8 ¿La crecida del Río Quindigua ha cerrado el acceso de su familia a los servicios básicos? | |
| <input type="checkbox"/> Agua potable (turbiedad / corte) | <input type="checkbox"/> Electricidad (corte suministro) |
| <input type="checkbox"/> Salud (no poder llegar al centro médico) | <input type="checkbox"/> Educación (cierre de instituciones) |
| <input type="checkbox"/> Vías / transporte (colapso vial) | <input checked="" type="checkbox"/> Todos los anteriores |

SECCIÓN 4 – PÉRDIDAS ECONÓMICAS

| | |
|--|--|
| Pregunta 9 ¿Cuántas hectáreas de cultivos, plátano, cacao, yuca, pastos ha perdido por las inundaciones en el Río Quindigua? | |
| <input type="checkbox"/> No tengo cultivos | <input type="checkbox"/> Menos de 0,5 ha |
| <input type="checkbox"/> Entre 0.5 y 1 ha | <input checked="" type="checkbox"/> Entre 1 y 3 ha |
| <input type="checkbox"/> Entre 3 y 5 ha | <input type="checkbox"/> Más de 5 ha |

| |
|--|
| Pregunta 10 ¿Cuál fue el nivel de daño económico total, casas, cultivos, animales y equipos en las fuertes inundaciones recientes? |
|--|

| | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Sin pérdidas significativas | <input type="checkbox"/> Pérdida leve: menos de \$200 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Pérdida moderada: \$200-\$1.000 | <input type="checkbox"/> Pérdida importante: \$1.000-\$5.000 |
| <input type="checkbox"/> Pérdida severa: \$5.000-\$10.000 | <input type="checkbox"/> Pérdida total: más de \$ 10.000 |

| | |
|---|--|
| Pregunta 11 ¿Ha recibido compensación económica o asistencia institucional estatal, municipio, ONG para la ayuda de recuperación de los daños causados en el Río Quindigua? | |
| <input type="checkbox"/> Sí, ayuda suficiente y oportuna | <input type="checkbox"/> Sí, pero fue insuficiente o tardía |
| <input type="checkbox"/> Solo recibí ayuda en especies víveres, ropa | <input checked="" type="checkbox"/> No recibí ningún tipo de ayuda |
| <input type="checkbox"/> No la solicité | <input type="checkbox"/> No sabe / No recuerda |

SECCIÓN 5 – AFECTACIONES AMBIENTALES

| | |
|--|--|
| Pregunta 12 ¿Ha notado algún cambio en la calidad del agua del Río Quindigua en los últimos años color, olor, turbidez, presencia de residuos? | |
| <input type="checkbox"/> Sí, deterioro muy notorio y permanente | <input type="checkbox"/> Sí, solo en épocas de lluvia intensa |
| <input type="checkbox"/> Leve deterioro, pero no es preocupante | <input type="checkbox"/> Sin cambios perceptibles |
| <input type="checkbox"/> Ha mejorado con el tiempo | <input checked="" type="checkbox"/> No utilizo / No observo el río |

| | |
|---|---|
| Pregunta 13 ¿Ha observado erosión de riberas, deslizamientos de tierra o pérdida de vegetación en el Río Quindigua en los últimos años? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Sí, erosión severa y muy visible | <input type="checkbox"/> Sí, erosión moderada en varios tramos |
| <input type="checkbox"/> Solo en los tramos cercanos a mi propiedad | <input type="checkbox"/> No he observado cambios significativos |
| <input type="checkbox"/> La vegetación ribereña ha desaparecido casi por completo | <input type="checkbox"/> No sé / No he prestado atención |

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS ADICIONALES:

FIRMA DEL ENCUSTADO/A

FIRMA DEL ENCUSTADOR/A

¡GRACIAS POR SU VALIOSA COLABORACIÓN CON ESTA INVESTIGACIÓN!

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

ENCUESTA COMUNITARIA

EVALUACIÓN DE LAS AFECTACIONES EN LAS INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO QUINDIGUA

Cantón la Mana – Provincia de Cotopaxi, Ecuador

INSTRUCCIONES PARA EL ENCUESTADO/A:

Estimado/a residente: Esta encuesta forma parte de una investigación para una tesis universitaria que tiene como objetivo evaluar las consecuencias sociales, económico y ambientales que genera el río Quindigua en su comunidad. Su colaboración es opcional y la información será tratada con total confidencialidad. Seleccione con una X o la(s) opción(es) que reflejan mejor su experiencia.

SECCIÓN 1 - INFORMACIÓN GENERAL DEL ENCUESTADO/A

| | | | | |
|---|-------------------------|--|---|------------------------------------|
| Nombre (opcional): Joselyn Esquivel | Edad: 28 años | Género: <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> Otro | Sector/Barrio: Parroquia Pucayacu | Años en la zona: 25 años |
| Ocupación principal: <input type="checkbox"/> Agricultor <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Ganadero <input checked="" type="checkbox"/> Comerciante <input type="checkbox"/> Empleado <input type="checkbox"/> Otro: | | | Distancia aprox. de su vivienda al río: <input type="checkbox"/> < 50 m <input type="checkbox"/> 50-100 m <input type="checkbox"/> 100-300 m <input checked="" type="checkbox"/> > 300 m | |

SECCIÓN 2 – Impactos Causados Por Las Inundaciones En El Río Quindigua

| | |
|---|---|
| Pregunta 1 ¿Con qué regularidad ha vivido inundaciones debido al desbordamiento del Río Quindigua en su área? | |
| <input type="checkbox"/> Nunca | <input type="checkbox"/> Solo una vez en la vida |
| <input checked="" type="checkbox"/> Una vez cada varios años | <input type="checkbox"/> Una vez al año |
| <input type="checkbox"/> Varias veces al año (invierno) | <input type="checkbox"/> Cuando llueve intensamente |

| | |
|---|---|
| Pregunta 2 ¿Qué profundidad aproximada alcanzó el agua de la inundación dentro o en los alrededores de su hogar durante el evento más serio que recuerda? | |
| <input type="checkbox"/> No llego a mi vivienda | <input type="checkbox"/> Hasta los tobillos (< 20 cm) |
| <input checked="" type="checkbox"/> Hasta la rodilla (20-50 cm) | <input type="checkbox"/> Hasta la cintura (50-100 cm) |
| <input type="checkbox"/> Hasta el pecho (100-150 cm) | <input type="checkbox"/> Más de 150 cm |

| | |
|---|--|
| Pregunta 3 ¿Qué tipo de material y objeto fue arrastrado por el Río Quindigua durante la inundación afecto su hogar o cultivos? | |
| <input type="checkbox"/> Solo agua (sin sólidos visibles) | <input checked="" type="checkbox"/> Lodos y sedimentos finos |
| <input type="checkbox"/> Piedras y grava | <input type="checkbox"/> Troncos y vegetación arrastrada |
| <input type="checkbox"/> Basura y desechos | <input type="checkbox"/> Todas las anteriores |

| | |
|--|---|
| Pregunta 4 ¿Cuánto tiempo tardó la crecida del Río Quindigua en llegar a su casa o terreno desde el inicio de las fuertes lluvias? | |
| <input type="checkbox"/> Menos de 30 minutos | <input type="checkbox"/> Entre 30 min y 2 horas |
| <input checked="" type="checkbox"/> Entre 2 y 6 horas | <input type="checkbox"/> Mas de 6 horas |
| <input type="checkbox"/> El agua llega directa con lluvia local | <input type="checkbox"/> No lo podría identificar el tiempo |

| | |
|--|---|
| Pregunta 5 ¿Cuánto duró en promedio el agua de la inundación alrededor de su casa después de una inundación? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Menos de 12 horas | <input type="checkbox"/> Entre 12 y 24 horas |
| <input type="checkbox"/> Entre 1 y 3 días | <input type="checkbox"/> Entre 4 y 7 días |
| <input type="checkbox"/> Más de una semana | <input type="checkbox"/> No he sufrido inundaciones |

| | |
|---|--|
| Pregunta 6 ¿Durante qué época del año ocurren con mayor intensidad de las inundaciones de los Ríos Quindigua? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Enero - Marzo | <input type="checkbox"/> Abril - Julio |
| <input type="checkbox"/> Julio – Septiembre | <input type="checkbox"/> Octubre - Diciembre |
| <input type="checkbox"/> Todo el año por igual | <input type="checkbox"/> No sabría decir |

SECCIÓN 3 – PÉRDIDA SOCIALES

| | |
|---|---|
| Pregunta 7 ¿Algún miembro de su familia ha tenido que evacuar o irse de su hogar temporal por la crecida del Río Quindigua? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Sí, en múltiples ocasiones | <input type="checkbox"/> Sí, solo una vez |
| <input type="checkbox"/> Hemos estado en peligro, pero no evacuamos | <input type="checkbox"/> No, nunca hemos evacuado |
| <input type="checkbox"/> No aplica vivimos lejos del Río Quindigua | |

| | |
|--|--|
| Pregunta 8 ¿La crecida del Río Quindigua ha cerrado el acceso de su familia a los servicios básicos? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Agua potable (turbiedad / corte) | <input type="checkbox"/> Electricidad (corte suministro) |
| <input type="checkbox"/> Salud (no poder llegar al centro médico) | <input type="checkbox"/> Educación (cierre de instituciones) |
| <input type="checkbox"/> Vías / transporte (colapso vial) | <input type="checkbox"/> Todos los anteriores |

SECCIÓN 4 – PÉRDIDAS ECONÓMICAS

| | |
|--|---|
| Pregunta 9 ¿Cuántas hectáreas de cultivos, plátano, cacao, yuca, pastos ha perdido por las inundaciones en el Río Quindigua? | |
| <input type="checkbox"/> No tengo cultivos | <input checked="" type="checkbox"/> Menos de 0,5 ha |
| <input type="checkbox"/> Entre 0,5 y 1 ha | <input type="checkbox"/> Entre 1 y 3 ha |
| <input type="checkbox"/> Entre 3 y 5 ha | <input type="checkbox"/> Más de 5 ha |

| |
|--|
| Pregunta 10 ¿Cuál fue el nivel de daño económico total, casas, cultivos, animales y equipos en las fuertes inundaciones recientes? |
|--|

| | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Sin pérdidas significativas | <input type="checkbox"/> Pérdida leve: menos de \$200 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Pérdida moderada: \$200-\$1.000 | <input type="checkbox"/> Pérdida importante: \$1.000-\$5.000 |
| <input type="checkbox"/> Pérdida severa: \$5.000-\$10.000 | <input type="checkbox"/> Pérdida total: más de \$ 10.000 |

| | |
|---|---|
| Pregunta 11 ¿Ha recibido compensación económica o asistencia institucional estatal, municipio, ONG para la ayuda de recuperación de los daños causados en el Río Quindigua? | |
| <input type="checkbox"/> Sí, ayuda suficiente y oportuna | <input type="checkbox"/> Sí, pero fue insuficiente o tardía |
| <input checked="" type="checkbox"/> Solo recibí ayuda en especies víveres, ropa | <input type="checkbox"/> No recibí ningún tipo de ayuda |
| <input type="checkbox"/> No la solicité | <input type="checkbox"/> No sabe / No recuerda |

SECCIÓN 5 – AFECTACIONES AMBIENTALES

| | |
|--|--|
| Pregunta 12 ¿Ha notado algún cambio en la calidad del agua del Río Quindigua en los últimos años color, olor, turbidez, presencia de residuos? | |
| <input type="checkbox"/> Sí, deterioro muy notorio y permanente | <input checked="" type="checkbox"/> Sí, solo en épocas de lluvia intensa |
| <input type="checkbox"/> Leve deterioro, pero no es preocupante | <input type="checkbox"/> Sin cambios perceptibles |
| <input type="checkbox"/> Ha mejorado con el tiempo | <input type="checkbox"/> No utilizo / No observo el río |

| | |
|---|--|
| Pregunta 13 ¿Ha observado erosión de riberas, deslizamientos de tierra o pérdida de vegetación en el Río Quindigua en los últimos años? | |
| <input type="checkbox"/> Sí, erosión severa y muy visible | <input type="checkbox"/> Sí, erosión moderada en varios tramos |
| <input type="checkbox"/> Solo en los tramos cercanos a mi propiedad | <input checked="" type="checkbox"/> No he observado cambios significativos |
| <input type="checkbox"/> La vegetación ribereña ha desaparecido casi por completo | <input type="checkbox"/> No sé / No he prestado atención |

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS ADICIONALES:

FIRMA DEL ENCUSTADO/A

FIRMA DEL ENCUSTADOR/A

¡GRACIAS POR SU VALIOSA COLABORACIÓN CON ESTA INVESTIGACIÓN!

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

ENCUESTA COMUNITARIA

EVALUACIÓN DE LAS AFECTACIONES EN LAS INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO QUINDIGUA

Cantón la Mana – Provincia de Cotopaxi, Ecuador

INSTRUCCIONES PARA EL ENCUESTADO/A:

Estimado/a residente: Esta encuesta forma parte de una investigación para una tesis universitaria que tiene como objetivo evaluar las consecuencias sociales, económico y ambientales que genera el río Quindigua en su comunidad. Su colaboración es opcional y la información será tratada con total confidencialidad. Seleccione con una X o la(s) opción(es) que reflejan mejor su experiencia.

SECCIÓN 1 - INFORMACIÓN GENERAL DEL ENCUESTADO/A

| | | | | |
|---|-------------------------|---|---|------------------------------------|
| Nombre (opcional): Carlos Mena | Edad: 29 años | Género: <input checked="" type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> F Otro | Sector/Barrio: Parroquia Pucayacu | Años en la zona: 29 años |
| Ocupación principal: <input type="checkbox"/> Agricultor <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Ganadero <input checked="" type="checkbox"/> Comerciante <input type="checkbox"/> Empleado <input type="checkbox"/> Otro: | | | Distancia aprox. de su vivienda al río: <input type="checkbox"/> < 50 m <input type="checkbox"/> 50-100 m <input checked="" type="checkbox"/> 100-300 m <input type="checkbox"/> > 300 m | |

SECCIÓN 2 – Impactos Causados Por Las Inundaciones En El Río Quindigua

| | |
|---|---|
| Pregunta 1 ¿Con qué regularidad ha vivido inundaciones debido al desbordamiento del Río Quindigua en su área? | |
| <input type="checkbox"/> Nunca | <input type="checkbox"/> Solo una vez en la vida |
| <input checked="" type="checkbox"/> Una vez cada varios años | <input type="checkbox"/> Una vez al año |
| <input type="checkbox"/> Varias veces al año (invierno) | <input type="checkbox"/> Cuando llueve intensamente |

| | |
|---|--|
| Pregunta 2 ¿Qué profundidad aproximada alcanzó el agua de la inundación dentro o en los alrededores de su hogar durante el evento más serio que recuerda? | |
| <input type="checkbox"/> No llego a mi vivienda | <input type="checkbox"/> Hasta los tobillos (< 20 cm) |
| <input type="checkbox"/> Hasta la rodilla (20-50 cm) | <input checked="" type="checkbox"/> Hasta la cintura (50-100 cm) |
| <input type="checkbox"/> Hasta el pecho (100-150 cm) | <input type="checkbox"/> Más de 150 cm |

| | |
|---|--|
| Pregunta 3 ¿Qué tipo de material y objeto fue arrastrado por el Río Quindigua durante la inundación afecto su hogar o cultivos? | |
| <input type="checkbox"/> Solo agua (sin sólidos visibles) | <input checked="" type="checkbox"/> Lodos y sedimentos finos |
| <input type="checkbox"/> Piedras y grava | <input type="checkbox"/> Troncos y vegetación arrastrada |
| <input type="checkbox"/> Basura y desechos | <input type="checkbox"/> Todas las anteriores |

| | |
|--|---|
| Pregunta 4 ¿Cuánto tiempo tardó la crecida del Río Quindigua en llegar a su casa o terreno desde el inicio de las fuertes lluvias? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Menos de 30 minutos | <input type="checkbox"/> Entre 30 min y 2 horas |
| <input type="checkbox"/> Entre 2 y 6 horas | <input type="checkbox"/> Mas de 6 horas |
| <input type="checkbox"/> El agua llega directa con lluvia local | <input type="checkbox"/> No lo podría identificar el tiempo |

| | |
|--|---|
| Pregunta 5 ¿Cuánto duró en promedio el agua de la inundación alrededor de su casa después de una inundación? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Menos de 12 horas | <input type="checkbox"/> Entre 12 y 24 horas |
| <input type="checkbox"/> Entre 1 y 3 días | <input type="checkbox"/> Entre 4 y 7 días |
| <input type="checkbox"/> Más de una semana | <input type="checkbox"/> No he sufrido inundaciones |

| | |
|---|--|
| Pregunta 6 ¿Durante qué época del año ocurren con mayor intensidad de las inundaciones de los Ríos Quindigua? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Enero - Marzo | <input type="checkbox"/> Abril - Julio |
| <input type="checkbox"/> Julio – Septiembre | <input type="checkbox"/> Octubre - Diciembre |
| <input type="checkbox"/> Todo el año por igual | <input type="checkbox"/> No sabría decir |

SECCIÓN 3 – PÉRDIDA SOCIALES

| | |
|---|---|
| Pregunta 7 ¿Algún miembro de su familia ha tenido que evacuar o irse de su hogar temporal por la crecida del Río Quindigua? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Sí, en múltiples ocasiones | <input type="checkbox"/> Sí, solo una vez |
| <input type="checkbox"/> Hemos estado en peligro, pero no evacuamos | <input type="checkbox"/> No, nunca hemos evacuado |
| <input type="checkbox"/> No aplica vivimos lejos del Río Quindigua | |

| | |
|--|--|
| Pregunta 8 ¿La crecida del Río Quindigua ha cerrado el acceso de su familia a los servicios básicos? | |
| <input type="checkbox"/> Agua potable (turbiedad / corte) | <input type="checkbox"/> Electricidad (corte suministro) |
| <input type="checkbox"/> Salud (no poder llegar al centro médico) | <input type="checkbox"/> Educación (cierre de instituciones) |
| <input type="checkbox"/> Vías / transporte (colapso vial) | <input checked="" type="checkbox"/> Todos los anteriores |

SECCIÓN 4 – PÉRDIDAS ECONÓMICAS

| | |
|--|--|
| Pregunta 9 ¿Cuántas hectáreas de cultivos, plátano, cacao, yuca, pastos ha perdido por las inundaciones en el Río Quindigua? | |
| <input type="checkbox"/> No tengo cultivos | <input type="checkbox"/> Menos de 0,5 ha |
| <input checked="" type="checkbox"/> Entre 0.5 y 1 ha | <input type="checkbox"/> Entre 1 y 3 ha |
| <input type="checkbox"/> Entre 3 y 5 ha | <input type="checkbox"/> Más de 5 ha |

| |
|--|
| Pregunta 10 ¿Cuál fue el nivel de daño económico total, casas, cultivos, animales y equipos en las fuertes inundaciones recientes? |
|--|

| | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Sin pérdidas significativas | <input type="checkbox"/> Pérdida leve: menos de \$200 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Pérdida moderada: \$200-\$1.000 | <input type="checkbox"/> Pérdida importante: \$1.000-\$5.000 |
| <input type="checkbox"/> Pérdida severa: \$5.000-\$10.000 | <input type="checkbox"/> Pérdida total: más de \$ 10.000 |

| | |
|---|---|
| Pregunta 11 ¿Ha recibido compensación económica o asistencia institucional estatal, municipio, ONG para la ayuda de recuperación de los daños causados en el Río Quindigua? | |
| <input type="checkbox"/> Sí, ayuda suficiente y oportuna | <input type="checkbox"/> Sí, pero fue insuficiente o tardía |
| <input checked="" type="checkbox"/> Solo recibí ayuda en especies víveres, ropa | <input type="checkbox"/> No recibí ningún tipo de ayuda |
| <input type="checkbox"/> No la solicité | <input type="checkbox"/> No sabe / No recuerda |

SECCIÓN 5 – AFECTACIONES AMBIENTALES

| | |
|--|--|
| Pregunta 12 ¿Ha notado algún cambio en la calidad del agua del Río Quindigua en los últimos años color, olor, turbidez, presencia de residuos? | |
| <input type="checkbox"/> Sí, deterioro muy notorio y permanente | <input type="checkbox"/> Sí, solo en épocas de lluvia intensa |
| <input type="checkbox"/> Leve deterioro, pero no es preocupante | <input type="checkbox"/> Sin cambios perceptibles |
| <input type="checkbox"/> Ha mejorado con el tiempo | <input checked="" type="checkbox"/> No utilizo / No observo el río |

| | |
|---|---|
| Pregunta 13 ¿Ha observado erosión de riberas, deslizamientos de tierra o pérdida de vegetación en el Río Quindigua en los últimos años? | |
| <input type="checkbox"/> Sí, erosión severa y muy visible | <input checked="" type="checkbox"/> Sí, erosión moderada en varios tramos |
| <input type="checkbox"/> Solo en los tramos cercanos a mi propiedad | <input type="checkbox"/> No he observado cambios significativos |
| <input type="checkbox"/> La vegetación ribereña ha desaparecido casi por completo | <input type="checkbox"/> No sé / No he prestado atención |

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS ADICIONALES:

FIRMA DEL ENCUSTADO/A

FIRMA DEL ENCUSTADOR/A

¡GRACIAS POR SU VALIOSA COLABORACIÓN CON ESTA INVESTIGACIÓN!

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

ENCUESTA COMUNITARIA

EVALUACIÓN DE LAS AFECTACIONES EN LAS INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO QUINDIGUA

Cantón la Mana – Provincia de Cotopaxi, Ecuador

INSTRUCCIONES PARA EL ENCUESTADO/A:

Estimado/a residente: Esta encuesta forma parte de una investigación para una tesis universitaria que tiene como objetivo evaluar las consecuencias sociales, económico y ambientales que genera el río Quindigua en su comunidad. Su colaboración es opcional y la información será tratada con total confidencialidad. Seleccione con una X o ✓ la(s) opción(es) que reflejan mejor su experiencia.

SECCIÓN 1 - INFORMACIÓN GENERAL DEL ENCUESTADO/A

| | | | | |
|--|-------------------------|--|---|------------------------------------|
| Nombre (opcional): Andrea Lara | Edad: 38 años | Género: <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> Otro | Sector/Barrio: Parroquia Pucayacu | Años en la zona: 38 años |
| Ocupación principal: <input type="checkbox"/> Agricultor <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Ganadero <input type="checkbox"/> Comerciante <input type="checkbox"/> Empleado <input type="checkbox"/> Otro: | | | Distancia aprox. de su vivienda al río: <input type="checkbox"/> < 50 m <input type="checkbox"/> 50-100 m <input checked="" type="checkbox"/> 100-300 m <input type="checkbox"/> > 300 m | |

SECCIÓN 2 – Impactos Causados Por Las Inundaciones En El Río Quindigua

| | |
|--|---|
| Pregunta 1 ¿Con qué regularidad ha vivido inundaciones debido al desbordamiento del Río Quindigua en su área? | |
| <input type="checkbox"/> Nunca | <input type="checkbox"/> Solo una vez en la vida |
| <input checked="" type="checkbox"/> Una vez cada varios años | <input type="checkbox"/> Una vez al año |
| <input type="checkbox"/> Varias veces al año (invierno) | <input type="checkbox"/> Cuando llueve intensamente |

| | |
|--|---|
| Pregunta 2 ¿Qué profundidad aproximada alcanzó el agua de la inundación dentro o en los alrededores de su hogar durante el evento más serio que recuerda? | |
| <input type="checkbox"/> No llego a mi vivienda | <input type="checkbox"/> Hasta los tobillos (< 20 cm) |
| <input checked="" type="checkbox"/> Hasta la rodilla (20-50 cm) | <input type="checkbox"/> Hasta la cintura (50-100 cm) |
| <input type="checkbox"/> Hasta el pecho (100-150 cm) | <input type="checkbox"/> Más de 150 cm |

| | |
|--|--|
| Pregunta 3 ¿Qué tipo de material y objeto fue arrastrado por el Río Quindigua durante la inundación afecto su hogar o cultivos? | |
| <input type="checkbox"/> Solo agua (sin sólidos visibles) | <input type="checkbox"/> Lodos y sedimentos finos |
| <input type="checkbox"/> Piedras y grava | <input type="checkbox"/> Troncos y vegetación arrastrada |
| <input type="checkbox"/> Basura y desechos | <input checked="" type="checkbox"/> Todas las anteriores |

| | |
|--|---|
| Pregunta 4 ¿Cuánto tiempo tardó la crecida del Río Quindigua en llegar a su casa o terreno desde el inicio de las fuertes lluvias? | |
| <input type="checkbox"/> Menos de 30 minutos | <input checked="" type="checkbox"/> Entre 30 min y 2 horas |
| <input type="checkbox"/> Entre 2 y 6 horas | <input type="checkbox"/> Mas de 6 horas |
| <input type="checkbox"/> El agua llega directa con lluvia local | <input type="checkbox"/> No lo podría identificar el tiempo |

| | |
|--|---|
| Pregunta 5 ¿Cuánto duró en promedio el agua de la inundación alrededor de su casa después de una inundación? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Menos de 12 horas | <input type="checkbox"/> Entre 12 y 24 horas |
| <input type="checkbox"/> Entre 1 y 3 días | <input type="checkbox"/> Entre 4 y 7 días |
| <input type="checkbox"/> Más de una semana | <input type="checkbox"/> No he sufrido inundaciones |

| | |
|---|--|
| Pregunta 6 ¿Durante qué época del año ocurren con mayor intensidad de las inundaciones de los Ríos Quindigua? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Enero - Marzo | <input type="checkbox"/> Abril - Julio |
| <input type="checkbox"/> Julio – Septiembre | <input type="checkbox"/> Octubre - Diciembre |
| <input type="checkbox"/> Todo el año por igual | <input type="checkbox"/> No sabría decir |

SECCIÓN 3 – PÉRDIDA SOCIALES

| | |
|---|---|
| Pregunta 7 ¿Algún miembro de su familia ha tenido que evacuar o irse de su hogar temporal por la crecida del Río Quindigua? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Sí, en múltiples ocasiones | <input type="checkbox"/> Sí, solo una vez |
| <input type="checkbox"/> Hemos estado en peligro, pero no evacuamos | <input type="checkbox"/> No, nunca hemos evacuado |
| <input type="checkbox"/> No aplica vivimos lejos del Río Quindigua | |

| | |
|--|--|
| Pregunta 8 ¿La crecida del Río Quindigua ha cerrado el acceso de su familia a los servicios básicos? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Agua potable (turbiedad / corte) | <input type="checkbox"/> Electricidad (corte suministro) |
| <input type="checkbox"/> Salud (no poder llegar al centro médico) | <input type="checkbox"/> Educación (cierre de instituciones) |
| <input type="checkbox"/> Vías / transporte (colapso vial) | <input type="checkbox"/> Todos los anteriores |

SECCIÓN 4 – PÉRDIDAS ECONÓMICAS

| | |
|--|--|
| Pregunta 9 ¿Cuántas hectáreas de cultivos, plátano, cacao, yuca, pastos ha perdido por las inundaciones en el Río Quindigua? | |
| <input type="checkbox"/> No tengo cultivos | <input type="checkbox"/> Menos de 0,5 ha |
| <input checked="" type="checkbox"/> Entre 0.5 y 1 ha | <input type="checkbox"/> Entre 1 y 3 ha |
| <input type="checkbox"/> Entre 3 y 5 ha | <input type="checkbox"/> Más de 5 ha |

| |
|--|
| Pregunta 10 ¿Cuál fue el nivel de daño económico total, casas, cultivos, animales y equipos en las fuertes inundaciones recientes? |
|--|

| | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Sin pérdidas significativas | <input type="checkbox"/> Pérdida leve: menos de \$200 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Pérdida moderada: \$200-\$1.000 | <input type="checkbox"/> Pérdida importante: \$1.000-\$5.000 |
| <input type="checkbox"/> Pérdida severa: \$5.000-\$10.000 | <input type="checkbox"/> Pérdida total: más de \$ 10.000 |

| | |
|---|---|
| Pregunta 11 ¿Ha recibido compensación económica o asistencia institucional estatal, municipio, ONG para la ayuda de recuperación de los daños causados en el Río Quindigua? | |
| <input type="checkbox"/> Sí, ayuda suficiente y oportuna | <input type="checkbox"/> Sí, pero fue insuficiente o tardía |
| <input checked="" type="checkbox"/> Solo recibí ayuda en especies víveres, ropa | <input type="checkbox"/> No recibí ningún tipo de ayuda |
| <input type="checkbox"/> No la solicité | <input type="checkbox"/> No sabe / No recuerda |

SECCIÓN 5 – AFECTACIONES AMBIENTALES

| | |
|--|--|
| Pregunta 12 ¿Ha notado algún cambio en la calidad del agua del Río Quindigua en los últimos años color, olor, turbidez, presencia de residuos? | |
| <input type="checkbox"/> Sí, deterioro muy notorio y permanente | <input checked="" type="checkbox"/> Sí, solo en épocas de lluvia intensa |
| <input type="checkbox"/> Leve deterioro, pero no es preocupante | <input type="checkbox"/> Sin cambios perceptibles |
| <input type="checkbox"/> Ha mejorado con el tiempo | <input type="checkbox"/> No utilizo / No observo el río |

| | |
|---|--|
| Pregunta 13 ¿Ha observado erosión de riberas, deslizamientos de tierra o pérdida de vegetación en el Río Quindigua en los últimos años? | |
| <input type="checkbox"/> Sí, erosión severa y muy visible | <input type="checkbox"/> Sí, erosión moderada en varios tramos |
| <input type="checkbox"/> Solo en los tramos cercanos a mi propiedad | <input checked="" type="checkbox"/> No he observado cambios significativos |
| <input type="checkbox"/> La vegetación ribereña ha desaparecido casi por completo | <input type="checkbox"/> No sé / No he prestado atención |

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS ADICIONALES:

FIRMA DEL ENCUSTADO/A

FIRMA DEL ENCUSTADOR/A

¡GRACIAS POR SU VALIOSA COLABORACIÓN CON ESTA INVESTIGACIÓN!

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

ENCUESTA COMUNITARIA

EVALUACIÓN DE LAS AFECTACIONES EN LAS INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO QUINDIGUA

Cantón la Mana – Provincia de Cotopaxi, Ecuador

INSTRUCCIONES PARA EL ENCUESTADO/A:

Estimado/a residente: Esta encuesta forma parte de una investigación para una tesis universitaria que tiene como objetivo evaluar las consecuencias sociales, económico y ambientales que genera el río Quindigua en su comunidad. Su colaboración es opcional y la información será tratada con total confidencialidad. Seleccione con una X o la(s) opción(es) que reflejan mejor su experiencia.

SECCIÓN 1 - INFORMACIÓN GENERAL DEL ENCUESTADO/A

| | | | | |
|--|-------------------------|--|---|------------------------------------|
| Nombre (opcional): Miguel Salazar | Edad: 51 años | Género: <input checked="" type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> Otro | Sector/Barrio: Parroquia Pucayacu | Años en la zona: 51 años |
| Ocupación principal: <input type="checkbox"/> Agricultor <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Ganadero <input type="checkbox"/> Comerciante <input type="checkbox"/> Empleado <input type="checkbox"/> Otro: | | | Distancia aprox. de su vivienda al río: <input type="checkbox"/> < 50 m <input type="checkbox"/> 50-100 m <input checked="" type="checkbox"/> 100-300 m <input type="checkbox"/> > 300 m | |

SECCIÓN 2 – Impactos Causados Por Las Inundaciones En El Río Quindigua

| | |
|--|--|
| Pregunta 1 ¿Con qué regularidad ha vivido inundaciones debido al desbordamiento del Río Quindigua en su área? | |
| <input type="checkbox"/> Nunca | <input type="checkbox"/> Solo una vez en la vida |
| <input type="checkbox"/> Una vez cada varios años | <input type="checkbox"/> Una vez al año |
| <input type="checkbox"/> Varias veces al año (invierno) | <input checked="" type="checkbox"/> Cuando llueve intensamente |

| | |
|--|---|
| Pregunta 2 ¿Qué profundidad aproximada alcanzó el agua de la inundación dentro o en los alrededores de su hogar durante el evento más serio que recuerda? | |
| <input type="checkbox"/> No llego a mi vivienda | <input type="checkbox"/> Hasta los tobillos (< 20 cm) |
| <input checked="" type="checkbox"/> Hasta la rodilla (20-50 cm) | <input type="checkbox"/> Hasta la cintura (50-100 cm) |
| <input type="checkbox"/> Hasta el pecho (100-150 cm) | <input type="checkbox"/> Más de 150 cm |

| | |
|--|--|
| Pregunta 3 ¿Qué tipo de material y objeto fue arrastrado por el Río Quindigua durante la inundación afecto su hogar o cultivos? | |
| <input type="checkbox"/> Solo agua (sin sólidos visibles) | <input type="checkbox"/> Lodos y sedimentos finos |
| <input checked="" type="checkbox"/> Piedras y grava | <input type="checkbox"/> Troncos y vegetación arrastrada |
| <input type="checkbox"/> Basura y desechos | <input type="checkbox"/> Todas las anteriores |

| | |
|--|---|
| Pregunta 4 ¿Cuánto tiempo tardó la crecida del Río Quindigua en llegar a su casa o terreno desde el inicio de las fuertes lluvias? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Menos de 30 minutos | <input type="checkbox"/> Entre 30 min y 2 horas |
| <input type="checkbox"/> Entre 2 y 6 horas | <input type="checkbox"/> Mas de 6 horas |
| <input type="checkbox"/> El agua llega directa con lluvia local | <input type="checkbox"/> No lo podría identificar el tiempo |

| | |
|--|---|
| Pregunta 5 ¿Cuánto duró en promedio el agua de la inundación alrededor de su casa después de una inundación? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Menos de 12 horas | <input type="checkbox"/> Entre 12 y 24 horas |
| <input type="checkbox"/> Entre 1 y 3 días | <input type="checkbox"/> Entre 4 y 7 días |
| <input type="checkbox"/> Más de una semana | <input type="checkbox"/> No he sufrido inundaciones |

| | |
|---|--|
| Pregunta 6 ¿Durante qué época del año ocurren con mayor intensidad de las inundaciones de los Ríos Quindigua? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Enero - Marzo | <input type="checkbox"/> Abril - Julio |
| <input type="checkbox"/> Julio – Septiembre | <input type="checkbox"/> Octubre - Diciembre |
| <input type="checkbox"/> Todo el año por igual | <input type="checkbox"/> No sabría decir |

SECCIÓN 3 – PÉRDIDA SOCIALES

| | |
|---|---|
| Pregunta 7 ¿Algún miembro de su familia ha tenido que evacuar o irse de su hogar temporal por la crecida del Río Quindigua? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Sí, en múltiples ocasiones | <input type="checkbox"/> Sí, solo una vez |
| <input type="checkbox"/> Hemos estado en peligro, pero no evacuamos | <input type="checkbox"/> No, nunca hemos evacuado |
| <input type="checkbox"/> No aplica vivimos lejos del Río Quindigua | |

| | |
|--|--|
| Pregunta 8 ¿La crecida del Río Quindigua ha cerrado el acceso de su familia a los servicios básicos? | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Agua potable (turbiedad / corte) | <input type="checkbox"/> Electricidad (corte suministro) |
| <input type="checkbox"/> Salud (no poder llegar al centro médico) | <input type="checkbox"/> Educación (cierre de instituciones) |
| <input type="checkbox"/> Vías / transporte (colapso vial) | <input type="checkbox"/> Todos los anteriores |

SECCIÓN 4 – PÉRDIDAS ECONÓMICAS

| | |
|--|--|
| Pregunta 9 ¿Cuántas hectáreas de cultivos, plátano, cacao, yuca, pastos ha perdido por las inundaciones en el Río Quindigua? | |
| <input type="checkbox"/> No tengo cultivos | <input type="checkbox"/> Menos de 0,5 ha |
| <input checked="" type="checkbox"/> Entre 0.5 y 1 ha | <input type="checkbox"/> Entre 1 y 3 ha |
| <input type="checkbox"/> Entre 3 y 5 ha | <input type="checkbox"/> Más de 5 ha |

| |
|--|
| Pregunta 10 ¿Cuál fue el nivel de daño económico total, casas, cultivos, animales y equipos en las fuertes inundaciones recientes? |
|--|

| | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Sin pérdidas significativas | <input type="checkbox"/> Pérdida leve: menos de \$200 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Pérdida moderada: \$200-\$1.000 | <input type="checkbox"/> Pérdida importante: \$1.000-\$5.000 |
| <input type="checkbox"/> Pérdida severa: \$5.000-\$10.000 | <input type="checkbox"/> Pérdida total: más de \$ 10.000 |

| | |
|---|---|
| Pregunta 11 ¿Ha recibido compensación económica o asistencia institucional estatal, municipio, ONG para la ayuda de recuperación de los daños causados en el Río Quindigua? | |
| <input type="checkbox"/> Sí, ayuda suficiente y oportuna | <input type="checkbox"/> Sí, pero fue insuficiente o tardía |
| <input checked="" type="checkbox"/> Solo recibí ayuda en especies víveres, ropa | <input type="checkbox"/> No recibí ningún tipo de ayuda |
| <input type="checkbox"/> No la solicité | <input type="checkbox"/> No sabe / No recuerda |

SECCIÓN 5 – AFECTACIONES AMBIENTALES

| | |
|--|--|
| Pregunta 12 ¿Ha notado algún cambio en la calidad del agua del Río Quindigua en los últimos años color, olor, turbidez, presencia de residuos? | |
| <input type="checkbox"/> Sí, deterioro muy notorio y permanente | <input checked="" type="checkbox"/> Sí, solo en épocas de lluvia intensa |
| <input type="checkbox"/> Leve deterioro, pero no es preocupante | <input type="checkbox"/> Sin cambios perceptibles |
| <input type="checkbox"/> Ha mejorado con el tiempo | <input type="checkbox"/> No utilizo / No observo el río |

| | |
|---|--|
| Pregunta 13 ¿Ha observado erosión de riberas, deslizamientos de tierra o pérdida de vegetación en el Río Quindigua en los últimos años? | |
| <input type="checkbox"/> Sí, erosión severa y muy visible | <input type="checkbox"/> Sí, erosión moderada en varios tramos |
| <input type="checkbox"/> Solo en los tramos cercanos a mi propiedad | <input checked="" type="checkbox"/> No he observado cambios significativos |
| <input type="checkbox"/> La vegetación ribereña ha desaparecido casi por completo | <input type="checkbox"/> No sé / No he prestado atención |

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS ADICIONALES:

FIRMA DEL ENCUESTADO/A

FIRMA DEL ENCUESTADOR/A

¡GRACIAS POR SU VALIOSA COLABORACIÓN CON ESTA INVESTIGACIÓN!