



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
ESCUELA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

ANÁLISIS DE RIESGOS AMBIENTALES DEL RÍO AJAVÍ

CINTHYA STEFANY ANDRADE GAVILIMA

TUTOR: MGS. PAOLA ALEXANDRA CHÁVEZ GUERRERO

IBARRA – ECUADOR

AGOSTO, 2025

Ibarra, 25 de julio de 2025

CERTIFICACIÓN TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de integración curricular titulado: ANÁLISIS DE RIESGOS AMBIENTALES DEL RÍO AJAVÍ, presentado por el estudiante CINTHYA STEFANY ANDRADE GAVILIMA con cédula de ciudadanía N° 100485723-9, para obtener el Título de Ingeniera Ambiental.

Certifico que el trabajo cumple con todos los parámetros establecidos, mediante el cual el estudiante demuestra el desarrollo de competencias en el campo de conocimiento de su profesión con un nivel de argumentación coherente, para ser sometido a la evaluación por parte de los lectores.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de originalidad de TURNITIN.



(f):
Mgs. Paola Alexandra Chávez Guerrero
TUTOR DE TRABAJO
C.C.: 1002744090

PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El tribunal examinador, aprueba el presente trabajo en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ibarra:

(f):.....



Mgs. Paola Alexandra Chávez Guerrero

C.C.: 1002744090

(f):.....



PhD. Rubén del Toro Déniz

C.C. 1757544471

(f):.....



Mgs. Diego MEJÍA

C.C.: 1001912961

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo, *Cintha Stefany Andrade Gavilima*, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 del Código Orgánico de Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derechos de disponer de sus derechos o autorizar las utilidades de sus obras o prestaciones a título gratuito y oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 21 de agosto de 2025

(f):_



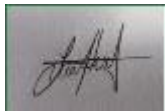
Cintha Stefany Andrade Gavilima

C.C.: 100485723-9

AUTORÍA

Yo, *Cintha Stefany Andrade Gavilima*, portadora de la cedula de ciudadanía N°100485723-9, declaro que el presente trabajo de investigación es de total responsabilidad de la autora, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.

(f):



Cintha Stefany Andrade Gavilima

C.C.: 100485723-9

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, con el corazón lleno de gratitud y amor, a mi madre Elizabeth Gavilima y a mi padre Franklin Andrade, quienes han sido mi sostén inquebrantable a lo largo de esta travesía universitaria. Su amor infinito, su sacrificio silencioso, su paciencia y su fe en mí han sido los cimientos sobre los que he construido cada logro. Gracias a ellos, soy quien soy hoy.

A mi querida abuelita Elena, quien fue la primera en creer en mis sueños incluso cuando yo mismo dudaba. Su ternura, sus palabras de aliento y su abrazo constante me sostuvieron en los momentos más difíciles; sin ella, este camino habría sido mucho más duro.

A mi hermana Katherine, quien, a pesar de su juventud, me ha enseñado que la sabiduría no tiene edad. Su luz, su alegría y sus lecciones de vida me han impulsado a ser una mejor versión de mí mismo.

A Estefania Reina ya quien fue también mi guía y mi seguridad en todo este proceso, la que me aconsejó de la mejor manera, sin ella todo esto no pudo haber sido posible.

Y a mi mejor amigo Esteban, quien estuvo a mi lado en cada paso de este viaje, recordándome en los días grises que rendirse nunca es una opción, que cada caída es solo una oportunidad para levantarse más fuerte.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por el regalo de la vida y la salud, que me han permitido avanzar con firmeza y esperanza en este camino.

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, por abrirme sus puertas y brindarme no solo una formación académica de excelencia, sino también valores que llevaré conmigo a lo largo de toda mi vida.

A la MSc. Paola Chávez, quien con su guía, dedicación y apoyo constante ha sido un pilar fundamental en el desarrollo de este trabajo de titulación, acompañándome en cada etapa del proceso.

Extiendo mi más sincero agradecimiento al MSc. Diego Mejía, al Dr. Rubén del Toro y al Dr. Valdemar Andrade, por haber sido guías fundamentales a lo largo de este proceso. Su conocimiento, orientación y confianza fueron esenciales para superar los desafíos y enriquecer mi trabajo desde una perspectiva profesional y humana. Gracias por compartir su experiencia y por haber creído en mi capacidad de lograr este objetivo.

A mis amigos, tanto dentro como fuera de la universidad, quienes, con su aliento y compañía, me motivaron a no rendirme y a seguir adelante incluso en los momentos más desafiantes.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	iii
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS.....	iv
AUTORIA.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
CAPITULO I.....	1
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO II.....	3
OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo General:	3
2.2 Objetivos Específicos:.....	3
2.3 Pregunta de Investigación	3
CAPITULO III.....	4
ESTADO DEL ARTE	4
3.1 Análisis de amenaza de riesgos ambientales.....	4
3.2 Componentes del riesgo.	5
3.3 Análisis de vulnerabilidad de la población ante ocurrencia de riesgos ambientales	7
3.4 Afectaciones ambientales, sociales y económicas debido a ocurrencia de riesgos ambientales	9
3.4.1 Riesgos ambientales de un río.....	11
3.4.2 Respuestas ante situaciones de ocurrencia	13
3.4.3 Registros históricos de riesgos ambientales ocurridos	15
3.4.4 Monitoreo y Evaluación de riesgos.....	15
3.4.5 Contexto Geográfico y Geomorfológico.....	17
3.4.6 Identificación de Zonas de Riesgo	17
3.5 Sistemas de Información Geográfica para desarrollo de mapas de riesgos.....	17
3.5.1 Factores que intervienen en la creación de mapas de riesgos	18
3.5.2 Identificación y Caracterización de Amenazas	19
3.5.3 Análisis de Vulnerabilidad y Exposición.....	19
3.5.4 Integración de Datos en Sistemas de Información Geográfica (SIG)	19

CAPITULO IV	22
MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
4.1 Análisis histórico del clima e inundaciones	22
4.2 Análisis de Amenaza.....	23
4.3. Análisis de Vulnerabilidad.....	24
4.4 Elaboración de Mapas	24
4.5 Propuesta de Medidas de Gestión del Riesgo	25
CAPITULO V.....	27
RESULTADOS Y DISCUSION.....	27
5.1. Análisis histórico de eventos hidrológicos.....	27
5.1.1. Análisis de Precipitación (2009-2023).....	27
5.1.2 Análisis de precipitación por meses	27
5.2. Análisis geoespacial del área de estudio.	46
5.2.1. Identificación del área.	46
5.2.2 Identificación de eventos.....	47
5.2.3. Concentración de eventos.	48
5.2.4. Mapa de microcuencas.....	49
5.2.5. Modelo Digital de Elevación (MDE).....	50
5.2.6. Mapa de pendientes.....	52
5.2.7. Mapa de Uso y Cobertura	53
5.2.8. Mapa de Amenazas de inundación.....	54
5.2.9. Mapa de densidad poblacional.....	55
5.2.10 Mapa de cobertura de servicios básicos	56
5.2.11 Mapa de calidad de infraestructura	57
5.2.12. Mapa de nivel socioeconómico.....	58
5.2.13. Mapa de vulnerabilidad.....	59
5.3. Propuestas de prevención de riesgos ambientales del río Ajaví.....	64
5.3.1. Medidas estructurales.....	64
5.3.2. Medidas no estructurales.....	65
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
CONCLUSIONES.....	69
RECOMENDACIONES.....	70
BIBLIOGRAFÍA.....	72
ANEXOS	83
ANEXO 1. Precipitación mensual y total acumulada por año (2009–2023); Error! Marcador no definido.	
ANEXO 2. Modelización en HEC-RAS	Error! Marcador no definido.
ANEXO 3. Asignación de valores para el álgebra de mapas de vulnerabilidad	Error!

Marcador no definido.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Aplicación de metodologías de evaluación de riesgos	16
Tabla 2. Comparación de análisis climático anual	43
Tabla 3. Serie de máximos anuales	44
Tabla 4. Precipitación estimada para cada período de retorno	45
Tabla 5. Categorización de los valores resultantes en el mapa de vulnerabilidad.....	59
Tabla 6. Nivel de vulnerabilidad por sectores afectados	61
Tabla 7. Categorización de los valores resultantes en el mapa de riesgos de inundación	61
Tabla 8. Nivel de riesgo por sectores afectados	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Datos primer cuatrimestre 2009-2023 en la ciudad de Ibarra.....	28
Figura 2. Datos segundo cuatrimestre 2009-2023 en la ciudad de Ibarra	29
Figura 3 Datos tercer cuatrimestre 2009-2023 en la ciudad de Ibarra.....	30
Figura 4 Diagrama ombrotérmico año 2009.....	31
Figura 5 Diagrama ombrotérmico año 2010.....	32
Figura 6. Diagrama ombrotérmico año 2011.....	33
Figura 7. Diagrama ombrotérmico año 2012.....	34
Figura 8 Diagrama ombrotérmico año 2013.....	35
Figura 9 Diagrama ombrotérmico año 2014.....	36
Figura 10 Diagrama ombrotérmico año 2015.....	36
Figura 11 Diagrama ombrotérmico año 2016.....	37
Figura 12 Diagrama ombrotérmico año 2017.....	38
Figura 13 Diagrama ombrotérmico año 2018.....	38
Figura 14 Diagrama ombrotérmico año 2019.....	39
Figura 15 Diagrama ombrotérmico año 2020.....	40
Figura 16 Diagrama ombrotérmico año 2021.....	40
Figura 17 Diagrama ombrotérmico año 2022.....	41
Figura 18 Diagrama ombrotérmico año 2023.....	42
Figura 19 Diagrama ombrotérmico 2009-2023	42
Figura 20 Curva de frecuencia de precipitación	46
Figura 21 Mapa de identificación del área	47
Figura 22 Mapa de eventos de inundación.....	48
Figura 23 Mapa de concentración de eventos de inundación	49
Figura 24 Mapa de microcuencas	50
Figura 25 Modelo digital de elevación.....	51
Figura 26 Mapa de pendientes	52
Figura 27 Mapa de uso y cobertura	53
Figura 28 Mapa de Amenazas de inundación.....	54
Figura 29 Mapa de densidad poblacional.....	55
Figura 30 Mapa de cobertura de servicios básicos.....	56
Figura 31 Mapa de calidad de infraestructura	57
Figura 32 Mapa de nivel socioeconómico	58
Figura 33 Mapa de vulnerabilidad de la población	60

Figura 34 *Mapa de riesgo de inundación*..... 62

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Precipitación mensual y total acumulada por año (2009–2023)	83
ANEXO 2. <i>Modelización en HEC-RAS</i>	84
ANEXO 3. <i>Asignación de valores para el álgebra de mapas de vulnerabilidad</i>	81

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal analizar los riesgos ambientales generados por el río Ajaví y sus impactos sobre la población del cantón Ibarra, provincia de Imbabura. Para ello, se identificaron los eventos de desbordamiento ocurridos durante las últimas tres décadas y se evaluaron los factores físicos, sociales y climáticos que contribuyen a la vulnerabilidad del territorio. Se aplicaron herramientas de análisis histórico, cartografía temática mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) y estadísticas descriptivas, que permitieron delimitar zonas de amenaza y establecer niveles de riesgo. Los resultados muestran que sectores como Pílanquí y el redondel Ajaví presentan alta susceptibilidad a inundaciones, especialmente durante los meses de abril, mayo, octubre y diciembre, coincidiendo con picos de precipitación superiores a los 100 mm. Asimismo, se evidenció que la expansión urbana sin planificación, la obsolescencia del sistema de drenaje pluvial y la pérdida de cobertura vegetal han incrementado la escorrentía superficial y el riesgo de desbordamientos. Como resultado, se proponen medidas estructurales, como la construcción de diques y el rediseño del colector Ajaví, y no estructurales, como la reforestación de riberas, el ordenamiento territorial y la implementación de sistemas de alerta temprana. Este estudio proporciona insumos clave para la gestión del riesgo hídrico y la planificación urbana sostenible en Ibarra.

Palabras clave: riesgo ambiental, inundaciones, escorrentía superficial, río Ajaví, SIG.

ABSTRACT

This research aims to analyze the environmental risks caused by the Ajaví River and their impacts on the population of Ibarra, Imbabura province. To achieve this, flood events over the past three decades were identified, and the physical, social, and climatic factors contributing to territorial vulnerability were evaluated. Historical analysis tools, thematic cartography using Geographic Information Systems (GIS), and descriptive statistics were applied to delimit threat zones and define risk levels. The findings indicate that areas such as Pílanquí and the Ajaví roundabout are highly susceptible to flooding, especially in April, May, October, and December, when precipitation peaks exceed 100 mm. Moreover, unplanned urban expansion, an outdated stormwater drainage system, and the loss of vegetation cover have increased surface runoff and the likelihood of river overflows. Consequently, both structural measures—such as levee construction and redesign of the Ajaví collector—and non-structural strategies—such as riparian reforestation, land-use planning, and early warning systems—are proposed. This study provides essential input for water risk management and sustainable urban planning in Ibarra.

Keywords: environmental risk, flooding, surface runoff, Ajaví River, GIS.

CAPITULO I

INTRODUCCION

La ciudad de Ibarra se localiza en la provincia de Imbabura, atraviesa una compleja problemática ambiental relacionada con el río Ajaví, uno de los principales afluentes de la subcuenca del Tahuando. Históricamente, el crecimiento urbano de Ibarra se organizó en torno a este cuerpo de agua, conformando una identidad urbana vinculada al recurso hídrico. Sin embargo, el crecimiento acelerado, la falta de planificación territorial y el desbordamiento de la capacidad del sistema de drenaje han provocado inundaciones recurrentes que amenazan la seguridad de la población, especialmente en zonas vulnerables como Pilanquí y el redondel Ajaví (Benavides., 2023).

La obsolescencia del colector construido en 1989, sumada a la convergencia de varias quebradas y al uso inadecuado del cauce natural para el transporte de lodos y escombros, ha incrementado el riesgo ambiental y social. La presente investigación es fundamental para comprender la magnitud del riesgo ambiental asociado al río Ajaví, dado que permite identificar las fallas estructurales y de gestión que han contribuido a esta situación crónica. Además, posibilita la formulación de estrategias de prevención y mitigación que fortalezcan la resiliencia urbana y promuevan un desarrollo territorial sostenible. Esta problemática, que afecta directamente a la infraestructura, la economía y la calidad de vida de los habitantes, requiere de soluciones integrales basadas en un análisis riguroso del riesgo ambiental (Ramírez, 2013).

El estudio tiene como objetivo principal analizar los riesgos ambientales generados por el río Ajaví y sus impactos sobre la población, considerando los aspectos sociales, físicos y ambientales involucrados. A nivel específico, se abordó la identificación de puntos críticos con susceptibilidad a deslizamientos, el análisis de las causas del desbordamiento del río y la generación de propuestas para prevenir futuros deslaves e inundaciones (Perez, 2025).

Para alcanzar estos objetivos, se recopiló información secundaria mediante la revisión de fuentes documentales (artículos científicos, anuarios climáticos, informes municipales y noticias de medios locales), y se elaboró una base de datos de eventos hidrometeorológicos ocurridos en los últimos 23 años. Se utilizaron métodos cualitativos y cuantitativos, como la cartografía temática con SIG para determinar zonas de amenaza

y vulnerabilidad, así como herramientas de análisis estadístico descriptivo. Se aplicó un modelo de riesgo ambiental combinando variables como la pendiente, el uso de suelo, la densidad poblacional y el historial de inundaciones. Las variables clave a analizar incluyen: caudal, precipitación, pendientes topográficas, densidad poblacional, cobertura vegetal y estructura del sistema de drenaje. Con esto se espera identificar las principales causas del riesgo ambiental y delimitar con precisión las zonas más afectadas. Esto permitirá medir el grado de amenaza y vulnerabilidad de las diferentes áreas urbanas y generar propuestas de manejo territorial adaptadas a las condiciones locales (Peralta, Ana María Lucero, 2020).

Finalmente, la investigación permite establecer conclusiones orientadas a mejorar la planificación urbana y la gestión integral del recurso hídrico en Ibarra.

CAPITULO II

OBJETIVOS

2.1 Objetivo General:

Analizar los riesgos ambientales del río Ajaví y sus consecuencias a la población.

2.2 Objetivos Específicos:

- Identificar los eventos de desbordamiento que se han suscitado en las últimas tres décadas
- Determinar los aspectos que hacen susceptible de riesgos ambientales al río Ajaví
- Generar propuestas de prevención de riesgos ambientales del río Ajaví.

2.3 Pregunta de Investigación

¿Cuáles son los riesgos ambientales que presenta el río Ajaví?

CAPITULO III

ESTADO DEL ARTE

3.1 Análisis de amenaza de riesgos ambientales

El análisis de amenaza constituye uno de los pilares fundamentales dentro de la gestión de riesgos ambientales, ya que permite identificar los eventos potenciales capaces de generar daños al entorno natural y a las comunidades humanas. En la tesis aplicada al barrio San José de Alugulla, ubicado en la parroquia rural de Pomasqui, al norte del Distrito Metropolitano de Quito, en la provincia de Pichincha, Ecuador, se realiza una identificación detallada de amenazas naturales, con énfasis en los movimientos en masa por encontrarse en las faldas del cerro Casitagua, una zona de alta pendiente e inestabilidad geológica. Este tipo de entorno representa una amenaza constante para las viviendas asentadas de manera informal, sin planificación adecuada ni infraestructura resiliente. Además, el estudio aborda cómo las amenazas no solo dependen de condiciones físicas, sino también de factores humanos, como la falta de acceso a servicios básicos, la ocupación del suelo sin control y la escasa conciencia sobre el riesgo. Estos elementos incrementan la vulnerabilidad y, por tanto, la probabilidad de que un evento peligroso se convierta en un desastre (Quishpe Muzo, 2017).

Este análisis no solo considera la frecuencia e intensidad de los eventos adversos, sino también su extensión y las condiciones socioeconómicas y ambientales que pueden amplificar los efectos de dichas amenazas. Según Jaramillo Yáñez (2016), en el río Caoní, ubicado en Puerto Quito, provincia de Pichincha, se han detectado tres amenazas principales que impactan tanto a las comunidades locales como al entorno natural: las inundaciones, los deslizamientos de tierra y la contaminación de las aguas. Las inundaciones representan un peligro recurrente, intensificado por la variabilidad climática y la carencia de infraestructura adecuada para regular los caudales y gestionar eficientemente el agua de lluvia (Belmonte Carlos Andrés, 2009)

Este fenómeno se ve intensificado en la temporada de lluvias, cuando el río puede desbordarse, afectando tanto a las viviendas como a las tierras agrícolas de la zona. Los deslizamientos, por otro lado, son una amenaza derivada de la topografía montañosa de la región, agravada por la deforestación y el mal manejo del suelo. Estos deslizamientos pueden generar bloqueos de vías, daños en infraestructuras y, en algunos casos, pérdidas humanas. Por último, la contaminación del agua es otra amenaza

significativa, ya que las actividades agrícolas, el vertido de desechos domésticos y la falta de tratamiento de aguas residuales en las comunidades cercanas deterioran la calidad del agua, afectando tanto la salud de los habitantes como los ecosistemas acuáticos.

Para llevar a cabo este análisis de amenazas, Jaramillo Yáñez utilizó metodologías cualitativas y cuantitativas, que incluyeron la recopilación de datos históricos sobre eventos previos de inundaciones y deslizamientos, entrevistas con los residentes locales y la revisión de mapas topográficos y climáticos. Este enfoque integral también tuvo en cuenta factores sociales y económicos que aumentan la vulnerabilidad de las comunidades, tales como la pobreza, el acceso limitado a servicios básicos y la falta de conocimiento en gestión de riesgos. De este modo, el análisis no solo permitió identificar las amenazas presentes en la región, sino también entender los factores que las potencializan, lo que facilitó la propuesta de medidas de mitigación más efectivas y adaptadas a las características locales de la población y el territorio (Jaramillo Yáñez, 2016).

3.2 Componentes del riesgo.

La evaluación de los riesgos ambientales en los ríos de Ecuador, como el río Ajaví en Ibarra, se fundamenta en el análisis de cuatro componentes clave: peligro, exposición, vulnerabilidad y consecuencias.

- **Peligro (o amenaza)**

Se refiere a la probabilidad de ocurrencia de un evento físico, ya sea de origen natural o antropogénico, que puede tener efectos adversos sobre las personas, bienes, infraestructura o el medio ambiente. Estos eventos incluyen fenómenos como inundaciones, deslizamientos, terremotos, entre otros (Centro Nacional de Estimación, 2015).

En cuanto al peligro, se identifican diversos orígenes de contaminación que impactan las cuencas hidrográficas del país. Entre ellas, la contaminación por residuos sólidos ha aumentado en un 65,7% en el último año, siendo los plásticos tipo PET los más prevalentes, lo que altera los hábitats y procesos naturales de los ecosistemas acuáticos. Las actividades petroleras y mineras, especialmente a nivel informal, también representan un riesgo significativo debido a posibles derrames de químicos que pueden afectar la calidad del agua (Mena Benavides et al., 2021).

- **Exposición**

Corresponde a la presencia de personas, medios de subsistencia, infraestructura, servicios y recursos ambientales en lugares que podrían verse afectados negativamente por fenómenos peligrosos. La exposición determina qué elementos están en riesgo en caso de que ocurra un evento adverso (Herrero et al., 2018).

- **Vulnerabilidad**

Es la susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad o sistema para ser afectado o sufrir efectos adversos en caso de que un evento peligroso se presente. La vulnerabilidad está determinada por factores como la pobreza, la falta de infraestructura adecuada, la educación, la salud y las capacidades institucionales (Colombia, s.f).

- **Consecuencias**

Son los efectos o impactos reales que genera la ocurrencia de un evento peligroso, en términos sociales, económicos y ambientales. Las consecuencias pueden incluir pérdidas humanas, daños a la infraestructura, interrupción de servicios básicos, deterioro ambiental y afectaciones a la economía local (CENEPRED, 2015).

En términos de exposición, las comunidades que habitan cerca de los ríos están directamente afectadas por estos peligros. Por ejemplo, un derrame en marzo de 2025, más de 25.000 barriles de crudo del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano (SOTE) provocó la contaminación de tres ríos, además de impactar manglares, playas y zonas protegidas, comprometiendo también el abastecimiento de agua potable en diversas localidades., incluyendo Esmeraldas. Este evento demuestra cómo las poblaciones locales pueden verse expuestas a contaminantes peligrosos debido a incidentes industriales (EFE, 2025).

Las comunidades enfrentan una mayor vulnerabilidad por la deficiente infraestructura para el tratamiento de aguas residuales, la recolección limitada de desechos sólidos y la pérdida de cobertura vegetal. Esto incrementa la escorrentía superficial, reduce la capacidad de infiltración del suelo y favorece la erosión, elevando el riesgo de desbordamientos (Cevallos Aráuz Andrea & Parrado Rodríguez Cristhian, 2018).

Las consecuencias de estos riesgos son múltiples y afectan tanto al medio ambiente como a la salud pública. La contaminación de los ríos puede provocar la pérdida

de biodiversidad, alteración de hábitats y disminución de la calidad del agua. En el ámbito social, las comunidades enfrentan riesgos para la salud humana, especialmente enfermedades gastrointestinales, y pérdida de medios de vida para aquellos que dependen del río. En los últimos años, se ha observado un efecto considerablemente adverso del cambio climático sobre la calidad del agua y la salud pública en Ecuador. Estos impactos están relacionados con alteraciones en los patrones de precipitación, el aumento sostenido de la temperatura global, así como la mayor frecuencia e intensidad de sequías y eventos naturales extremos a nivel mundial. En este contexto, el objetivo principal de este documento es estudiar cómo el cambio climático exacerba la calidad del agua en Ecuador y cuáles son sus repercusiones en la salud de la población (Díaz Burgos, Macas Macas, & Chasi Haro, 2025).

La contaminación hídrica impacta negativamente a sectores como la pesca y el turismo, reduciendo ingresos comunitarios y biodiversidad. Además, genera altos costos de limpieza para las autoridades. En el Estero Salado (Puerto Lisa, Guayaquil), entre 2016 y 2020 se registraron pérdidas de más de \$33.000 por la disminución de capturas pesqueras, atribuida a la contaminación por descargas de residuos y falta de servicios básicos. (Guaman, 2021).

3.3 Análisis de vulnerabilidad de la población ante ocurrencia de riesgos ambientales

En los últimos años, diversos estudios en Ecuador han abordado esta temática desde enfoques interdisciplinarios, combinando herramientas como los sistemas de información geográfica (SIG), modelos de riesgo, encuestas socioeconómicas y percepción ciudadana.

Según, Cevallos Andrade (2023), plantea un modelo de análisis de vulnerabilidad basado en los tres componentes principales que sustentan la comprensión del riesgo: exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. En su estudio de caso en la comunidad de Imbaya, provincia de Imbabura, la autora destaca cómo el cambio climático se manifiesta en aumentos progresivos de temperatura y reducción de precipitaciones, afectando directamente a los medios de vida agrícolas. Este enfoque resulta especialmente útil para mi investigación en la cuenca del río Ajaví, considerando que las condiciones hidrometeorológicas también están cambiando en la región y podrían aumentar el riesgo de inundaciones o escasez hídrica.

Complementando este análisis, Recalde Sandoval (2018) estudió la vulnerabilidad ambiental posterior al terremoto del 2016 en el cantón Pedernales. Su investigación muestra cómo un evento extremo puede alterar drásticamente la relación entre las personas y su entorno, al dejar en evidencia la fragilidad de infraestructuras básicas como el acceso al agua potable o el manejo de residuos. En este caso, la autora aplicó mapas temáticos en SIG y encuestas sociales para identificar las zonas más afectadas. Esta metodología multidimensional es especialmente valiosa para comprender que la vulnerabilidad no es solo un atributo físico del territorio, sino una construcción social que depende de factores como la planificación urbana, la pobreza y el acceso a servicios básicos.

En la misma línea, el trabajo de Castillo Quiñónez (2016), en el barrio Esmeraldas del cantón San Lorenzo, muestra cómo las amenazas naturales como sismos o tsunamis deben ser analizadas en conjunto con la percepción de la población y la capacidad de respuesta institucional. Se enfatiza que la vulnerabilidad no solo depende de los peligros físicos, sino también de las condiciones estructurales de las viviendas, la educación de los habitantes, y la existencia de planes de contingencia. Esta reflexión cobra relevancia para mi caso de estudio en Ibarra, dado que muchas comunidades cercanas al río Ajaví presentan condiciones de marginalidad social y baja preparación frente a eventos hidrometeorológicos.

Por otro lado, estudios como el de Cobo Palma (2020) en Portoviejo, introducen una perspectiva interesante al considerar el impacto del cambio climático en la conciencia ciudadana y la forma en que las personas entienden los riesgos ambientales. A través de un enfoque comunicacional, se propone la implementación de campañas de educación y sensibilización sobre el riesgo climático, lo cual puede tener un efecto directo sobre la capacidad adaptativa.

Asimismo, García Arias (2021), identifica que los asentamientos humanos, especialmente en sectores urbanos en crecimiento desordenado, están expuestos a múltiples amenazas debido a la falta de planificación, la informalidad en la tenencia de tierras y la precariedad de las viviendas. Su estudio sobre el barrio San Pablo en Portoviejo resalta que el modelo de urbanización influye directamente en la capacidad de los territorios para absorber impactos ambientales.

Desde una perspectiva más cuantitativa, Apraes Gutiérrez y Arévalo González (2022), desarrollaron un índice de vulnerabilidad social para hogares en condición de pobreza en la costa ecuatoriana, tomando como referencia el riesgo ante inundaciones. Este tipo de herramientas estadísticas pueden servir como base para elaborar diagnósticos territoriales más precisos, permitiendo priorizar intervenciones en zonas críticas de la cuenca del Ajaví.

3.4 Afectaciones ambientales, sociales y económicas debido a ocurrencia de riesgos ambientales

Las afectaciones ambientales incluyen la pérdida de biodiversidad, la degradación de los ecosistemas acuáticos y terrestres, la alteración de los ciclos hídricos, y la contaminación de cuerpos de agua. En términos sociales, los riesgos ambientales impactan principalmente a las poblaciones más vulnerables, generando desplazamientos, pérdida de viviendas y alteraciones en las estructuras comunitarias. En el ámbito económico, los daños se reflejan en la destrucción de infraestructuras, la pérdida de producción agrícola, y el aumento de los costos de recuperación y asistencia social (García et al., 2019; Sánchez, 2016).

Uno de los efectos más inmediatos de eventos como inundaciones es la alteración de la calidad del agua. Las inundaciones pueden arrastrar grandes cantidades de sedimentos, residuos orgánicos, productos químicos y desechos urbanos hacia los cuerpos de agua. Esto no solo afecta la calidad del agua, sino que también genera riesgos para la salud de las poblaciones cercanas. En este contexto, el río Ajaví puede sufrir alteraciones en su caudal y en la distribución de sus recursos hídricos, lo que afecta a la biodiversidad acuática y terrestre de la región (IANAS, 2019)

Además, las inundaciones recurrentes pueden generar una pérdida de hábitats para diversas especies de fauna y flora. Según Herrera (2017), la invasión de áreas naturales por el agua puede destruir especies endémicas y modificar el equilibrio ecológico de los ecosistemas ribereños. La erosión del suelo también es un fenómeno asociado a las inundaciones, el cual agrava aún más la situación al afectar la productividad agrícola y comprometer la calidad de los suelos para futuras cosechas.

Otro factor importante en las afectaciones ambientales es la contaminación del aire y del agua, provocada por desastres como los derrames de petróleo o productos químicos, que pueden ser desencadenados por movimientos sísmicos o lluvias

torrenciales. Los eventos extremos afectan gravemente los ecosistemas y los recursos hídricos locales, haciendo que los esfuerzos de recuperación ambiental sean largos y costosos (López, Romero, L, & Pérez, 2020).

Uno de los estudios más relevantes sobre este tema fue realizado por Castillo y García (2021), quienes analizan la vulnerabilidad social ante desastres en diversas regiones de Ecuador. Según su investigación, las comunidades más afectadas son aquellas que viven en zonas periféricas o en condiciones de pobreza estructural, que cuentan con infraestructuras precarias y poca capacidad de respuesta ante emergencias.

Además de los efectos directos sobre las viviendas, otro aspecto relevante es la pérdida de acceso a servicios básicos, como salud, educación y alimentación. Las comunidades afectadas por inundaciones o sismos suelen enfrentarse a la interrupción de estos servicios, lo que agrava las condiciones de vida y aumenta la desigualdad social. Según el informe de la ONU (2019), la pobreza es un factor multiplicador de la vulnerabilidad, y las personas en situación de pobreza son las más propensas a sufrir las consecuencias de los desastres naturales, lo que refuerza la necesidad de desarrollar estrategias de adaptación que incluyan una visión inclusiva y participativa (Organización de las Naciones Unidas, 2019).

El desplazamiento social también es un fenómeno importante en áreas de alta vulnerabilidad. Las migraciones forzadas pueden ocurrir tras desastres como inundaciones severas, afectando las dinámicas familiares y sociales, y creando tensiones en las comunidades receptoras. Esta situación es especialmente preocupante en áreas como la cuenca del río Ajaví, donde las poblaciones rurales se ven forzadas a migrar a la ciudad en busca de mejores condiciones de vida, lo que genera un aumento en la presión sobre los servicios urbanos y exacerba la marginalización social (Alvarado, Ríos, & Cordero, 2018).

En términos económicos, las afectaciones causadas por los riesgos ambientales son significativas y tienen un impacto directo sobre la economía local y regional. Las principales áreas afectadas incluyen la agricultura, infraestructura urbana, y comercio, donde la destrucción de cultivos, la pérdida de bienes materiales y la interrupción de actividades económicas básicas pueden resultar en pérdidas millonarias (Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), 2016). Según el estudio de Pérez et al. (2017), las inundaciones y sequías afectan gravemente la productividad agrícola en Ecuador. En

la cuenca del río Ajaví, las actividades agrícolas son fundamentales para el sustento de la población, y los cambios en el patrón de precipitaciones o las inundaciones recurrentes pueden disminuir la producción de cultivos básicos como el maíz, el arroz y las hortalizas. Esto no solo afecta a los agricultores, sino también a la cadena de distribución y al empleo rural, aumentando el nivel de inseguridad alimentaria en la región.

La rehabilitación económica tras un desastre natural también implica altos costos de inversión. Según García y López (2020), la recuperación de áreas afectadas requiere una inversión pública significativa, que en muchos casos es difícil de financiar debido a las limitaciones fiscales de los gobiernos locales. Esto genera una carga económica adicional sobre los ciudadanos y aumenta la desigualdad en el acceso a servicios y recursos en las zonas afectadas (García, et al, 2019).

3.4.1 Riesgos ambientales de un río.

Los ríos constituyen sistemas ecológicos fundamentales que proveen servicios esenciales como el suministro de agua, regulación del clima, conservación de la biodiversidad y soporte para actividades humanas como la agricultura y el abastecimiento urbano. No obstante, estos ecosistemas se encuentran expuestos a múltiples riesgos ambientales derivados de fenómenos naturales, acciones antrópicas y el cambio climático. Estos riesgos pueden afectar tanto a la dinámica hidrológica como a la calidad del agua, la biodiversidad y el bienestar humano, generando impactos significativos a nivel ambiental, social y económico. Uno de los riesgos ambientales más frecuentes y devastadores es el de las inundaciones, las cuales ocurren cuando el caudal del río supera su capacidad de conducción, desbordando su cauce e impactando las zonas ribereñas. Estos eventos, que han aumentado en frecuencia e intensidad en las últimas décadas, no solo generan pérdidas económicas por la afectación de viviendas e infraestructura, sino que también causan erosión de suelos, sedimentación descontrolada y destrucción de hábitats naturales. Según Kundzewicz et al. (2014), el cambio climático y la urbanización acelerada han incrementado la vulnerabilidad de las cuencas hidrográficas a eventos hidrometeorológicos extremos, alterando el régimen hídrico de muchos ríos y dificultando su gestión sostenible.

Otro riesgo crítico es la contaminación del agua, derivada de actividades industriales, agrícolas y domésticas. Los ríos, al recibir descargas de aguas residuales sin tratamiento adecuado, fertilizantes y pesticidas, sufren una degradación de su calidad

ecológica. Esto no solo afecta a las comunidades acuáticas, sino que también representa un riesgo sanitario para las poblaciones humanas que dependen de estos cuerpos de agua. Diversos estudios han demostrado la presencia de metales pesados, nutrientes en exceso y contaminantes emergentes como microplásticos y productos farmacéuticos en ríos de todo el mundo (Li et al., 2019), lo que afecta la biodiversidad, altera las cadenas tróficas y reduce la capacidad de autorregulación del ecosistema fluvial.

Además, los ríos están expuestos a la fragmentación ecológica y pérdida de biodiversidad, producto de la construcción de presas, canalizaciones y obras de infraestructura que interrumpen el flujo natural del agua y limitan la movilidad de especies. Esta fragmentación afecta gravemente los ciclos biológicos de muchas especies acuáticas, en especial de peces migratorios, y debilita la resiliencia de los ecosistemas fluviales frente a perturbaciones externas. Dudgeon et al. (2006) señalan que los ecosistemas de agua dulce, en especial los ríos tropicales, se encuentran entre los más amenazados del planeta, y que su deterioro puede tener consecuencias irreversibles si no se adoptan medidas urgentes de conservación y restauración.

La explotación desmedida de recursos hídricos, como la extracción intensiva de agua para riego o uso urbano, también representa un riesgo ambiental considerable. Esta práctica puede reducir los caudales ecológicos mínimos necesarios para mantener la vida acuática y los procesos naturales del río. En regiones donde el agua es escasa, la sobreexplotación puede agravar conflictos sociales, afectar la seguridad alimentaria y agravar la pobreza. Asimismo, la deforestación de cuencas altas y la expansión urbana no planificada incrementan la escorrentía superficial y disminuyen la infiltración, lo cual deteriora la capacidad natural del sistema para regular el ciclo hidrológico. A esto se suma el riesgo derivado del cambio climático, que altera los patrones de precipitación y evapotranspiración, generando incertidumbre sobre la disponibilidad futura del recurso hídrico. Las proyecciones climáticas indican que muchas regiones experimentarán lluvias más intensas pero menos frecuentes, lo cual exacerba la amenaza de inundaciones súbitas, sequías prolongadas y fenómenos extremos difíciles de predecir (IPCC, 2021). Estas condiciones obligan a replantear los modelos tradicionales de gestión hídrica y a incorporar estrategias de adaptación basadas en ecosistemas, como la restauración de humedales y la protección de zonas de amortiguamiento.

Finalmente, los riesgos ambientales en los ríos también se vinculan con la dimensión social y política. La gestión inadecuada de las cuencas, la falta de gobernanza

participativa, la ausencia de monitoreo ambiental continuo y la fragmentación institucional dificultan una respuesta coordinada y eficaz frente a los riesgos. Es fundamental promover enfoques de gestión integrada de recursos hídricos (GIRH), que consideren la cuenca como una unidad indivisible y fomenten la participación activa de todos los actores involucrados, desde comunidades locales hasta autoridades gubernamentales (UNESCO, 2018).

3.4.2 Respuestas ante situaciones de ocurrencia

En las últimas décadas, la gestión del riesgo de desastres en Ecuador ha mostrado un avance considerable en su desarrollo y enfoque, especialmente a raíz de eventos catastróficos como el terremoto de 2016, las inundaciones periódicas y los deslizamientos que afectan a diversas zonas del país. Estas respuestas, que incluyen estrategias institucionales, planes de emergencia, sistemas de alerta temprana y fortalecimiento comunitario, ofrecen un marco comparativo y aplicable para el análisis del caso local (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2018)

Uno de los principales desafíos que enfrenta el país es la debilidad institucional para gestionar los riesgos de manera articulada y sostenible. Egas Coronel (2023), en su tesis desarrollada en la Universidad Andina Simón Bolívar, analiza la evolución institucional de la gestión del riesgo de desastres en Ecuador entre 2008 y 2022. El autor destaca que, pese a que la Constitución de 2008 reconoce la gestión de riesgos como un derecho ciudadano y un deber del Estado, la falta de una ley específica que regule esta materia ha impedido la consolidación de un ente rector con competencias claras. Esta situación ha generado una institucionalidad fragmentada, con superposición de funciones entre diferentes organismos, lo que limita la efectividad de las respuestas frente a emergencias.

Por otro lado, una revisión realizada por Palma Aguiar y Guillén Bernal (2018) en la Universidad de Las Américas señala que los sistemas de monitoreo y alerta temprana en Ecuador presentan avances importantes, aunque aún insuficientes. Su estudio indica que las limitaciones tecnológicas, la falta de cobertura en zonas rurales y los escasos recursos destinados a la prevención dificultan la capacidad del país para anticiparse a los desastres. En este sentido, es clave fortalecer la inversión pública en tecnologías de monitoreo, así como la capacitación del personal técnico encargado de su operación.

En el ámbito de la comunicación de riesgos, Molina Estrella (2016), en una propuesta elaborada para el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito sugiere una estrategia de comunicación en gestión de crisis, destacando la necesidad de transmitir información de manera clara, rápida y efectiva durante eventos de desastres naturales. La autora señala que una de las principales fallas en las respuestas institucionales es la carencia de mecanismos de información eficientes que garanticen que la ciudadanía esté debidamente informada y que exista coordinación entre los diferentes actores. Contar con este tipo de estrategias resulta esencial para prevenir situaciones de pánico, fomentar la participación ciudadana y apoyar la toma de decisiones en momentos de emergencia.

Desde una perspectiva territorial, Villacreses Viteri (2024), introduce el concepto de resiliencia territorial multidimensional en su estudio sobre la provincia de Manabí, afectada por el terremoto de 2016. Su investigación considera que la capacidad de recuperación de las comunidades no solo depende de los recursos materiales disponibles, sino también del tejido social, las redes institucionales y el capital humano. Por tanto, fortalecer la resiliencia territorial implica fomentar políticas públicas que promuevan la equidad, la cohesión social y la educación ambiental.

Por último, Grunauer Zambrano y Villamarín Mosquera (2016), en una investigación realizada en la Universidad Técnica de Machala, examinan las políticas públicas implementadas en Ecuador ante desastres naturales, tomando como caso de estudio el terremoto de 2016. Los autores concluyen que, si bien se han adoptado medidas importantes, como la activación de protocolos de emergencia y la movilización de recursos humanitarios, persisten desafíos en términos de sostenibilidad, coordinación interinstitucional y reconstrucción a largo plazo (Grunauer Zambrano & Villamarín Mosquera, 2016).

3.4.2.1 Intervención humana y el crecimiento poblacional

El proceso de urbanización ha tenido efectos negativos en los ecosistemas naturales circundantes. Los estudios realizados por Castro Morillo (2017), sugieren que el cambio en el uso del suelo ha generado una pérdida significativa de áreas verdes y zonas de absorción natural del agua, lo que incrementa el riesgo de inundaciones.

3.4.2.2 Impacto de la distribución demográfica en la gestión del riesgo

El crecimiento demográfico y la expansión de la ciudad hacia las zonas de riesgo tienen un impacto directo en la capacidad de la ciudad para manejar los desastres

naturales. Según el PDOT Ibarra (2019), la falta de planificación urbana integrada con la gestión de riesgos limita las opciones de adaptación ante eventos climáticos extremos. En este contexto, las comunidades más vulnerables son aquellas que viven en asentamientos informales sin acceso a servicios básicos, como drenaje adecuado, agua potable y sistemas de alerta temprana, lo que las hace más propensas a los daños durante una inundación o un desbordamiento del río (PDOT, 2019).

Además de los desafíos mencionados, la expansión urbana desordenada en Ibarra ha llevado a la ocupación de zonas de riesgo, como áreas propensas a inundaciones y deslizamientos, sin una adecuada planificación territorial. El Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) de Ibarra 2020–2040 destaca que la falta de control en el crecimiento urbano ha resultado en la proliferación de asentamientos informales en zonas vulnerables, exacerbando la exposición de la población a eventos naturales adversos. Esta situación se ve agravada por la limitada capacidad institucional para implementar medidas de mitigación y adaptación al cambio climático, lo que incrementa la vulnerabilidad de las comunidades afectadas. Por lo tanto, es fundamental integrar la gestión del riesgo en la planificación urbana y fortalecer las capacidades locales para reducir la exposición y vulnerabilidad de la población frente a desastres naturales (PDOT, 2023).

3.4.3 Registros históricos de riesgos ambientales ocurridos

El área de influencia del río Ajaví, ubicado en el cantón Ibarra, provincia de Imbabura, ha sido históricamente vulnerable a diversos riesgos ambientales, entre los cuales destacan las inundaciones, incendios forestales y sismos. Estos eventos han marcado el desarrollo territorial y la planificación del entorno urbano y rural de la zona. Uno de los eventos más recientes fue el desbordamiento del río Ajaví ocurrido el 22 de abril de 2023. Intensas precipitaciones provocaron la acumulación de agua en el canal de desfogue que atraviesa varios barrios de Ibarra, ocasionando el colapso de vías y daños materiales en sectores colindantes al río (El Universo, 2023).

3.4.4 Monitoreo y Evaluación de riesgos

El INAMHI ha establecido herramientas como el Visualizador Hidro-Meteorológico, que permite el monitoreo en tiempo real de variables meteorológicas y facilita la toma de decisiones informadas en situaciones de riesgo. Este sistema es crucial para anticipar eventos extremos y coordinar respuestas adecuadas. Asimismo, el GAD de Ibarra ha llevado a cabo estudios de impacto ambiental para proyectos de infraestructura,

evaluando los riesgos asociados y proponiendo medidas de mitigación. Estos estudios son fundamentales para garantizar que el desarrollo urbano se realice de manera sostenible y segura (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

En otras regiones del Ecuador se han implementado sistemas de monitoreo ambiental como en el río Machángara en Cuenca, donde se emplearon indicadores físico-químicos y bióticos para evaluar riesgos derivados de la contaminación hídrica Orellana-Alvear et al. (2020) De igual forma, en la cuenca del río Chota se desarrolló un sistema de alerta temprana que incorporó herramientas de modelamiento hidrológico y participación comunitaria (Medina & Ortega, 2018). A nivel internacional, destacan experiencias como la evaluación del acuífero de Zaragoza en España, donde se utilizaron herramientas geoespaciales para estimar el riesgo de contaminación por nitratos (López-Vera, 2017), y el monitoreo integral en zonas mineras del Perú que combinó sensores ambientales con análisis geoquímico (Gutiérrez, 2021).

Tabla 1.

Aplicación de metodologías de evaluación de riesgos

País / Ciudad	Riesgo Evaluado	Metodología de Monitoreo y Evaluación	Institución / Fuente
Cuenca, Ecuador	Contaminación del río Machángara	Índices físico-químicos y bióticos, estaciones de muestreo	Pauta (2020), Universidad de Cuenca
Río Chota, Ecuador	Inundaciones y eventos extremos	Modelos hidrológicos, SIG, alerta temprana comunitaria	Medina & Ortega (2018), Universidad Andina Simón Bolívar
Zaragoza, España	Contaminación por nitratos en acuíferos	Evaluación multicriterio, monitoreo geoespacial, análisis de vulnerabilidad	López-Vera (2017), Universidad de Zaragoza
Lima, Perú	Contaminación minera (aire, agua, suelo)	Sensores ambientales, análisis geoquímico, monitoreo meteorológico	Gutiérrez (2021), Universidad Nacional de Ingeniería

Fuente: Adaptado de Pauta (2020); Medina & Ortega (2018); López-Vera (2017); Gutiérrez (2021).

3.4.5 Contexto Geográfico y Geomorfológico

La ciudad de Ibarra se encuentra ubicada en la región andina del norte de Ecuador, al pie del flanco norte del volcán Imbabura. Esta ubicación geográfica la hace susceptible a eventos hidrometeorológicos extremos, especialmente durante la temporada de lluvias, que pueden desencadenar flujos de lodo y escombros provenientes de las laderas del volcán y de las quebradas que desembocan en el río Ajaví (Vega Eras, 2023).

Un estudio realizado por la Escuela Politécnica Nacional (EPN) modeló los flujos de lodo secundarios en las quebradas Seca y Las Flores, ubicadas en el flanco nororiental del volcán Imbabura, que descienden hacia la ciudad de Ibarra. Estos flujos, generados principalmente por lluvias intensas, atraviesan diversas comunidades y sectores urbanos, afectando la infraestructura y la calidad de vida de los habitantes. El estudio utilizó el programa LaharZ para simular el alcance geográfico de estos flujos y proponer medidas de mitigación y prevención. (Castillo Rosero, Modelo de flujos secundarios de lodo en las quebradas Seca y Las Flores, volcán Imbabura-ciudad de Ibarra, 2018).

3.4.6 Identificación de Zonas de Riesgo

El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) ha desarrollado herramientas como el Visualizador Hidro-Meteorológico, que ofrece información en tiempo real sobre niveles de ríos y precipitaciones. Esta herramienta es fundamental para identificar zonas de riesgo y anticipar eventos de inundación. Además, el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) de Ibarra ha llevado a cabo estudios de impacto ambiental para proyectos de infraestructura, evaluando los riesgos asociados y proponiendo medidas de mitigación. Estos estudios son fundamentales para garantizar que el desarrollo urbano se realice de manera sostenible y segura. En particular, se han identificado zonas de alto riesgo en barrios como Jardines de Odila, La Compañía de Jesús, Tanguarín y Santa Lucía, donde las fuertes lluvias han causado deslizamientos de tierra y flujos de lodo que han afectado viviendas e infraestructuras (Secretaría de Gestión de Riesgos Unidad de Monitoreo de Eventos Adversos, 2024).

3.5 Sistemas de Información Geográfica para desarrollo de mapas de riesgos

En el ámbito académico, diversas investigaciones han demostrado la eficacia de los SIG en la evaluación y gestión de riesgos. Por ejemplo, en un estudio realizado en la cuenca del río Kosi, India, se integraron análisis hidrológicos con SIG para mapear riesgos de inundación, utilizando parámetros geomorfológicos, de cobertura terrestre,

topográficos y sociales para definir un índice de riesgo de inundación mediante el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP) (Aydin, 2022).

Asimismo, en la Región de los Lagos, Chile, se propuso un SIG como herramienta para la gestión del riesgo en el sector salud, enfocándose en la priorización e identificación de áreas críticas mediante la integración de datos geográficos y experiencias previas de emergencias, como la del 27 de febrero de 2010 (Vera, 2016).

3.5.1 Factores que intervienen en la creación de mapas de riesgos

Entre los factores físicos más relevantes se encuentran la topografía, la geología, la geomorfología, la cobertura del suelo y las condiciones climáticas. Estos elementos determinan la susceptibilidad del terreno a fenómenos como inundaciones, deslizamientos o erupciones volcánicas. Se utilizó un enfoque basado en Sistemas de Información Geográfica (SIG) para examinar diferentes factores, como la inclinación del terreno, la composición geológica, la geomorfología, los conflictos en el uso del suelo, así como eventos históricos de precipitación y actividad sísmica, con el objetivo de crear un mapa de riesgo de inundaciones para la cuenca del río Quito. Este mapa clasifica las áreas según su grado de vulnerabilidad a las inundaciones, dividiéndolas en categorías de alta, media y baja susceptibilidad. (Moreno, 2016).

Además de los factores físicos, es esencial considerar los aspectos sociales y económicos que influyen en la vulnerabilidad de una comunidad. La densidad poblacional, la calidad de las infraestructuras, el acceso a servicios básicos y la capacidad de respuesta ante emergencias son elementos que afectan directamente el nivel de riesgo. En este sentido, los mapas de riesgo deben incorporar datos sobre la exposición de la población y los bienes materiales a las amenazas identificadas (Rosales Veitía & Marcano Montilla, 2022).

La integración de estos factores se realiza mediante metodologías como el Análisis Multicriterio, que permite asignar pesos específicos a cada variable en función de su importancia relativa en la generación del riesgo. Este enfoque facilita la combinación de datos heterogéneos y la obtención de resultados más precisos y adaptados a las características particulares de cada territorio (García Valenzuela , Arenas Navarro , & Amaro Ortiz , 2024).

3.5.2 Identificación y Caracterización de Amenazas

El primer paso en la elaboración de mapas de riesgos es la identificación de las amenazas presentes en el territorio. Estas pueden ser de origen natural, como deslizamientos, inundaciones o sismos, o antrópicas, como incendios industriales o contaminación. La caracterización de estas amenazas implica analizar su frecuencia, intensidad y extensión geográfica. Pupiales Ruíz (2021) aplicó el método de Mora-Vahrson para evaluar la susceptibilidad a deslizamientos en las parroquias rurales Salinas y Lita del cantón Ibarra, considerando factores como pendiente, litología, cobertura vegetal y precipitación (Pupiales Ruíz, 2021).

3.5.3 Análisis de Vulnerabilidad y Exposición

En el estudio de Valles Peralta y Villalba Calderón (2019), se aplicaron ortofotos georreferenciadas y modelos digitales de elevación para analizar la vulnerabilidad de la población del proyecto habitacional “Ciudad Arcángel” en Ibarra, Ecuador. A través de estos productos geospaciales, fue posible identificar sectores con alta susceptibilidad a deslizamientos y erosión, lo que demuestra la eficacia de los SIG en la caracterización del terreno y la evaluación de amenazas geodinámicas (Valles Peralta et al., 2022).

Otro ejemplo significativo se encuentra en el estudio desarrollado por Recalde Sandoval (2018), quien analizó la vulnerabilidad ambiental posterior al terremoto de 2016 en el cantón Pedernales, provincia de Manabí. Mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), encuestas sociales y análisis de infraestructura crítica, se identificaron zonas con alta exposición a desastres naturales y limitada capacidad de respuesta. El enfoque integral del estudio permitió evidenciar que la vulnerabilidad no solo está determinada por factores físicos del terreno, sino también por variables sociales como el acceso a servicios básicos, la calidad de las viviendas y el nivel de organización comunitaria. Este tipo de análisis es fundamental para establecer políticas de reducción del riesgo adecuadas al contexto socioespacial de cada territorio.

3.5.4 Integración de Datos en Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Los SIG permiten la superposición de múltiples capas de información, como datos topográficos, geológicos, climáticos y sociales, posibilitando una visión integral del territorio. Un ejemplo de esta integración se encuentra en el trabajo de Pérez Flores (2015), quien utilizó un entorno SIG para evaluar la vulnerabilidad ante deslizamientos y tsunamis en el Terminal Marítimo de Balao. El estudio empleó análisis espacial y

procesamiento de imágenes satelitales para la generación de mapas de riesgo, lo que facilitó la toma de decisiones para la prevención de desastres.

3.5.4.1. Evaluación Multicriterio y Asignación de Ponderaciones

Una de las metodologías más utilizadas en el análisis de riesgo es la Evaluación Multicriterio (EMC), que permite asignar ponderaciones a distintas variables según su influencia en la generación del riesgo. En este contexto, Pupiales Ruíz (2021) empleó ArcGIS 10.6.1, un software especializado en SIG, para realizar un análisis multicriterio en zonas propensas a movimientos en masa. Factores como la pendiente, litología y cobertura vegetal fueron evaluados mediante criterios expertos, y posteriormente integrados en un modelo espacial para la elaboración de mapas de susceptibilidad.

3.5.4.2 Integración de Información Geoespacial en el Análisis de Riesgo Ambiental

La Evaluación Multicriterio cobra mayor relevancia cuando se complementa con herramientas de análisis espacial, como los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que permiten integrar múltiples capas temáticas relacionadas con el riesgo. En este enfoque, la información geoespacial se convierte en un insumo clave para representar, visualizar y modelar fenómenos complejos como deslizamientos, inundaciones o degradación ambiental. La utilización de SIG facilita la superposición y análisis de variables como pendiente, uso del suelo, cobertura vegetal, tipo de suelo, proximidad a cuerpos hídricos, y densidad de infraestructura. Estas capas, una vez estandarizadas y ponderadas según criterios expertos o métodos estadísticos, pueden ser combinadas en un modelo de susceptibilidad mediante técnicas como el método de suma ponderada (Weighted Overlay) o análisis de decisión jerárquica (AHP, por sus siglas en inglés), ampliamente utilizado en estudios de riesgo ambiental (Saaty, 2008).

El resultado es un mapa temático que muestra zonas con distintos niveles de riesgo, lo cual permite priorizar áreas de intervención y establecer medidas de prevención más eficaces. Además, este enfoque es altamente replicable en diferentes escalas espaciales, desde microcuencas hasta regiones hidrográficas completas, lo que lo convierte en una herramienta versátil para la planificación territorial y la gestión del riesgo. La incorporación de datos geoespaciales actualizados y de alta resolución, como los obtenidos a partir de sensores remotos o drones, también mejora la precisión del análisis multicriterio. Esto permite una evaluación más detallada del territorio, así como una

mejor capacidad de respuesta ante eventos extremos o amenazas latentes (Cortés et al., 2020).

3.5.4.3 Aplicación en la Planificación y Gestión del Territorio

Los productos generados mediante SIG, como los mapas de susceptibilidad y riesgo, tienen aplicaciones directas en la planificación territorial. Guamán Jaramillo (2012) aplicó esta tecnología en la ciudad de Loja, donde desarrolló mapas de susceptibilidad que fueron incorporados en el plan de ordenamiento territorial del municipio. Esta aplicación demuestra cómo los SIG, al integrar datos históricos, geográficos y sociales, se convierten en instrumentos fundamentales para la gestión del riesgo y la planificación urbana sostenible.

En otro estudio realizado por Cando Bravo (2020) en el cantón Latacunga, se integraron sistemas de información geográfica con datos hidrometeorológicos y sociales para elaborar un mapa de amenazas múltiples (inundaciones, deslizamientos y flujos de lodo), el cual sirvió como base para actualizar el plan de uso y gestión del suelo del GAD cantonal. La metodología incluyó análisis espacial multicriterio, zonificación de riesgos y consulta a actores locales, permitiendo una toma de decisiones más precisa en la identificación de zonas críticas. Esta investigación evidenció que el uso de SIG no solo facilita la visualización de áreas vulnerables, sino que también optimiza la gestión del riesgo en procesos de planificación urbana y rural con enfoque preventivo.

CAPITULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIALES

- GPS
- Cámara fotográfica
- Cartas topográficas del Instituto Geográfico Militar (IGM), escala 1:25.000
- ArcGIS Pro versión 3.1
- Microsoft Excel 2019
- Google Earth Pro

MÉTODOS

4.1 Análisis histórico del clima e inundaciones

Se realizó consultas y análisis de bibliografía especializada, garantizando el conocimiento de los antecedentes y estado actual de la temática e identificando información útil para el trabajo que se desarrolló. Se recopiló la información relacionada con las zonas que históricamente se han inundado en el territorio bajo estudio, con la delimitación cartográfica del límite histórico de inundación. (Grupo de Evaluación de Riesgo de la Agencia de Medio Ambiente (AMA), 2014).

En esta fase inicial, se llevó a cabo la recopilación de datos esenciales para comprender las condiciones físicas, sociales y ambientales de la cuenca del río Ajaví. Se obtuvo registros de precipitaciones, caudales y eventos extremos, como inundaciones pasadas, provenientes de instituciones oficiales como el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) de Ibarra. Estos datos son fundamentales para analizar el comportamiento del río durante la temporada de lluvias y para alimentar los modelos hidrológicos que permitirán evaluar los riesgos asociados (GAD de Ibarra (Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra), 2020).

- En esta fase del estudio, se empleó diversos insumos geoespaciales para analizar las características físicas, sociales y ambientales de la cuenca del río Ajaví. Se utilizó Modelos Digitales de Elevación (MDE) para determinar la topografía y las pendientes del terreno, lo cual fue esencial para evaluar el riesgo de deslizamientos y la capacidad de escorrentía superficial. Además, se incorporó mapas de uso del suelo y coberturas vegetales para identificar áreas de intervención humana y zonas de protección ecológica. La información sobre la red de drenaje natural permitió analizar la conectividad hídrica y la eficiencia del sistema de evacuación de aguas pluviales. Estos datos se obtuvieron de plataformas como el Instituto Geográfico Militar (IGM) y el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Provincial de Imbabura, que ofrecen acceso a capas temáticas actualizadas y de libre acceso (MAATE, 2023).
- Se integraron datos provenientes del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), catastros municipales y bases de datos locales para caracterizar a las comunidades expuestas en términos de infraestructura, servicios básicos y condiciones de vida. Esta información fue esencial para evaluar la vulnerabilidad social y ambiental de las zonas de estudio (INEC, 2024).

4.2 Análisis de Amenaza

Se llevó a cabo un análisis detallado de la probabilidad y magnitud de posibles inundaciones en la cuenca del río Ajaví, basándose en el comportamiento hidrológico histórico del río. Se realizó un análisis estadístico de series temporales de precipitaciones y caudales, con el objetivo de identificar patrones, tendencias y eventos extremos que hayan causado desbordamientos en el pasado. Además, se estableció escenarios para diferentes periodos de retorno (por ejemplo, 5, 10 y 25 años), que representan la probabilidad de que ocurra una inundación de determinada magnitud. Estos escenarios ayudaron a identificar zonas críticas bajo distintos niveles de amenaza y que sirvieron para proponer las medidas de mitigación y respuesta ante posibles eventos de inundación (Gómez-Mieles I2021).

4.3. Análisis de Vulnerabilidad

Se evaluó la vulnerabilidad social de las comunidades expuestas a inundaciones en la cuenca del río Ajaví, considerando factores físicos, sociales y económicos. Se analizó aspectos como la pendiente del terreno, la proximidad al cauce del río y la accesibilidad a servicios básicos y vías de evacuación. Estos elementos permitieron identificar áreas con mayor riesgo de afectación por inundaciones. Además, se consideró condiciones socioeconómicas como el nivel de ingresos, el nivel educativo, la edad de los habitantes y el grado de organización comunitaria, ya que influyen en la capacidad de respuesta ante emergencias y en la resiliencia de la población (Apraes Gutiérrez y Arévalo González, 2022).

4.4 Elaboración de Mapas

Se procedió a representar gráficamente el riesgo de inundación en la cuenca del río Ajaví, integrando los resultados obtenidos en las etapas anteriores. Se generaron mapas temáticos que muestran, por separado y en conjunto, los niveles de amenaza, vulnerabilidad y riesgo en distintas zonas de la cuenca. Estos mapas permitirán identificar las áreas más propensas a sufrir daños por inundaciones, facilitando la priorización de intervenciones en función del nivel de riesgo. Se realizaron visitas a las zonas identificadas como críticas para validar los resultados con observaciones directas y entrevistas a pobladores. Se utilizaron los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como herramienta esencial para digitalizar toda la información disponible, asignando una base de datos geoespacial a cada capa temática tratada. Este enfoque asegura una mayor precisión en los análisis cartográficos. Los SIG no solo actuarán como apoyo en la elaboración de mapas, sino que también fue fundamentales para los cálculos mediante álgebra de mapas, convirtiéndose en un instrumento clave para la gestión y actualización continua de los resultados (Pinos, Timbe, & Orellana, 2017).

- **Mapa de uso y cobertura del suelo:**

Este mapa permite identificar zonas urbanas, agrícolas, forestales y cuerpos de agua, lo cual es clave para evaluar la exposición y vulnerabilidad. Se elaboró a partir de imágenes satelitales o cartografía del IGM (Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), 2022).

- **Mapa de pendientes:**

Generado a partir de un Modelo Digital de Elevación (MDE), permite identificar áreas con mayor susceptibilidad al escurrimiento superficial rápido, lo cual influye directamente en la amenaza de inundación (Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR), 2015).

- **Mapa de amenazas por inundación:**

Se genera a partir de la modelación hidrodinámica o de la superposición de variables como precipitación extrema, pendiente, proximidad a cauces, y tipo de suelo. Indica las zonas que pueden ser afectadas por inundaciones con distintos niveles de intensidad (Pinos et al., 2017; INAMHI y SGR, 2025).

- **Mapa de vulnerabilidad:**

Integra factores como densidad poblacional, calidad de viviendas, infraestructura crítica, acceso a servicios básicos y grado de preparación comunitaria. Se puede generar a partir de información censal, visitas de campo y entrevistas (González y Pérez, 2018).

- **Mapa de riesgo por inundación:**

Es el producto de la combinación del mapa de amenaza y vulnerabilidad mediante álgebra de mapas (ej. multiplicación raster: $\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$). Muestra las zonas con mayor probabilidad de daños y pérdidas (Pinos et al., 2017).

- **Mapa de zonas críticas:**

Resulta del análisis espacial, donde se identifican sectores prioritarios para la intervención, monitoreo o mitigación.

4.5 Propuesta de Medidas de Gestión del Riesgo

En la etapa final del estudio, se propuso estrategias para reducir el riesgo de inundaciones en la cuenca del río Ajaví, generadas a partir del análisis histórico y cartográfico objetivo en este estudio. Se han dividido medidas estructurales y no estructurales:

- **Medidas estructurales:** Estas incluyen la construcción de obras físicas que buscan controlar el flujo del agua y prevenir desbordamientos que puedan afectar a las comunidades (Universitario et al., 2019).

- **Medidas no estructurales:** Involucran acciones que buscan reducir la vulnerabilidad de la población y mejorar su capacidad de respuesta ante eventos de inundación (Universitario et al., 2019).

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSION

5.1. Análisis histórico de eventos hidrológicos

5.1.1. Análisis de Precipitación (2009-2023)

El análisis de la precipitación mensual y anual correspondió al periodo 2009–2023. Los datos del periodo 2009–2015 fueron obtenidos del libro Anuario Agroclimático, disponible en la biblioteca de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, sede Ibarra. Para los años posteriores, se complementó la información con registros disponibles en la Interfaz de visualización de datos agroclimáticos de la PUCE-SI.

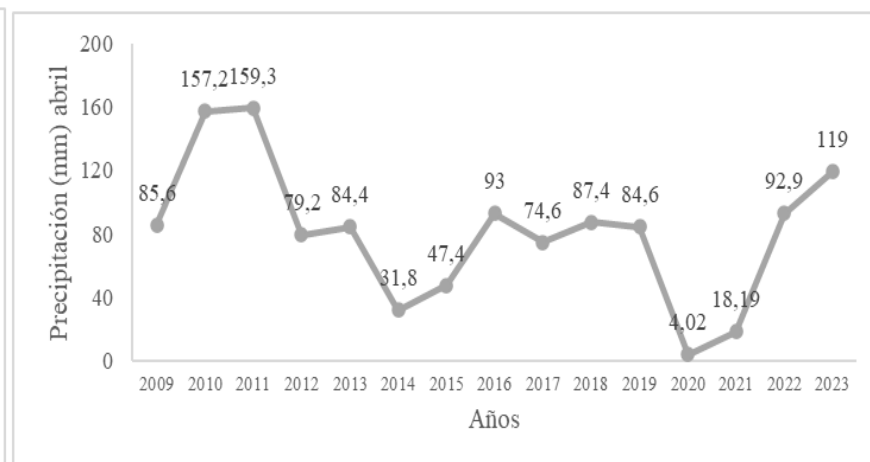
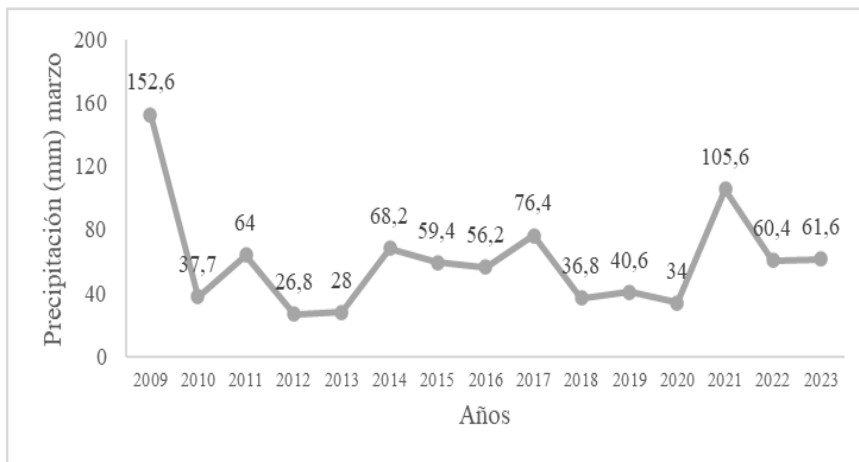
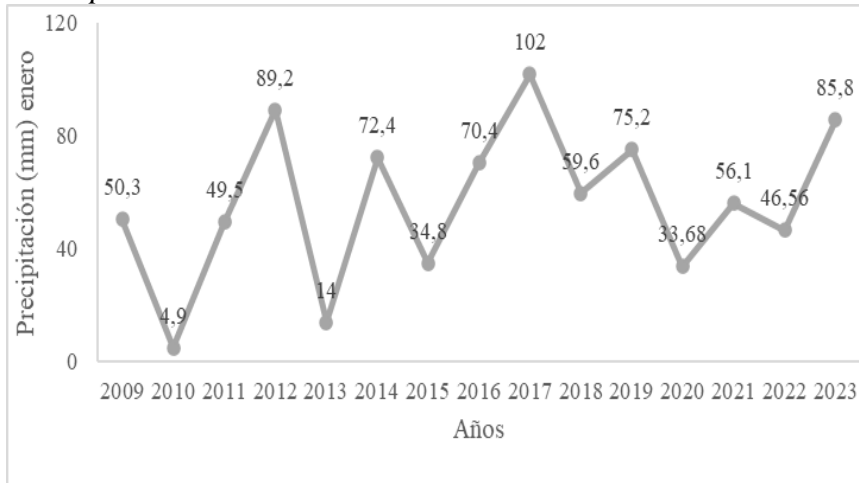
Los datos fueron organizados en una matriz de precipitación mensual para cada año, permitiendo calcular los totales anuales y observar la variabilidad interanual (Anexo 1). Este análisis incluyó la identificación de meses críticos con altas concentraciones de lluvias, como marzo, abril y diciembre, así como de años particularmente lluviosos como 2011, 2014, 2017, 2021 y 2023. Estos picos de precipitación coinciden con varios de los eventos de desbordamiento documentados en la cuenca, lo cual refuerza su utilidad para la modelación de amenazas (Saritama Chérrez y Valdivieso García, 2022).

5.1.2 Análisis de precipitación por meses

Este estudio se enfoca en examinar los patrones de precipitación mensual desde 2009 hasta 2023, con el objetivo de identificar los factores climáticos que contribuyen a la variabilidad de las lluvias y, en consecuencia, a los riesgos asociados a las inundaciones en la región. A través de un análisis detallado de los datos de precipitación mensual, se buscó identificar los picos y los valores más bajos que puedan estar vinculados con fenómenos como El Niño y La Niña, los cuales afectan la intensidad y la distribución de las precipitaciones (Ilbay-Yupa Mercy et al., 2025).

Figura 1.

Datos primer cuatrimestre 2009-2023 en la ciudad de Ibarra



Fuente: (Recalde Posso, 2016).

Figura 2.

Datos segundo cuatrimestre 2009-2023 en la ciudad de Ibarra

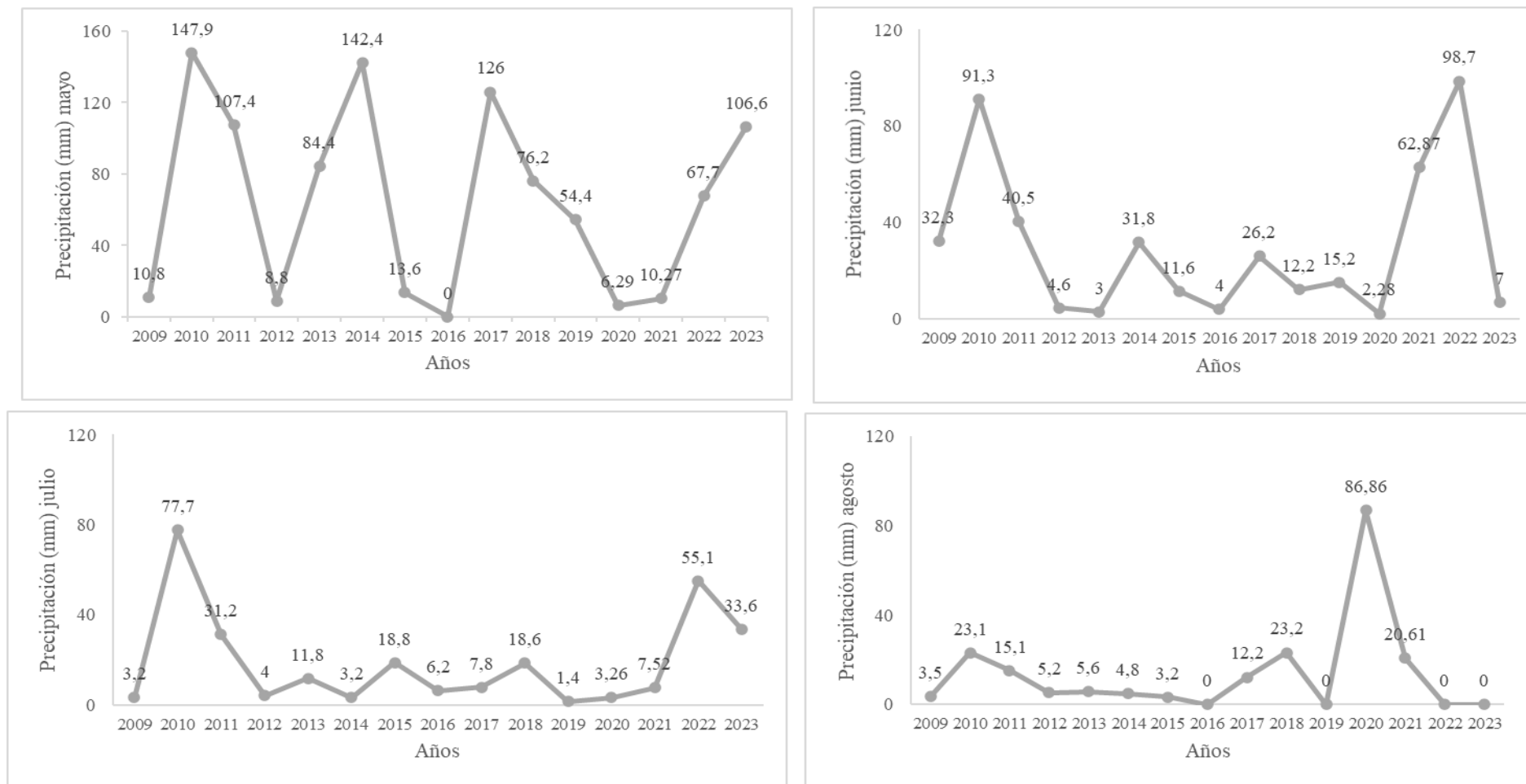
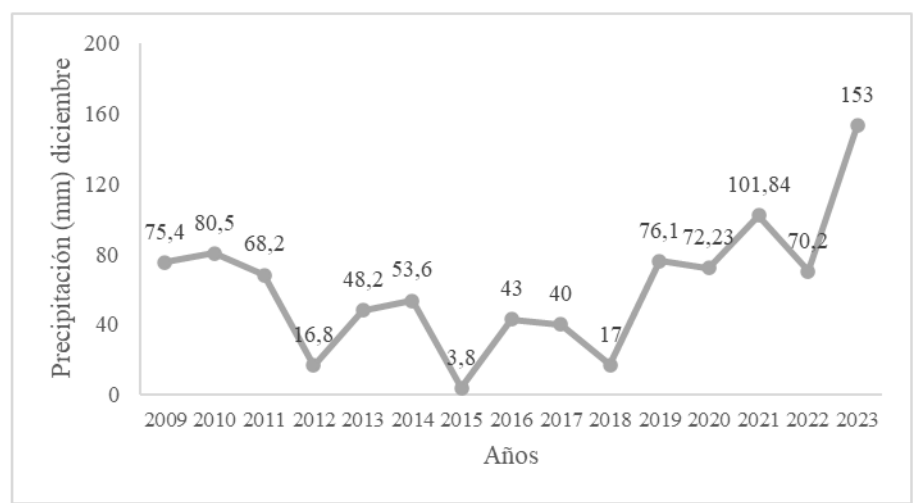
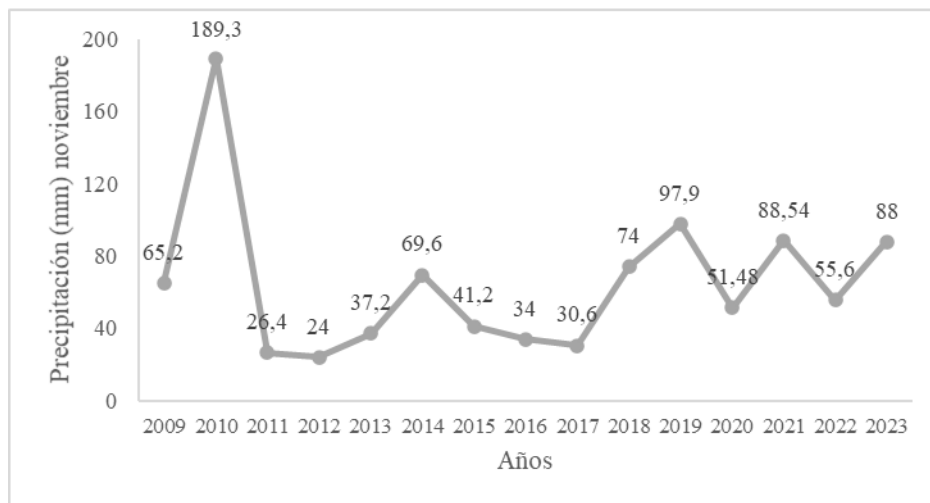
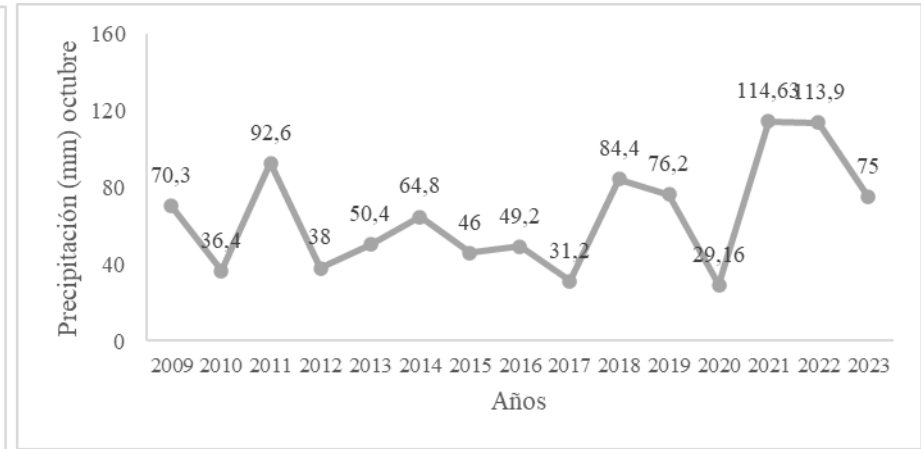
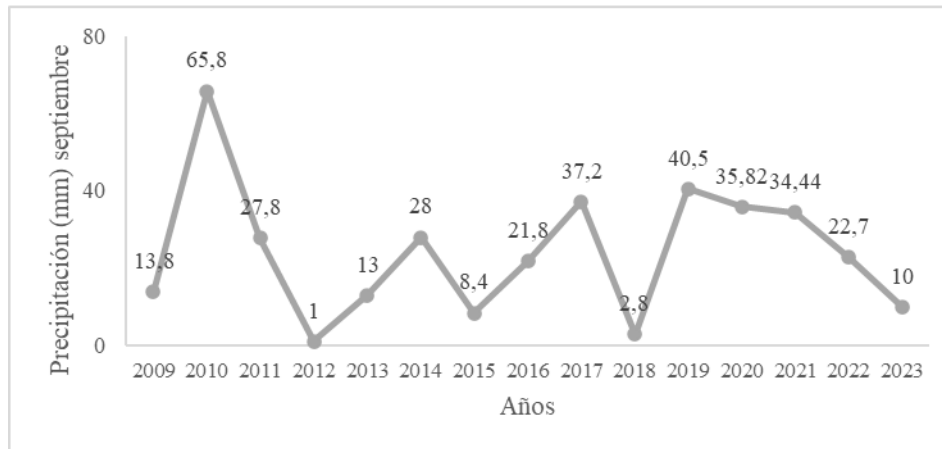


Figura 3

Datos tercer cuatrimestre 2009-2023 en la ciudad de Ibarra

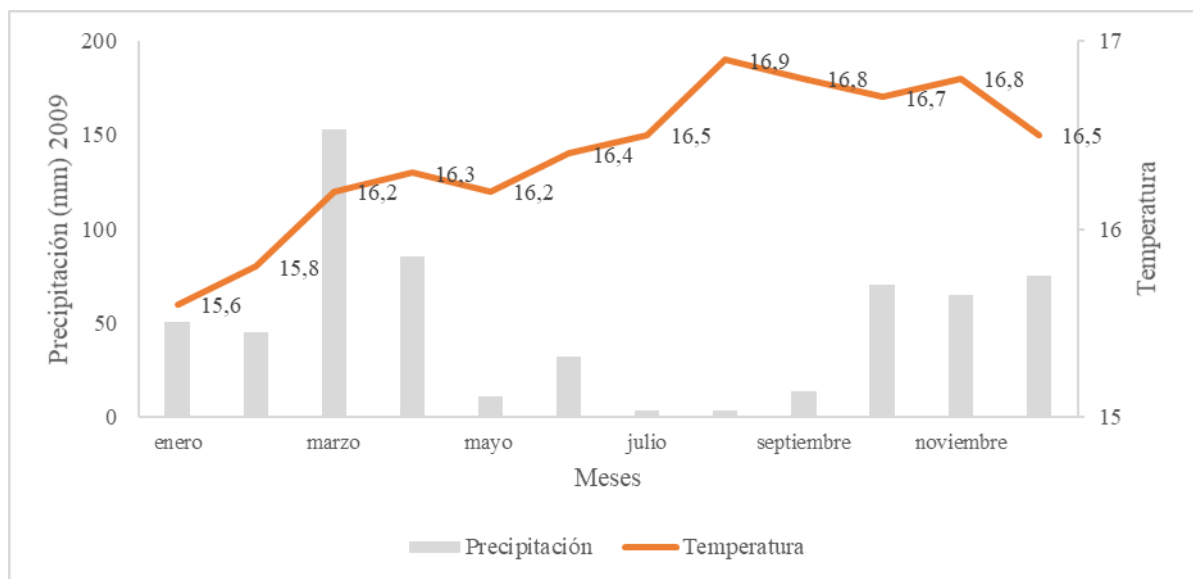


En general, el análisis de las figuras anteriores confirman el comportamiento bimodal de las precipitaciones en el sector, pues se observa claramente dos picos de altas precipitaciones: uno en los meses de marzo, abril y mayo y otro en los meses de octubre, noviembre y diciembre. Sin embargo, se visualiza la existencia de eventos con valores claramente atípicos, como los meses de abril de 2010, noviembre de 2010, abril de 2011 y diciembre de 2023, con valores de precipitación superiores a los 150 mm

En contraste, durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre las precipitaciones se mantienen por debajo de los 30 mm, mientras que la temperatura permanece constante en torno a los 16,2 °C a 16,9 °C. Estas condiciones corresponden a un período seco con bajo riesgo de inundación, ya que el balance hídrico resulta negativo o estable, y el terreno presenta mayor capacidad de infiltración.

Figura 4

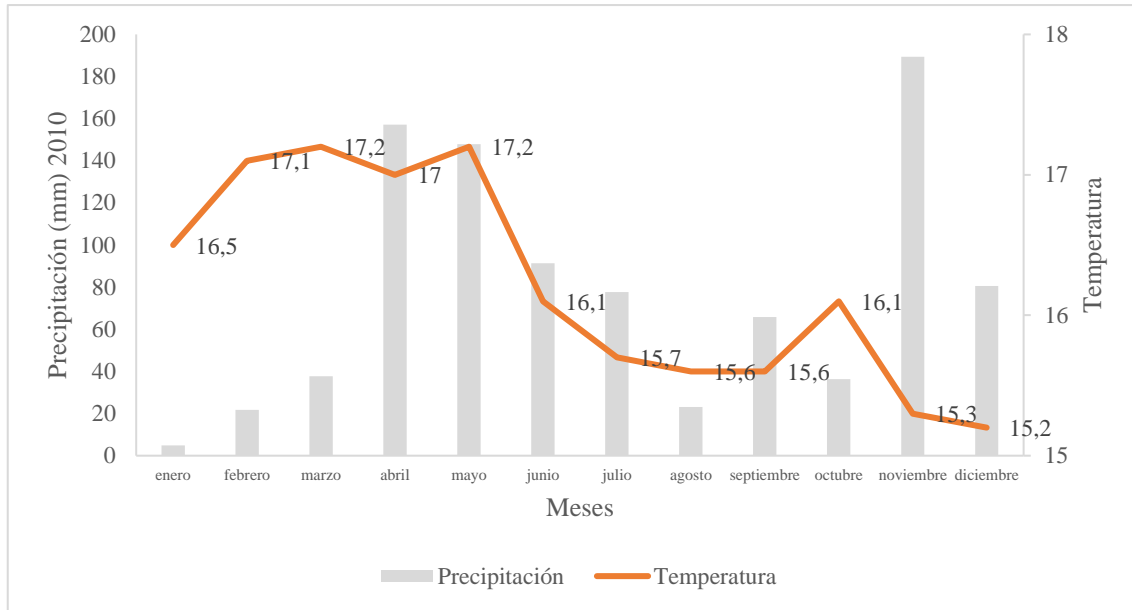
Diagrama ombrotérmico año 2009



En el año 2009, los meses con mayor acumulación de precipitaciones fueron marzo (152,6 mm), abril (85,6 mm) y diciembre (75,4 mm), coincidiendo con una temperatura media de aproximadamente 16,5 °C, lo que da un resultado de un riesgo medio-alto de inundación en marzo, con posible acumulación hacia fin de año.

Figura 5

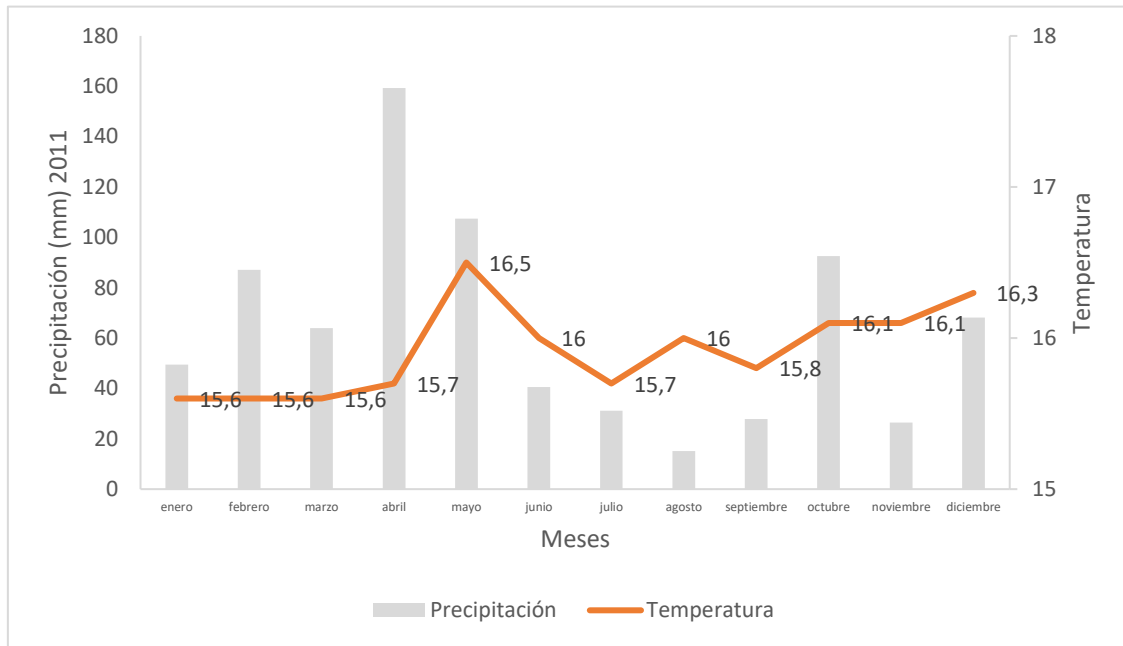
Diagrama ombrotérmico año 2010



El año 2010 presenta una distribución irregular de las precipitaciones. Los meses más lluviosos fueron noviembre (189,3 mm), mayo (147,3 mm), y junio (91,3 mm), lo que sugiere eventos importantes de acumulación hídrica, especialmente en noviembre, coincidiendo con temperaturas medias cercanas a 16 °C. Estos valores superan ampliamente el umbral de estiaje de Gauss, lo que indica riesgo alto de escorrentía e inundaciones. A pesar de un primer trimestre relativamente seco, con valores bajos (por ejemplo, enero: 4,9 mm), la segunda mitad del año concentra lluvias intensas, lo que habría podido saturar el suelo progresivamente, elevando la vulnerabilidad ante precipitaciones tardías.

Figura 6.

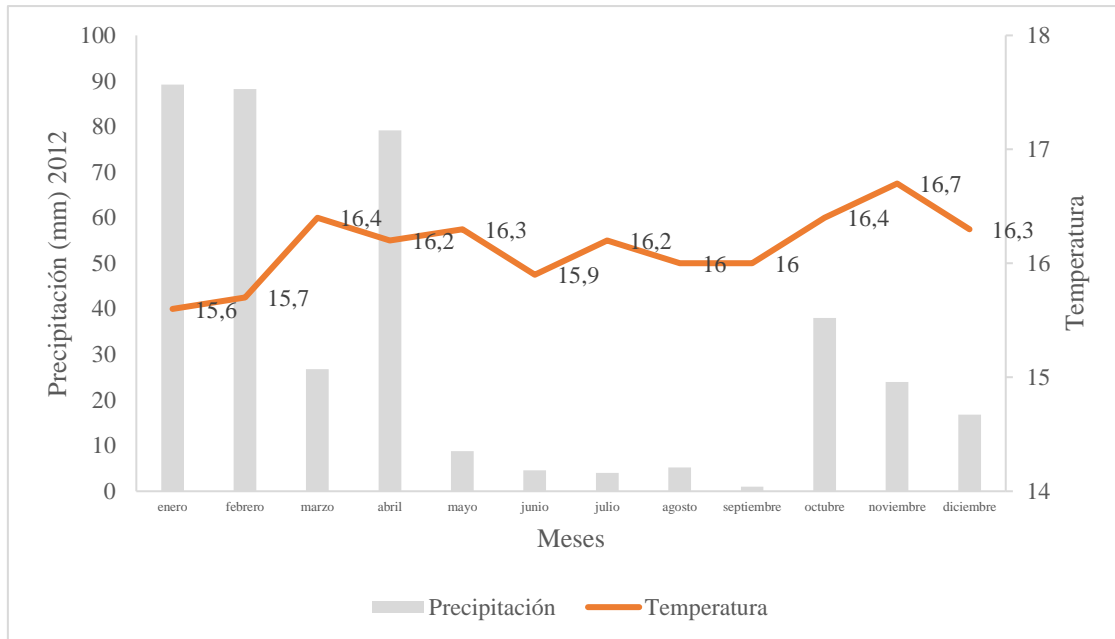
Diagrama ombrotérmico año 2011



En 2011 se observa una notable concentración de lluvias en los meses de abril (153,9 mm), febrero (87,1 mm), y mayo (107,4 mm), todos coincidiendo con temperaturas entre 16,2 °C y 16,8 °C. Estas condiciones propician un alto riesgo de saturación del terreno y, por ende, posibles desbordamientos del río Ajaví.

Figura 7.

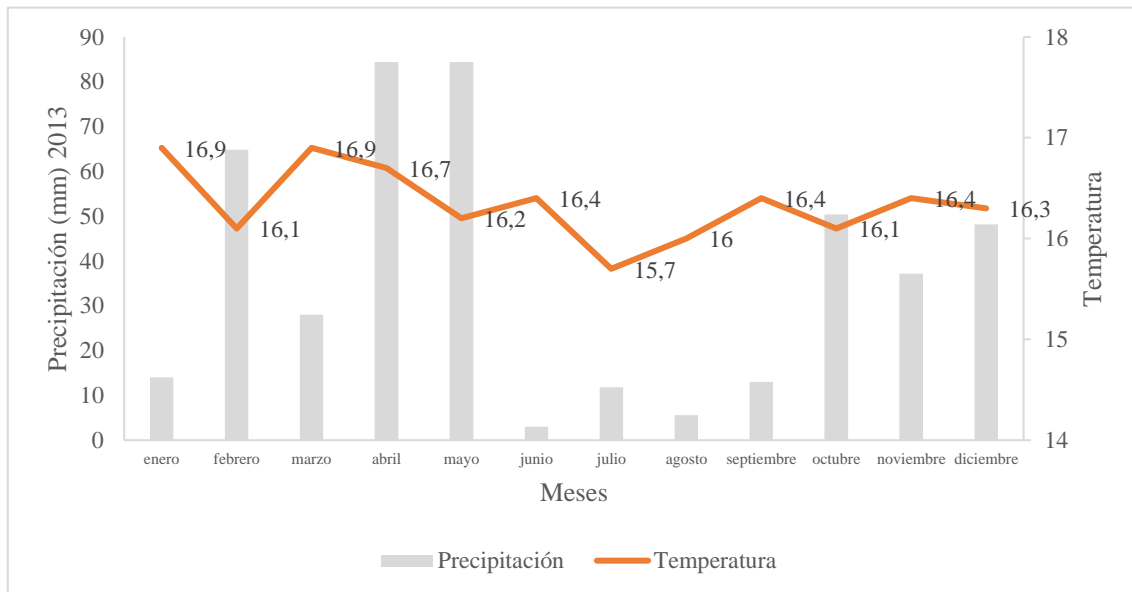
Diagrama ombrotérmico año 2012



El año 2012 se observa que las concentraciones de lluvia en enero (83,2 mm), febrero (86,2 mm) y abril (79,3 mm) mostraron cierta actividad pluviométrica, el resto del año fue marcadamente seco, especialmente entre mayo y octubre. Esto sugiere condiciones climáticas más estables, con bajo riesgo de inundación. Las temperaturas se mantuvieron estables, pero al no haber coincidencia con altos valores de precipitación, el año no presentó condiciones críticas para desbordamientos del río.

Figura 8

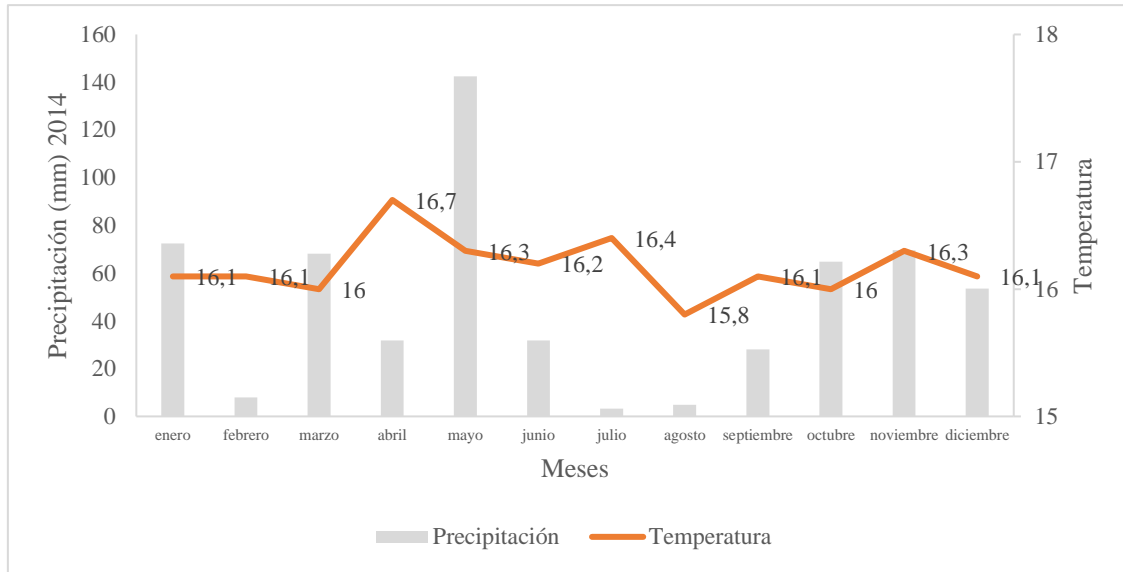
Diagrama ombrotérmico año 2013



En 2013, las lluvias se distribuyeron de forma moderada con picos en febrero (64,8 mm), abril (84,4 mm) y mayo (84,4 mm), siendo estos los meses más críticos para la ocurrencia de eventos extremos como inundaciones urbanas y esto representa una alta amenaza de escorrentía superficial en estos meses. La estación seca se extiende de junio a septiembre.

Figura 9

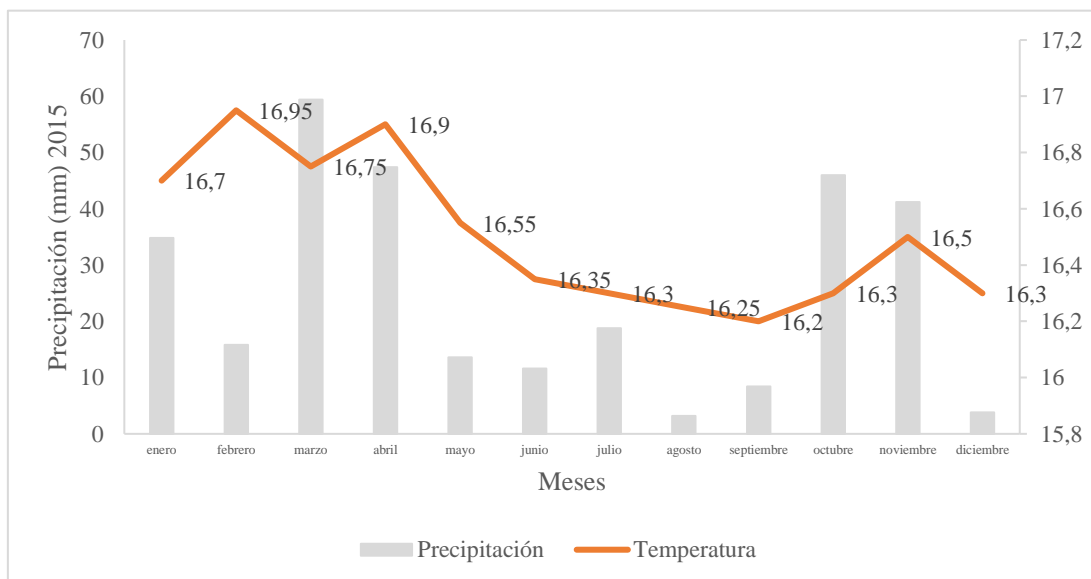
Diagrama ombrotérmico año 2014



El año 2014 presentó valores elevados en enero (72,4 mm), mayo (142,4 mm), y noviembre (69,6 mm), que superan la curva térmica de forma notoria. Hay dos estaciones húmedas bien marcadas, con periodos secos intermedios, en donde podemos decir que hay un riesgo medio-alto de desbordamientos en el mes de mayo.

Figura 10

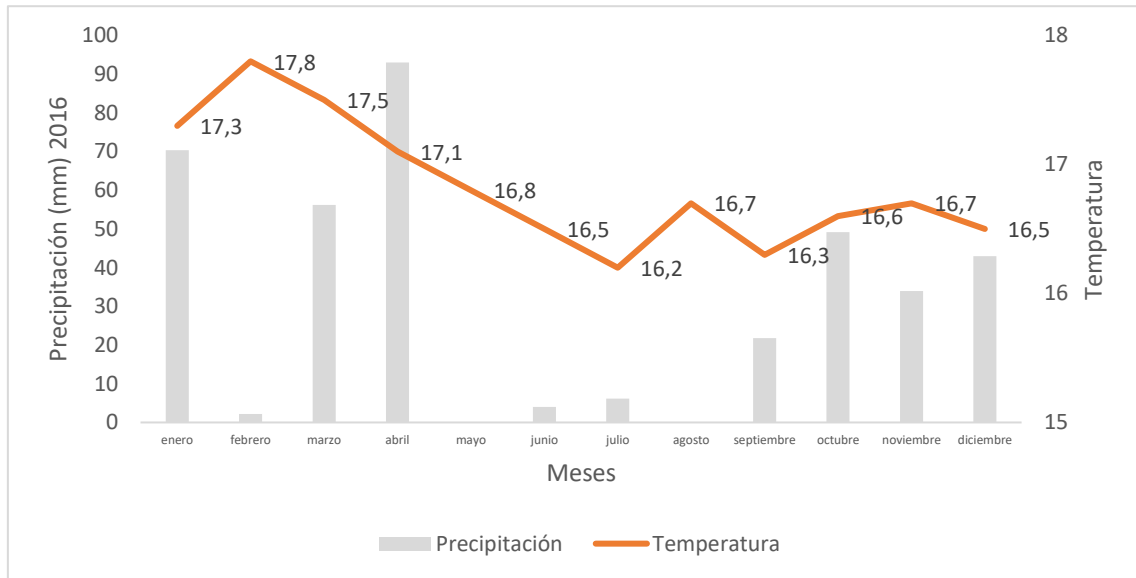
Diagrama ombrotérmico año 2015



En el año 2015 mostró una distribución de lluvias concentrada entre marzo (59,4 mm), abril (47,4 mm), octubre (46 mm) y noviembre (41,2 mm) pero sin superar dramáticamente la línea de temperatura, es decir en el año se obtuvo un bajo riesgo de inundación, aunque marzo puede haber generado escorrentías puntuales.

Figura 11

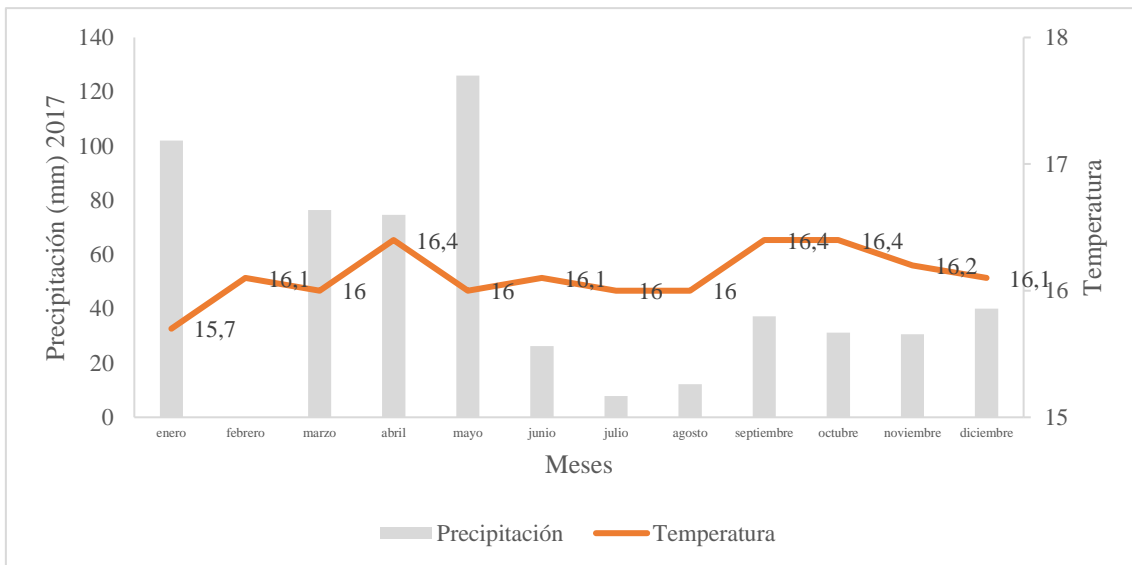
Diagrama ombrotérmico año 2016



El año 2016 mostró picos distintos en la distribución de lluvias, con máximos en enero (70,4 mm) y abril (93 mm), con un riesgo medio en abril. Estación húmeda breve, y periodo seco bien definido entre mayo y agosto.

Figura 12

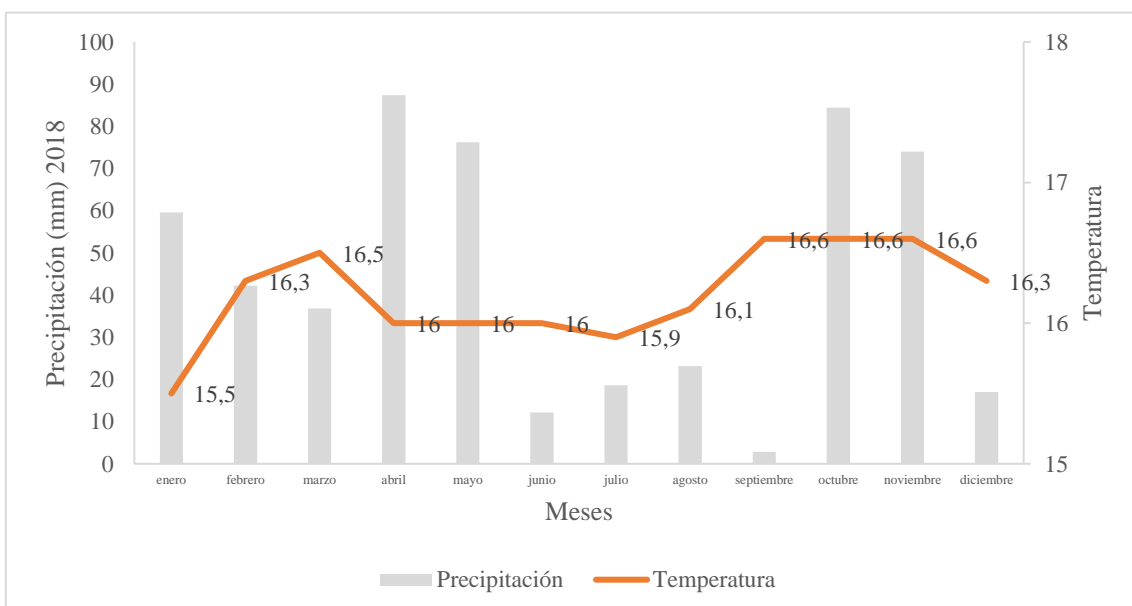
Diagrama ombrotérmico año 2017



Se destacan como meses críticos enero (102 mm), marzo (76,4 mm), abril (74,6 mm) y mayo (126 mm). Las temperaturas se mantuvieron en promedio sobre los 16,4 °C, por lo que el índice de Gausson señala una prolongada estación húmeda, con riesgo alto de escorrentía superficial e inundaciones, un año con alto riesgo climático.

Figura 13

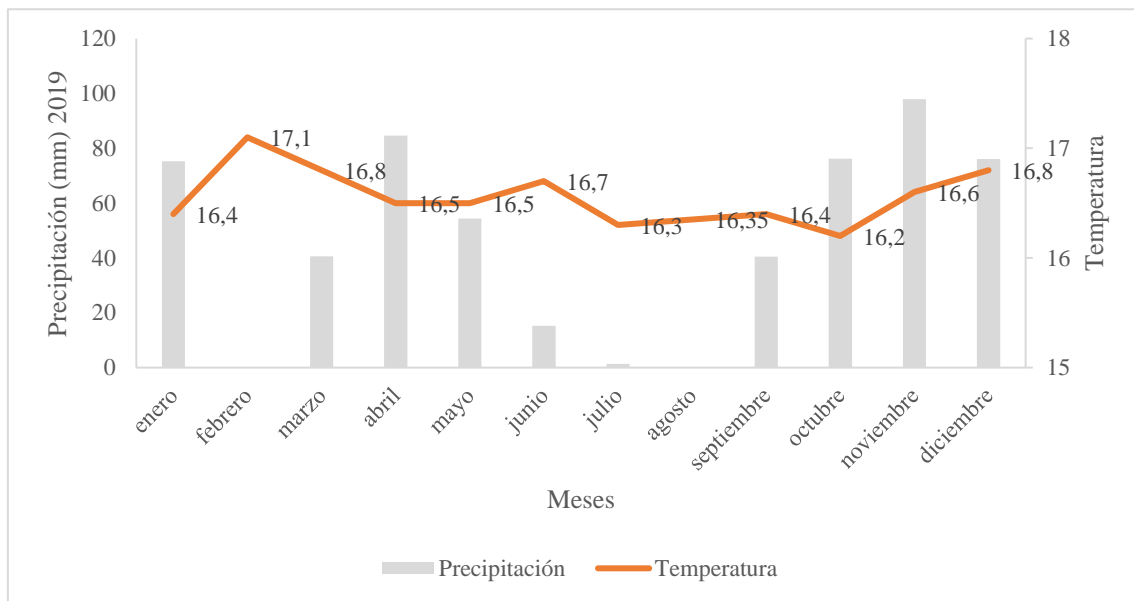
Diagrama ombrotérmico año 2018



En el año 2018 presentan precipitaciones en el mes de enero (59,6 mm), abril (87,4 mm), mayo (76,2 mm), octubre (84,4 mm) y noviembre (74 mm) se elevan por encima de la curva de temperatura, cumpliendo con el criterio del índice de Gausen para ser considerados meses húmedo, lo que representa a un riesgo medio-alto de inundación, particularmente en abril, mayo, octubre y noviembre.

Figura 14

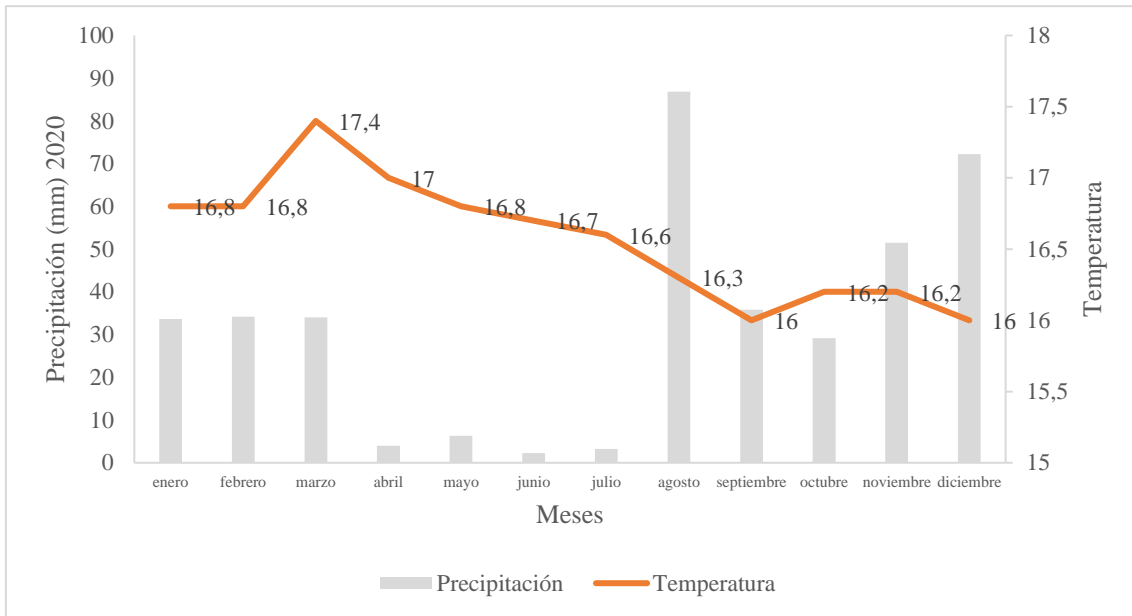
Diagrama ombrotérmico año 2019



En el año 2019, se caracterizó por una distribución más pareja de las lluvias, con picos en enero (75,2 mm), abril (84,6 mm), octubre (76,2 mm), noviembre (97,9 mm) y diciembre (76,1 mm), lo que representa un riesgo medio-alto, especialmente en abril y noviembre.

Figura 15

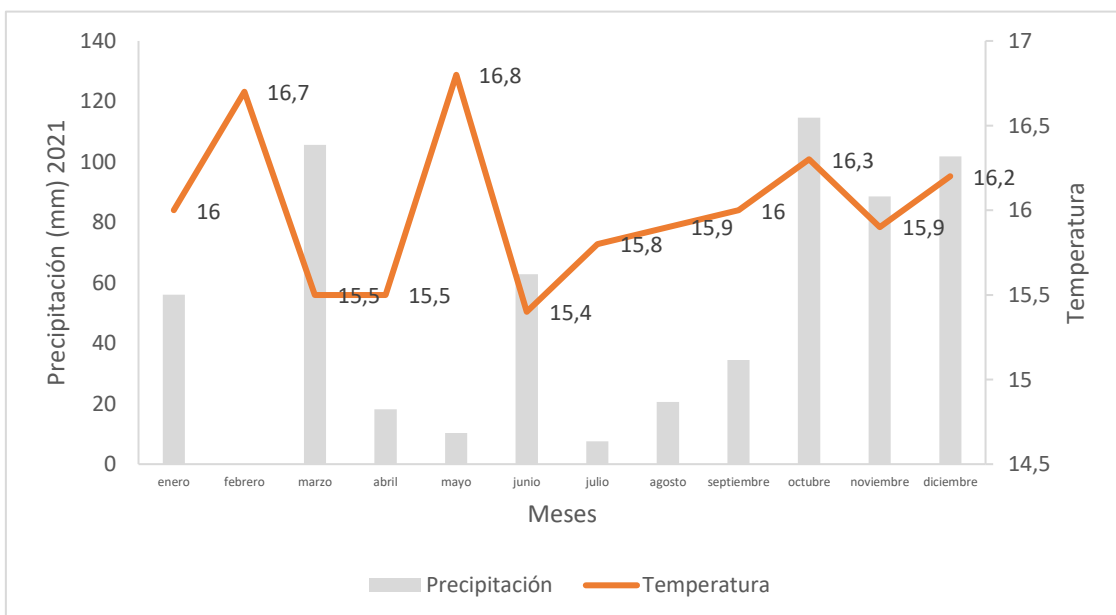
Diagrama ombrotérmico año 2020



En el año 2020, en el mes de agosto (86,86 mm) y diciembre (72,23 mm) son los meses más lluviosos, con picos llamativos. Este comportamiento es atípico, con lluvias fuertes en pleno periodo seco (agosto). Este año tiene una distribución anómala, con un riesgo de escorrentía en meses no habituales (especial en agosto).

Figura 16

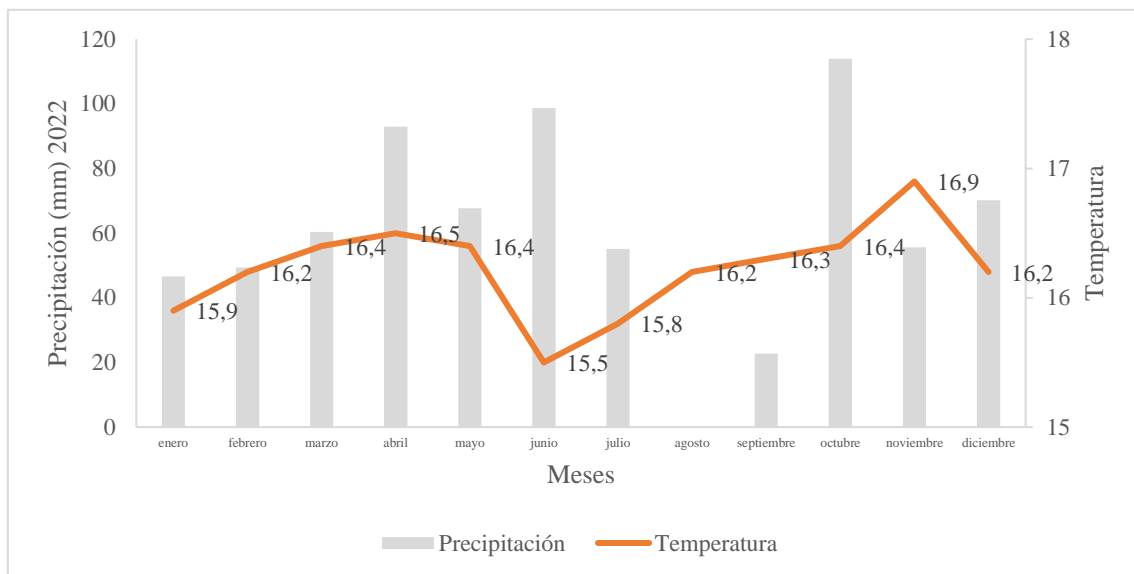
Diagrama ombrotérmico año 2021



En el año 2021 fue uno de los años más lluviosos del período. Se destacan marzo (105,6 mm), junio (62,87 mm), octubre (114,63 mm), noviembre (88,54 mm) y diciembre (101,84 mm). La temperatura se mantuvo estable, y las lluvias intensas coinciden con los meses donde el índice de Gaussen indica estación húmeda. Estas condiciones fueron altamente favorables para inundaciones urbanas, especialmente si hubo saturación acumulada desde el primer trimestre. Este año representa un alto riesgo de inundaciones. Estación húmeda extendida, sin un estiaje bien definido.

Figura 17

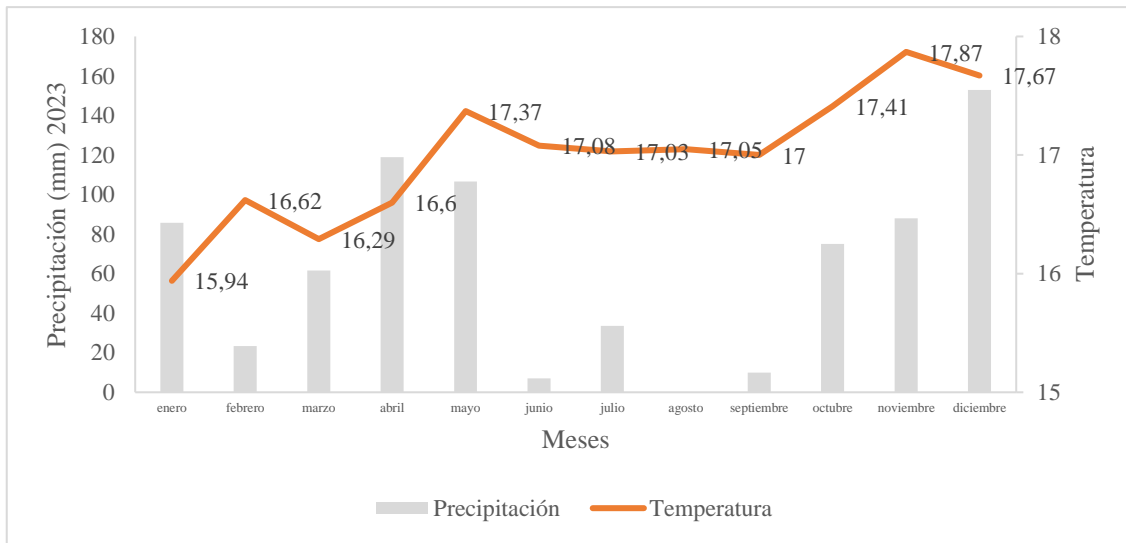
Diagrama ombrotérmico año 2022



En 2022, las lluvias estuvieron bien distribuidas con máximos en abril (92,9 mm), mayo (67,7 mm), junio (98,7 mm), julio (55,1 mm), octubre (113,9 mm) y diciembre (70,2 mm). Esto sugiere un riesgo alto de inundaciones, especialmente por la acumulación progresiva de humedad en el suelo, que reduce su capacidad de infiltración y favorece la escorrentía superficial.

Figura 18

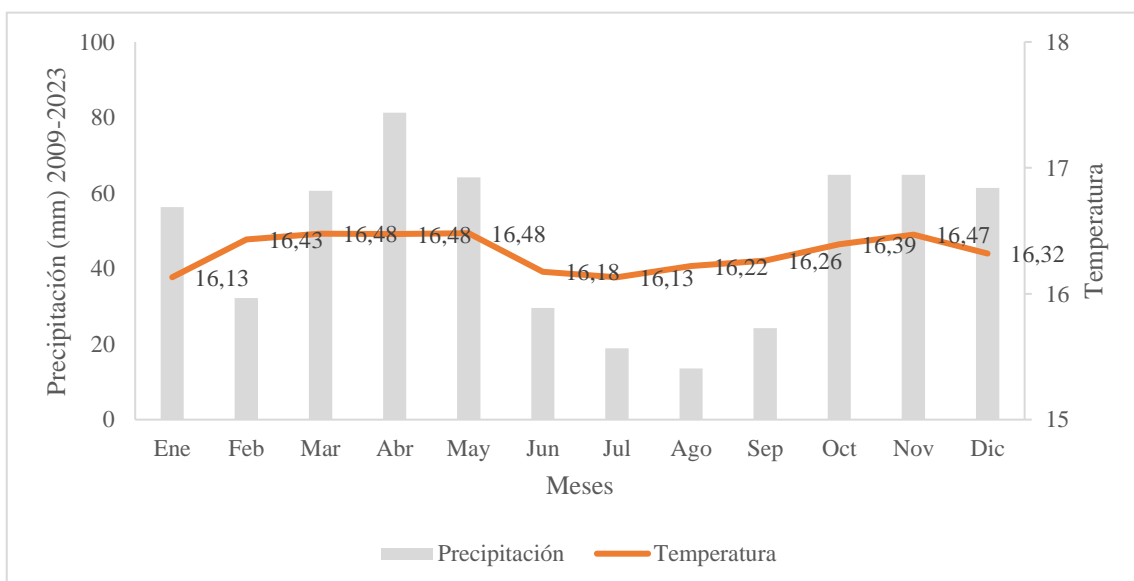
Diagrama ombrotérmico año 2023



Durante 2023 se registraron valores altos en enero (85,8 mm), abril (119 mm), mayo (106,6 mm), octubre (75 mm) y diciembre (153 mm). La combinación de altas precipitaciones a inicio, mitad y fin del año con una curva térmica estable favorece escenarios de saturación del suelo e inundaciones. Este patrón coincide con eventos reales de desbordamiento del río Ajaví documentados en abril de ese año, lo cual valida el riesgo hidrológico identificado.

Figura 19

Diagrama ombrotérmico 2009-2023



Globalmente, se identifican seis meses críticos: enero, marzo, abril, mayo, octubre, noviembre y diciembre. En estos meses, la temperatura supera notablemente los 16 °C de temperatura media, y en cuanto a precipitación, se destacan abril (81,24 mm), noviembre (64,87 mm) y diciembre (61,32 mm) como los periodos más susceptibles, donde las lluvias podrían alcanzar niveles que excedan la capacidad de retención del suelo o los márgenes de los cuerpos hídricos locales. Esta condición favorece la generación de escorrentías superficiales intensas y posibles desbordamientos, especialmente en áreas urbanizadas o con deficiente infraestructura de drenaje pluvial.

A lo largo del análisis de los diagramas ombrotérmicos correspondientes al periodo 2009–2023, se identificaron años con mayor recurrencia de meses húmedos según el índice de Gaussen, donde las precipitaciones superaron notablemente la curva de temperatura media mensual, lo que evidencia condiciones favorables para la escorrentía superficial y posibles desbordamientos del río Ajaví (Pourrut y Pouyaud , 1995).

Los años 2011, 2014, 2017, 2021 y 2023 fueron los más críticos en cuanto a acumulación de lluvias distribuidas en distintos meses del año. Según Pinos, Timbe y Orellana 2016, esta condición sugiere una estación húmeda prolongada, con suelos expuestos a procesos de saturación, pérdida de capacidad de infiltración y por ende mayor riesgo de inundación, especialmente en zonas urbanas como Pilanquí, Caranqui y sectores aledaños al redondel Ajaví..

Además, se identificaron meses clave que se repiten en los distintos años como periodos de mayor amenaza: abril, mayo, octubre, noviembre y diciembre, lo que los convierte en indicadores climáticos de alerta hidrometeorológica para la planificación del territorio y el diseño de sistemas de drenaje urbano.

Tabla 2.

Comparación de análisis climático anual

Año	Meses Críticos Identificados	Nivel de Riesgo	Observaciones
2009	marzo, abril, diciembre	Medio-Alto	Estación húmeda clara y acumulación a fin de año
2010	mayo, junio, noviembre	Alto	Alta concentración de lluvias en segundo semestre

2011	febrero, abril, mayo	Alto	Coincide con evento de desbordamiento documentado
2012	enero, febrero, abril	Bajo	Año con precipitación limitada en la mayoría de meses
2013	febrero, abril, mayo	Medio	Estación seca clara entre junio y septiembre
2014	enero, mayo, octubre	Medio-Alto	Dos estaciones húmedas bien definidas
2015	marzo, abril, octubre	Bajo	Precipitaciones sin superar curva térmica
2016	abril, julio	Medio	Lluvias puntuales en primera mitad del año
2017	enero, marzo, mayo, octubre	Alto	Año de alta intensidad y riesgo climático generalizado
2018	abril, mayo, octubre, noviembre	Medio-Alto	Lluvias recurrentes en primer y segundo semestre
2019	enero, abril, octubre, noviembre	Medio-Alto	Distribución regular de lluvias en todo el año
2020	agosto, diciembre	Medio	Comportamiento anómalo con lluvias fuertes en temporada seca
2021	marzo, junio, octubre, diciembre	Alto	Estación húmeda extendida, riesgo urbano significativo
2022	abril, junio, octubre, diciembre	Alto	Lluvias bien distribuidas, varios meses críticos
2023	enero, abril, mayo, octubre, diciembre	Muy Alto	El año más crítico, coincide con desbordamiento real en abril

5.1.3. Máximos anuales

Para cada año, se revisaron los 12 valores mensuales y se identificó el mayor valor de precipitación del año. Ese valor representa el evento de lluvia más intenso de cada período anual, lo que puede estar asociado a posibles desbordamientos o inundaciones. Se extrajo la información de los máximos anuales, que se presentan en la siguiente tabla

Tabla 3.

Serie de máximos anuales

Año	Máximo Mensual (mm)
2009	152.6
2010	189.3
2011	153.9
2012	86.2

2013	59.4
2014	142.4
2015	53.9
2016	98.1
2017	126.0
2018	94.7
2019	97.3
2020	94.0
2021	114.6
2022	113.9
2023	153.0
Promedio	114.18
Desviación	35.89

Se procedió a calcular el período de retorno utilizando el método de Gumbell utilizado por Abdullah y otros (2013), quienes determinaron los caudales máximos esperados para diferentes períodos de retorno utilizando métodos estadísticos, incluyendo y validando la distribución de Gumbel expresada en la siguiente ecuación:

$$XT = \bar{x} + KT \cdot \sigma$$

En donde:

XT = precipitación para el período de retorno T

\bar{x} = media de la serie

$$K_T = \frac{\sqrt{6}}{\pi} [\ln(T) - 0.5772]$$

σ = desviación estándar

La tabla 4 muestra la precipitación y probabilidad de que se manifiesten eventos extremos a partir de los datos de precipitación obtenidos. Así, eventos con precipitaciones de alrededor de 143.07 mm, similares a los identificados en los gráficos anteriores, tienen un período de retorno de 5 años, con una probabilidad de recurrencia de 20% anual, corroborando lo que manifiestan Rojas y Jiménez (2021)

Tabla 4.

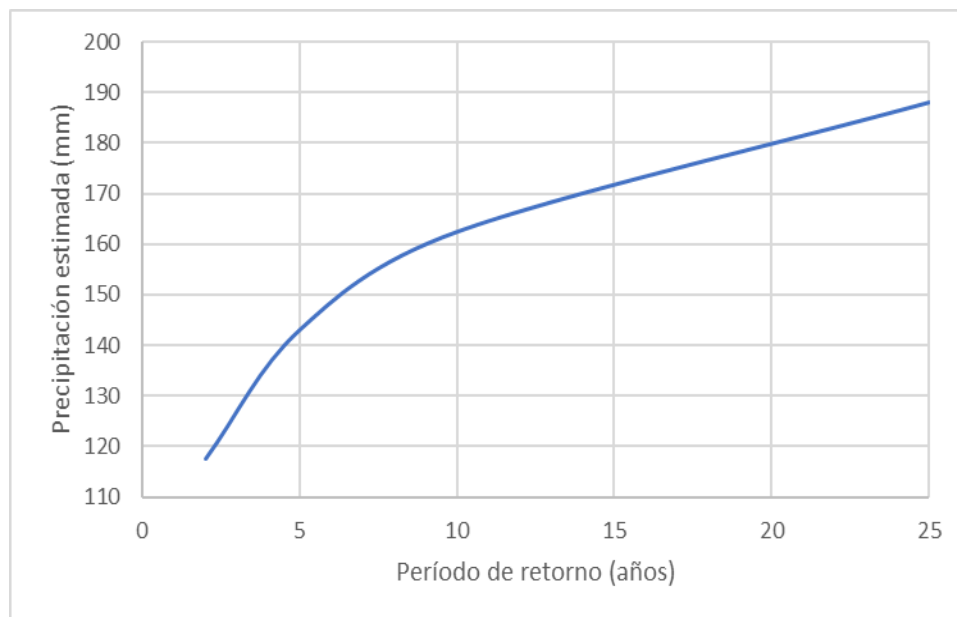
Precipitación estimada para cada período de retorno

Período de retorno (TR)	KT	XT (mm)	Probabilidad (%)
2	0.904	117.42	50
5	0.804	143.07	20
10	1.345	162.46	10
25	2.059	188.10	4

Así mismo la figura 29 muestra la curva de frecuencia de precipitación

Figura 20

Curva de frecuencia de precipitación



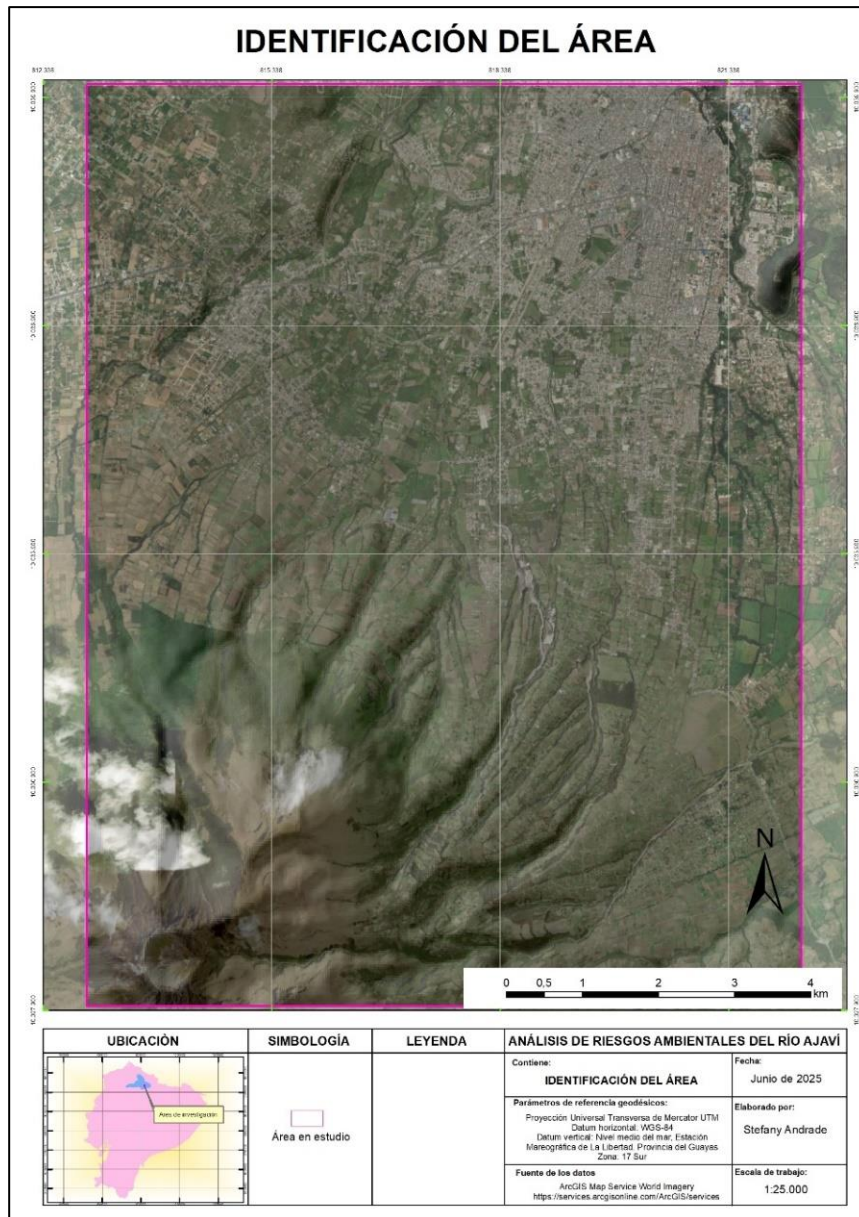
5.2. Análisis geoespacial del área de estudio.

5.2.1. Identificación del área.

El área de estudio en el que se identificó los sectores de amenaza y de vulnerabilidad se extiende desde la divisoria de aguas del volcán Imbabura por el sur, hasta el sector de Ajaví, cercano a la avenida Cristóbal de Troya al norte. Longitudinalmente se extiende desde el cauce del río Tahuando al este, hasta el río Ambi al oeste, como se observa en el mapa de identificación del área en la figura 21.

Figura 21

Mapa de identificación del área

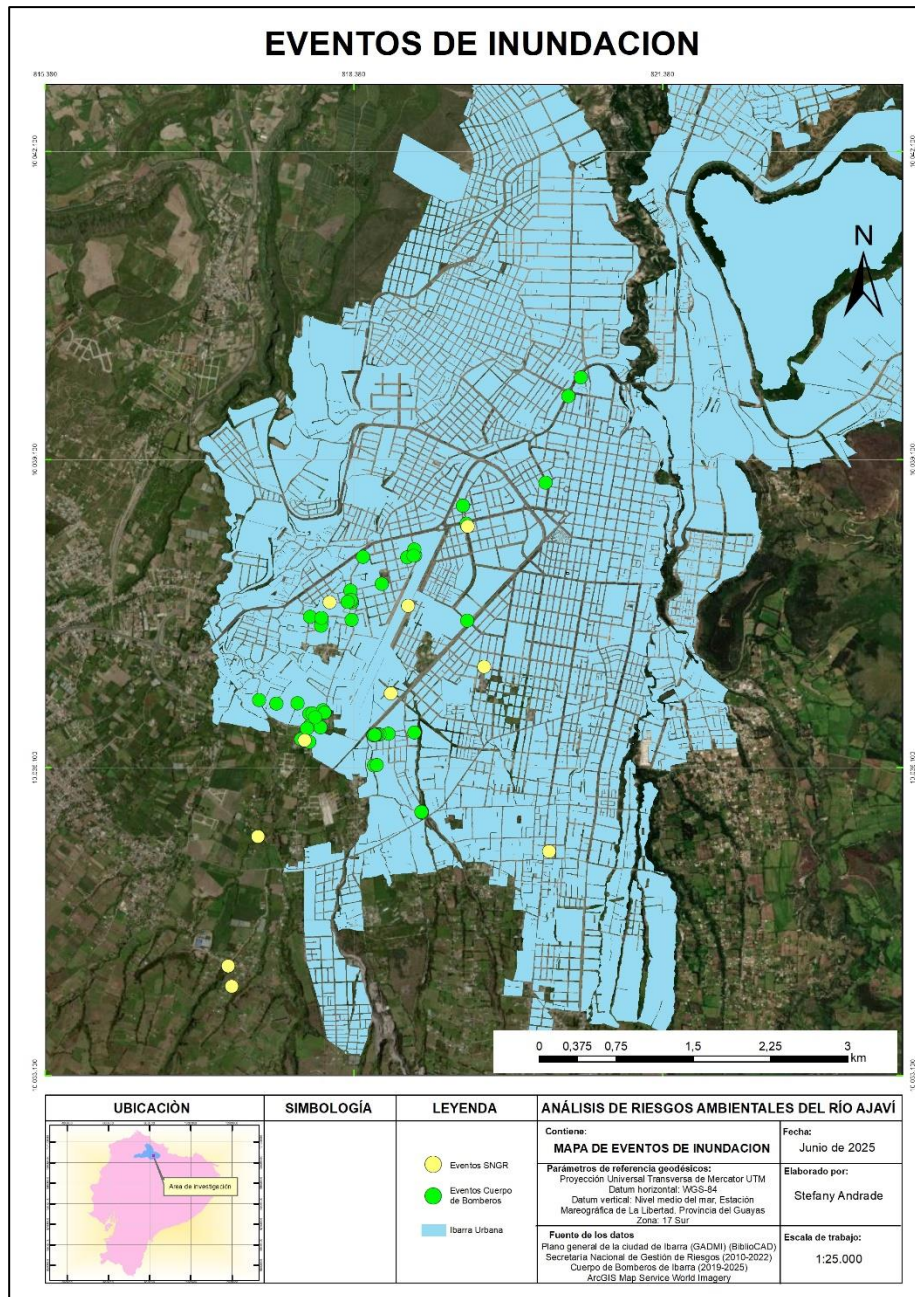


5.2.2 Identificación de eventos

El mapa de la figura 22 se construyó a partir de la espacialización de eventos de inundación obtenidos a partir de dos fuentes: La base de datos de eventos peligrosos 2010-2022 (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2024), y los reportes de atención del Cuerpo de Bomberos de Ibarra (2025). La primera, georeferenciada y los segundos, solamente proporcionan la dirección de la atención brindada, cuyos puntos tuvieron que ser ubicados sobre el plano de catastro de la ciudad (Municipio de Ibarra).

Figura 22

Mapa de eventos de inundación

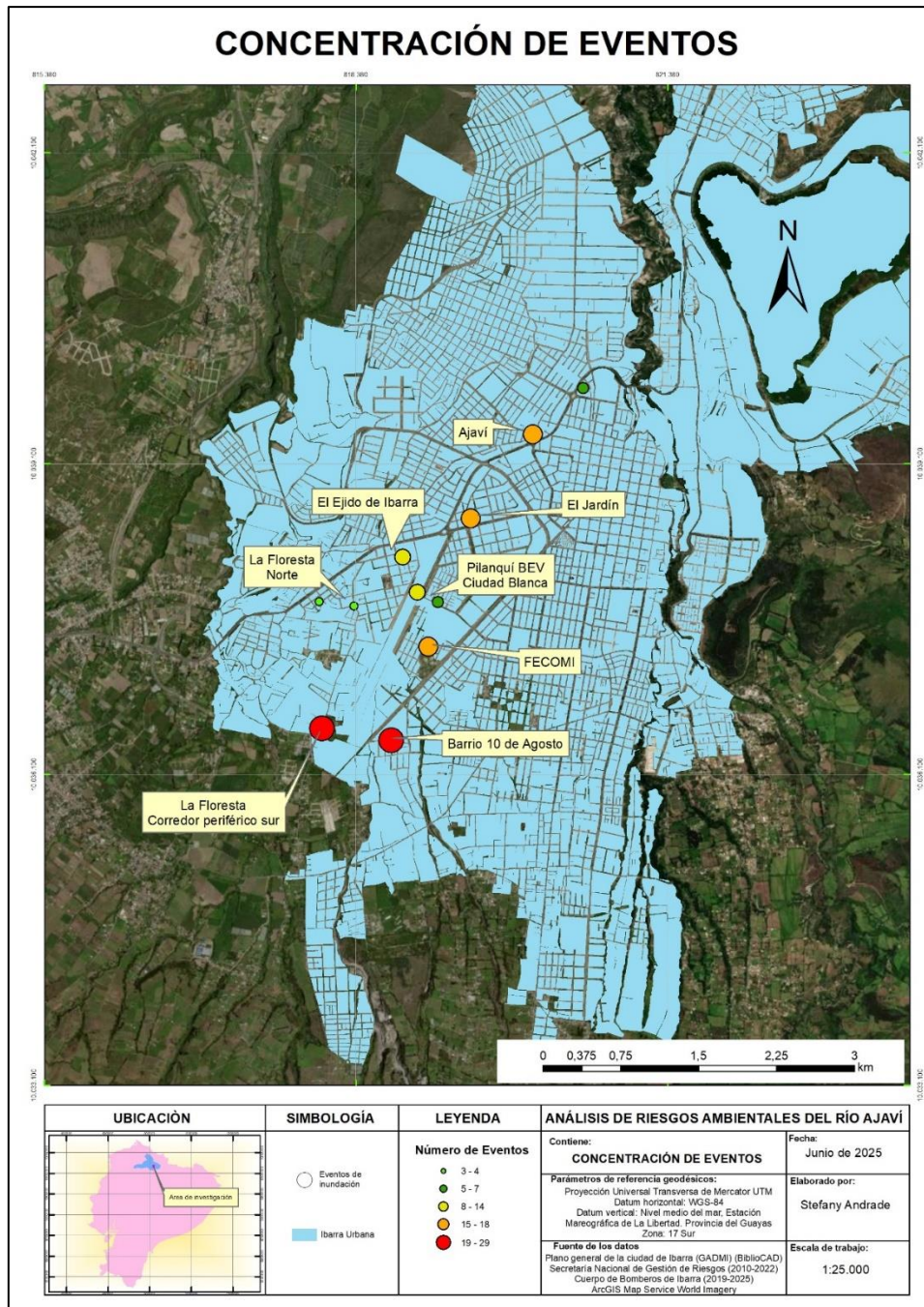


5.2.3. Concentración de eventos.

En la figura 23 se puede observar el mapa de concentración de eventos, construido a partir del anterior, que permite visualizar los lugares en que han existido eventos repetidos, que están resaltados en escala de colores. Las áreas con mayor número de afectaciones corresponden al barrio 10 de agosto, Periférico sur, FECOMI, El Jardín, Ajaví, Pilanquí.

Figura 23

Mapa de concentración de eventos de inundación



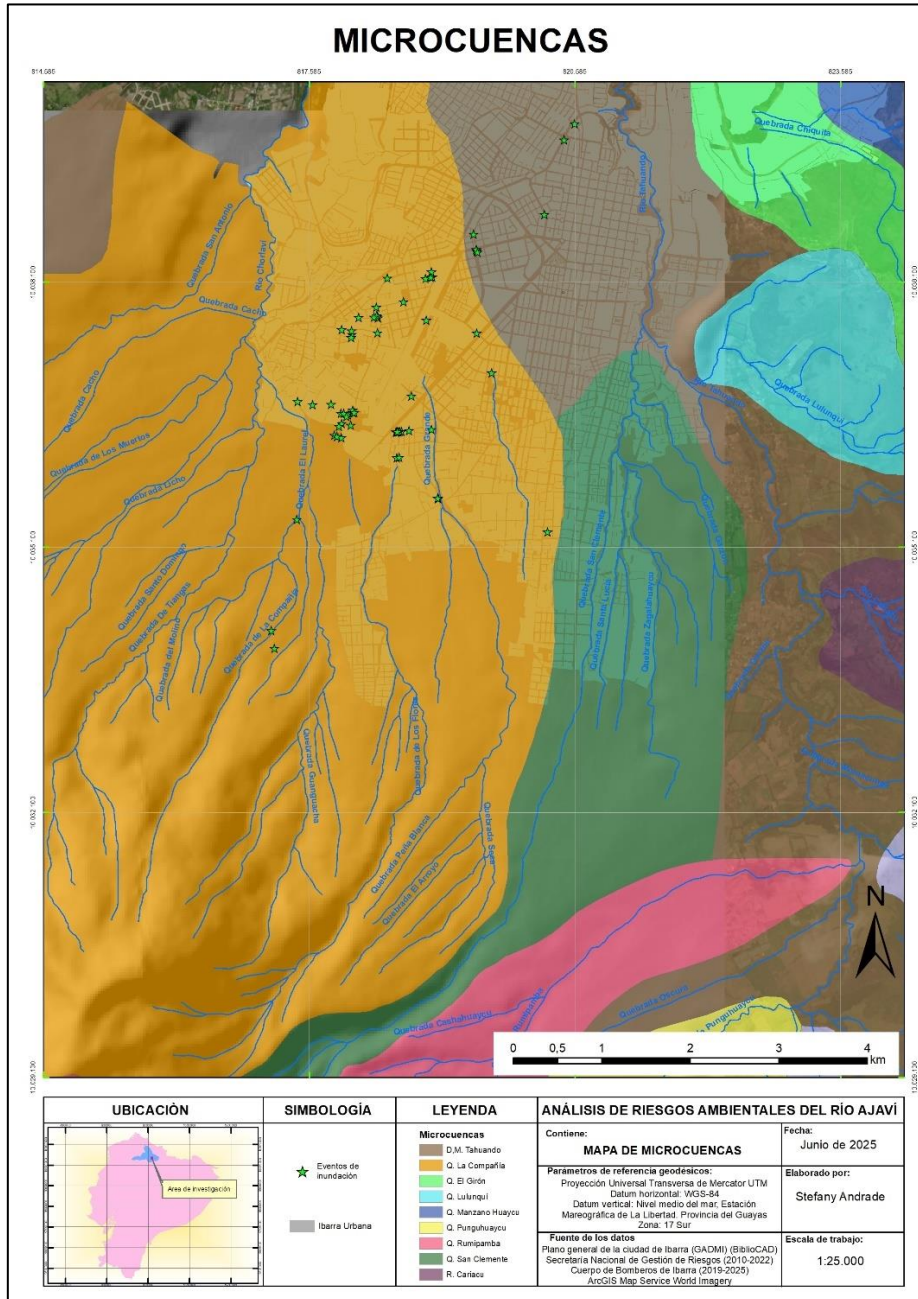
5.2.4. Mapa de microcuencas

En la figura 24 se presenta el mapa de microcuencas en el que se puede observar que el casco urbano de Ibarra se encuentra distribuido principalmente en tres unidades hidrológicas: la de la quebrada La Compañía, la de la quebrada San Clemente y drenajes menores del río Tahuando. En la primera, internamente, se observan los cauces de la

quebrada Seca, y de la quebrada de los Flores, específicamente relacionadas con los eventos de inundación.

Figura 24

Mapa de microcuencas



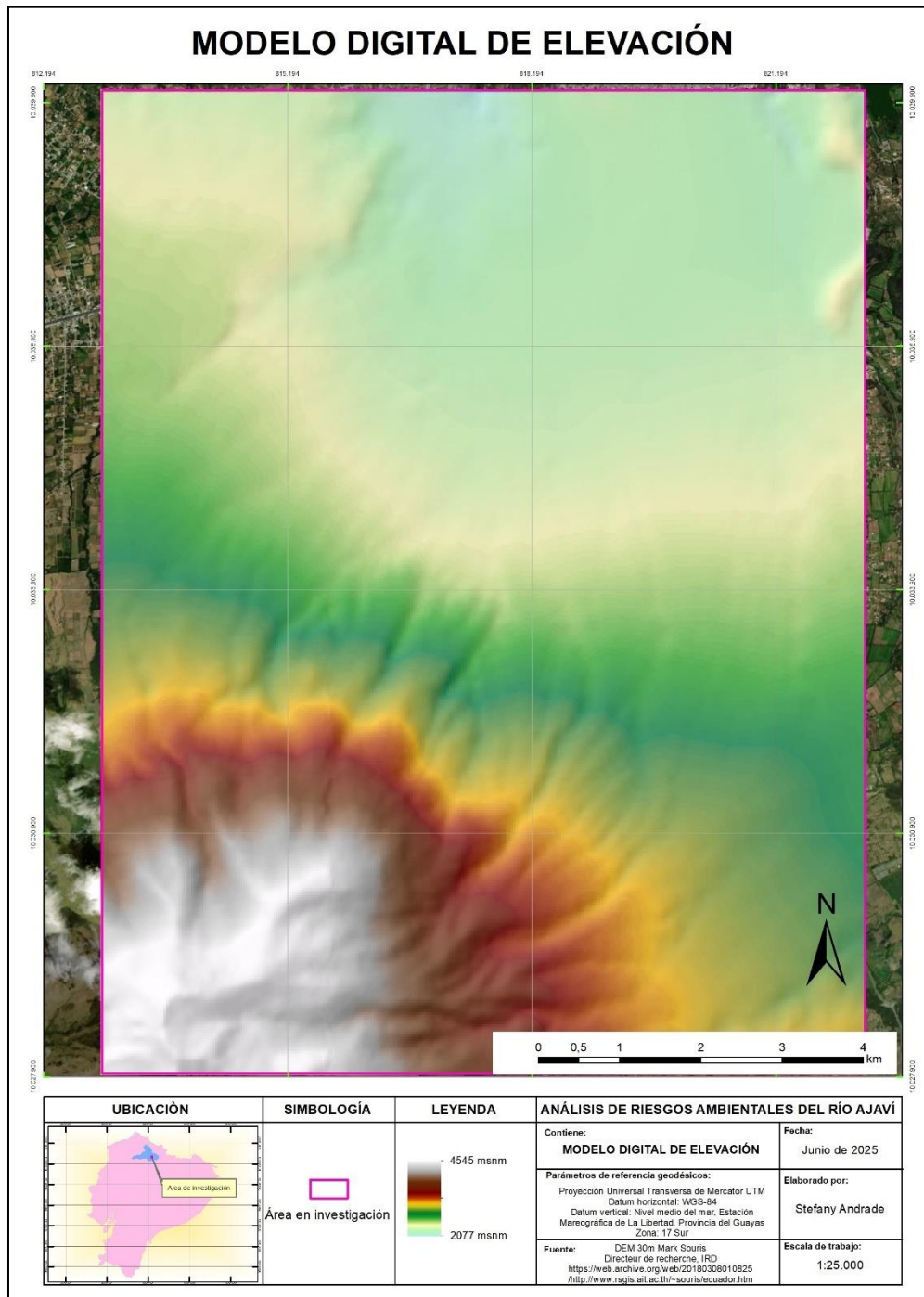
5.2.5. Modelo Digital de Elevación (MDE)

El modelo digital de elevación permitió verificar la hipsometría del sector, que presenta altitudes entre los 2077 a los 4545 msnm. El modelo distribuido (ráster) tiene

un tamaño de celda de 30 m por lado y se ha cortado utilizando como marco el área de estudio. En la figura 25 se muestra el modelo digital de elevación obtenido de Souris (2025)

Figura 25

Modelo digital de elevación

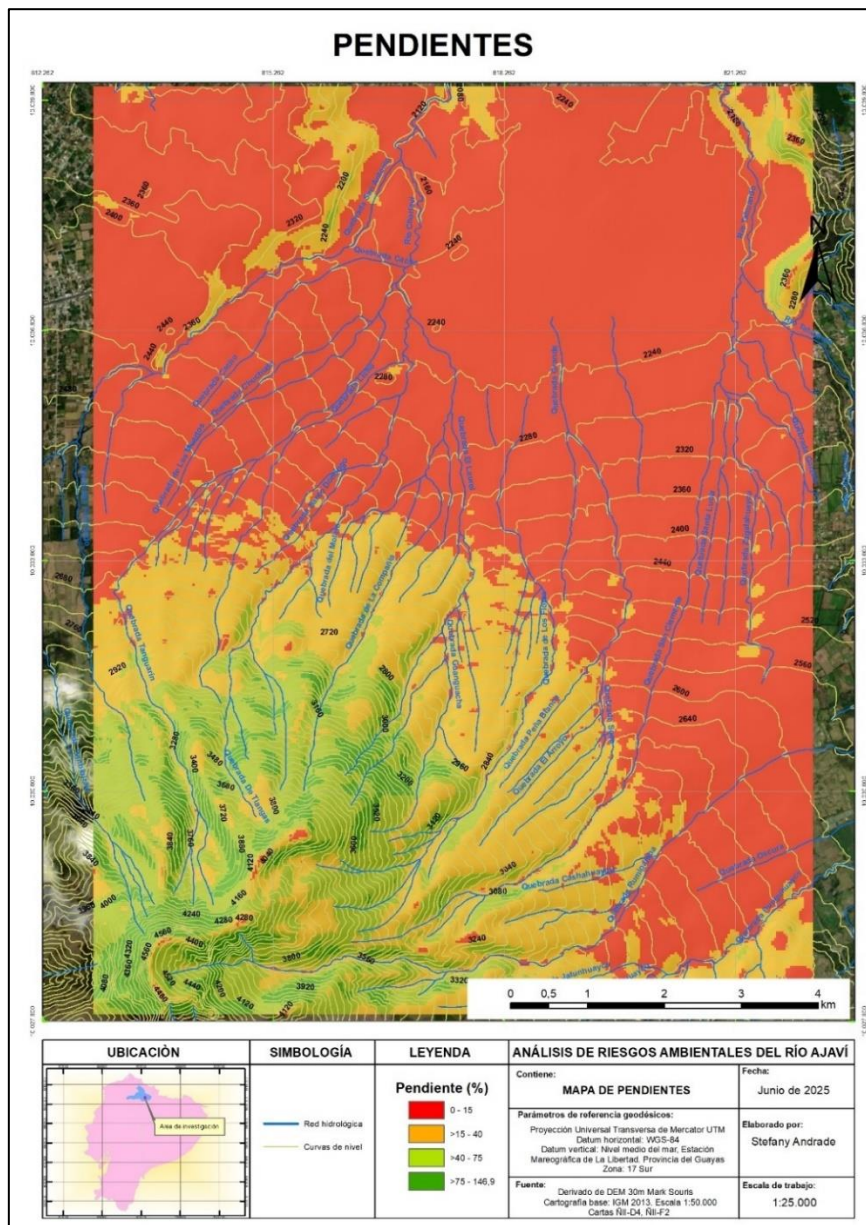


5.2.6. Mapa de pendientes

A partir del modelo digital de elevación se construyó el mapa de pendientes (ráster, figura 26), cuyo producto tiene las mismas características del MDE del que se derivó, es decir, tiene un tamaño de celda de 30 m de lado. Las pendientes, en porcentaje, se reclasificaron en cuatro categorías: de 0 a 15 %, de 15 a 40 %, de 40 a 75 % y mayores a 75%. La paleta de colores se invirtió debido a que las pendientes de menos gradiente son más susceptibles a eventos de inundación. La categoría de 0 a 15 % constituyó el 62,3% del área total

Figura 26

Mapa de pendientes

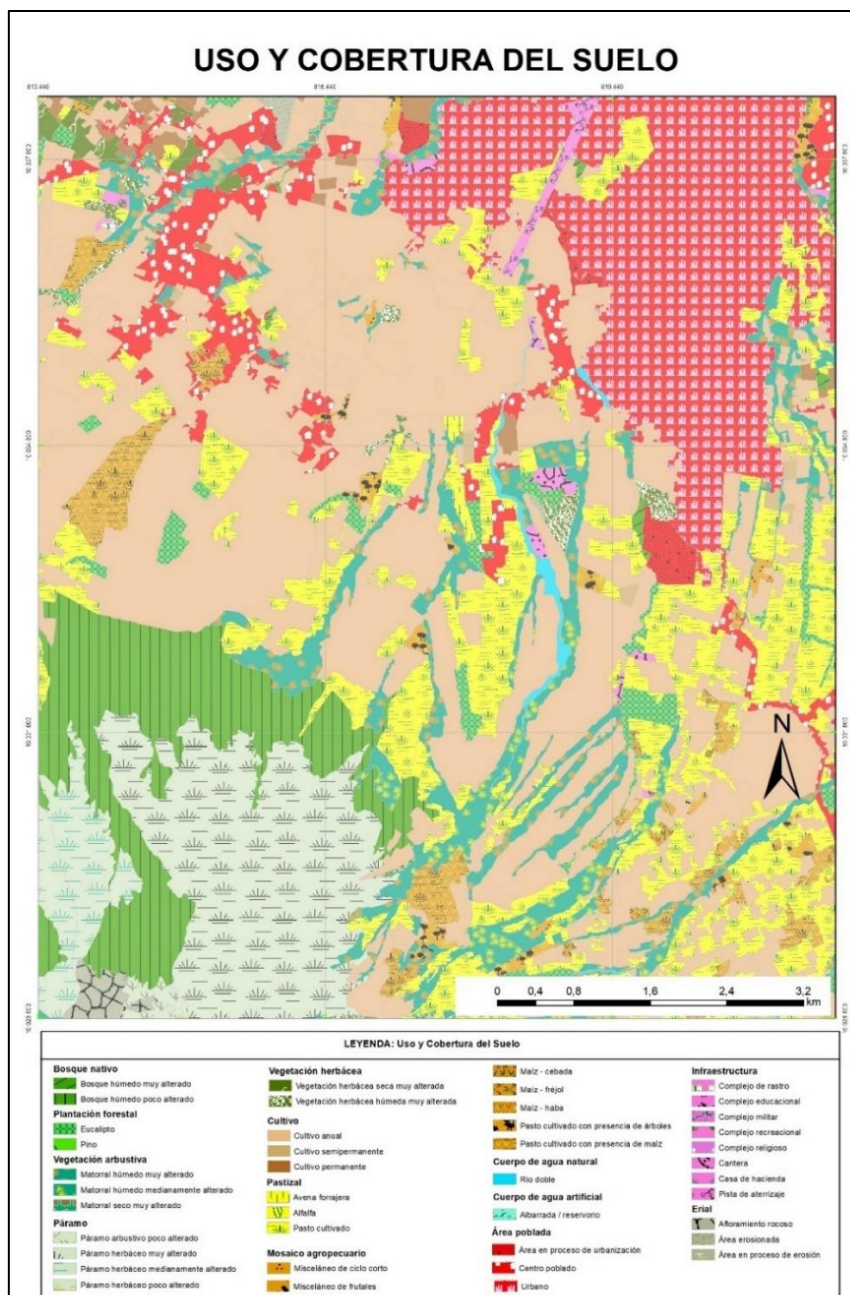


5.2.7. Mapa de Uso y Cobertura

El mapa de uso y cobertura, en la figura 27, correspondiente a SIGTIERRAS, a escala 1:25.000 permite visualizar los elementos de la capa superficial del suelo, con simbología estandarizada que va desde los verdes para sectores con cobertura natural hasta los rojos conforme mayor intervención antrópica tienen. En el área de estudio las áreas con mayor cobertura son: Cultivos anuales 31,87 %, pastos cultivados 14,18 %, suelo urbano 11,92 %.

Figura 27

Mapa de uso y cobertura

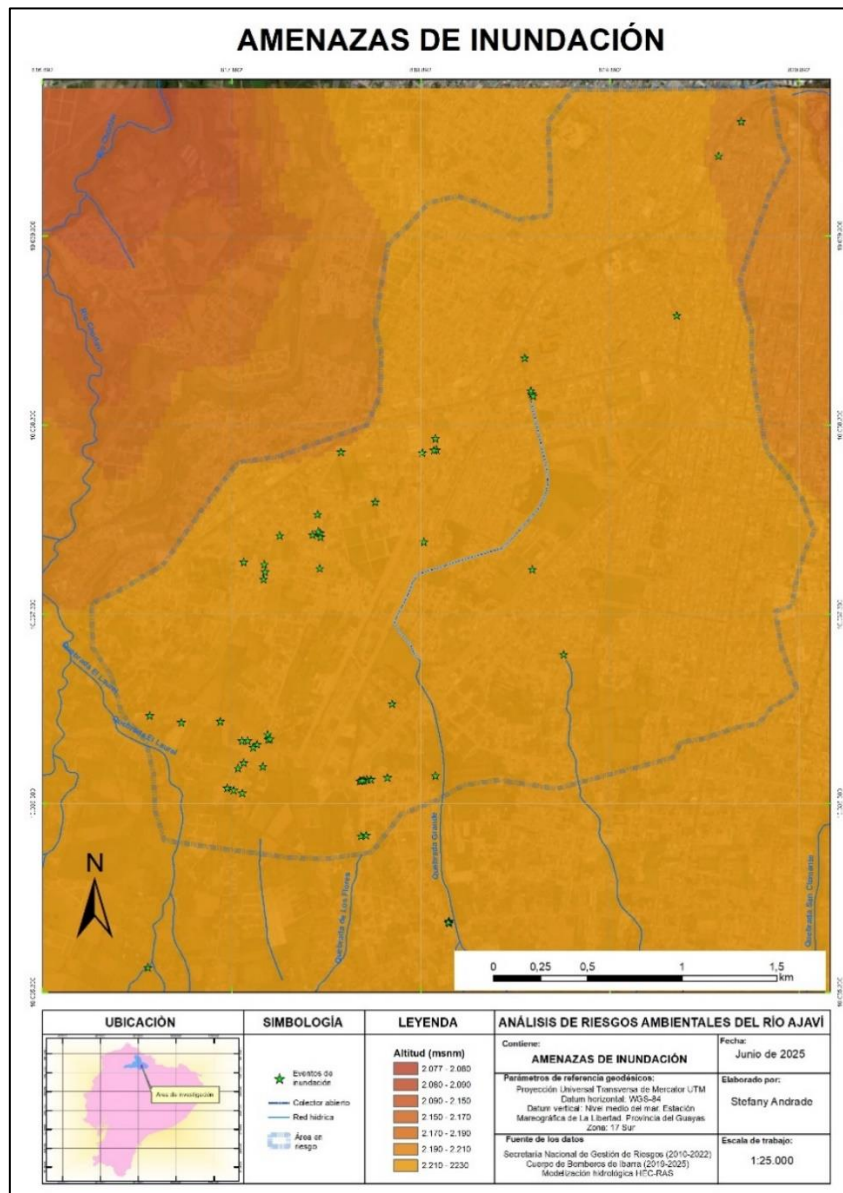


5.2.8. Mapa de Amenazas de inundación

Una vez que se han identificado los eventos de inundación, las quebradas que forman parte del sistema del río Ajaví y la hipsometría del área inundable, se realizó el proceso de modelización hidrológica en el software HEC-RAS (U.S. Army Corps of Engineers, 2021) con la finalidad de delimitar las posibles áreas de inundación que se produzcan ante eventos adversos con períodos de retorno (TR) de 25 años, es decir con una probabilidad asociada a un evento de precipitación del 4 %. El área resultante se exportó al SIG y su cartografía se presenta en la figura 28. Este es el primer insumo cartográfico para la identificación de riesgos. El área identificada es de 953,71 ha

Figura 28

Mapa de Amenazas de inundación

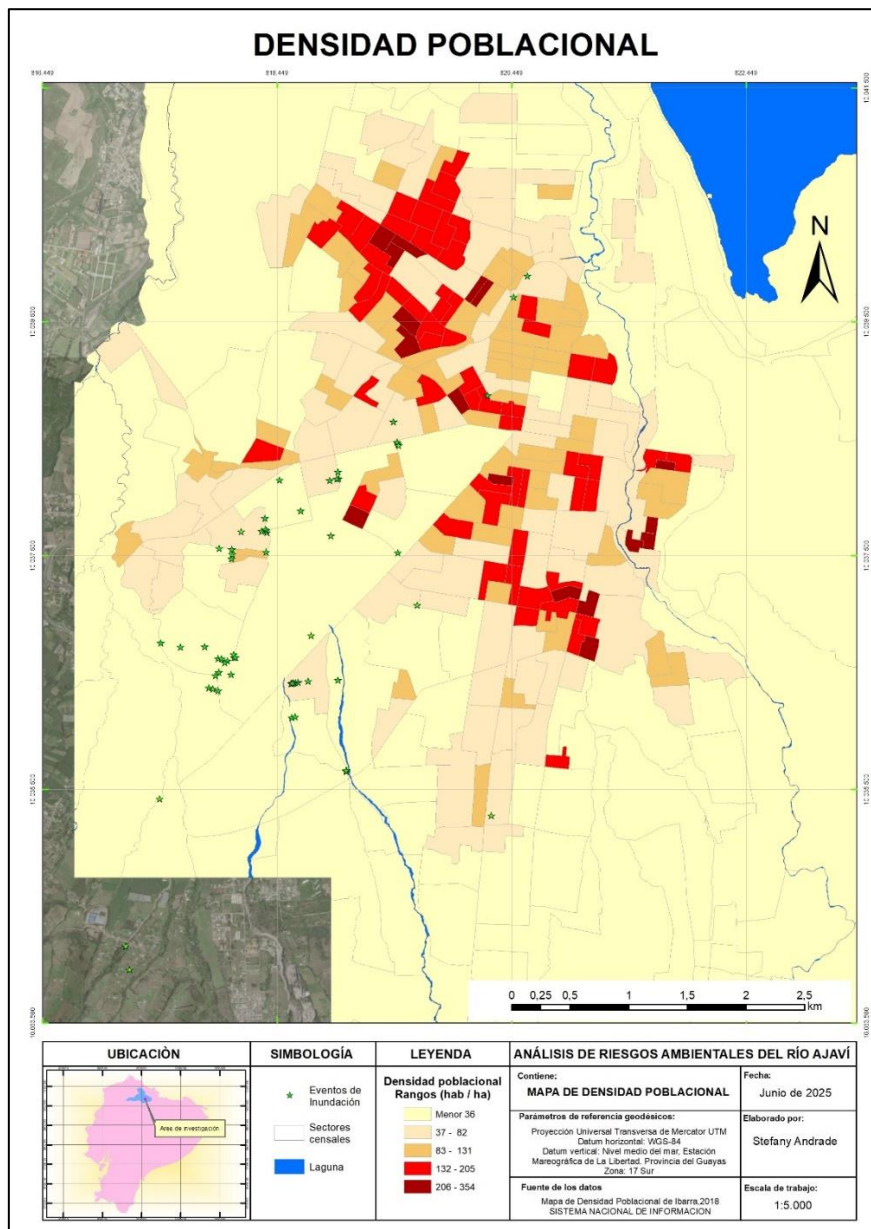


5.2.9. Mapa de densidad poblacional

El mapa de densidad poblacional (figura 29) contiene datos del Censo de Población y Vivienda de 2022, en el que se puede visualizar una escala de cinco categorías en la que las más pálidas tienen menor densidad de habitantes (habitantes. ha⁻¹) hasta los colores más intensos para aquellos sectores censales que tienen una mayor densidad poblacional. Las áreas con densidades poblacionales más altas, como factor de vulnerabilidad son las que tienen densidades de 132 - 205 habitantes. ha⁻¹ (2,73%) y 206 - 354 habitantes. ha⁻¹ (0,52 %)

Figura 29

Mapa de densidad poblacional

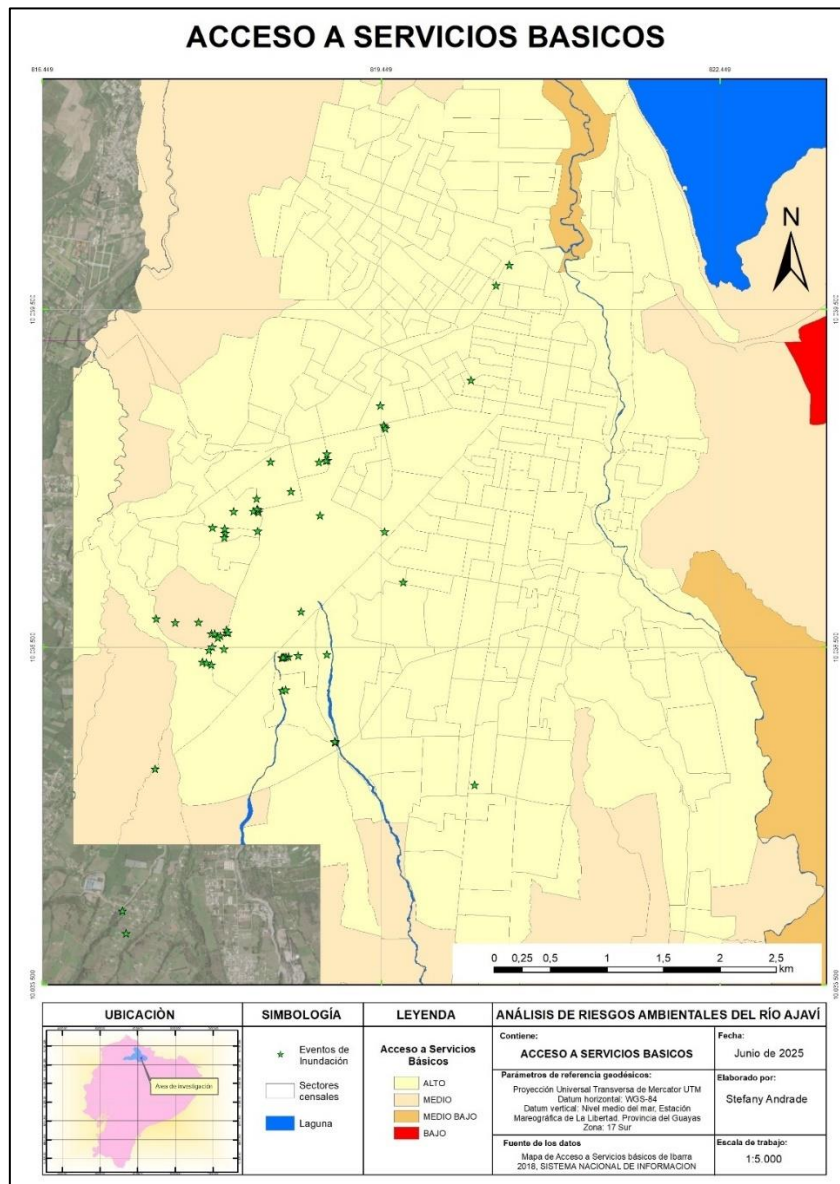


5.2.10 Mapa de cobertura de servicios básicos

Si bien la literatura especializada considera a la cobertura de servicios básicos como uno de los factores de vulnerabilidad (CENEPRED, 2015), la cobertura de servicios en la ciudad es muy amplia y homogénea. El mapa que se presenta en la figura 30 muestra la cobertura de servicios básicos en los sectores censales de la ciudad de Ibarra. De igual forma, la reclasificación en cuatro categorías muestra en colores más pálidos, los sectores con mayor cobertura, y en colores más intensos aquellos que tienen una menor cobertura de servicios. Los sectores en donde se han presentado eventos de inundación se encuentran en un área de cobertura máxima de servicios básicos que es de 3417,2 ha.

Figura 30

Mapa de cobertura de servicios básicos

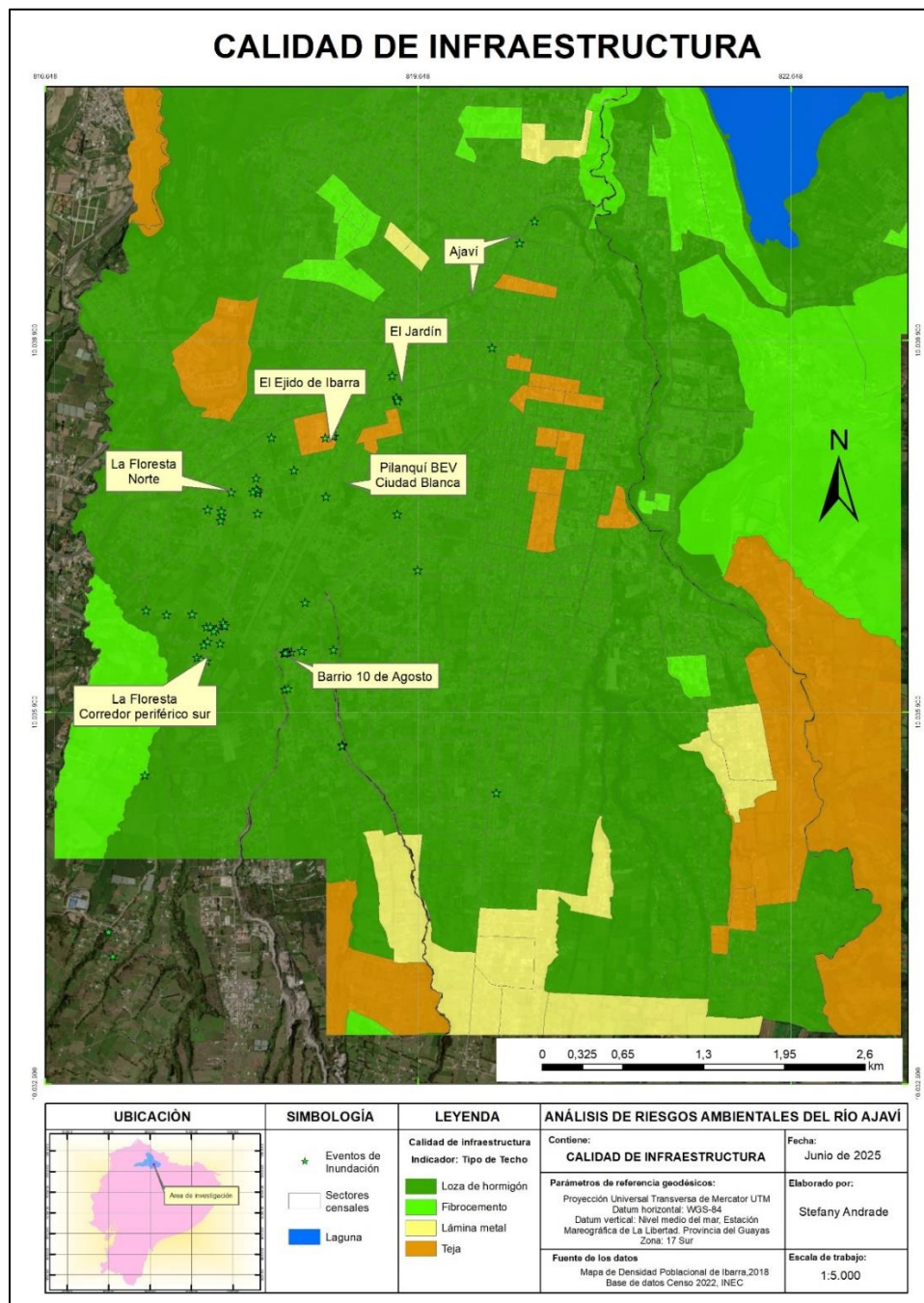


5.2.11 Mapa de calidad de infraestructura

De acuerdo al CENEPRED (2015) el tipo de construcción de la vivienda es otro de los factores que se toma en cuenta para identificar las vulnerabilidades de la población. El mapa de la figura 31 presenta la especialización de la moda de la variable V03 (Material predominante del techo o cubierta de la vivienda) sobre los sectores censales. Dicha variable es un indicador de la calidad de la infraestructura.

Figura 31

Mapa de calidad de infraestructura

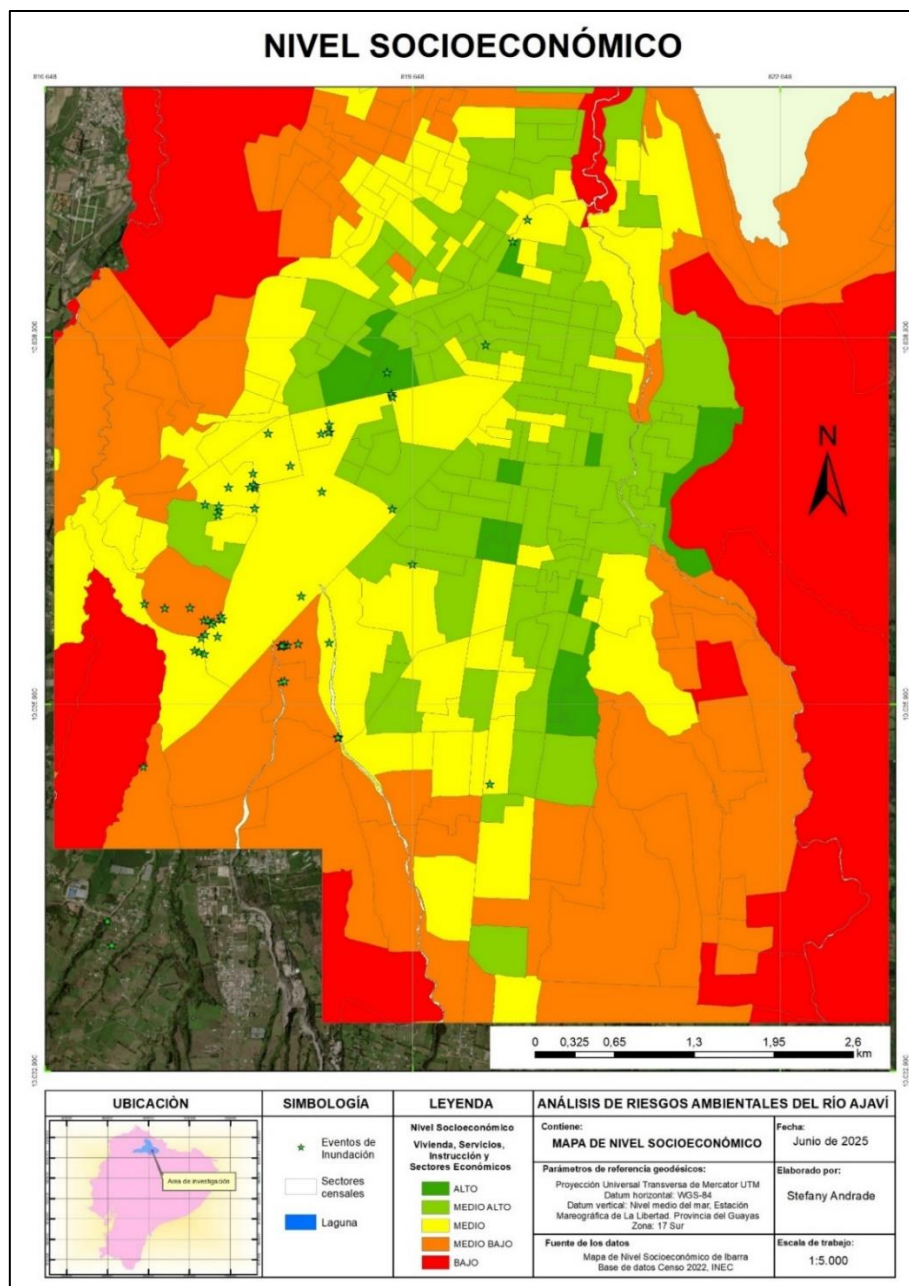


5.2.12. Mapa de nivel socioeconómico

Otro de los factores que permiten identificar la vulnerabilidad poblacional es el de nivel educativo que proporcionará el nivel de preparación de la población. El mapa de la figura 32 muestra la distribución de la población según su nivel socioeconómico en los sectores censales de Ibarra, de acuerdo al censo de población y vivienda de 2022. Este indicador según el INEC se formó con: las siguientes dimensiones: características de la vivienda, servicios básicos, nivel de instrucción y sectores económicos.

Figura 32

Mapa de nivel socioeconómico



5.2.13. Mapa de vulnerabilidad

Para la elaboración del mapa temático de vulnerabilidad de la población, fue necesario transformar los insumos cartográficos vectoriales (densidad poblacional, servicios básicos, calidad de infraestructura, nivel socioeconómico) a formato ráster para poder realizar el proceso de álgebra de mapas celda a celda (Mennis, 2022) en una *operación local*. Cada uno de los cuatro insumos fue reclasificado por categorías y luego otorgado un valor numérico a cada categoría. El anexo 3 muestra los valores asignados a cada categoría de los mapas insumo.

Los valores resultantes del álgebra de mapas se encontraron en el rango de 1 a 60, aunque en teoría pudieron llegar a un valor de 500 si todas las condiciones con valor alto se encontraran en una sola celda.

Para la presentación del mapa temático de vulnerabilidad de la población, se aplicó una reclasificación cuantílica sobre los datos de densidad poblacional. Este método divide el conjunto de datos en clases con igual número de unidades espaciales (por ejemplo, polígonos o celdas), lo que permite identificar patrones relativos de concentración poblacional, similar a lo realizado por Brewer (2006). La reclasificación por cuantiles es especialmente útil cuando los datos presentan una distribución asimétrica, como suele ocurrir con la población, ya que evita que los valores extremos dominen la simbología del mapa. Esto favorece un análisis más equilibrado del mapa y lo hace visualmente más comprensible. La asignación de valores se estableció de la siguiente manera.

Tabla 5.

Categorización de los valores resultantes en el mapa de vulnerabilidad

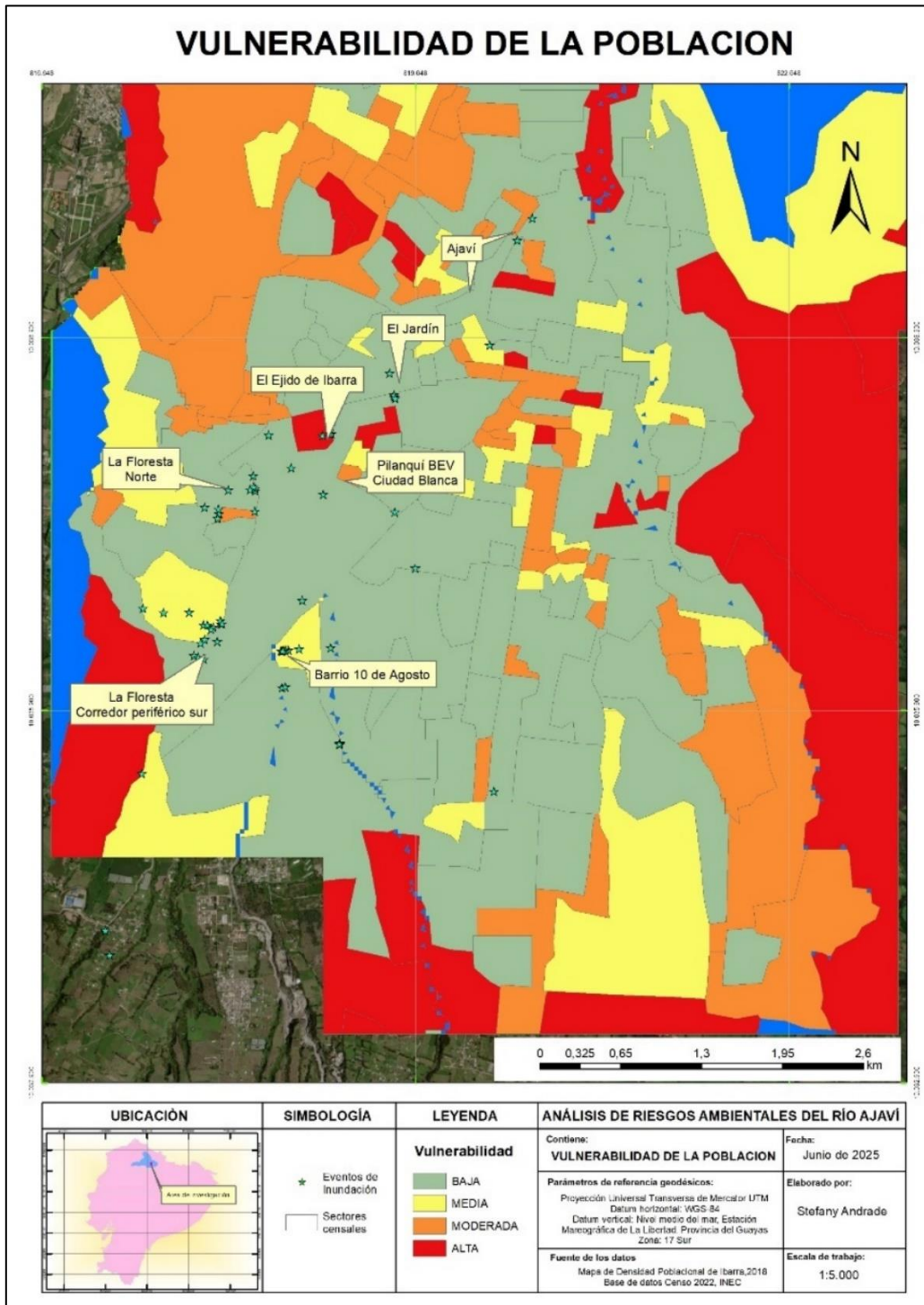
Categoría	Valor
Baja	1-6
Media	7-8
Moderada	9-16
Alta	17-60

El mapa de vulnerabilidad poblacional permitió identificar los lugares o barrios que, acorde al análisis, se muestran con mayor o menor vulnerabilidad. Se hace necesario tomar en cuenta que, en el caso de eventos múltiples, que se ubicaren en el límite de dos

sectores de diferente clasificación, siempre se consideró el de mayor gravedad por principio de precaución (Figura 33).

Figura 33

Mapa de vulnerabilidad de la población



Extraída la información del mapa, los niveles de vulnerabilidad de los sectores afectados se exponen en la siguiente tabla:

Tabla 6.

Nivel de vulnerabilidad por sectores afectados

Sector afectado	Nivel de vulnerabilidad
Ajaví	Moderada
El Jardín	Baja
El Ejido de Ibarra	Alta
Pilanquí BEV – Ciudad Blanca	Media a Moderada
La Floresta Norte	Moderada
La Floresta - Corredor periférico	Media
Diez de Agosto	Media

5.2.14. Mapa de riesgos de inundación.

Para la construcción del mapa de riesgos de inundación que se muestra en la figura 34, se empleó como insumos cartográficos el mapa de amenazas y el mapa de vulnerabilidad de inundación, mediante la misma metodología del álgebra de mapas. Se asignó con un valor de 2 a las áreas en las que existe amenaza de inundación y 1 a las demás áreas del ráster. Por su parte el insumo de vulnerabilidad conservó sus mismos valores.

Se obtuvo valores entre 1 y 96 y se aplicó la reclasificación por cuantiles. Las categorías obtenidas se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 7.

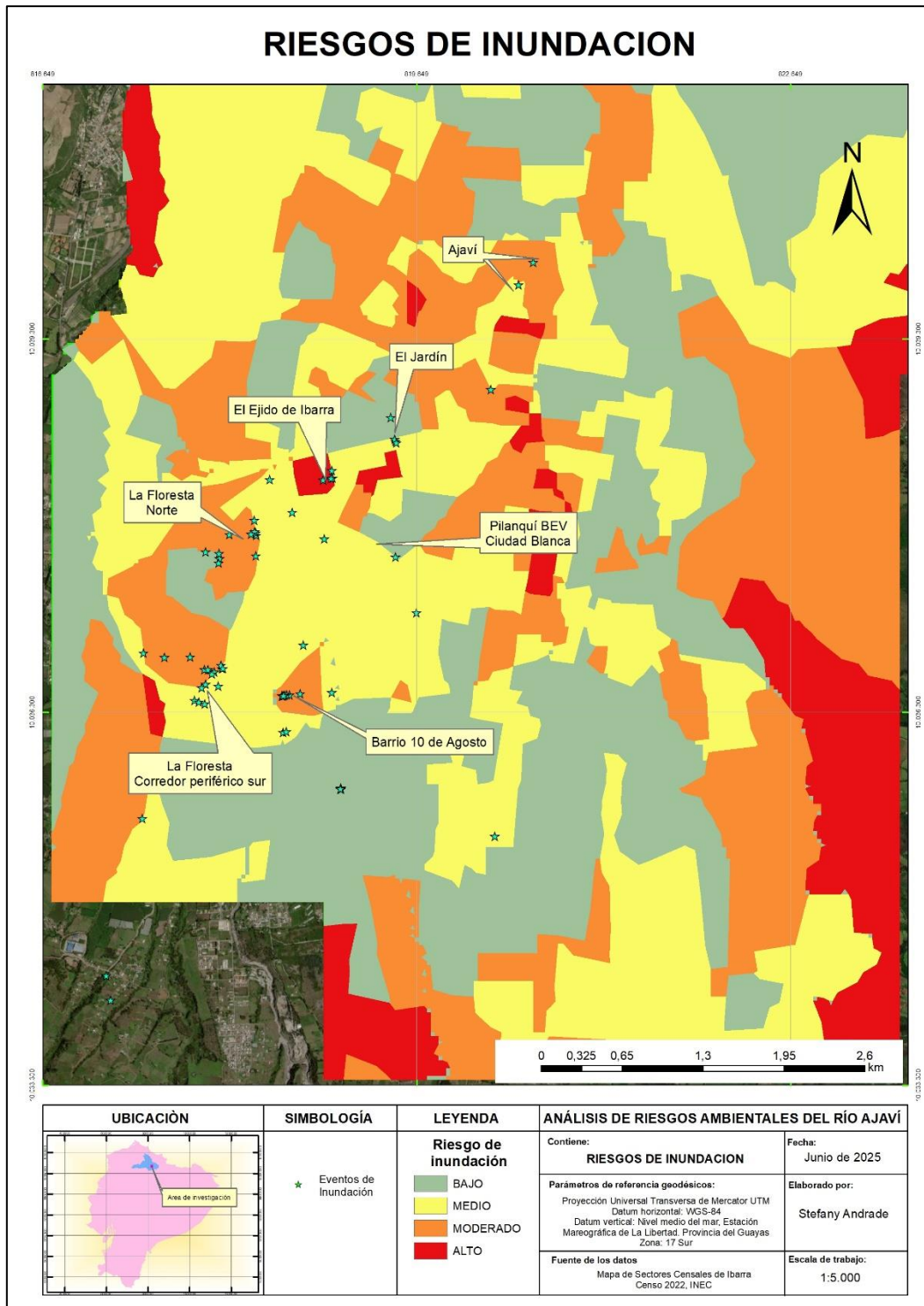
Categorización de los valores resultantes en el mapa de riesgos de inundación

Categoría	Valor
Baja	1-4
Media	4-10
Moderada	10-30
Alta	30-96

En el mapa se observa que el sector de El Ejido de Ibarra es el que más eventos muestra en zonas de riesgo Alto.

Figura 34

Mapa de riesgo de inundación



La tabla 8 permite visualizar el nivel riesgo para los demás sectores en los que existieron eventos de inundación en el pasado.

Tabla 8.

Nivel de riesgo por sectores afectados

Sector afectado	Nivel de riesgo
Ajaví	Moderado
El Jardín	Medio
El Ejido de Ibarra	Alto
Pilanquí BEV – Ciudad Blanca	Medio
La Floresta Norte	Moderado
La Floresta - Corredor periférico	Moderado
Diez de Agosto	Medio

5.2.15. Mapa de modelo de simulación de inundaciones en la cuenca del río Ajaví (HEC-RAS)

En el mapa de la figura 35 se analiza cómo se comporta el flujo del agua en la cuenca del río Ajaví ante eventos extremos de lluvia, permitiendo identificar las zonas con mayor riesgo de desbordamiento.

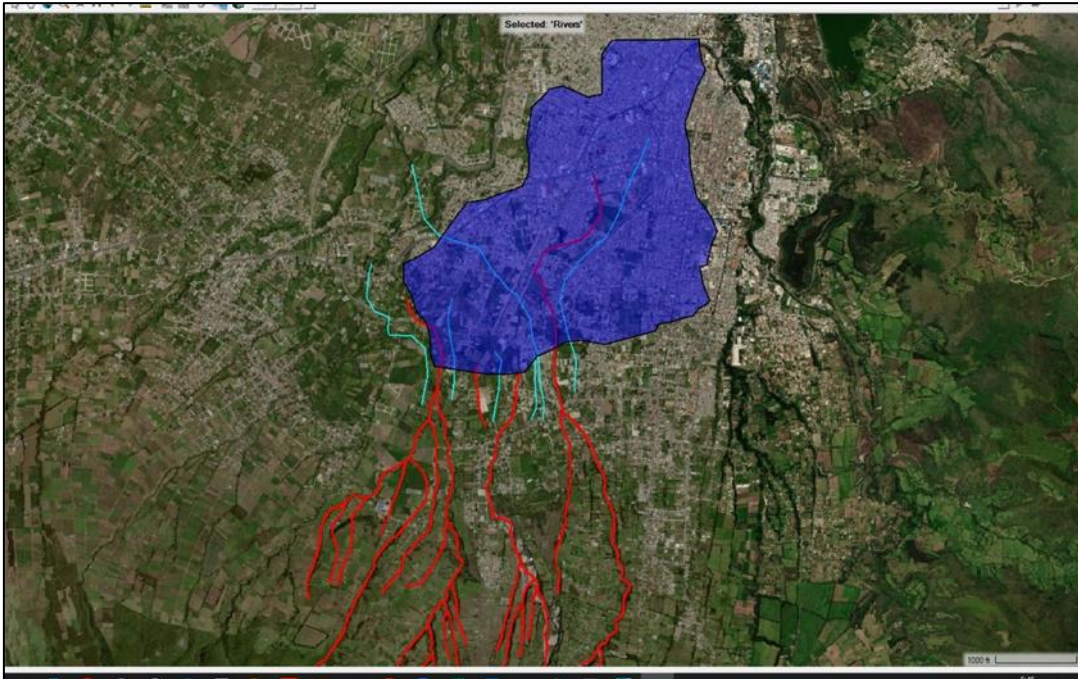
Área sombreada en azul: representa la zona de inundación simulada, es decir, los sectores del territorio que podrían verse afectados si el río Ajaví llegara a desbordarse en un evento hidrológico intenso. Esta área abarca principalmente zonas urbanas, donde la acumulación de agua representa un riesgo directo para la población, la infraestructura y los servicios básicos.

Líneas rojas: corresponden a las quebradas que descienden desde la parte alta de la cuenca, las cuales descargan grandes volúmenes de agua hacia el río principal durante lluvias intensas. Estas quebradas funcionan como afluentes naturales, pero también como canales de conducción rápida que incrementan el caudal del Ajaví en poco tiempo.

Líneas celestes y azul oscuro: indican la red fluvial principal, es decir, el trazado del río Ajaví y sus tramos secundarios considerados en la simulación. Estos representan los puntos críticos donde se evaluó el comportamiento del caudal y el posible rebase del canal natural.

Figura 35

Modelo de simulación de inundaciones en la cuenca del río Ajaví (HEC-RAS).



5.3. Propuestas de prevención de riesgos ambientales del río Ajaví.

Para la prevención de riesgos ambientales en la cuenca del río Ajaví, se plantean dos líneas de acción complementarias: medidas estructurales y no estructurales. Ambas deben implementarse de forma coordinada, en el marco de una gestión integral del riesgo y del territorio, que articule lo técnico, lo ecológico y lo social.

5.3.1. Medidas estructurales

En este sentido, se propone la construcción de diques de contención y estructuras de encauzamiento en los tramos más críticos del río, especialmente en sectores densamente poblados como Pilanquí y el redondel Ajaví, donde el desbordamiento del cauce representa un riesgo recurrente. Entre estas estructuras se pueden considerar muros de gaviones, diques de tierra compactada con núcleo impermeable, y canales de encauzamiento con recubrimiento natural o mixto, que permitan controlar el flujo y reducir la erosión sin alterar significativamente la dinámica del río. Estas infraestructuras deben diseñarse con criterios de ingeniería hidráulica, respetando la morfología natural del río, e ir acompañadas de un plan de mantenimiento periódico, que asegure su funcionalidad durante las épocas de mayor precipitación (Gómez Mieles, 2021).

Adicionalmente, se recomienda modernizar y expandir el sistema de drenaje pluvial urbano, con énfasis en la sustitución de redes mixtas por sistemas separados, para evitar reboses durante lluvias intensas. En este sentido, se considera prioritaria la actualización del colector Ajaví, construido en 1989, cuya capacidad resulta insuficiente frente a las condiciones actuales de presión hidráulica y urbanización. Diversos estudios han señalado que su obsolescencia es un factor clave en la generación de inundaciones urbanas (Pérez, 2025; Ramírez, 2013).

5.3.2. Medidas no estructurales

Las medidas no estructurales incluyen acciones normativas, educativas, institucionales y de planificación que no implican obras físicas, pero son esenciales para reducir el riesgo de forma sostenible. Una de las más relevantes es la implementación de un programa integral de ordenamiento territorial específico para la subcuenca del Ajaví, que delimite con precisión las zonas de amenaza alta, media y baja, y establezca criterios técnicos para el uso, ocupación y conservación del suelo. Este ordenamiento debe prohibir nuevas construcciones en zonas de riesgo, controlar el crecimiento urbano informal y priorizar la protección de áreas de recarga hídrica, en concordancia con el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) del cantón Ibarra (PDOT, 2023).

También se plantea la restauración ecológica de las riberas del río Ajaví, mediante la reforestación con especies nativas y el establecimiento de franjas de amortiguación vegetal, que reduzcan la velocidad de la escorrentía, aumenten la infiltración de agua y prevengan la erosión de las márgenes fluviales. Estas acciones deben enfocarse principalmente en la parte alta de la cuenca del Ajaví, donde nacen quebradas como Las Cañas y Las Flores. Estas zonas tienen pendiente pronunciada, vegetación reducida y han mostrado acumulación de agua en épocas de lluvia fuerte. Intervenir en estas zonas altas ayuda a evitar que los problemas lleguen a la parte baja, y mejora la regulación natural del caudal aguas abajo. Esta estrategia ha demostrado ser efectiva en la mitigación de riesgos hidrometeorológicos en contextos urbanos vulnerables (Herrera, 2017; García et al., 2019).

En el ámbito de gestión del riesgo, se propone la instalación de un sistema de alerta temprana comunitaria, basado en sensores hidrometeorológicos automatizados ubicados en las partes alta y media de la cuenca. Este sistema debe estar conectado con

protocolos de evacuación y con redes de comunicación directa con los organismos de respuesta (INAMHI, 2024; Medina & Ortega, 2018). Para garantizar su efectividad, se debe complementar con simulacros periódicos y programas de capacitación ciudadana, promoviendo una cultura de prevención desde las escuelas, comités barriales y organizaciones sociales.

Finalmente, se considera fundamental establecer un sistema de monitoreo ambiental permanente, que incluya indicadores físicos (como caudal, precipitación, humedad del suelo) y socioeconómicos (población expuesta, capacidad de respuesta), con el fin de evaluar en tiempo real la evolución del riesgo y ajustar de manera dinámica las medidas preventivas. Estos indicadores permiten tener una visión más completa del riesgo, ya que combinan lo que ocurre en el ambiente con las condiciones sociales del territorio. No se prioriza el monitoreo climático como parte del sistema permanente, ya que este tipo de información ya es generada a escala nacional por el INAMHI. En cambio, los indicadores físicos y sociales son más representativos a nivel local y permiten tomar decisiones rápidas sobre qué sectores están en riesgo o necesitan intervención urgente. Este sistema podría estar operativizado por una unidad técnica municipal especializada en riesgos hidrometeorológicos, en coordinación con el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE, 2023) y la Secretaría de Gestión de Riesgos del Ecuador.

Tabla 9

Medidas estructurales y no estructurales

Tipo de medida	Acción o actividad	Objetivo	Ubicación	Responsable de ejecución
Medidas estructurales	Construcción de diques de contención y estructuras de encauzamiento.	Reducir el desbordamiento del cauce y proteger zonas pobladas vulnerables.	el Pilanquí y redon de Ajaví.	GAD Ibarra.
	Diseño de las estructuras con criterios de ingeniería hidráulica	Asegurar funcionalidad durante épocas de mayor precipitación.	Zonas críticas del río Ajaví.	GAD Ibarra.

	y plan de mantenimiento periódico.		
	Modernización y expansión del sistema de drenaje pluvial urbano, sustituyendo redes mixtas por sistemas separados.	Evitar reboses durante lluvias intensas y optimizar capacidad de evacuación de aguas lluvias.	Colector Ajaví y red de drenaje urbano. GAD Ibarra.
	Ampliación de la capacidad del colector Ajaví.	Incrementar la capacidad hidráulica ante urbanización y lluvias intensas.	Colector Ajaví construido en 1989. GAD Ibarra
Medidas no estructurales	Implementar programa integral de ordenamiento territorial para delimitar zonas de amenaza y establecer criterios de uso del suelo.	Regular ocupación, prohibir construcciones en zonas de riesgo, controlar crecimiento informal y proteger recarga hídrica.	Subcuenca del río Ajaví. GAD Ibarra / Secretaría de Gestión de Riesgos
	Restauración ecológica de riberas mediante reforestación con especies nativas y franjas de amortiguación vegetal.	Reducir velocidad de escorrentía, aumentar infiltración y prevenir erosión de márgenes fluviales.	Riberas del río Ajaví. GAD Ibarra / MAATE.

Instalación de sistema de alerta temprana comunitaria con sensores hidrometeorológicos automatizados.	Mejorar monitoreo, activar protocolos de evacuación y comunicación directa con organismos de respuesta.	Partes alta y media de la cuenca del Ajaví.	GAD Ibarra / INAMHI / Secretaría de Gestión de Riesgos.
Realizar simulacros periódicos y programas de capacitación ciudadana.	Promover cultura de prevención y fortalecer capacidades comunitarias.	Comunidades cercanas a la subcuenca del Ajaví.	GAD Ibarra / Comités barriales / Organización es sociales.
Establecer sistema de monitoreo ambiental permanente con indicadores físicos y socioeconómicos.	Evaluar evolución del riesgo en tiempo real y ajustar medidas preventivas dinámicamente.	Toda la subcuenca del río Ajaví.	Unidad técnica municipal / MAATE / Secretaría de Gestión de Riesgos

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

A través del análisis de datos climáticos (2009–2023), se identificaron años críticos como 2011, 2017, 2021 y 2023, en los que las precipitaciones mensuales superaron ampliamente los umbrales normales, provocando escorrentías superficiales e inundaciones urbanas. El evento del 22 de abril de 2023, donde el río Ajaví se desbordó, evidencia la amenaza latente en la zona. Estos datos permitieron establecer una correlación entre la variabilidad climática y la recurrencia de desbordamientos.

El estudio del comportamiento hidrológico y urbano en la subcuenca del río Ajaví demuestra que la falta de un ordenamiento territorial coherente demuestra que la falta de un ordenamiento territorial coherente, en especial en zonas como la Av. Camilo Ponce (sectores aledaños al parque céntrica ciudad de Ibarra), ha favorecido la impermeabilización acelerada del suelo. Al adoquinarse grandes extensiones sin prever espacios verdes ni corredores de infiltración, el agua de lluvia se concentra en escorrentías superficiales que finalmente descargan de forma abrupta en el cauce del Ajaví. Esta dinámica intensifica los picos de caudal y eleva el riesgo de inundación en comunidades ribereñas.

La ausencia de una separación técnica entre la infraestructura sanitaria y la pluvial agrava los problemas: las redes mixtas saturadas durante las lluvias resultan en reboses, atascos y contaminación de cauces. Además, no existe un plan de mantenimiento sistemático del río Ajaví que contemple limpieza de canales, quebradas y retiros de escombros y basura antes de cada temporada lluviosa. Esta carencia operacional incrementa la vulnerabilidad de la población, pues los desechos sólidos obstruyen los drenajes y reducen la capacidad de evacuación del agua.

Finalmente, la ciudad carece de un plan integral de atención de emergencias hidro-meteorológicas, con protocolos claros de activación, rutas de evacuación y zonas de amortiguamiento para los habitantes de las riberas. La combinación de un diagnóstico territorial incompleto, planificación urbana deficiente y falta de coordinación institucional ha dejado a las comunidades sin herramientas efectivas para anticiparse o responder adecuadamente a los eventos de inundación.

RECOMENDACIONES

En función de los hallazgos del presente estudio y considerando las observaciones técnicas y prácticas sobre la realidad del territorio en la subcuenca del río Ajaví, se plantea como prioridad la generación de un programa integral de ordenamiento territorial específico para esta cuenca, que establezca claramente las zonas de riesgo y uso restringido, así como los espacios destinados a conservación, amortiguación hídrica y corredores verdes. Este programa debe elaborarse con base en los mapas de susceptibilidad generados, los análisis del tipo de suelo, el comportamiento del caudal del río y las dinámicas de expansión urbana, con el fin de evitar la ocupación de áreas que, por su naturaleza, deberían mantenerse libres de construcciones e intervenciones humanas.

Por otro lado, el tipo de suelo resulta determinante en la respuesta ante precipitaciones intensas. En las áreas con suelos franco arenosos, una lluvia de 50 mm en media hora puede ser drenada sin generar anegamientos significativos, mientras que en los sectores de suelos franco arcillosos, incluso precipitaciones de apenas 5 mm pueden desencadenar encharcamientos y desbordes locales. Esto evidencia la necesidad de incorporar mapas de suelos de alta resolución en la planificación urbana y en la gestión del riesgo.

En lo referente a obras físicas, se considera viable y necesario el diseño y construcción de diques o defensas ribereñas en puntos estratégicos de la cuenca, donde la presión del caudal amenaza directamente a zonas habitadas. Estas estructuras deberán construirse con criterios técnicos adecuados, respetando el cauce natural y evitando que el agua sea desviada hacia otros sectores vulnerables. Los diques deben acompañarse de franjas de vegetación protectora y contar con rutas de mantenimiento seguras para su inspección después de cada evento lluvioso intenso, se considera esencial la implementación de diques o defensas ribereñas en los siguientes puntos estratégicos de la cuenca del río Ajaví:

Sectores poblados cercanos al cauce medio del río, especialmente donde existen comunidades rurales asentadas en zonas bajas, como los alrededores de La Merced de Buenos Aires y tramos rurales de Atuntaqui, donde el crecimiento urbano se ha dado cerca del lecho fluvial. En estos lugares, el caudal tiende a incrementarse significativamente durante la temporada lluviosa, representando un riesgo directo para la población y la infraestructura básica.

Zonas agrícolas adyacentes al cauce bajo del río, donde la pérdida de cultivos por anegamiento ha sido recurrente en años anteriores, especialmente durante los meses de marzo y abril. La construcción de defensas ribereñas acompañadas de vegetación viva (biocercas o franjas forestadas con especies nativas) permitiría reducir la erosión y proteger los suelos de alto valor productivo, esenciales para la seguridad alimentaria local.

Puntos de confluencia con quebradas secundarias, como los tramos donde el río Ajaví recibe escorrentías provenientes de zonas montañosas sin cobertura vegetal adecuada. En estas zonas, se recomienda construir diques de contención y disipadores de energía que eviten que los sedimentos y flujos súbitos aumenten el riesgo de desbordamiento aguas abajo.

Para que estas obras sean efectivas y sostenibles, deberán diseñarse con base en estudios hidrológicos actualizados, respetando el cauce natural del río y evitando soluciones rígidas que puedan desviar el agua hacia zonas aún más vulnerables. Además, es indispensable que toda estructura esté acompañada de franjas de amortiguamiento vegetativo (mínimo 10-15 m de ancho), que actúen como filtros naturales y estabilicen las riberas. Estas franjas pueden ser conformadas con especies nativas resistentes a la humedad y con raíces profundas, como el sauce (*Salix humboldtiana*) y el aliso (*Alnus acuminata*), ya presentes en la zona.

Por último, se debe garantizar la accesibilidad a estas infraestructuras mediante rutas de mantenimiento seguras, que permitan la inspección y limpieza periódica, especialmente después de lluvias intensas. La implementación de estas obras no solo reducirá el riesgo inmediato de inundaciones, sino que también contribuirá a la restauración ecológica del río y a la resiliencia comunitaria frente al cambio climático.

Finalmente, se recomienda que todos estos elementos sean incorporados de forma articulada en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) del cantón Ibarra, garantizando que las acciones de prevención y gestión del riesgo de inundaciones se institucionalicen y trasciendan los cambios de administración. Dentro del PDOT debe considerarse también la instalación de un sistema de alarmas comunitarias tempranas, que permita alertar a la población ante un posible desbordamiento del río. Estas alarmas deben estar vinculadas a estaciones de monitoreo hidrometeorológico automatizadas, ubicadas en la parte media y alta de la cuenca, y su activación debe ir acompañada de protocolos

de evacuación previamente ensayados por la comunidad y los cuerpos de emergencia locales.

BIBLIOGRAFÍA

- Valles Peralta, G., Villalba Calderón, D., Moncada Rangel, J., & Guzmán Paz, J. (2022). Medidas de prevención ante riesgos de erosión y fenómenos de remoción en masa. Área de incidencia “Ciudad Arcángel”, cantón Ibarra, Ecuador. *SATHIRI - Sembrador*.
- Abdullah , A., Ahmeduzzaman, M., Kar, S., Khan, A., Rahman, N., & Islam, S. (2013). Flood Frequency Modeling Using Gumbel's and Powell's Method for Dudhkumar River. *Journal of Water Resources and Ocean Science*, 2(2), 25-28. doi:10.11648/j.wros.20130202.13
- Alvarado, F., Ríos, D., & Cordero, G. (2018). *Impacto de los desastres naturales sobre la estructura social y la migración en zonas rurales de Ecuador*. Revista de Sociología Rural.
- Apraes Gutiérrez, D., & Arévalo González, P. (2022). *Estimación de un índice de vulnerabilidad social para los hogares en condición de pobreza de la costa ecuatoriana a partir del análisis del nivel de riesgo a inundaciones*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/53559>
- Avilés-Ponce, L., Cañar Muñoz, M., Andrade Sampedro, S., Moreno Izquierdo, J., Medina Méndez, G., López-Alulema, A., & Pico Carrasco, P. (2017). *Identificación de amenaza por deslizamientos de tierra mediante información geo-espacial en el cantón Ibarra-Ecuador*.
- Ayala, A. (2023). *MUNICIPIO DESPLEGÓ TODO SU CONTINGENTE PARA AYUDAR A SECTORES AFECTADOS POR INUNDACIONES*. Ibarra.
- Aydin, M. S. (2022). Análisis del riesgo de inundaciones mediante un proceso de jerarquía analítica basado en SIG: un estudio de caso de la provincia de Bitlis. *Appl Water Sci* . Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s13201-022-01655-x>
- Benavides., N. A. (2023). *HUELLAS HIDROGRÁFICAS BORRADAS: LABORATORIO DE APRENDIZAJE E INVESTIGACIÓN DEL AGUA Y LA NATURALEZA*

- AJAVÍ, IBARRA. Quito. Obtenido de file:///C:/Users/User/Downloads/TT_VOLUMEN%20I_Nataly%20Abigail%20Padilla%20Benavides.ok%20(1).pdf
- Brewer, C. (2006). Basic Mapping Principles for Visualizing Cancer Data Using Geographic Information Systems. *Brewer, C. A. (2006). Basic Mapping Principles for Visualizing Cancer Data Using Geographic* *American Journal of Preventive Medicine, 30(2)*, S25–S36. doi:10.1016/j.amepre.2005.09.007
- Cando Bravo, P. (2020). *Aplicación del SIG para la zonificación de amenazas múltiples y su integración en la planificación territorial del cantón Latacunga*. Quito.
- Castillo Quiñónez, V. R. (2016). *Análisis de vulnerabilidad frente a amenazas naturales del barrio Esmeraldas en San Lorenzo*. Esmeraldas. Obtenido de <https://repositorio.puce.edu.ec/items/332a4fdb-8e3d-4496-86e8-e077417dc88d/full>
- Castillo Rosero, C. E. (2018). *Modelo de flujos secundarios de lodo en las quebradas Seca y Las Flores, volcán Imbabura-ciudad de Ibarra*. Quito.
- Castillo Rosero, C. E. (2018). *Modelo de flujos secundarios de lodo en las quebradas Seca y Las Flores, volcán Imbabura-ciudad de Ibarra*. Quito.
- Castillo, J., & García, M. (2021). *Vulnerabilidad social ante desastres naturales en las ciudades de Ecuador: Un estudio de caso en Santa Elena*. *Journal of Environmental and Social Studies*.
- Castro Morillo, G. (2017). *Propuesta metodológica para la selección de puntos de muestreo significativos en la evaluación de la calidad del agua del río Tahuando*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- CENEPRED. (2015). *Manual de Evaluación de Riesgos*.
- Cevallos Andrade, L. M. (2023). *Análisis de la vulnerabilidad a los riesgos climáticos en la comunidad de Imbaya, cantón Antonio Ante, provincia de Imbabura*. Quito. Obtenido de <https://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/31288>
- Checa Ramírez, P. (2013). *Diagnóstico del funcionamiento hidráulico del colector combinado Ajaví*. . Escuela Politécnica Nacional.

- Cobo Palma, M. C. (2020). *Análisis de las vulnerabilidades causadas por las inundaciones y variación de las lluvias por el cambio climático en el Distrito 9 de la ciudad de Portoviejo, Ecuador, periodo 2005-2015*. Portoviejo. Obtenido de <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/16801>
- Colombia, M. d. (s.f). Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo.
- Cuerpo de Bomberos Ibarra. (2025). *Reportes de atención 2019-2025*. Entrega personal.
- Díaz Burgos, R., Macas Macas, M., & Chasi Haro, O. (2025). *Efectos del cambio climático en la calidad de agua y la salud pública en Ecuador. Revisión bibliográfica*. Ecuador.
- EFE, H. /. (2025). Tragedia ambiental en Ecuador: más de 25.000 barriles de petróleo en ríos, manglares y playas. *HUFFPOST*. Obtenido de https://www.huffingtonpost.es/planeta/tragedia-ambiental-ecuador-mas-25000-barriles-petroleo-rios-manglares-playasbr.html?utm_source=chatgpt.com
- Egas Coronel, E. (2023). *Gestión del riesgo de desastres en Ecuador: evolución institucional y políticas públicas (2008-mayo 2022)*. Obtenido de <https://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/9384>
- El Universo. (2023). Ibarra soporta una intensa lluvia que causa inundaciones y colapsa vías. *El Universo*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/ecuador/inundaciones-ibarra-lluvias-vias-colapsadas-barrios-nota>
- Espinosa, P., & Torres, L. (2016). *Evaluación del riesgo de inundaciones en la parroquia Alpachaca, cantón Ibarra*. Ibarra.
- GAD de Ibarra (Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra). (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón San Miguel de Ibarra*. Ibarra.
- GAD Ibarra. (2021). *Informe de Gestión de Riesgos y Ordenamiento Territorial 2021*. . Ibarra.
- GAD Ibarra. (2024). *DIRECCIÓN DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA Y GOBERNABILIDAD*. Ibarra: GAD Ibarra. Obtenido de chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://pciudadana.ibarra.gob.ec/
pcReunion/actaPdf/id/5805?utm_source=chatgpt.com

GAD Municipal de Ibarra . (2018). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Ibarra*. Ibarra: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Ibarra.

GAD-I. (2019). *Municipalidad de Ibarra preparará a la ciudadanía en la prevención de desastres naturales*. Ibarra.

Gaona, S., & Matabay, R. (2017). *Impacto de las Compras Públicas en las Asociaciones de Producción Textil de la Economía Popular y Solidaria en la Ciudad de Quito, en el Periodo 2014-2016*. Quito: Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/10828/1/T-UCE-0005-100-2017.pdf>

Garcés, E. K. (2006). *La ciudad y los otros. Quito 1860-1940: higienismo, ornato y policía*. FLACSO Ecuador : Universitat Rovira i Virgili.

García Arias, J. M. (2021). *Factores de vulnerabilidad de los asentamientos humanos ante el cambio climático en la parroquia San Pablo del cantón Portoviejo, para el año 2019*. Quito. Obtenido de <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/17539>

García Valenzuela , W., Arenas Navarro , D., & Amaro Ortiz , M. (2024). *Determinación del riesgo por inundación mediante modelación y análisis multicriterio aplicando Sistemas de Información Geográfica SIG para el municipio de Carcasí, Santander*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/65350/wdgarciv.pdf?sequence=1&utm_source=chatgpt.com

García, P., López, R., & Sánchez, M. (2019). *Afectaciones ambientales y sociales debido a inundaciones en el Ecuador: Un análisis desde la cuenca del río Guayas*. *Revista de Ciencias Ambientales*, 5(2), 35-50.

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra. (2015-2023). *ACTUALIZACIÓN PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTON IBARRA 2015-2023*. *Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra*.

- González, M., & Pérez, L. (2018). *Métodos para la evaluación del riesgo de inundación fluvial: Revisión de literatura y propuesta metodológica para Ecuador*.
- Grijalva Endara, A., & Valenzuela Cobos, J. (2016). *Análisis de vulnerabilidad socioeconómica ante eventos climáticos en Santa Elena y La Libertad*. Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL).
- Grunauer Zambrano, C., & Villamarín Mosquera, M. (2016). *Políticas públicas ante desastres naturales en Ecuador: el caso del terremoto de 2016*. Machala: Universidad Técnica de Machala. Obtenido de <https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/9488>
- Grupo de Evaluación de Riesgo de la Agencia de Medio Ambiente (AMA). (2014). *METODOLOGÍAS PARA LA DETERMINACIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES A NIVEL TERRITORIAL*. Cuba: PNUD Cuba.
- Guamán Jaramillo, G. A. (2012). *Aplicación de Sig para el manejo de riesgos naturales en el área urbano de la ciudad de Loja*.
- Guaman, E. R. (2021). *Beneficio perdido por disminución de la pesca en el Estero Salado, sector puerto Lisa, debido a la contaminación ambiental del agua*. Guayaquil.
- Gutiérrez, M. (2021). *Monitoreo ambiental integral en zonas de influencia minera del Perú*.
- Hernández, L. (2017). *Estudio sobre el crecimiento urbano y sus impactos en la infraestructura hidráulica de las ciudades andinas*. . Revista Ecuatoriana de Planificación Territorial.
- Herrera, J. (2017). *Impactos ecológicos de las inundaciones y la pérdida de biodiversidad en ecosistemas ribereños*. . Revista de Ecología y Conservación.
- Hoy en Imbabura. (2023, febrero 22). *Más de 25 sectores inundados o anegados de lodo en Ibarra después de las fuertes lluvias de ayer*. Obtenido de <https://hoyenimbabura.com/mas-de-25-sectores-inundados-o-anegados-de-lodo-en-ibarra-despues-de-las-fuertes-lluvias-de-ayer/>
- INEC. (2022). *Resultados del Censo de Población y Vivienda 2022*. Instituto Nacional de Estadística y Censos.

- INEC. (2023). *Proyecciones de población por cantones 2020–2030*.
- INEC, I. N. (2024). *Censo de Población y Vivienda 2022: Reporte Técnico*.
- Instituto Geofísico. (2017). *El terremoto de Ibarra del 16 de agosto de 1868*. Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/1505-el-terremoto-de-ibarra-del-16-de-agosto-de-1868>
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (s.f.). *Anuarios Meteorológicos*. INAMHI.
- Jaramillo Yáñez, E. R. (2016). *Análisis de Riesgo por Amenaza de inundación, deslizamientos y contaminación del río Caoní en Puerto Quito, provincia de Pichincha*. Quito.
- La Hora. (2022). Quebradas ponen en riesgo a barrios de Ibarra. *La Hora*. Obtenido de <https://www.lahora.com.ec/imbabura-carchi/riesgo-ibarra-aluviones-inundaciones/>
- La Hora. (2023). *El Niño puede afectar a más de 25 sectores urbanos de Ibarra*. Ibarra. Obtenido de <https://www.lahora.com.ec/imbabura-carchi/fenomeno-el-nino-puede-afectar-mas-25-sectores-urbanos-ibarra/>
- La Hora. (2024). 4 riesgos principales que amenazan las cuencas hídricas en Ecuador. *La Hora*. Obtenido de https://www.lahora.com.ec/loja/estos-son-los-4-riesgos-principales-que-amenazan-las-cuencas-hidricas-en-ecuador/?utm_source=chatgpt.com
- Ley de Economía Popular y Solidaria*. (2012). Obtenido de <https://www.seps.gob.ec/wp-content/uploads/Reglamento-General-de-la-Ley-Organica-de-Economia-Popular-y-Solidaria.pdf>
- López, F., Romero, L, & Pérez, D. (2020). *Impacto de los desastres naturales en los ecosistemas acuáticos y las comunidades circundantes*. Environmental Management.
- López-Vera, C. (2017). *Evaluación del riesgo ambiental en acuíferos contaminados por nitratos*.

- MAATE. (2023). *uía para la formulación de proyectos de riego y drenaje*.
- Medina, A. &. (2018). *Sistema de alerta temprana comunitaria para la cuenca del río Chota* .
- Mennis, J. (2022). Grid Operations and Map Algebra. (J. P. Wilson, Ed.) *The Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge*, AM-02-006. doi:10.22224/gistbok/2022.3.1
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2022). *Mapas de riesgos agroclimáticos por inundación, sequía y helada en el Ecuador continental*.
- Molina Estrella, M. (2016). *Estrategia comunicacional de gestión de crisis frente a desastres naturales para el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito*. Quito. Obtenido de <https://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/9989>
- Molina, F. (2022). *Análisis de riesgo de incendios forestales en el cantón Ibarra, provincia de Imbabura*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte. Obtenido de <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/16167>
- Monteros Jarrín, M. (2019). *Evaluación del impacto ambiental de las operaciones de recolección de residuos sólidos en la ciudad de Ibarra*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Montesdeoca, Y. D. (2017). *ANALISIS DE VULNERABILIDAD SOCIAL POR AMENAZA DE FLUJOS DE LODO EN LA PARRQUOUIA DE SAN ANTONIO DE IBARRA AÑO 2016*. Quito.
- Moreno, C. (2016). *Análisis del riesgo por inundación utilizando herramientas SIG para la cuenca del Río Quito*. Universidad de Manizales.
- Municipio de Ibarra. (s.f.). *Plano de la ciudad de Ibarra*. (D. Casagallo, Ed.) Recuperado el 2025, de bibliocad.com: https://www.bibliocad.com/es/biblioteca/zonificacion-de-ibarra_52333/
- Núñez Vásquez, D. (2018). *Propuesta de plan de gestión de riesgos de desastres naturales en el barrio Bellavista del cantón Quevedo*. Quito. Obtenido de <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/8966>

- Orellana, J., & Osorio, A. (2014). Índice de Calidad de Vida Urbana: una aplicación metodológica para ciudades intermedias del Ecuador. 57-79. Obtenido de <https://doi.org/10.4067/S0250-71612014000100003>
- Organización de las Naciones Unidas. (2019). *Informe mundial sobre la reducción del riesgo de desastres 2019: Riesgo construido, no natural*. ONU. Obtenido de <https://www.undrr.org/publication/global-assessment-report-disaster-risk-reduction-2019>
- Palma Aguiar, M., & Guillén Bernal, A. (s.f.). *Revisión del estado del arte de los sistemas de monitoreo para la prevención de desastres naturales en el Ecuador*. Quito: Universidad de Las Américas. Obtenido de <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/9313>
- Peralta, A. M. (2018). “*FACTORES SOCIO AMBIENTALES PARA ESTABLECER LINEAMIENTOS DE GESTIÓN EN LA OPTIMIZACIÓN DEL USO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE IBARRA*” . Ibarra.
- Peralta, Ana María Lucero. (2020). *Estrategia de adaptación climática en zonas urbanas con riesgo de inundación por efecto del cambio climático en la ciudad de Ibarra*. Quito.
- Pérez Flores, P. E. (2015). *Aplicación de Sistemas de Información Geográfica para evaluar la vulnerabilidad frente a fenómenos de deslizamiento de masa y amenaza de tsunami para el Terminal Marítimo de Balao*. Quito.
- Pérez, A., Fernández, M., & Sánchez, R. (2017). *mpacto económico de las inundaciones en las zonas agrícolas de Ecuador*. . Journal of Agricultural Economics.
- Perez, R. (2025). El canal que se volvió cuello de botella: el embovedamiento del Ajaví ya no da abasto. *Hoy en Imbabura* .
- Periódico Expectativa. (2016). *Hace 29 años Ibarra fue afectada por dos terremotos*. Obtenido de <https://www.expectativa.ec/hace-29-anos-ibarra-fue-afectada-por-dos-terremotos/>
- Pinos, J., Timbe, L., & Orellana, D. (2017). Methods for fluvial flood risk assessment: literature review and methodological proposal for Ecuador. *MASKANA*.

- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial . (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Ibarra 2019–2023*. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Ibarra.
- Pourrut , P., & Pouyaud , B. (1995). *El agua en el Ecuador : clima, precipitaciones, escorrentia*. Quito.
- Pupiales Ruíz, A. S. (2021). *Identificación de áreas susceptibles a riesgos naturales y amenazas provocadas por deslizamientos de tierras mediante el uso de SIG en el cantón Ibarra parroquias rurales Salinas - Lita*.
- Quishpe Muzo, E. J. (2017). *Análisis de riesgos frente a las amenazas de origen natural y medidas de mitigación para el barrio “San José de Alugulla*. Quito.
- Ramírez, C. S. (2013). *ANÁLISIS DEL FLUJO EN EL CANAL AJAVÍ, DRENAJE PRINCIPAL DE LA CIUDAD DE IBARRA*. Quito. Obtenido de chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6343/1/CD-4870.pdf
- Recalde Posso, E. (2016). *ANUARIO AGROCLIMÁTICO 2009 2015*.
- Recalde Sandoval, A. M. (2018). *Evaluación de vulnerabilidad ambiental post-terremoto en el cantón Pedernales*. Obtenido de <https://repositorio.puce.edu.ec/items/777b40cc-6489-4e77-b6f5-35e5af8ca3d4>
- Rojas Parra, H., & Jiménez Rivera, K. (2021). *Pronóstico de las áreas de inundación en el casco urbano del municipio de Útica (Cundinamarca) para diferentes periodos de retorno en la cuenca Quebrada Negra y Río Negro*. Bogotá: Universidad de Ciencias Ambientales y Aplicadas.
- Rosales Veitía, J., & Marcano Montilla, A. (2022). *Mapas comunitarios de riesgos, conceptualización y abordaje metodológico. Algunas consideraciones*.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. . *International Journal of Services Sciences*.
- Sánchez, J. (2016). *Estrategias de recuperación post-desastres naturales en el sector urbano de Ecuador*. *Urban Studies Review*.

- Saritama Chérrez, H., & Valdivieso García, K. (2022). *Análisis de la precipitación mediante la evaluación de índices climáticos extremos en el territorio ecuatoriano continental*. Cuenca.
- Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR). (2015). *Mapa de susceptibilidad a inundaciones*.
- Secretaría de Gestión de Riesgos Unidad de Monitoreo de Eventos Adversos. (2024). *Informe de Situación*. Secretaría de Gestión de Riesgos Unidad de Monitoreo de Eventos Adversos.
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2024). *Eventos peligrosos 2010-2022*. SNGR. Obtenido de <https://nube.gestionderiesgos.gob.ec/index.php/s/T7szwdk77gsBxz8>
- Souris, M. (21 de 03 de 2025). *savgis.org*. Obtenido de Ecuador: <http://www.savgis.org/ecuador.htm>
- U.S. Army Corps of Engineers. (2021). HEC-RAS: River Analysis System (Version 6.0). [Computer software]. Hydrologic Engineering Center. Obtenido de <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>
- UNESCO. (2018). *Managing Water under Uncertainty and Risk: The United Nations World Water Development Report 2018*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Valdivieso, A., Siluk, C., & Michelin, C. (2022). Análisis Prospectivo Estratégico del Sector Textil Productivo Ecuatoriano para Incrementar la Competitividad en las Exportaciones. *SIGMA*, 13. doi:<https://doi.org/10.24133/sigma.v9i02.2827>
- Vega Eras, W. R. (2023). *Flujos de lodo secundarios en el volcán Imbabura caso de estudio: cantón Ibarra, período 1990 -2020*.
- Vera, P. A. (2016). *PROPUESTA DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO COMO HERRAMIENTA PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO EN DESASTRES NATURALES EN LA REGIÓN DE LOS LAGOS*.
- Villacreses Viteri, L. (2024). *La resiliencia territorial multidimensional frente al riesgo de desastres naturales: estudio de caso en la provincia de Manabí*. Quito: Universidad de las Américas. Obtenido de <https://observatorio-cientifico.ua.es/documentos/66732437f392356eff8b7705>

ANEXOS

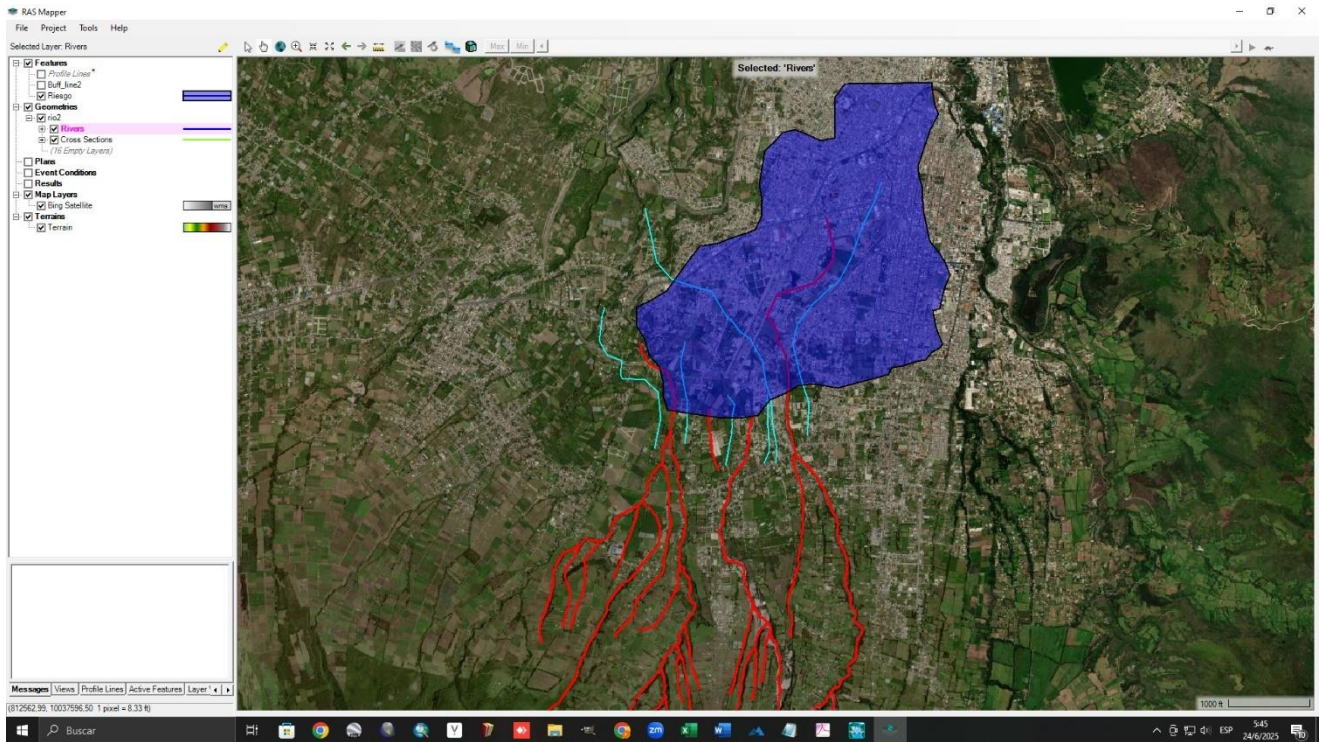
ANEXO 1.

Precipitación mensual y total acumulada por año (2009–2023)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2009	50.3	45.4	152.6	85.6	10.8	32.3	3.2	3.5	1.9	70.3	65.2	75.4
2010	4.9	21.7	37.7	15.2	147.3	91.3	77.7	23.1	65.8	36.4	189.3	80.5
2011	49.5	87.1	64.4	153.9	107.4	35.2	15.1	15.1	27.8	8.2	26.6	80.5
2012	83.2	86.2	26.8	79.3	8.8	4.6	4.0	3.8	4.0	38.0	24.0	16.8
2013	14.4	58.6	59.4	47.4	13.6	10.8	3.6	3.6	8.6	34.7	31.7	18.6
2014	72.4	68.2	31.8	142.4	31.6	31.6	4.8	2.8	4.8	64.8	63.6	53.8
2015	34.8	15.8	53.9	47.4	13.6	13.6	4.8	3.6	8.6	34.7	31.7	18.6
2016	10.4	2.2	56.2	98.1	47.3	34.8	56.1	22.1	33.2	21.2	8.2	31.7
2017	102.0	70.6	76.4	74.6	126.0	28.2	7.2	3.6	17.2	31.2	30.6	43.0
2018	59.6	42.2	94.7	63.8	72.6	13.6	9.3	6.1	28.7	32.1	31.2	25.3
2019	75.2	34.6	40.6	84.6	54.4	15.2	10.4	40.5	42.6	57.2	97.3	31.3
2020	33.7	34.2	94.0	41.0	6.4	22.9	0.0	86.9	35.2	46.8	34.3	72.6
2021	56.1	100.5	105.6	18.2	10.3	62.9	7.5	20.6	30.4	114.6	58.0	101.8
2022	46.6	93.4	60.4	32.9	67.7	98.7	9.4	5.3	27.1	113.9	55.6	70.2
2023	85.8	23.4	61.6	119.0	16.0	7.0	33.6	0.0	22.7	113.5	88.0	153.0

ANEXO 2.

Modelización en HEC-RAS



ANEXO 3.

Asignación de valores para el álgebra de mapas de vulnerabilidad

SOCIO-EDUCATIVO	
NIVEL	VALOR
ALTO	1
MEDIO ALTO	2
MEDIO	3
MEDIO BAJO	4
BAJO	5

CALIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA (INDICADOR: TIPO DE TECHO)	
TIPO	VALOR
LOSA	1
FIBROCEMENTO	2
ZINC	3
TEJA	4
PAJA	5

DENSIDAD DE POBLACION	
DENSIDAD (HAB/ha)	VALOR
MENOR A 36	1
37-82	2
83-131	3
132-205	4
206-354	5

DISPONIBILIDAD SERVICIOS BASICOS	
DISPONIBILIDAD	VALOR
ALTA	1
MEDIA	2
MEDIA BAJA	3
BAJA	4