



**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**

**DECANATO DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**MENCIÓN SANEAMIENTO AMBIENTAL**

**Proyecto de titulación con componentes de investigación y / o desarrollo previo a la obtención del título de: MAGISTER EN INGENIERIA AMBIENTAL MENCIÓN SANEAMIENTO AMBIENTAL**

**Título de trabajo de titulación:**

**IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RIESGO POR PRESENCIA DE AVENIDAS TORRENCIALES MEDIANTE LA APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA PARROQUIA TENIENTE HUGO ORTIZ**

**AUTOR: MARIELA LOURDES VALLE RAMIREZ**

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: Msc. RICARDO VINICIO ABRIL SALTOS, PhD**

**PUYO - ECUADOR**

**2022**



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA  
DECANATO DE POSGRADO  
FORMATO DP-UT-013A

**FORMATO DP-UT-013A: DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, VALLE RAMREZ MARIELA LOURDES, con cédula de identidad 1600671406, declaro ante las autoridades educativas de la Universidad Estatal Amazónica, que el contenido del Proyecto de titulación con componentes de investigación aplicada y/o desarrollo titulado “IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RIESGO POR PRESENCIA DE AVENIDAS TORRENCIALES MEDIANTE LA APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA PARROQUIA TENIENTE HUGO ORTIZ”, es absolutamente original, auténtico y personal.

En tal virtud y según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente, certifico libremente que los criterios y opiniones que constan en el Proyecto de titulación son de exclusiva responsabilidad de la autora; y que los resultados expuestos pertenecen a la Universidad Estatal Amazónica.

**VALLE RAMREZ MARIELA LOURDES**  
CI. 1600671406



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA  
DECANATO DE POSGRADO  
FORMATO DP-UT-013B

**FORMATO DP-UT-013B: CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE  
EVALUACIÓN DEL TRABAJO FINAL DE TITULACIÓN**

**EL TRIBUNAL DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO FINAL DE TITULACIÓN**

**CERTIFICA QUE:**

El presente trabajo "IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RIESGO POR PRESENCIA DE AVENIDAS TORRENCIALES MEDIANTE LA APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA PARROQUIA TENIENTE HUGO ORTIZ", bajo la responsabilidad de la maestrante VALLE RAMIREZ MARIELA LOURDES, ha sido meticulosamente revisado, autorizando su presentación:

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

DRA. RUTH IRENE ARIAS GUTIÉRREZ  
**PRESIDENTE DE TRIBUNAL EVALUADOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

DR. DIEGO GUTIÉRREZ DEL POZO  
**MIEMBRO 1**

DRA. CAROLINA BAÑOL PÉREZ  
**MIEMBRO 2**



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA  
DECANATO DE POSGRADO  
FORMATO DP-UT-011

**FORMATO DP-UT-011: AVAL DEL DIRECTOR DE TRABAJO TITULACIÓN**

<b>MAESTRÍA EN MAESTRÍA EN (NOMBRES COMPLETOS DE LA MAESTRÍA)</b>	
<b>COHORTE: PRIMERA</b>	<b>FECHA ELABORACIÓN: 16/11/2022</b>
<b>INFORME FINAL Y AVAL</b>	
<p>Quien suscribe, RICARDO VINICIO ABRIL SALTOS portador de la cédula de identidad número: 1803113321, en calidad de Director del trabajo de titulación denominado: IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RIESGO POR PRESENCIA DE AVENIDAS TORRENCIALES MEDIANTE LA APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA PARROQUIA TENIENTE HUGO ORTIZ, opción Proyecto de trabajo de titulación con componentes de investigación aplicada y/o desarrollo, a cargo del maestrante VALLE RAMIREZ MARIELA LOURDES portadora del número de cédula de identidad: 1600671406, certifico haber acompañado y revisado el documento entregado a mi persona, considero que cumple con los objetivos planteados, los lineamientos y orientaciones establecidas en la normativa vigente de la institución.</p> <p>Por lo antes expuesto se avala el trabajo de titulación para que sea presentado para la sustentación correspondiente.</p>	

<b>ELABORADO POR:</b>
<div style="text-align: center;"><p>Firmado digitalmente por: RICARDO VINICIO ABRIL SALTOS</p></div>
<p style="text-align: center;">RICARDO VINICIO ABRIL SALTOS CI: 1803113321 <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b></p>





UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA  
DECANATO DE POSGRADO  
FORMATO DP-UT-013C

**FORMATO DP-UT-013C: CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD EN EL SISTEMA ANTIPLAGIO**

**CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD EN EL SISTEMA ANTIPLAGIO**

Quien suscribe el presente Dr. RICARDO VINICIO ABRIL SALTOS con CI: 1803113321, certifica que el Proyecto final de titulación con componentes de investigación aplicada y/o de desarrollo titulado: “IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RIESGO POR PRESENCIA DE AVENIDAS TORRENCIALES MEDIANTE LA APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA PARROQUIA TENIENTE HUGO ORTIZ” ha sido examinado a través del sistema Antiplagio Urkund y presenta un porcentaje de similitud del 6%.

En el cantón Pastaza, a los 16 días del mes de noviembre del 2022.












Firmado electrónicamente por:  
**RICARDO  
VINICIO ABRIL  
SALTOS**

Dr. RICARDO VINICIO ABRIL SALTOS  
**DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN**

## Document Information

<b>Analyzed document</b>	TESIS FINAL Mariela urkund.pdf (D148162889)
<b>Submitted</b>	10/31/2022 10:28:00 AM
<b>Submitted by</b>	Ricardo Abril
<b>Submitter email</b>	rvabril@uea.edu.ec
<b>Similarity</b>	6%
<b>Analysis address</b>	rvabril.uea@analysis.orkund.com

## Sources included in the report

<b>SA</b>	<b>UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / caroleroyurkund.docx</b> Document caroleroyurkund.docx (D35169734) Submitted by: rvabril@uea.edu.ec Receiver: rvabril.uea@analysis.orkund.com	 2
<b>W</b>	URL: <a href="https://docplayer.es/61476483-Plan-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial-de-la-parroquia-rural-teniente-hugo-ortiz.html">https://docplayer.es/61476483-Plan-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial-de-la-parroquia-rural-teniente-hugo-ortiz.html</a> Fetched: 10/31/2022 7:57:00 PM	 2
<b>SA</b>	<b>Atiencia Lenin-tesis-14-de febrero del 2018.pdf</b> Document Atiencia Lenin-tesis-14-de febrero del 2018.pdf (D35650975)	 1
<b>W</b>	URL: <a href="http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/5710/1/UNACH-EC-ING-AMBT-2019-0013.pdf">http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/5710/1/UNACH-EC-ING-AMBT-2019-0013.pdf</a> Fetched: 10/31/2022 7:57:00 PM	 2
<b>W</b>	URL: <a href="http://www.scielo.org.co/pdf/inde/v35n2/2145-9371-inde-35-02-00452.pdf">http://www.scielo.org.co/pdf/inde/v35n2/2145-9371-inde-35-02-00452.pdf</a> Fetched: 10/31/2022 7:56:00 PM	 1
<b>SA</b>	<b>TESINA GENERACIÓN DE AREAS DE INUNDACION DEL RÍO CATARAMA 21-10-2017 carpio.docx</b> Document TESINA GENERACIÓN DE AREAS DE INUNDACION DEL RÍO CATARAMA 21-10-2017 carpio.docx (D31530416)	 1
<b>SA</b>	<b>UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / INFORME-MODELAMIENTO HEC-RAS cedeño.docx</b> Document INFORME-MODELAMIENTO HEC-RAS cedeño.docx (D110552943) Submitted by: rvabril@uea.edu.ec Receiver: rvabril.uea@analysis.orkund.com	 1
<b>SA</b>	<b>tesis sin imagenes.pdf</b> Document tesis sin imagenes.pdf (D32428855)	 1
<b>SA</b>	<b>UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / Cuñas Grefa Urjund.pdf</b> Document Cuñas Grefa Urjund.pdf (D110045237) Submitted by: rvabril@uea.edu.ec Receiver: rvabril.uea@analysis.orkund.com	 1

## **DEDICATORIA**

Esta tesis está dedicada a:

A Dios quien ha sido mi guía, fortaleza y su mano de fidelidad y amor que ha estado conmigo hasta el día de hoy.

A mis padres, Segundo y Angélica quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más; gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A Stalin Mazo Guevara, quien ha sido mi compañero, amigo y enamorado en este periodo de estudios, gracias infinitas de corazón por brindarme su amor estar conmigo en todo momento y ser parte de mi vida.

A mis hermanos Segundo, Juan Carlos, Cristian, Xavier, Carmen y mi ángel del cielo Geovanny Valle Ramírez, por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

## **AGRADECIMIENTO**

Como prioridad en mi vida agradezco a Dios y a mis padres por su infinita bondad, y por haber estado conmigo en los momentos que más lo necesitaba, por darme salud, fortaleza, responsabilidad y sabiduría, por haberme permitido culminar un peldaño más de mis metas, y porque tengo la certeza y el gozo de que siempre va a estar conmigo.

Agradezco de manera muy especial por su esfuerzo, dedicación, colaboración y sabiduría para ser una profesional de éxito, al Dr. Ricardo Vinicio Abril Saltos, Director de tesis respectivamente.

De igual manera mis agradecimientos a todas las autoridades y personal que hacen la Universidad Estatal Amazónica, por confiar en mí, abrirme las puertas y permitirme realizar todo el proceso investigativo dentro de su establecimiento educativo.



## **RESUMEN EJECUTIVO**

Las precipitaciones son un fenómeno natural, el cual no se debe pasar desapercibido cuando se presenta en grandes cantidades, ya que como efecto se generan inundaciones que afectan en aspectos socio-económicos a los diferentes asentamientos que se encuentran al margen de los ríos o caños que son propensos a esto. El presente trabajo tuvo como objetivo identificar zonas de riesgo por presencia de avenidas torrenciales mediante la aplicación de sistemas de información geográfica en la parroquia Teniente Hugo Ortiz, ubicada en la provincia de Pastaza. Para la obtención de áreas de inundación en el sitio de estudio se procedió a levantar los datos batimétricos y características geomorfológicas de los afluentes. Una vez obtenidos estos datos junto con la información de precipitaciones en el área de estudio, se procedió a la simulación hidráulica en el que se empleó los programas Hec-Hms para la generación de caudales máximos, Hec-Ras y Arc-Gis simulación de posibles áreas de inundación. Como resultado se obtuvo la identificación de las zonas susceptibles al desarrollo de inundaciones recurrentes, mismas que reflejan un área de inundación de 10.9 has para un periodo de retorno de 50 años y 11 has para el de 100 años. En conclusión, se logró determinar que las zonas inundables no afectan a asentamientos poblacionales aguas abajo, por lo que se considera a la parroquia Teniente Hugo Ortiz una zona de amenaza baja en el riesgo de inundación.

**Palabras claves:** Inundaciones, Sistemas de Información Geográfica, zonas susceptibles, simulación hidráulica, Hec-Ras.

## **ABSTRACT**

Precipitation is a natural phenomenon, which should not go unnoticed when it occurs in large quantities, since as an effect floods are generated that affect socio-economic aspects to the different settlements that are on the margins of the rivers or pipes that they are prone to this. The objective of this work was to identify risk areas due to the presence of torrential floods through the application of geographic information systems in the Teniente Hugo Ortiz parish, located in the province of Pastaza. To obtain flood areas at the study site, bathymetric data and geomorphological characteristics of the tributaries were collected. Once these data were obtained together with the information on rainfall in the study area, the hydraulic simulation was carried out using the Hec-Hms programs for the generation of maximum flows, Hec-Ras and Arc-Gis, simulation of possible flood areas. As a result, the identification of areas susceptible to the development of recurring floods was obtained, which reflect a flood area of 10.9 hectares for a return period of 50 years and 11 hectares for a return period of 100 years. In conclusion, it was possible to determine that the floodable areas do not affect population settlements downstream, so the Teniente Hugo Ortiz parish is considered a low threat area in terms of flood risk.

**Keywords:** Floods, Geographic Information Systems, susceptible areas, hydraulic simulation, Hec-Ras.

## TABLA DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	PROBLEMA CIENTÍFICO.....	3
1.2.	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.3.	OBJETIVOS .....	4
1.3.1.	OBJETIVO GENERAL .....	4
1.3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
	CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	5
2.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1.	Avenidas torrenciales.....	6
2.2.1.	Deslizamiento de tierra por lluvias intensas.....	6
2.2.2.	Represamiento de cauces .....	7
2.2.3.	Procesos In-channel.....	7
2.2.4.	Sismos .....	7
2.2.5.	Deshielo de nevados y flujos piroclásticos .....	8
2.3.	Geomorfología fluvial.....	8
2.4.	Cuenca hidrográfica .....	8
2.4.1.	Partes de una cuenca hidrográfica.....	9
2.4.2.	Características de una cuenca torrencial .....	9
2.5.	Riesgo de desastre.....	10
2.6.	Aplicación de sistemas de información geográfica en la gestión de riesgos .....	10
	CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	12
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
3.1.	LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	13
3.2.	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	14
3.3.	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	14

3.4. TRATAMIENTO DE DATOS, USO DE SOFTWARE Y HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS .....	15
3.4.1. Información Base .....	15
3.4.1.1. Características físicas del suelo .....	16
3.4.2. Aplicación de sistemas de información geográfica .....	17
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	20
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	21
4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA.....	21
4.2. ZONAS DE INUNDACIÓN .....	27
4.3. DISCUSIÓN .....	29
4.4. CONCLUSIONES .....	31
4.5. RECOMENDACIONES .....	32
4.6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	33
4.7. ANEXOS: .....	37

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características del área de la cuenca hidrográfica.....	21
Tabla 2. Características hidrológicas del suelo de las zonas de recarga de los afluentes Rivadeneira y Aguas Negras. ....	23



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica de la parroquia Teniente Hugo Ortiz y sus dos afluentes. .....	13
Figura 2. Área de recarga de los afluentes Rivadeneira y Aguas Negras y puntos de muestreo. .....	22
Figura 3. Hidrograma, afluente Aguas Negras. ....	24
Figura 4. Hidrograma, afluente Rivadeneira. ....	24
Figura 5. Curvas de intensidad, duración y frecuencia (Guachamin et al., 2019).....	25
Figura 6. Lluvia de proyecto.....	25
Figura 7. Modelamiento Hec-Hms, unión de los afluentes Rivadeneira y Aguas negras. ..	26
Figura 8. Modelamiento Hec-Hms, afluente Rivadeneira. ....	26
Figura 9. Modelamiento Hec-Hms, afluente Aguas negras.....	27
Figura 10. Zona de inundación de la parroquia Teniente Hugo Ortiz, con proyección a 50 y 100 años. ....	28
Figura 11. Zona de inundación de la parroquia Teniente Hugo Ortiz.....	29

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

# 1. INTRODUCCIÓN

Las precipitaciones son un fenómeno natural que, en caso de presentarse en grandes intensidades en corto tiempo, pueden generar problemas de avenidas torrenciales, entendidas como crecidas repentinas producto de fuertes precipitaciones que causan aumentos rápidos del nivel de agua de los ríos y quebradas de alta pendiente, las cuales pueden ser acompañadas por flujo de detritos de acuerdo a las condiciones de la cuenca (Díaz, 2019).

Para Vera & Valderrama (2020), este tipo de desastre representa un gran impacto social y económico, y se constituyen como una amenaza natural impredecible; su ocurrencia es más habitual de lo que se piensa y es muy poco estudiada en Ecuador. Argumenta a ello Díaz (2019), que existen diferentes razones por las cuales el fenómeno de avenida torrencial puede ser tan dañino, pero la principal razón consiste en la dificultad en su predicción por la rapidez con la que ocurre y su corta duración. Diferentes entidades gubernamentales y estudios científicos pretenden determinar una metodología que ayude a identificar factores relevantes como ubicación geográfica, geomorfología fluvial, parámetros morfométricos de las cuencas y su influencia en la generación de avenidas torrenciales.

Por otro lado, Cárdenas (2018), plantea que la gestión del riesgo actualmente se presenta como una serie de políticas orientadas a la prevención, alerta, intervención en situaciones de emergencia y recuperación luego del desastre, sin embargo, la falta de articulación de esta misma gestión con la planificación del territorio y el conocimiento producido por los expertos trae como resultados inconvenientes relacionados con la sociedad y el medio ambiente. Es por ello que una de las herramientas más importantes para el diseño y formulación de políticas y estrategias que permitan la reducción de la vulnerabilidad y el nivel de riesgo de la población es la zonificación de las amenazas mediante la elaboración de mapas y modelación, mediante el uso de los sistemas de información geográfica (SIG), los cuales pueden ser utilizados por los planificadores urbanísticos, gobiernos y autoridades locales para la regulación del uso del suelo y la elaboración de Planes de Desarrollo (Guamán, 2012).

Según manifiesta Barrientes (2006), debido a la carencia de modelos hidráulicos e hidrológicos, para la determinación de áreas propensas a inundaciones que son producto de avenidas torrenciales, la población se ha visto afectada considerablemente generando pérdidas económicas y en algunos casos hasta humanas.

En los últimos años, Ecuador se ha catalogado como uno de los países más propensos a experimentar desastres por diversas amenazas naturales de origen geológico, hidrometeorológico y biológico. Tal información se corrobora con registros de pérdidas humanas, económicas y ambientales obtenidas principalmente en las últimas cuatro décadas (Guamushig, 2018). Lucas (2018), atribuye que es imposible eliminar del todo las amenazas, siempre existirá un cierto grado de riesgo al que se estará expuesto, sin embargo, si se puede aumentar la capacidad de prevención, protección, resistencia, absorción, adaptación y recuperación ante los efectos adversos de un evento natural; todo esto se hace posible mediante la gestión de riesgos.

El mismo autor menciona que en el aspecto ambiental las avenidas torrenciales pueden tener muchos efectos negativos, el desastre no es la inundación sino las consecuencias que acarrearán luego de que esta retrocede, dichas consecuencias se podrían evitar con una eficiente planificación territorial-ambiental, esto es manteniendo en su mayoría posible las zonas inundables libres, para que puedan cumplir su función ecológica y a su vez reducir el riesgo que suponen las inundaciones. Las zonas planas, sin cubierta vegetal o rocosa a menudo son erosionadas por las avenidas torrenciales, de igual forma los campos agrícolas ubicados en zonas llanas son totalmente barridos ocasionando la pérdida de los cultivos (Márquez, 2020). Buenaño (2013), destaca otro impacto importante como la dispersión de contaminantes ya sea procedentes del sistema de alcantarillado, residuos o sustancias peligrosas, incluso proliferación de vectores, roedores, serpientes o cualquier otro animal que represente una amenaza para la seguridad de las personas en determinado sitio afectado. Puerres (2016), argumenta que el escaso desarrollo de planificación territorial ha empujado a las familias a buscar suelos menos costosos, suelos vulnerables y susceptibles a deslizamientos, inundaciones y con un alto proceso erosivo que por la falta de planificación adecuada estos espacios vulnerables a riesgos están siendo ocupados.

No obstante, se han desarrollado estudios para la prevención y mitigación de los riesgos ante avenidas torrenciales, tsunamis, sismos, erupciones volcánicas, deslizamientos, entre otros, en casi todo el país. Sin embargo, existen zonas vulnerables a estas amenazas, en las cuales no existen estudios para la prevención, preparación y alerta de un desastre natural o antrópico (Vargas, 2017).

Es por ello que el presente trabajo pretende identificar las zonas vulnerables a riesgos propensas a inundaciones, en la parroquia Teniente Hugo Ortiz, mediante modelamientos con la utilización de herramientas disponibles en los Sistemas de Información Geográfica

(SIG) y a la vez, que sea un sustento para la elaboración de planes de contingencia con la finalidad de prevenir la ocurrencia de riesgos y precautelar la seguridad de la población.

## **1.1. PROBLEMA CIENTÍFICO**

La ineficiente planificación territorial en el país ha traído consecuencias negativas: invasiones, tráfico ilegal de tierras, destrucción de hábitats naturales, asentamiento de poblados en zonas de alto riesgo y con poca o nula cobertura de servicios básicos.

Teniente Hugo Ortiz es una parroquia rural perteneciente a la provincia de Pastaza que con el pasar de los años ha incrementado la población, ubicándose a las riberas de los cursos hídricos Rivadeneira y Aguas Negras. Sobre todo, la población no tiene una cultura preventiva ante un desastre ocasionado por una avenida torrencial, convirtiéndose en un problema para la parroquia. Sin embargo, existen dos factores hídricos identificados en la zona siendo estos la influencia del río Rivadeneira y río Aguas negras los mismos que pueden desencadenar un fenómeno de avenida torrencial.

Aunque no se dispone de un adecuado registro histórico de sucesos de este tipo para la parroquia Teniente Hugo Ortiz, si hay algunas experiencias y relatos de los pobladores que validan la preocupación por este tipo de amenaza para la población. Las condiciones geomorfológicas y climáticas particulares de la parroquia permiten llamar la atención sobre esta problemática, en especial si se tiene en cuenta que los cursos hídricos ya antes mencionadas han sido prácticamente pobladas en sus zonas bajas o de acumulación.

Por otro lado, la falta de planificación y recursos económicos, ocasiona que algunos pobladores ubiquen sus viviendas y/o negocios a orillas de los ríos y laderas, lugares que son propensos a la presencia de riesgos por crecidas, lo cual puede ocasionar daños humanos, materiales y económicos. Por tal motivo, es necesario evaluar si existen zonas con riesgo de inundaciones por factores naturales o antrópicos, con el fin de determinar sitios seguros para la población.

## **1.2. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

La parroquia Teniente Hugo Ortiz, presenta zonas con riesgo de inundación, que puedan generar afectaciones en la infraestructura y en la población del centro poblado.



## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Identificar zonas de riesgo por presencia de avenidas torrenciales mediante la aplicación de sistemas de información geográfica en la parroquia Teniente Hugo Ortiz.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar a través de modelos los caudales máximos de los ríos Rivadeneira y Aguas negras de la parroquia Teniente Hugo Ortiz.
- Definir las zonas de riesgo de inundación.
- Establecer el grado de amenaza por inundaciones utilizando sistemas de información geográfica.

## **CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Avenidas torrenciales**

Las avenidas torrenciales son crecidas repentinas producto de fuertes precipitaciones que causan aumentos rápidos del nivel de agua de los ríos y quebradas de alta pendiente. Estas crecientes pueden ser acompañadas por flujo de sedimentos de acuerdo con las condiciones de la cuenca. Debido a sus características pueden causar grandes daños en infraestructura y pérdida de vidas humanas (Ambiente, 2022). Vera y Valderrama (2020), describen este fenómeno como el desplazamiento de un flujo a una velocidad muy alta que durante su tránsito por un cauce con alta pendiente crece y se vuelve extremadamente rápido.

Cuando se modelizan hidráulicamente las inundaciones fluviales se trabaja generalmente con cauces estables y bien definidos, que periódicamente desbordan su cauce ordinario inundando su cauce extraordinario o llanura de inundación. Una llanura de inundación representa una unidad morfológica que los propios ríos construyen para su autorregulación en los periodos de crecida y con un diseño hidráulicamente adaptado a estos momentos de flujos altos. Pero en el caso de avenidas torrenciales no existe una llanura de inundación bien establecida, los cauces son capaces de movilizar tal cantidad de agua y, sobre todo, de carga en un corto periodo de tiempo que ellos mismos no se pueden encauzar y reorganizar; se producen, así, desbordamientos extensos y violentos, acompañados de erosiones y depósitos bruscos, en una dinámica difícil de predecir y controlar (Garzón et al.,2009).

### **2.2. Mecanismos detonantes de avenidas torrenciales**

Para que se desencadene un evento de avenida torrencial se tienen que cumplir algunas características geológicas e hidrológicas, entre ellas lluvias intensas, suficiente disponibilidad y aporte de sedimentos por parte de la cuenca y un relieve escarpado (Páez & Cortés, 2020).

#### **2.2.1. Deslizamiento de tierra por lluvias intensas**

El mecanismo detonante más frecuente de las avenidas torrenciales es la generación de múltiples deslizamientos debido a lluvias intensas, estos se pueden producir por una única lluvia de gran magnitud o por periodos de lluvia prolongada después de épocas de sequía, lo

que provoca la saturación del suelo y el desprendimiento de este, que en conjunto con la creciente súbita de agua genera un flujo con alto contenido de sedimentos (Páez & Cortés, 2020). Argumenta a ello Ayabaca (2001), al hacer referencia al caso de los fenómenos extremos de origen hidrometeorológico y geodinámico que son el principal peligro de origen natural que amenaza a los habitantes del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ). Al producirse flujos de lodos, escombros o sedimentos (aluviones), así como al haber deslizamientos, desprendimientos y hundimientos de tierras, con mucha frecuencia se registran pérdidas humanas y económicas. La mayoría de estos problemas son procesos naturales propios de un medio montañoso, más aún por la actividad sísmica y volcánica de la región que genera sus propios flujos de lodos.

### **2.2.2. Represamiento de cauces**

Este factor se considera uno de los más importantes en los efectos que puede llegar a causar un evento de avenida torrencial. El represamiento del flujo que desciende bien sea en los cauces independientes antes de confluir e iniciar el desplazamiento hasta la formación del abanico aluvial, es una condición que en el momento de romper las paredes que generan el represamiento implica el aumento de la altura de la mezcla de agua y los escombros, el área de desbordamiento de los cauces aportando una mayor cantidad de rocas, material vegetal y/o suelo y la velocidad con la que se desplaza (Vera & Valderrama, 2020).

### **2.2.3. Procesos In-channel**

Páez y Cortés (2020), mencionan que en zonas de muy alta pendiente durante un evento de lluvia muy fuerte se puede transportar gran cantidad de material de lecho, por encima del transporte de fondo normal (concentración de sedimentos mayor al 20 % en volumen), por lo cual, los procesos in-channel se refieren a estos procesos erosivos que generan socavación del canal y transporte de gran cantidad de material.

### **2.2.4. Sismos**

Los sismos actúan como detonantes de las avenidas torrenciales por los movimientos de “las fuerzas tectónicas que están actuando desde hace millones de años; van presionando, y se forman las montañas, se generan las fallas geológicas, se acumula energía, y ahí se libera el sismo”. Sin embargo, los movimientos en masa tipo avalancha de escombros se presentan

como enjambre durante fuertes tormentas o sismos, dando como resultado avenidas torrenciales tipo flujo de escombros canalizados o inundaciones de escombros (Aristizábal & Arango, 2019).

Solo en el último año Ecuador ha sido sacudido por 5 fuertes sismos, sentidos a nivel nacional con epicentro en Bolívar, Morona, Santiago, Guayas y Carchi, ocasionando daños estructurales, pérdidas económicas y cientos de damnificados; durante el 2019, la ocurrencia del Fenómeno El Niño moderado, sumada a la época lluviosa, provocó inundaciones que afectaron a más de 30000 personas solo en la provincia de Manabí, y es necesario considerar que antes de las lluvias los incendios forestales azotaron tres veces más hectáreas de bosque que lo registrado históricamente.

### **2.2.5. Deshielo de nevados y flujos piroclásticos**

Algunos volcanes están cubiertos por glaciares, los cuales alimentan nacimientos de cuencas de alta montaña, debido al aumento de la temperatura en el suelo por los procesos de erupción se liberan grandes cantidades de material sólido como los piroclastos, los cuales suelen estar calientes y al precipitar en la superficie causan deshielo, aumentando el caudal de los cuerpos hídricos (Vera & Valderrama, 2020).

### **2.3. Geomorfología fluvial**

De acuerdo a Vera y Valderrama (2020), la generación de avenidas torrenciales está altamente influenciada por la geomorfología de los cauces y el relieve de las cuencas. Las formas de la superficie terrestre y los procesos que resultan de la acción de los cursos de agua superficiales, la influencia del clima, la presión atmosférica y la temperatura, son las responsables condiciones de mayor o menor energía cinética que es ocupada por los cursos hídricos para la erosión fluvial, el transporte de sedimentos y la deposición de estos.

### **2.4. Cuenca hidrográfica**

Para Barrientes (2006), una cuenca hidrográfica es “un área natural en la que el agua proveniente de la precipitación forma un curso principal de agua. La cuenca hidrográfica es la unidad fisiográfica conformada por el conjunto de los sistemas de cursos de agua definidos por el relieve. Los límites de la cuenca o ‘divisoria de aguas’ se definen naturalmente y corresponden a las partes más altas del área que encierra un río”.



### 2.4.1. Partes de una cuenca hidrográfica

De acuerdo a Vera y Valderrama (2020), en la cuenca hidrográfica, se distinguen por lo general tres partes: alta, media y baja, las cuales en función a las características topográficas del medio pueden influir en sus procesos hidro-meteorológicos y en el uso de sus recursos.

- **Cuenca alta:** Corresponde generalmente a las áreas montañosas o cabeceras de los cerros, limitadas en su parte superior por las divisorias de aguas. En esta parte se generan procesos de erosión o remoción en masa, aquí es donde se generan la mayoría de los deslizamientos que aportan sedimentos a las avenidas torrenciales.
- **Cuenca media:** Donde se juntan las aguas recogidas en las partes altas y en donde el río principal mantiene un cauce definido. En esta zona se da el transporte de las avenidas torrenciales y en algunos casos a lo largo de su tránsito pueden arrastrar más material del lecho y paredes del cauce.
- **Cuenca baja o zonas transicionales:** Esta zona se define como “Donde el río desemboca a ríos mayores o a zonas bajas tales como estuarios y humedales”. En esta zona se da la deposición de los sedimentos.

### 2.4.2. Características de una cuenca torrencial

Existen múltiples factores para la calificación de una cuenca torrencial, principalmente 3 características. La primera relacionada con los parámetros morfométricos propios de una cuenca y la segunda con los factores geológicos y geomorfológicos regionales, la tercera los factores climáticos, como lluvias intensas en un tiempo corto, las cuales desencadenan estos fenómenos (Vera & Valderrama, 2020). Las principales características son:

- Cuenca jóvenes y pequeñas menores a 200 km<sup>2</sup>.
- Cuenca en regiones montañosas y escarpadas.
- Alta pendiente del canal central y de la pendiente media de la cuenca.
- Cuenca con valles o cañones estrechos en V.
- Geofoma achatada de la cuenca.

- Gran capacidad de socavación e incisión del cauce.
- Abundante material detrítico para arrastrar.
- Capacidad de transporte de material heterométrico.
- Gran variabilidad del caudal máximo y mínimo en la cuenca.
- Variaciones extremas en los valores pico de precipitación.
- Alta susceptibilidad ante procesos de remoción en masa

## **2.5. Riesgo de desastre**

El riesgo de desastre es la probabilidad que una determinada población y los recursos del que dependan sufran daños o pérdidas por el impacto de un peligro o amenaza, se caracteriza por ser cambiante y dinámico ya que va de la mano con las variaciones que sufren sus dos componentes (Amenaza y vulnerabilidad) en el territorio, el tiempo, el ambiente y la sociedad (Lucas, 2018).

Los factores que componen el riesgo son el peligro o amenaza y la vulnerabilidad, los cuales son producidos a raíz de problemáticas sociales y modelos de desarrollo que incluyen la mala planificación territorial, estos factores dependen uno del otro es decir que no existe amenaza sin vulnerabilidad y no existe vulnerabilidad si no hay amenaza (Lucas, 2018).

## **2.6. Aplicación de sistemas de información geográfica en la gestión de riesgos**

La utilización de los SIG actualmente ayuda a profesionales de distintas áreas sobre todo en la manipulación de información sobre poblaciones, recursos naturales, infraestructura y peligros naturales. Puede ayudar a identificar zonas con baja o nula exposición a riesgos y que sean más aptas para actividades productivas y de desarrollo (Puerres, 2016).

En el caso de la gestión de avenidas torrenciales el principalmente instrumento que aportan los SIG son los mapas de riesgo de inundaciones, esto permite facilitar la toma de decisiones y reconocer áreas que requieren atención inmediata, zonas que ameritan la implementación de estrategias de gestión de riesgos y lugares en donde se debe profundizar los estudios sobre riesgos de avenidas torrenciales. A nivel local y comunitario los sistemas de información

geográfica permiten a los planificadores territoriales conocer las infraestructuras que se encuentran en zonas potencialmente inundables y que demandan la creación de planes de emergencia y actividades de respuesta (Lucas, 2018).

## **CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS**

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La presente investigación se desarrolló en la Parroquia Teniente Hugo Ortiz, perteneciente al cantón Pastaza, cuenta con una superficie de 10.497,36 ha. Sus coordenadas geográficas son: X: 171385; Y: 9847993, WGS 84 zona 18 S, con una altitud entre 760 y 1.120 m.s.n.m., su clima es cálido húmedo y su temperatura oscila entre los 18° y 24° C (GADPTHO, 2020).

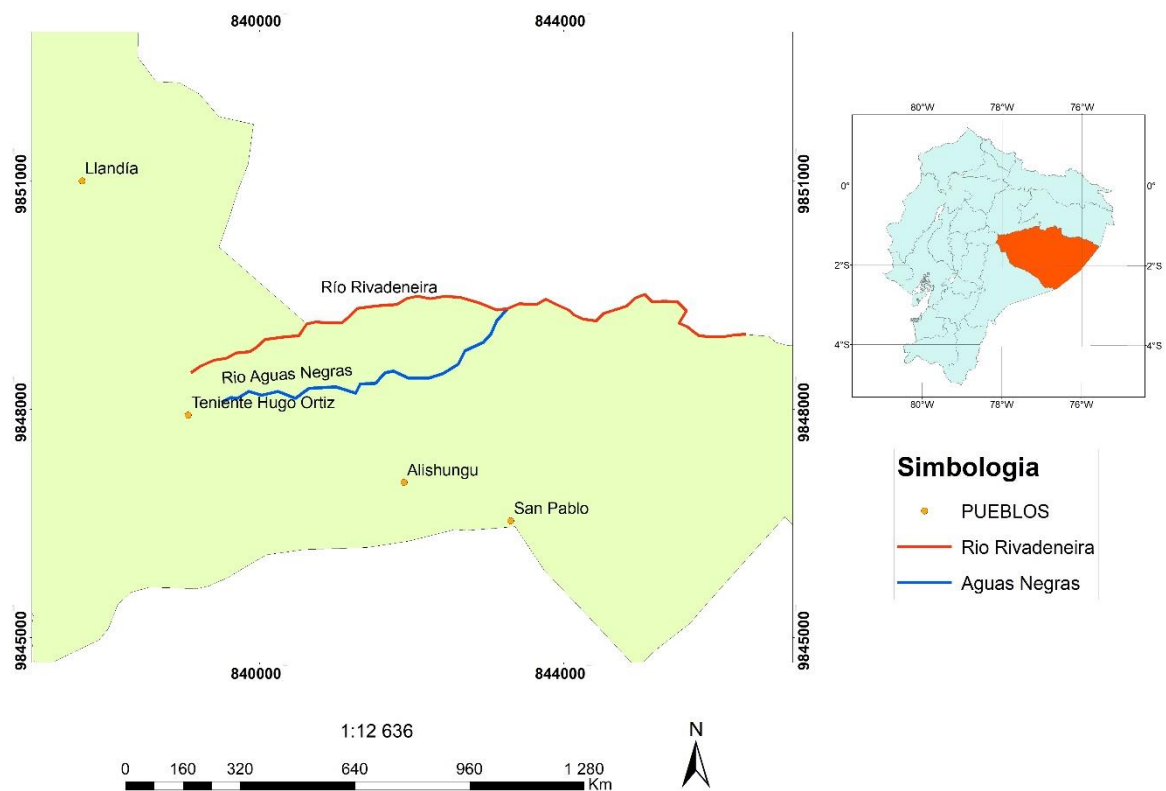
La parroquia Teniente Hugo Ortiz limita:

**Norte:** Parroquia San José del cantón Santa Clara.

**Sur:** Parroquias Fátima, Diez de Agosto y el Triunfo.

**Este:** Parroquia el Triunfo.

**Oeste:** Cantón Mera.



**Figura 1.** Localización geográfica de la parroquia Teniente Hugo Ortiz y sus dos afluentes.

### **3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La investigación es de tipo descriptiva ya que se realizó una caracterización de los caudales, la misma que consistió en series históricas cada 3 días durante 3 meses de los afluentes denominados Rivadeneira y Aguas Negras, los cuales están distribuidos en dos partes: parte alta (aguas arriba), parte baja (aguas abajo). De la misma manera se realizó un reconocimiento del sector ubicando a la población aledaña a las riberas de los dos afluentes. De acuerdo a las líneas de investigación de la Universidad Estatal Amazónica, el presente trabajo se enfocó en la Gestión y Conservación Ambiental asociado a la evaluación de impactos y análisis de riesgos ambientales.

### **3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN**

Los métodos que se utilizaron en la presente investigación corresponden al método histórico tendencial, modelación, observación y medición.

En lo que corresponde al método histórico tendencial se recopiló los testimonios de los habitantes de acontecimientos de inundaciones provocados por las avenidas torrenciales. A su vez en el método de modelación, una vez obtenido los datos de caudal e información meteorológica del sector, se procedió a la modelación hidrológica, la cual es una gran herramienta en la prevención de inundaciones que permite ubicar sitios críticos, con el fin de mitigar las amenazas que se puedan presentar para el sector de estudio.

Con respecto a los métodos de observación y medición se realizó una observación directa de los niveles de caudal y se llevó un registro cada 3 días durante tres meses.

Se levantó la información de los caudales en un punto ubicado en el puente sobre la unión de los ríos Rivadeneira y Aguas Negras, ubicado en la cuenca alta antes de la población cada 3 días durante tres meses, los mismos que reflejan los niveles del espejo de agua en los periodos registrados en determinadas fechas (VER ANEXO 1); para ello, se aplicó la ecuación de Manning, metodología de Pastora (2010), en la que se calculó los determinados caudales para cada afluente.

El proceso de infiltración se lo realizó basándose en la metodología utilizada por Gómez et.al (2014), mediante el cilindro doble anillo, el mismo que consistió en el siguiente procedimiento:

Con golpes suaves se introdujo los cilindros hasta una profundidad aproximada de 10 a 15 cm. En torno a los cilindros se hizo un surco, el cual mantiene con un nivel permanentemente de agua desde el comienzo hasta el final de la medición.

Una vez instalado el ensayo se ubicó una funda plástica en el interior del cilindro y con la ayuda de un balde se vació un volumen determinado de agua.

Simultáneamente, se vació agua en el cilindro exterior que actúan como área tampón.

Una vez retirado el plástico y colocado el agua en los cilindros, se procedió a tomar la primera lectura (VER ANEXO 2). Para tal objeto, se ubicó una regla sobre el borde superior del cilindro y en los intervalos de tiempo previamente establecidos se procedió a registrar las lecturas de agua durante 3 horas, en tiempos de 0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 150 y 180 minutos.

Posteriormente se determinó las características de infiltración del suelo para determinar el número de curva existente en las zonas, ubicando 6 puntos de toma de datos de infiltración por cada uno de los dos afluentes, tanto para el lado derecho como izquierdo de cada punto. Para la obtención del número de curva se estimó a partir de dos componentes: usos de suelo y grupo hidrológico de suelo.

Mediante el uso de la página The weather channel, se recopiló la información de precipitaciones de 5 días previos al desarrollo de las pruebas de conductividad hidráulica.

Con la información de pluviometría, la velocidad de infiltración y los resultados del análisis de laboratorio, se estableció el número de curva.

### **3.4. TRATAMIENTO DE DATOS, USO DE SOFTWARE Y HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS**

#### **3.4.1. Información Base**

##### **Ecuación 1. Tiempo de concentración**

$$T = 0.02L^{0.77} S^{0-0.385}$$

Dónde:

T= tiempo de concentración (minutos)

L= longitud máxima a la salida (m)

S= pendiente media del lecho (m/m)

##### **Ecuación 2. Velocidad de Infiltración**

$$VI \text{ prom} = I \text{ acum} / t$$

Dónde:

VI prom= Tasa de infiltración promedio

I acum= Infiltración acumulada

T= Tiempo

### **Ecuación 3. Velocidad**

$$V = (R^{2/3} S^{1/2}) / n$$

Dónde:

V= Velocidad media de la corriente (m<sup>3</sup>/s).

R= Radio hidráulico (m)

S= Pendiente media del canal (m/m)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

n= 0,0495 \* (diámetro de las piedras)

### **3.4.1.1. Características físicas del suelo**

Se realizó el muestreo en la cuenca alta, para determinar las características hidrológicas que afectan la escorrentía.

Para la determinación de las propiedades físicas de la calidad del suelo se basó en la metodología utilizada por Lasso y Grefa (2017), la misma que consistió en los siguientes parámetros:

#### **3.4.1.1.1 Concentración de materia orgánica del suelo**

Este parámetro se realizó mediante el método gravimétrico a través de calcinación a temperaturas de 105°C y 360°C según la metodología de González & Paz, (2020).

#### **3.4.1.1.2. Textura**

En este parámetro se utilizó el método de Bouyoucos, Erazo (2019), el cual permitió tener una adecuada información cuantitativa sobre los porcentajes de arena, limo y arcilla presentes en el suelo. Para el desarrollo de este apartado se siguió el siguiente procedimiento: Se tomó aproximadamente 25 g de suelo en la palma de la mano, se añadirá un poco de agua y se amasará (VER ANEXO 6), destruyendo los agregados, hasta que el suelo alcance una



consistencia moldeable. De acuerdo con la sensación o forma, se establecerá la clase textural (VER ANEXO 7, 8).

Por su textura, en términos generales, los suelos se dividen en suelos de textura fina y textura gruesa. En los suelos de textura fina predomina la arcilla y en los de textura gruesa la arena. Se realizó una calicata de 1 m x 1m x 1m para identificar los horizontes del suelo, así como el grosor de las capas de humus y hojarasca (VER ANEXO 3).

#### **3.4.1.1.3. Contenido de humedad**

Para la determinación del contenido de humedad, se lo realizó basándose en la metodología del método gravimétrico establecida por Radulovich (2009), en el que se determinó muestreando y pesando cilindros con volumen conocido de suelo sin disturbar antes y después de ser llevados a la estufa.

#### **3.4.1.1.4. Densidad aparente**

El método utilizado fue el del cilindro metálico, Gutiérrez (2010), el cual consistió en tomar un volumen fijo de suelo sin perturbar y pesarlo una vez seco (VER ANEXO 4), por calentamiento en el horno a 105° C durante 24 horas. Ya en el laboratorio se extrajo el suelo contenido, cuyo volumen correspondió con el del cilindro, se deseca y se pesa (VER ANEXO 5). La densidad se determinó por la relación entre el peso seco obtenido y el volumen correspondiente.

En lo referente al número de curva se lo determinó de acuerdo a la metodología de Días & Mercado (2017), a partir de algunas características físicas del territorio como el tipo, la densidad y el tratamiento de las coberturas, así como por el grupo hidrológico de suelo.

Para la estimación de caudales se basó en la metodología utilizada por Dualiby & Castro (2006), basados en las características hidráulicas y de caudal como son el perímetro mojado, la velocidad y la profundidad del flujo.

### **3.4.2. Aplicación de sistemas de información geográfica**

De la misma manera con el uso del Arc Map se determinó las características de la cuenca como área y pendiente. Posteriormente se utilizó los datos del estudio de Guachamin et.,

al (2019), para determinar la lluvia de diseño. Con los datos de área, tiempo de concentración, número de curva y lluvia de diseño, se procedió a determinar los caudales máximos de evacuación con el uso del HEC- HMS (programa de simulación hidrológica para estimar los hidrógrafos de salida en una o varias subcuencas) para periodos de retorno de 25, 50 y 100 años. Con estos caudales y con la ayuda de las herramientas HEC-GEO-RAS (extensión que permite realizar la preparación de los datos geométricos para importarlos en HEC-RAS) y HEC-RAS (programa de modelización hidráulica unidimensional que permite simular flujos en cauces naturales o canales artificiales para determinar el nivel del agua) se procedió a determinar las zonas inundables.

Una vez identificado los puntos de desembocadura de los dos afluentes, con el uso de modelos digitales de elevación, se procedió a definir el curso principal y el área de la cuenca, delimitando la misma mediante la herramienta hidrology del Arc- Map; posteriormente se determinó las principales características de la zona de recarga tanto del afluente Rivadeneira como del afluente Aguas Negras. Con estos datos se calculó los tiempos de concentración, los cuales fueron utilizados en el programa Hec- Hms para establecer los caudales máximos de crecida.

Así mismo, se utilizó la herramienta Hec-Geo-Ras para la delimitación del flowpath, stream centerline y Banklines; y finalmente se procede a la modelación de las zonas susceptibles a inundación a través del programa Hec- Ras.

### **3.5. RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES**

- ✓ Tutor
- ✓ Maestrante
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Libreta de apuntes
- ✓ Horómetro
- ✓ Programas (SIG)
- ✓ Lapto

- ✓ GPS
- ✓ Estufa
- ✓ Hidrómetro
- ✓ Bandejas (suelos)
- ✓ Tamiz
- ✓ Crisol
- ✓ Probetas de 1000 ml
- ✓ Equipos de laboratorio

## **CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

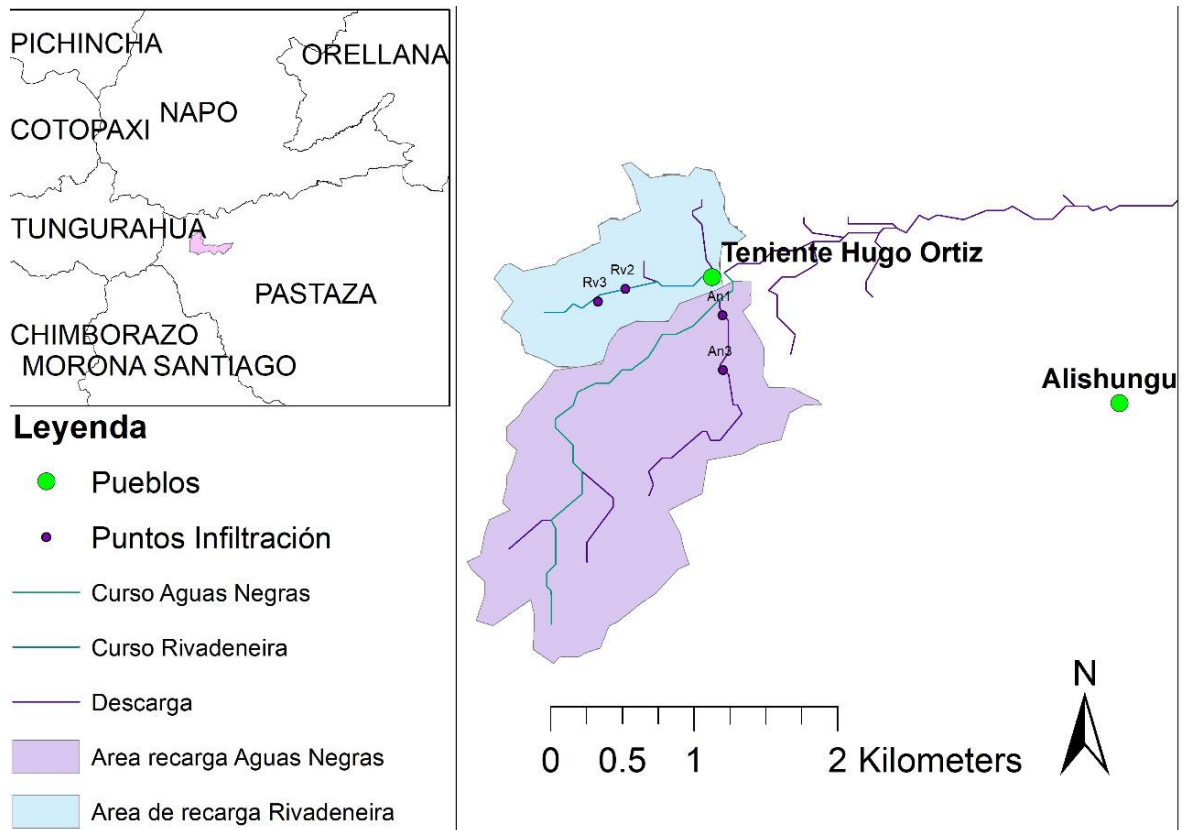
### 4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA

Las características del área de la cuenca hidrográfica de los dos afluentes se detallan en la tabla 1. En el afluente Rivadeneira el perímetro es de 4.74 km con respecto al de Aguas Negras con 7.95 km; en la longitud de corriente se registra un valor de 2.7 km para el afluente Rivadeneira y 4.2 km para Aguas Negras. En el tiempo de concentración el afluente Rivadeneira presenta un valor de 54.83 min con respecto al de Aguas Negras de 66.11 min. De acuerdo al área el valor de 1.18 km<sup>2</sup> del afluente Rivadeneira es menor para el afluente Aguas Negras de 3.84 km<sup>2</sup>. En la pendiente ambos afluentes presentan un valor de 0.01. En las cotas mínimas los dos afluentes tienen 1025 m mientras que en la cota máxima el afluente Rivadeneira tiene 1050m y el afluente Aguas Negras 1075m.

**Tabla 1.** Características del área de la cuenca hidrográfica.

<b>Afluente Parámetros</b>	<b>Rivadeneira</b>	<b>Aguas Negras</b>
Perímetro (km)	4.74	7.95
Longitud de la corriente (km)	2.7	4.2
Tiempo de concentración (min)	54.83	66.11
Área (km <sup>2</sup> )	1.18	3.84
Pendiente	0.01	0.01
Cota Máxima	1050	1075
Cota mínima	1025	1025

En la figura 2 se refleja las áreas de recarga del afluente Rivadeneira y Aguas Negras y los puntos de muestreo con los que se trabajó en la parroquia Teniente Hugo Ortiz.



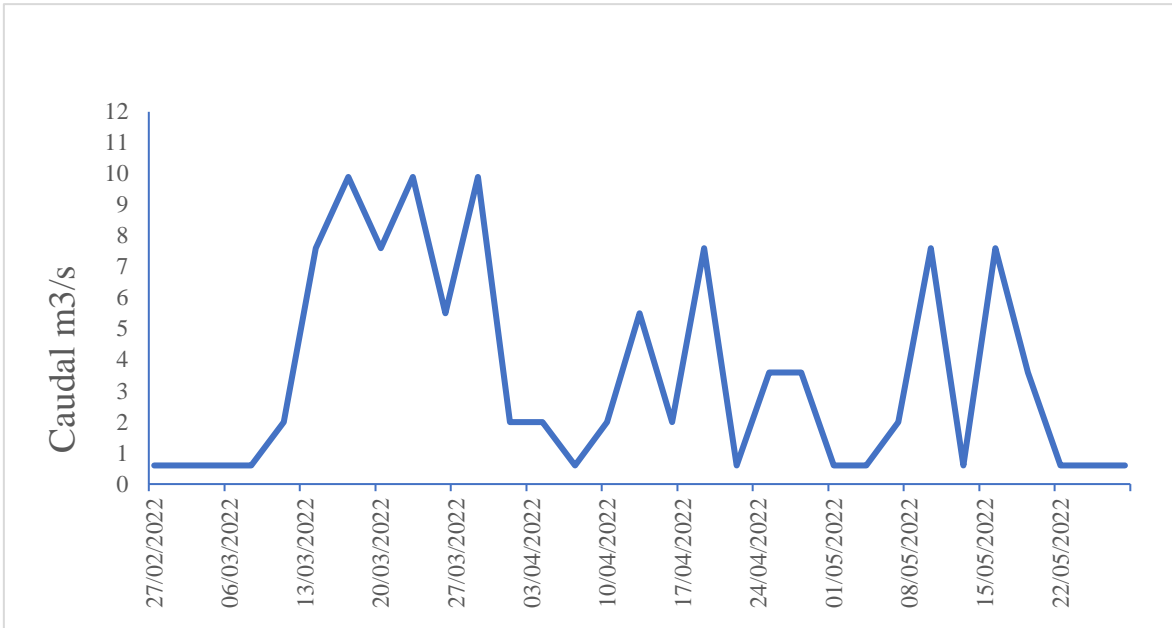
**Figura 2.** Área de recarga de los afluentes Rivadeneira y Aguas Negras y puntos de muestreo.

Las características del suelo de las zonas de recarga de los afluentes Rivadeneira y aguas negras se reportan en la tabla 2. En el afluente Rivadeneira se registra una tasa de infiltración promedio de 97 mm/h, siendo la máxima de 100 mm/h de Aguas Negras; en la hojarasca un valor promedio de 0.52 in y con menor valor de 0.33 la del afluente Aguas Negras; en el humus presenta el mayor promedio el afluente Rivadeneira con 0.66 in a diferencia del otro afluente de 0.39 in; en el número de curva promedio su valor es de 37.5, siendo el máximo de 49 de Aguas Negras; en el horizonte A el afluente Rivadeneira registra un valor de 29.83cm, resultando mayor el de Aguas Negras con 41.8 cm; dando como resultado la clase textural de franco arcilloso- arcilla para el afluente Rivadeneira y franco arcilloso- franco para el de Aguas negras. Por otro lado, se presenta la densidad de raíces, siendo 1.41 para el afluente Rivadeneira 1.46 para Aguas Negras. Finalmente se puede apreciar el contenido de materia orgánica un 2.54% de MO para el afluente Rivadeneira y 2.18% para Aguas Negras.

**Tabla 2.** Características hidrológicas del suelo de las zonas de recarga de los afluentes Rivadeneira y Aguas Negras.

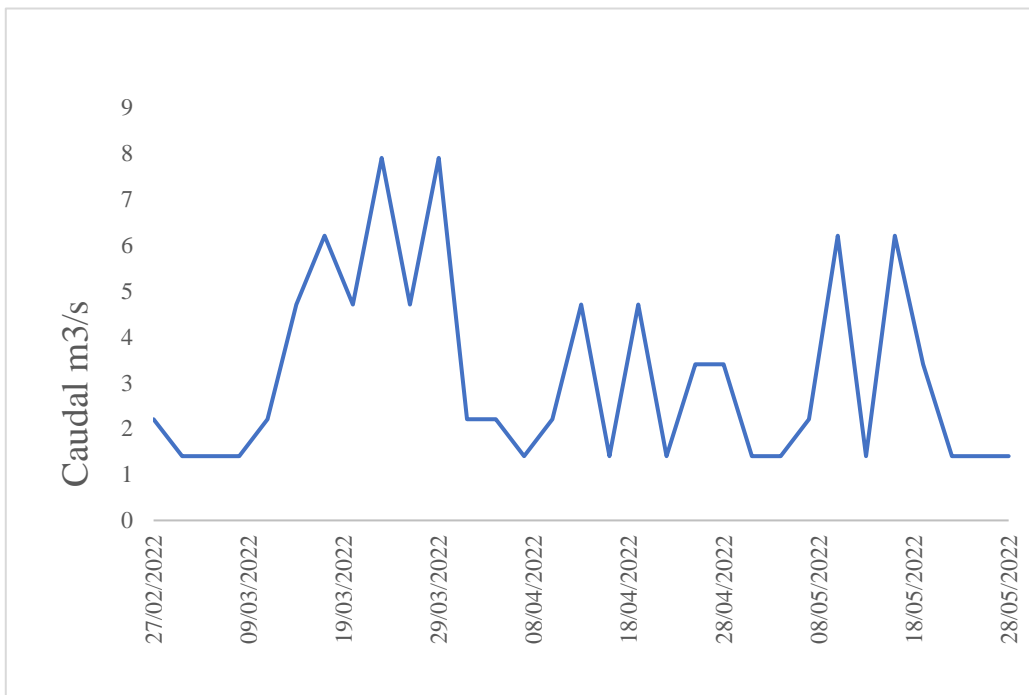
<b>Afluente</b>	<b>Rivadeneira</b>			<b>Aguas negras</b>		
	<b>Parámetros</b>	min	máx.	Promedio	min	máx.
Tasa de infiltración (mm/h)	20	246	97	22	305	100
Hojarasca (pulgadas)	0.2	1.18	0.52	0.2	0.79	0.33
Humus (pulgadas)	0.39	0.98	0.66	0.2	0.59	0.39
Número de curva (NC)	26	49	37.5	49	49	49
Horizontes (cm)	A 29.83	B 35.33	C 0	A 41.8	B 33	C 0
Clase textural	Franco arcilloso, arcilla			Franco arcilloso, franco		
Densidad de raíces	1.41			1.46		
Materia orgánica (%)	1.81	3.28	2.54	1.89	3.75	2.18

En la figura 3 se muestran los datos de caudales registrados durante tres meses en determinadas fechas, siendo 9.9 m<sup>3</sup>/s el mayor caudal para las fechas 17, 23 y 29 de marzo de 2022.



**Figura 3.** Hidrograma, afluyente Aguas Negras.

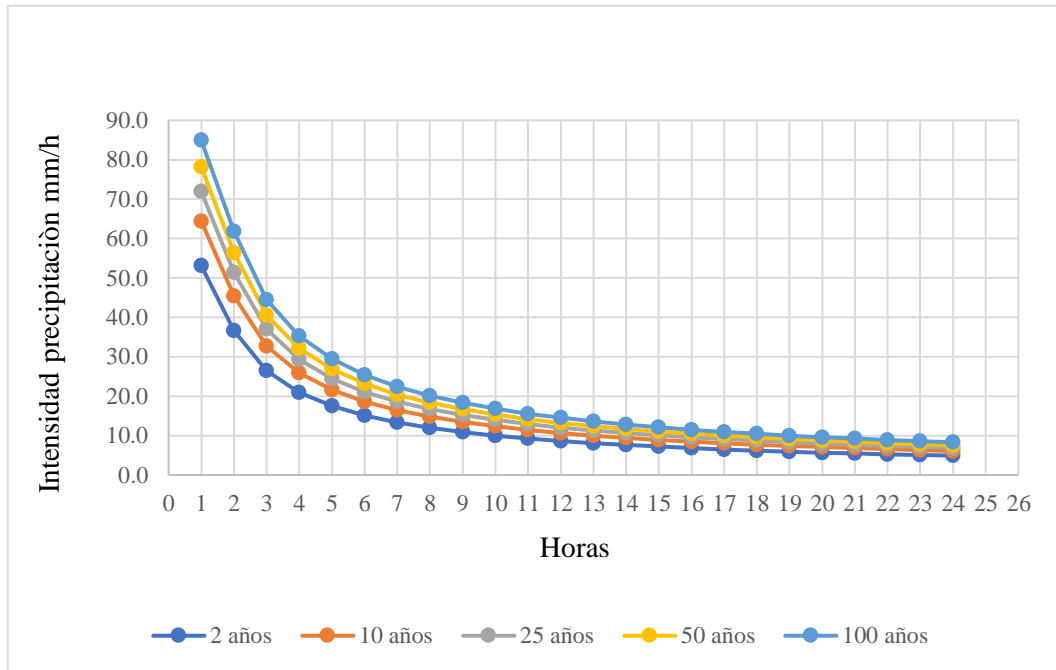
La figura 4 resume los datos de caudales registrados en determinadas fechas, de los cuales el 23 y 29 de marzo son los de mayor caudal con 7.9 m<sup>3</sup>/s.



**Figura 4.** Hidrograma, afluyente Rivadeneira.

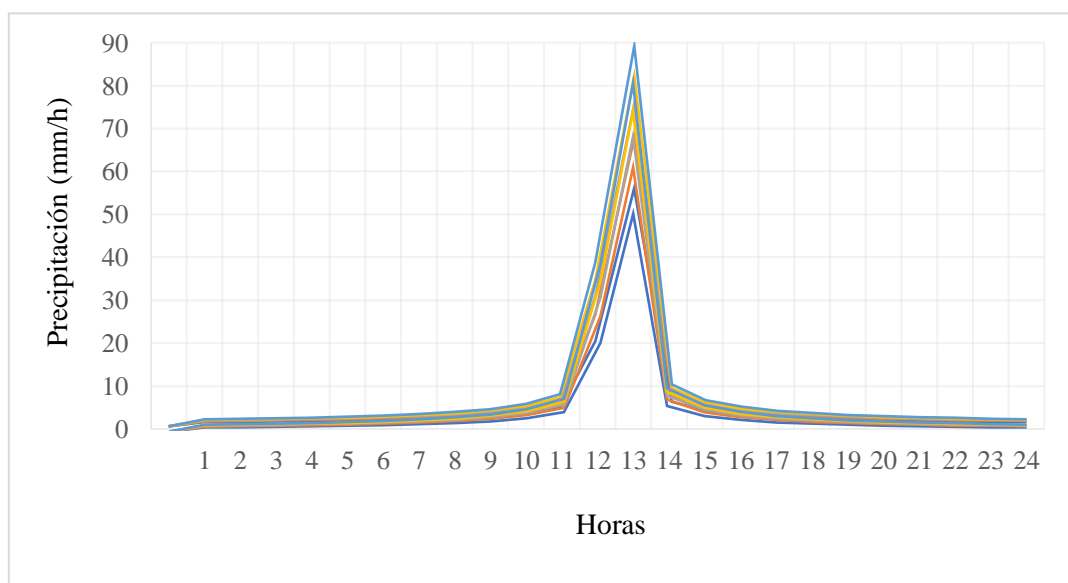


La figura 5 presenta las curvas de intensidad duración y frecuencia de la estación meteorológica Puyo (Guachamin et. al 2019), proyectándose un valor máximo de 84.9 mm/h de precipitación para un periodo de 100 años.



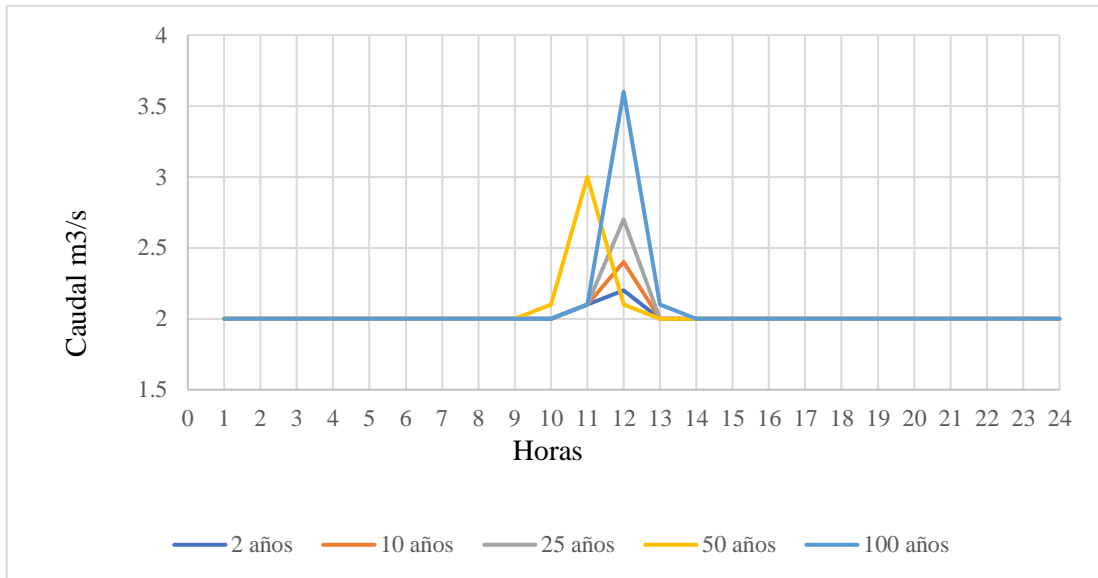
**Figura 5.** Curvas de intensidad, duración y frecuencia (Guachamin et al., 2019).

En la figura 6 se muestra la frecuencia de las lluvias máximas para 24 horas de duración y de 2 a 100 años de recurrencia; proyectándose un valor máximo de 84.9 mm/h de precipitación para un periodo de 100 años.



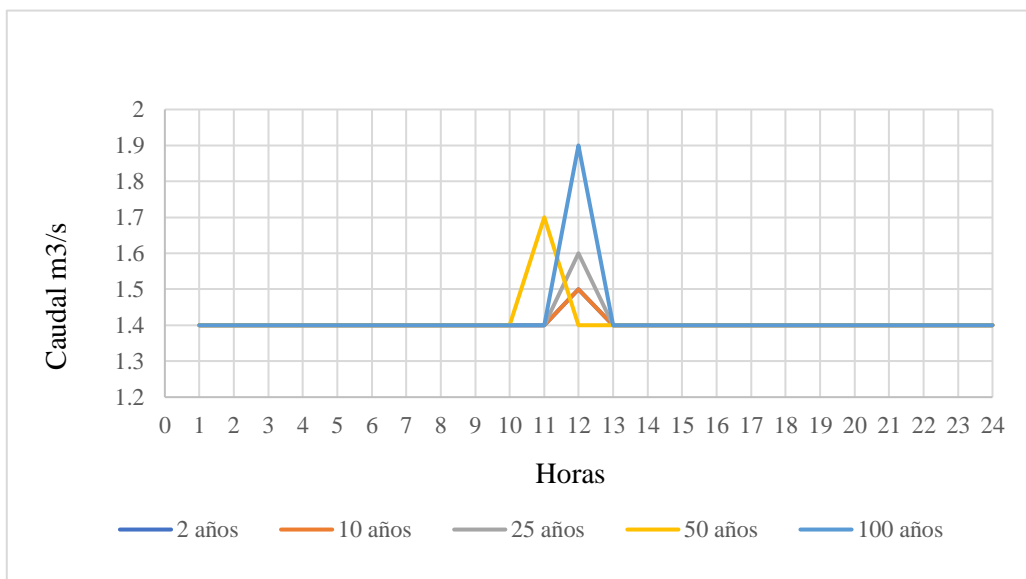
**Figura 6.** Lluvia de proyecto.

La figura 7 presenta la modelación de caudales para una duración de 24 horas en periodos de tiempo de 2 a 100 años, determinándose a las 12:00 horas un caudal máximo de 3.6 m<sup>3</sup>/s para un periodo de tiempo de 100 años.



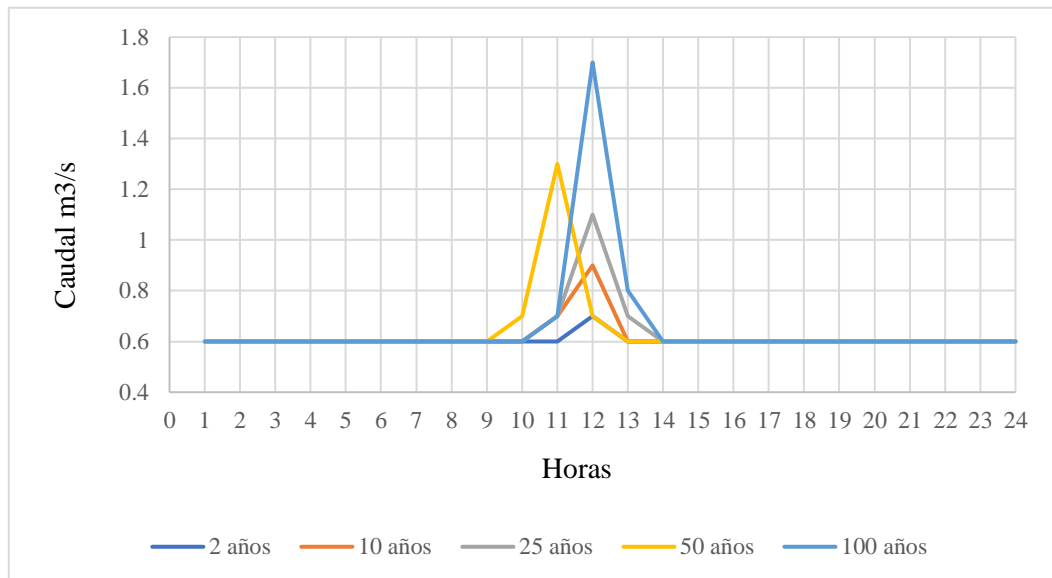
**Figura 7.** Modelamiento Hec-Hms, unión de los afluentes Rivadeneira y Aguas negras.

La figura 8 se presentan los caudales máximos para el afluente Rivadeneira, en periodos de 2 a 100 años, marcándose a las 12:00 horas un caudal máximo de 1.9 m<sup>3</sup>/s en un periodo de 100 años.



**Figura 8.** Modelamiento Hec-Hms, afluente Rivadeneira.

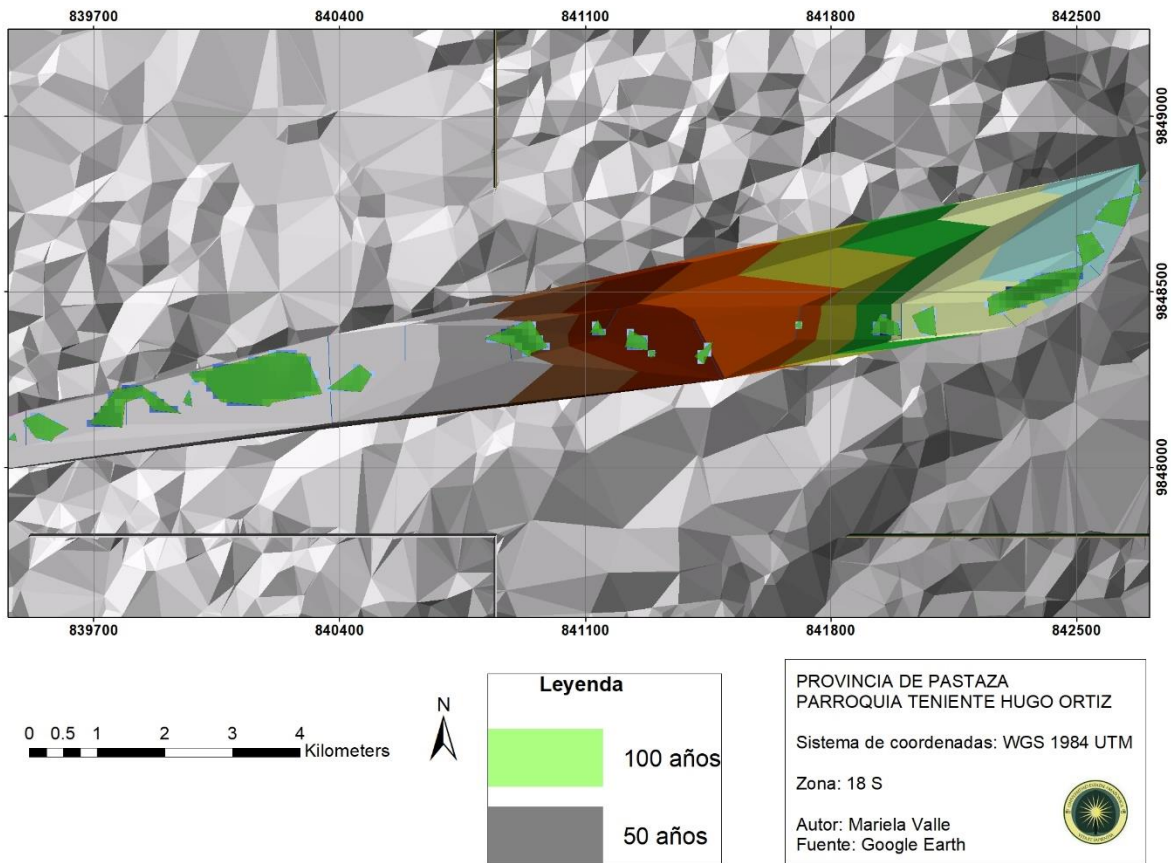
La figura 9 mediante modelación se determinó los caudales máximos para el afluente Aguas negras, en periodos de 2 a 100 años, proyectando un caudal de 1.7 m<sup>3</sup>/s a las 12:00 horas en un periodo de 100 años.



**Figura 9.** Modelamiento Hec-Hms, afluente Aguas negras.

En la figura 10, se logra observar las posibles zonas de inundación proyectadas para un periodo de tiempo de 50 y 100 años; aquellos datos demuestran el riesgo a los que se encuentra propensa la población de la parroquia Teniente Hugo Ortiz; mismos que deben ser analizados y elaborados un plan de contingencia.

#### **4.2. ZONAS DE INUNDACIÓN**



**Figura 10.** Zona de inundación de la parroquia Teniente Hugo Ortiz, con proyección a 50 y 100 años.

En la figura 11, se muestra las zonas inundables, mismas que reflejan un área de inundación de 10.9 ha para un periodo de retorno de 50 años y 11 ha para el de 100 años. Dichas zonas probablemente se considerarían de posibles riesgos a las que poblaciones estarían expuestas aguas abajo, de ser el caso de construir viviendas a riberas del río o hacer uso del mismo para consumo humano; por otra parte, la extensión de la franja agrícola que en ciertas ocasiones también se ve afectada por posibles deslizamientos debido a las altas precipitaciones generadas en la parroquia Teniente Hugo Ortiz.



**Figura 11.** Zona de inundación de la parroquia Teniente Hugo Ortiz.

### **4.3. DISCUSIÓN**

Cartaya & Mantuano (2016), en su trabajo “Identificación en zonas de riesgo de inundación mediante la simulación hidráulica en un segmento del río pescadillo, Manabí, Ecuador” muestran resultados similares al del presente estudio en el que mencionan un caudal de 61.4 m<sup>3</sup>/seg y escala pendiente (0.0025), por lo que según la simulación del flujo la zona con riesgo a desbordamientos esta precisamente donde es más amplia la planicie aluvial; con respecto al caudal del estudio en mención de 3.6 m<sup>3</sup>/s, se observa una diferencia significativa de caudal debido a la geomorfología del area de estudio, características de la cuenca, ancho y profundidad del canal.

En el mismo estudio hace mención a los programas utilizados para la simulación hidráulica el programa HEC-RAS y para levantar la geometría del canal la extensión HEC- GeoRAS, sin embargo, en el presente estudio también se hizo uso de un programa llamado Hec-Hms, el cual permitió obtener los caudales máximos de crecida dando como resultado un mapa de zonas inundables y su interacción con las zonas de interés humano.

Así mismo, Mora & Ochoa (2016), en su aporte “Modelamiento de zonas de inundación por medio de las herramientas Hec-Ras, Geo-Ras y Arcgis, para el sector comprendido

entre los municipios de Corrales- Paz de Río a lo largo del río Chicamocha, en el departamento de Boyacá” hace referencia nuevamente al uso de los sistemas de información geográfica, mismos que han sido útiles en la elaboración de mapas de zonas de inundación. En base a estos autores y demás, se propone crear sistemas de emergencia y alerta temprana de ser el caso, tomando como insumo principal el mapa de Zonas Amenazadas por inundación creado.

Por otro lado, Peñafiel (2016), en su trabajo “Evaluación de la incidencia del carbón vegetal, cal y nutrientes minerales sobre las condiciones físicas del suelo; en una área reforestada con melina (*gmelina* arbórea), en la parroquia Panguintza, cantón Centinela del Cóndor, provincia de Zamora Chinchipe” hace mención al método de doble anillo utilizado en la determinación de la velocidad de infiltración teniendo como resultado una velocidad de infiltración básica promedio de 0,528 cm/h. En relación a la velocidad promedio de infiltración del presente estudio de 97 y 100 mm/h, la diferencia es significativa puesto que el del estudio en mención se considera una capacidad de infiltración alta debido al drenaje excesivo existente en el suelo.

Santillán et., al (2019), en su revista de ciencia digital “Determinación de los caudales máximos ocurridos en la microcuenca del río Pichan, cantón Quito, provincia de Pichincha, usando hec-hms para un tiempo de retorno de 5, 25 y 50 años” generó los hidrogramas para cada tiempo de retorno, siendo un caudal máximo de crecida de 19.2 m<sup>3</sup> /s para un tiempo de retorno de 50 años, en comparación con el del presente estudio de 3.6 m<sup>3</sup>/s para un periodo de tiempo de 100 años; su diferencia de resultados se debe al área de la cuenca, profundidad y ancho del afluente que hacen que varíe el modelamiento de caudales de crecida.

#### **4.4. CONCLUSIONES**

- ✓ A través del uso del modelo Hec-Hms se determinó un caudal máximo de crecida siendo un valor de 3.6 m<sup>3</sup>/s en la unión del afluente Rivadeneira y Aguas Negras para un periodo de tiempo de 100 años de la parroquia Teniente Hugo Ortiz.
- ✓ Las zonas inundables del sector reflejan un área de inundación de 10.9 has para un periodo de retorno de 50 años y 11 has para el de 100 años.
- ✓ De acuerdo a la modelación realizada se determinó que las zonas inundables no afectan a asentamientos poblacionales aguas abajo, por lo que se considera a la parroquia Teniente Hugo Ortiz una zona de amenaza baja en el riesgo de inundación.

#### **4.5. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda seguir generando estudios en esta zona, ya que el terreno podría ser modificado gracias a la gestión social que se está llevando a cabo por parte de los habitantes del sector.
- Se debe contar o tener a disposición el material adecuado para el levantamiento de información primaria, de lo contrario el proceso se hace complejo y los datos obtenidos pueden llegar a tener un margen de error alto.
- Como recomendación final se incentiva a seguir realizando escenarios de inundación en varias zonas del Ecuador en donde se puedan obtener mínimo las variables utilizadas en este trabajo.



#### 4.6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aristizábal, E., & Arango, M. (2019). Definición y clasificación de las avenidas torrenciales. *Revista Colombiana de Geografía*, 242-258. <file:///C:/Users/Mariela/Downloads/Dialnet-DefinicionYClasificacionDeLasAvenidasTorrencialesY-7218207.pdf>
- Ayabaca, E. (2001). Gestión de riesgos y prevención de desastres. Quito, Ecuador. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/49578.pdf>
- Barrientes, R. (2006). Cuencas hidrográficas, descentralización y desarrollo. *Revista de las redes Regionales*, 113-125. <https://www.redalyc.org/pdf/666/66612867008.pdf>
- Buenaño, D. (2013). Diagnóstico de vulnerabilidades y capacidades sociales en las familias que habitan en el sector Nueva Prosperina. Guayaquil, Guayas, Ecuador. <http://dspace.casagrande.edu.ec:8080/bitstream/ucasagrande/175/1/Tesis558BUed.pdf>
- Cárdenas, K. (2018). Análisis general de la gestión del riesgo por inundación en Colombia. Medellín, Colombia. [file:///C:/Users/Mariela/Downloads/335841-Texto%20del%20art\\_culo-159724-1-10-20181011.pdf](file:///C:/Users/Mariela/Downloads/335841-Texto%20del%20art_culo-159724-1-10-20181011.pdf)
- Cartaya, S., & Mantuano, R. (2016). Identificación de zonas de riesgo en inundación mediante la simulación hidráulica en un segmento del río Pescadillo. Manabí, Ecuador.
- Días, A., & Mercado, T. (2017). Determinación del número de curva en la subcuenca de Betancí. *Ingeniería y Desarrollo*, 35(2). <http://www.scielo.org.co/pdf/inde/v35n2/2145-9371-inde-35-02-00452.pdf>
- Díaz, V. (2019). <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/32086/DiazGarnicaVivianaCarolina2019.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Dualiby, Y., & Castro, E. (2006). Colombia. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tecges/article/view/4333/6062>

- Erazo, E. (2019). Uso de algoritmo de inteligencia artificial para desarrollar una metodología para medir la textura de los suelos. Riobamba, Ecuador. <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/5710/1/UNACH-EC-ING-AMBT-2019-0013.pdf>
- GADPTHO. (2020). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. Pastaza, Ecuador. <https://docplayer.es/61476483-Plan-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial-de-la-parroquia-rural-teniente-hugo-ortiz.html>
- Garzón, G., Ortega, J., & Garrote, J. (2009). Las avenidas torrenciales en cauces emíferos. *Enseñanza de las ciencias de la Tierra*, 264-267. <file:///C:/Users/Mariela/Downloads/199929-Text%20de%20l'article-267497-1-10-20100910.pdf>
- Gómez, G., Cerrón, R., Capcha, T., & Orihuela, C. (2014). Evaluación de la tasa de infiltración en tierras agrícolas, forestales y de pastoreo. <file:///C:/Users/Mariela/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeLaTasaDeInfiltracionEnTierrasAgricolas-5042935.pdf>
- González, K., & Paz, Y. (2020). Comparación de tres técnicas de análisis para la determinación de materia orgánica. Nicaragua, Managua. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp33g643.pdf>
- Guachamin. (2019). Curvas de intensidad, duracion y frecuencia .
- Guachamin, W., Garcia, F., Arteaga, M., & Jorge, C. (2019). Determinacion de ecuaciones para el calculo de intensidades maximas. Quito, Ecuador.
- Guamán, G. (2012). Aplicación de SIG para el manejo de riesgos naturales en el área urbana de la ciudad de Loja. Loja, Ecuador. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1997/1/104402.pdf>
- Guamushig, D. (2018). Persepción social del riesgo frente a inundaciones en el cantón Santa Cruz. Galápagos, Ecuador. <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14436/PERCEPCI%C3%93N%20SOCIAL%20DEL%20RIESGO%20FRENTE%20A%20INUNDACIONES%20EN%20EL%20CANT%20SANTA%20CRUZ%20PROVINCIA%20DE%20GAL%20PAGO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Gutiérrez, A. (2010). La densidad aparente en los suelos forestales del parque natural los Alcornocales. Sevilla.  
<https://digital.csic.es/bitstream/10261/57951/1/La%20densidad%20aparente%20en%20suelos%20forestales%20.pdf>
- Lasso, A., & Grefa, M. (2017). Evaluacion de la calidad del suelo bajo distintos usos de la tierra mediante parámetros ambientales. Puyo, Pastaza, Ecuador.
- Lucas, G. (2018). Analisis del riesgo por inundación en la localidad del Roblecito. Guayaquil, Guayas, Ecuador.  
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/29502/1/TESIS-GIUSEPPE%20LUCAS%20VERA.pdf>
- Márquez, K. (2020). Plan comunitario de gestión de riesgos a inundaciones en el barrio 8 de enero. Manabí, Ecuador.  
<http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2644/1/Proyecto%20de%20Titulacion%20Final%20KEVIN%20M%C3%81RQUEZ%20PDF.pdf>
- Mora, W., & Ochoa, R. (2016). Modelamiento de de zonas de inundación por medio de las herramientas Hec-Ras, Geo-Ras y ArcGis. Colombia.
- Páez, J., & Cortés, D. (2020). Fundamentos básicos para la evaluación del riesgo. Bogotá, Colombia. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/book/article/view/5044/4859>
- Pastora, D. (2010). Evaluación de la fórmula de manning. Guatemala.  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0398\\_MT.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0398_MT.pdf)
- Peñañiel, P. (2016). Evaluacion de la indidencia del carbon vegetal . Loja, Ecuador.  
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17756/1/PABLO%20ANDR%C3%89S%20PE%20AFIEL%20JUMBO.pdf>
- Puerres, J. (2016). Identificación de zonas vulnerables a riesgos de inundación, erosión y deslizamientos en el cantón San Miguel. Ibarra, Imbabura, Ecuador.  
<file:///C:/Users/Mariela/Downloads/PG%20483%20TESIS.pdf>
- Radulovich, R. (2009). Método gravimétrico para determinar in situ la humedad volumétrica del suelo. *Agronomía Costarricense*, 33(1), 121-124.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43612054010>

- Santillán , L., Heredia, M., Brito, M., & Salazar, S. (2019). Determinación de los caudales máximos ocurridos en la microcuenca del río Pichan cantón Quito, usando Hec- Hms para un tiempo de retorno de 5, 25 y 50 años. Quito, Pichincha, Ecuador. file:///C:/Users/Mariela/Downloads/514-Texto%20del%20art%C3%ADculo-2259-3-10-20190609.pdf
- Vargas, G. (2017). Riesgo físico frente a inundaciones fluviales y pluviales en la cabecera parroquial Rocafuerte. Ecuador. <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14441/RIESGO%20F%C3%8DSICO%20FRENTE%20A%20INUNDACIONES%20FLUVIALES%20Y%20PLUVIALES%20EN%20LA%20CABECERA%20PARROQUIAL%20ROCAFUERTE%20DE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vera, E., & Valderrama, M. (2020). Análisis de metodologías para la evaluación del riesgo por avenidas torrenciales aplicadas. Bogotá, Colombia. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/33612/mlvalderramac.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## 4.7. ANEXOS:

### Anexo 1. Selección puntos de muestreo.



### Anexo 2. Medición y registro de lecturas de infiltración.



### Anexo 3. Excavación de la calicata y medición de horizontes.





**Anexo 4.** Secado de muestras, previo al análisis de laboratorio.



**Anexo 5.** Peso de cilindros y colocación en la estufa.



**Anexo 6.** Solución de calgón 5% dispersante para la determinación de textura.



**Anexo 7.** Uso del hidrómetro para medición de textura.





Anexo 8. Determinación de textura por cada punto de muestreo.

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA													
LABORATORIO DE SUELOS													
DETERMINACIÓN DE TEXTURA													
FECHA	No. MUESTRA	PESO	CÓDIGO	TEMPERATURA °C	LECTURAS				PORCENTAJE			CLASE TEXTURAL	FIRMA RESPONSABLE
					SIN CORREGIR		CORREGIDA		ARENA	LIMO	ARCILLA		
					1 <sup>RA</sup>	2 <sup>DA</sup>	1 <sup>RA</sup>	2 <sup>DA</sup>					
22/01/2022	Blanco			23.2	24	24	7		37	28	35	Franco arenoso	
	3393			23.3	24	32	23		37	31	32	"	"
	3392			23.3	24	32	20		39	29	32	"	"
	3391			24.5	24	33	20		34	28	38	"	"
	3390			24	24	33	22		34	36	30	"	"
	3389			24.5	24	33	19		39	29	32	"	"
	3388			24	24	31	20		39	26	35	"	"
	3387			24	24	31	22		29	31	40	Arcilla	
	3386			24	24	33	23		39	31	30	Franco arcilloso	
	3385			24.5	24	31	19		47	28	25	Franco	
	3384			24	24	28	12		31	27	42	Arcilla	
	3383			23	24	34	24		39	39	22	Franco	

Elaborado por: Ing. Daysi Changoluisa V.  
 Revisado por: Q. F. Andrea Tazuy  
 Aprobado por: