



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

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

**MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**USO DEL ÍNDICE TOPOGRÁFICO DE HUMEDAD (ITH) PARA  
EL DIAGNÓSTICO DE LA AMENAZA POR DESBORDE FLUVIAL,  
SUBCUENCA DEL RÍO CHONE**

**AUTOR:**

**JEAN KATHERINE RODRÍGUEZ CAMPOS**

**TUTOR:**

**ING. JOFFRE ANDRADE CANDELL**

**CALCETA, OCTUBRE DEL 2023**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo **RODRÍGUEZ CAMPOS JEAN KATHERINE**, con cédula de ciudadanía **1350240790**, declaro bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **USO DEL ÍNDICE TOPOGRÁFICO DE HUMEDAD (ITH) PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA AMENAZA POR DESBORDE FLUVIAL, SUBCUENCA DEL RÍO CHONE** es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedo a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a mi favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



---

**JEAN K. RODRÍGUEZ CAMPOS**  
**CC: 1350240790**

## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

**RODRÍGUEZ CAMPOS JEAN KATHERINE**, con cédula de ciudadanía **1350240790**, autorizo a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: **USO DEL ÍNDICE TOPOGRÁFICO DE HUMEDAD (ITH) PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA AMENAZA POR DESBORDE FLUVIAL, SUBCUENCA DEL RÍO CHONE**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.



---

**JEAN K. RODRÍGUEZ CAMPOS**  
**CC: 1350240790**

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

**JOFFRE ANDRADE CANDELL**, certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **USO DEL ÍNDICE TOPOGRÁFICO DE HUMEDAD (ITH) PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA AMENAZA POR DESBORDE FLUVIAL, SUBCUENCA DEL RÍO CHONE**, que ha sido desarrollado por **RODRIGUEZ CAMPOS JEAN KATHERINE** previo a la obtención del título de **INGENIERO AMBIENTAL**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

**ING. JOFFRE ANDRADE CANDELL, M. Sc.**

**CC: 131651390**

**TUTOR**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado: **USO DEL ÍNDICE TOPOGRÁFICO DE HUMEDAD (ITH) PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA AMENAZA POR DESBORDE FLUVIAL, SUBCUENCA DEL RÍO CHONE**, que ha sido desarrollado por **RODRÍGUEZ CAMPOS JEAN KATHERINE**, previo a la obtención del título de **INGENIERO AMBIENTAL**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

**Mg. FABRICIO ENRIQUE ALCIVAR  
INTRIAGO**

**CC:1308632262**

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

**Mg. MARCOS JAVIER VERA VERA**

**CC: 1313674481**

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

**Mg. EVER DARÍO MORALES AVENDAÑO , PhD**

**CC: 0959966342**

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco al universo y a Dios por darme la fortuna de oportunidades...

A mis padres Luis y Karina por tener la valentía a sus 16 años de traerme a este increíble y loco mundo.

A mi héroe, mi papi, que me apoyo desde el día uno en este trayecto, me cultivo con valores maravillosos y aunque no todo es lineal siempre ha creído en mí.

A mi mami por convencer siempre a mis papitos

A mis abuelos maternos papito Ayo y mamita Gultma, por ser mis segundos padres y siempre apoyarme cuando los he necesitado, a mis abuelos paternos Tulita y Calvo, por ser consejeros, confidentes y profesores de mi vida.

A Marce, mi novio que ha sido un pilar fundamental en este año de mi vida, gracias por no dejarme rendir en ningún momento, a Don Marcelo y la Sra Ceci, a quienes quiero con mi corazón, gracias por tanto amor, apoyo y hacerme sentir parte de su hogar.

A mis hermanos, Juan y Luchi por ser mi inspiración y dejarme ser su ejemplo, a Cinthya por haber sido una amiga y estar cuando la necesite.

A mis mejores amigas Andrea y Merly por ser como mi familia.

A mi tutor el Ing. Joffre, por aguantar cada momento de mi intensidad, creer en mí cuando más necesité una guía académica y compartir sus conocimientos conmigo, al Ing. Fabian, por ser transparente y ayudar a direccionar esta nueva tesis y abogar por mí.

A mi universidad y los docentes que pasaron por mi carrera universitaria, a mi tribunal por el tiempo y paciencia. Gracias a cada uno.

**JEAN KATHERINE RODRÍGUEZ CAMPOS**

## **DEDICATORIA**

A dos jóvenes de 16 y 17 años que dejaron a un lado sus sueños por empezar a construir los de alguien más, lo lograron...

Y a mi primer angelito en el cielo, también va para ti papito

**JEAN KATHERINE  
RODRÍGUEZ CAMPOS**

## CONTENIDO GENERAL

<b>DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....</b>	<b>ii</b>
<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN .....</b>	<b>iii</b>
<b>CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....</b>	<b>iv</b>
<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL .....</b>	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>vi</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>vii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xii</b>
<b>PALABRAS CLAVE .....</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xiii</b>
<b>KEY WORDS .....</b>	<b>xiii</b>
<b>CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....</b>	<b>2</b>
1.1.    PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	2
1.2.    JUSTIFICACIÓN .....	4
1.3.    OBJETIVO GENERAL .....	5
1.3.1.  OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
1.4.    HIPÓTESIS, PREMISAS Y/O IDEAS A DEFENDER.....	5
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
2.1.  RIESGO POR DESASTRE .....	6
2.2.  VULNERABILIDAD .....	6
2.3.  AMENAZA .....	7
2.4.  INUNDACIÓN.....	7
2.4.2.  FACTORES QUE CONTRIBUYEN A INUNDACIONES.....	9
2.5.  INUNDACIÓN EN ECUADOR.....	11
2.6.  CUENCA .....	12
2.6.1.  CUENCA HIDROGRÁFICA DEL CHONE.....	12
2.9.  MEDIDAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE INUNDACIÓN .....	14
2.9.1.  MEDIDAS ESTRUCTURALES.....	14
2.9.2.  MEDIDAS NO ESTRUCTURALES .....	15
2.10.  ÍNDICE TOPOGRÁFICO DE HUMEDAD (ITH).....	15
2.11.  PENDIENTE.....	17
2.12.  CELDA ACUMULANTES DRENANTE .....	18

2.13. INVESTIGACIONES EN DONDE SE HA USADO EL ITH .....	19
2.14. IMPORTANCIA DEL DIAGNÓSTICO DE LA AMENAZA POR DESBORDE FLUVIAL EN EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL.....	20
<b>CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO.....</b>	<b>21</b>
3.1. UBICACIÓN .....	21
3.2. DURACIÓN .....	21
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	21
3.3.1 MÉTODOS.....	21
3.3.2. TÉCNICAS.....	22
3.4. VARIABLES EN ESTUDIO .....	23
3.4.1. VARIABLE DEPENDIENTE .....	23
3.4.2 VARIABLE INDEPENDIENTE .....	23
3.5. PROCEDIMIENTO.....	23
3.5.1. FASE I. GENERACIÓN DEL ITH DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CHONE PARA DETERMINAR LAS ZONAS MAS HÚMEDAS DEL ÁREA.....	23
2. 3.5.2. FASE II. CALCULAR EL RIESGO DE INUNDACIÓN A PARTIR DEL ITH ....	27
3. 3.5.2. FASE III. ELABORACIÓN DE UN PLAN DE GESTIÓN PARA INUNDACIONES EN LA SUB CUENCA DEL RÍO CHONE .....	28
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>29</b>
3.5.1. FASE I. GENERACIÓN DEL ITH DE LA SUB CUENCA DEL RÍO CHONE PARA DETERMINAR LAS ZONAS MÁS HÚMEDAS DEL ÁREA.....	29
3.5.2. FASE II. CALCULAR EL RIESGO DE INUNDACIÓN A PARTIR DEL ITH .....	38
3.5.2. FASE III. ELABORACIÓN DE UN PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL PARA EL RIESGO DE INUNDACIONES ACTUALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO .....	44
PLAN DE GESTIÓN PARA INUNDACIONES EN LA SUB CUENCA DEL RÍO CHONE .....	44
1. INTRODUCCIÓN .....	44
<b>2. OBJETIVO Y ÁMBITO.....</b>	<b>44</b>
<b>3. MEDIDAS DE ACTUACIÓN .....</b>	<b>45</b>
<b>4. ESTRUCTURA, ORGANIZACIÓN Y FUNCIONES .....</b>	<b>46</b>
<b>FUNCIONES .....</b>	<b>48</b>
<b>5. PLANES DE ACTUACIÓN DE AMBITO LOCAL .....</b>	<b>48</b>
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>50</b>
5.1. CONCLUSIONES.....	50
5.2. RECOMENDACIONES .....	50

<b>ANEXOS .....</b>	<b>61</b>
---------------------	-----------

## **CONTENIDO DE TABLAS, FIGURAS Y FÓRMULAS**

### **TABLAS**

Tabla 2.1. Factores que influyen en las inundaciones.....	22
Tabla 2.2. Rango del ith.....	30
Tabla 2.3. Rango de clasificación de la pendiente.....	31
Tabla 3.1. Nivel de vulnerabilidad de la amenaza de inundación.....	41
Tabla 3.2. Grado de amenaza de inundación.....	41
Tabla 4.1. Rango y nivel de amenaza.....	55
Tabla 4.2. Áreas y nivel de riesgo.....	57

### **FIGURAS**

Figura 2.1. Representación de CDA.....	33
Figura 3.1. Área de estudio. Fuente Argis (2022).....	35
Figura 4.1. Capa de Modelo de Elevación Digital (MED).....	43
Figura 4.2. Capa de sumideros del MED.....	44
Figura 4.3. Capa de direcciones de drenaje (DD).....	45
Figura 4.4. Capa de celdas drenantes (CDA).....	46
Figura 4.5. Capa de pendiente del terreno (PEN).....	47
Figura 4.6. Capa índice topográfico de Beven (ITB).....	48
Figura 4.7. Recorte del área.....	49
Figura 4.8. Vectorial de la cuenca (obtenida con el ráster).....	50
Figura 4.9. Recorte de la capa CDA con la calculadora de QGIS.....	50
Figura 4.10. Recorte de la capa DD.....	51
Figura 4.11. Recorte de la capa ITH.....	51

Figura 4.12. Capa vectorial de la red de drenaje.....	52
Figura 4.13. Capa de red de drenaje.....	53
Figura 4.14. Capa de cauce principal.....	54
Figura 4.15. Capa vectorial de los barrios de Chone.....	55
Figura 4.16. Capa de reclasificación del ITH.....	56
Figura 4.17. Histograma del nivel de riesgo.....	57

## **ECUACIONES**

Ecuación 2.1. Índice topográfico de humedad.....	30
Ecuación 2.2. Acumulación de flujo.....	30
Ecuación 2.3. Pendiente en radianes.....	30

## **RESUMEN**

A lo largo de la historia, las inundaciones han sido desastres naturales gravemente perjudiciales para la sociedad, las zonas de Sudamérica son las que poseen un peligro de inundación considerable, donde también existen carencias de modelos de predicciones hídricos. Esta investigación tuvo por objetivo evaluar la incidencia del uso del índice topográfico de humedad (ITH) en el diagnóstico de la amenaza por desborde fluvial en el casco urbano de la ciudad de Chone, para este fin se utilizaron sistemas de información geográfica SIG que fueron procesados mediante el software QGIS utilizando la base de datos local como información de partida. Los resultados mostraron las condiciones morfométricas del terreno, así como su red drenaje y su pendiente, también se demostró que 70 km<sup>2</sup> de la subcuenca del río Chone se sitúan en un nivel de riesgo de inundación alto y muy alto, siendo la zona urbana correspondiente a la ciudad de Chone una de las que mayor ITH presenta, de esta forma se realizó un plan de gestión para el control de inundaciones en la subcuenca del río Chone con medidas de prevención y mitigación a través de acciones que tiene como iniciativa ser propuestas a autoridades y ciudadanía en general.

## **PALABRAS CLAVE**

riesgo de inundación, morfometría, reclasificación

## **ABSTRACT**

Throughout history, floods have been natural disasters that are seriously detrimental to society. The areas of South America are those that have a considerable danger of flooding, where there are also deficiencies in water prediction models. This research aimed to evaluate the incidence of the use of the topographic humidity index (THI) in the diagnosis of the threat of river overflow in the urban area in Chone city. For this purpose, GIS geographic information systems were used that were processed through the QGIS software using the local database as starting information. The results showed the morphometric conditions of the land, as well as its drainage network and its slope, it was also demonstrated that 70 km<sup>2</sup> of the Chone River sub-basin are located at a high and very high flood risk level, the urban area corresponding to Chone city is one of the cities with the highest ITH, in this way a management plan was carried out to control floods in the sub-basin of the Chone River with prevention and mitigation measures through actions that have the initiative to be proposed to authorities and citizenship in general.

## **KEY WORDS**

Flood risk, morphometry, reclassification.

# **CAPÍTULO I. ANTECEDENTES**

## **1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

A lo largo de la historia, las inundaciones han sido desastres naturales gravemente perjudiciales a los que la sociedad se ha enfrentado desde la antigüedad (Lucas, 2018). La mayoría de las civilizaciones se han desarrollado asentándose en zonas probabilísticamente inundables, ya que estar cerca de un río les daba altas ventajas (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino [MARM], 2011).

A nivel global entre el 2019 y 2020, las inundaciones formaron el 44 % de las causas de catástrofes, afectando a 1600 millones de personas e incrementado en un 134% en comparación con las dos décadas anteriores (Cartaya & Montuano, 2016). Por su parte, en el 2020 hubo un 23% más de inundaciones y un 18% más muertes por este fenómeno que el promedio anual (promedio anual 163 eventos al año y 5233 muertes) (Organización Meteorológica Mundial, 2021).

Conforme a Alonso (2021), las zonas de Sudamérica son las que poseen un peligro de inundación considerable, en especial las ubicadas en el tramo urbano durante el Fenómeno El Niño (FEN), el mismo que el año 2017 provocó el desborde de ríos que originó pérdidas económicas, viviendas inhabitables y negocios temporalmente inactivos.

En lo que respecta a Ecuador, las inundaciones son uno de los eventos naturales más comunes y también de los que más daños causan especialmente en sectores con niveles altos de pobreza (Lucas, 2018). En este sentido, la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR, 2016), en su base de datos, indica que desde 2010 hasta 2016 se registraron 2002 inundaciones en todo el territorio ecuatoriano, que dejaron como saldo 22 decesos, 7239 damnificados, 756 viviendas destruidas y 11333.77 hectáreas de cultivos perdidas; además, resultaron afectados 191205 personas, 28035 viviendas, 329 centros educativos y 14678.79 hectáreas de cultivos.

Díaz (2019) sustenta que existen diferentes razones por la cuales las inundaciones pueden ser tan altas y dañinas, pero la principal consiste en la carencia de modelos hidráulicos e hidrológicos enfocados en predicciones, a su vez, la falta de determinación de las características físicas de las cuencas hidrológicas, las áreas propensas a inundaciones y el grado de amenaza que estas presentan.

En relación a lo anterior, Hermenejildo (2015) indica que la ausencia de estos modelos genera que exista desconocimiento por parte de las autoridades encargadas y la población en general, influyendo en el tema de la ubicación de las viviendas, infraestructura y servicios básicos en zonas de riesgo, lo que incrementa las pérdidas en proyectos de construcción, a su vez, aumenta el porcentaje de nivel de damnificados y los casos vulnerables en épocas de intensas precipitaciones y fenómenos meteorológicos.

Arteaga (2017) plantea que en el país muy poco se ha trabajado en la prevención de inundaciones con medidas no estructurales, los avances se han realizado mediante medidas estructurales, en donde se ha contemplado la construcción de obras hidráulicas de control de inundaciones, bypass, muros de protección y canales de drenaje, sin embargo, se requiere que estas vayan acompañadas de medidas que no requieran construcción física como el uso del Índice Topográfico de Humedad (ITH), con el objetivo de complementar la protección ante inundaciones.

Lo expuesto también ocurre en Manabí, en donde en los últimos años las lluvias han sido constantes, en abril del 2017 más de 1500 viviendas fueron afectadas por las inundaciones y deslaves en los cantones Portoviejo, Rocafuerte y Chone, por lo que alrededor de 500 personas fueron evacuadas (El Comercio, 2017), destacándose el río Portoviejo, como uno de los factores que puso en riesgo a diferentes comunidades, al igual que en el Cantón Chone que se encuentra en zonas geográficamente bajas y propicias a inundaciones en el invierno (Santana y Lima, 2021).

En relación a lo anterior y a la ausencia tanto de medidas estructurales como no estructurales en el cantón, se hace necesario un diagnóstico de la amenaza por desborde fluvial en la subcuenca del Río Chone.

Es por esto que se plantea la siguiente interrogante:

¿Cómo incide el uso del índice topográfico de humedad ITH en el diagnóstico de la amenaza por desborde fluvial, Chone, provincia de Manabí?

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

En la actualidad la problemática relacionada a las inundaciones es grande, es por esto, que es sumamente importante la simulación hidráulica mediante el uso de medidas que permitan determinar la amenaza por desborde fluvial de las cuencas (Cartaya y Montuano, 2016), siendo elementos fundamentales en la planificación territorial, principalmente por su capacidad de integrar, analizar y gestionar la información espacial, con el objetivo de delimitar diversas áreas y darles su utilización pertinente (Gomez & Jaramillo, 2020).

En base a lo anterior, la presente investigación busca evaluar la incidencia del uso del índice topográfico de humedad en el diagnóstico de la amenaza por desborde fluvial en la subcuenca hidrográfica del Chone, con el propósito de minimizar el daño resultante de las inundaciones, desde el punto de vista tanto social, como ambiental y económico.

Es importante mencionar que la presente investigación se ajusta a lo planteado en la Constitución de la República del Ecuador (2008), específicamente en su art.14 en el cual se “Reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir y declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad”. Asimismo, dentro del capítulo relacionado con los derechos de la naturaleza, art. 71 “El Estado incentivará a las personas naturales, jurídicas y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema”.

Además, se fundamenta en el Art. 411 donde se manifiesta que “El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua”.

### **1.3. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la incidencia del uso del índice topográfico de humedad en el diagnóstico de la amenaza por desborde fluvial en el casco urbano de la ciudad de Chone para el apoyo a un adecuado ordenamiento territorial.

#### **1.3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Generar el ITH en la subcuenca del río Chone para determinar las zonas más húmedas en el área de estudio.
- Calcular el riesgo de inundación a partir del ITH.
- Elaborar un plan de gestión para inundaciones en la subcuenca del río Chone.

### **1.4. HIPÓTESIS, PREMISAS Y/O IDEAS A DEFENDER**

El uso del ITH permite el diagnóstico de la amenaza por desborde fluvial en el casco urbano de la ciudad de Chone de forma apropiada

## **CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO**

### **2.1. RIESGO POR DESASTRE**

Novillo et al. (2018) manifiestan que el riesgo por desastre es la probabilidad de que se generen interrupciones en la labor de un lugar y de que se produzca un alto número de muertes, así mismo, pérdidas materiales, económicas y ambiental, las mismas que sobrepasan la capacidad del lugar afectado para enfrentar la situación a través de la utilización de sus mismos recursos.

En relación a lo anterior, se puede destacar que la evaluación de riesgos es necesaria, por la razón de que esta es un instrumento que hace posible estimar de forma cuantitativa los daños que pueden producir las inundaciones, a su vez, permite diseñar planes coherentes con la realidad (Arriola et al., 2022). Aunque se considera que la pérdida de vidas y las lesiones son consecuencias importantes de las inundaciones, existe un número limitado de métodos disponibles para estimar estos daños (Cerna, Chávez y Florida, 2021).

Hernández (2022) sostiene que entre los aspectos que conforman el riesgo de desastre se destacan la vulnerabilidad y la amenaza, las mismas que son generadas en base a problemas sociales e inadecuadas planificaciones territoriales, vale mencionar que estos aspectos se encuentran relacionados entre sí, en otras palabras, no hay amenaza si no concurre la vulnerabilidad y no hay vulnerabilidad si no existe amenaza.

### **2.2. VULNERABILIDAD**

La vulnerabilidad puede entenderse como un concepto multidimensional, debido a que abarca una variedad de definiciones que incluyen condiciones determinadas por factores o procesos ambientales, sociales, físicos y económicos que aumentan la susceptibilidad de una población (Apraes y Arévalos, 2022). Aunque a nivel general, Nova, Ordoñez y Aguilar (2020), mencionan que la misma se refiere a la propensión o grado de susceptibilidad de recibir daño por parte de una persona o comunidad, dada la ocurrencia de un fenómeno natural o antrópico con potencial destructivo.

Por otra parte, Giraldo y Anchundia (2021) la define como un factor de riesgo interno de un elemento o grupo de elementos expuestos a una amenaza y corresponde a la predisposición o susceptibilidad que tiene una persona o comunidad para ser afectada o sufrir efectos adversos en caso de que se manifieste un fenómeno peligroso de origen natural, socio natural o antropogénico.

### **2.3. AMENAZA**

La amenaza o también llamada peligro hace referencia a un conjunto de eventos que pueden generar la muerte de seres humanos, pérdida de objetos, sembríos, infraestructura y demás (Hernández, 2022). Forma parte de los riesgos físicos externos y se presenta como la probabilidad de que un fenómeno se genere con cierta intensidad en un lugar en específico y con un transcurso de tiempo establecido (Giraldo y Anchundia, 2021).

Es importante mencionar que la amenaza puede estar clasificada de la siguiente manera (Hernández, 2022):

**Natural:** es propia de la naturaleza ya sea meteorológica, geotectónica o biológica (Hernández, 2022). Así mismo, Peña (2021) la cataloga como un fenómeno que puede producir muertes, accidentes u otros problemas a la salud, se destaca también por generar pérdidas económicas, dificultades al acceso de servicios básicos y daños al entorno ambiental.

**Socio-Natural:** este tipo de amenaza se crea cuando la población humana interviene en el ambiente natural, generando condiciones físicas negativas (Hernández, 2022).

**Antrópico Tecnológica y antrópico contaminante:** se refiere a las actividades humanas que implican la producción, manejo y transporte de sustancias y materiales peligrosos (Hernández, 2022).

### **2.4. INUNDACIÓN**

Durante estos últimos años, los desastres naturales han venido ocasionando muchos daños y la acción del cambio climático ha provocado una amplia

periodicidad de eventos (Arriola et al., 2022). Dentro de estos eventos se destacan las inundaciones, las mismas que son los desastres más frecuentes a nivel mundial (Cerna, Chávez y Florida, 2021) causados por las precipitaciones que provocan rupturas o desbordamientos de los cauces de los ríos, quebradas y arroyos (Pacheco et al., 2021), constituyendo una amenaza de alto impacto (Osés y Foudi, 2020) debido a sus características espaciales y temporales (Flores y Álvarez, 2022).

Se producen principalmente por la ocurrencia de lluvias intensas y pueden llevar a pérdidas de vidas e importantes daños materiales (Alcocer et al., 2019), por lo que, se debe tratar de evitar o reducir los daños ocasionados por las mismas mediante medidas, entre aquellas medidas se pueden destacar las estructurales (obras de infraestructura) y no estructurales (no actúan sobre la avenida en sí) (Osés y Foudi, 2020).

#### **2.4.1. TIPO DE INUNDACIÓN**

Conforme a Peña (2021), las inundaciones se pueden clasificar de la siguiente manera:

**Inundaciones dinámicas o rápidas:** son aquellas que se producen en ríos debido a fuertes lluvias, sus crecidas son imprevistas y de corta permanencia, no obstante, generan grandes daños en la sociedad (Peña, 2021).

**Inundaciones estáticas o lentas:** se originan cuando se presentan precipitaciones de larga duración y generalizadas, las mismas que generan un aumento lento del caudal del río hasta sobrepasar su capacidad hidráulica, teniendo como resultado un desborde del río y causando inundación de áreas planas cercanas al río, conocidas como llanuras de inundación (Peña, 2021). En relación a lo anterior, Hernández (2022) señala que este tipo de inundación se presenta en zonas bajas, pese a que no es causante de pérdidas humanas sí se destaca por producir grandes pérdidas económicas, tanto en la zona rural como urbana.

**Inundaciones pluviales:** son las que se producen por la acumulación de agua de lluvia en un determinado lugar o área geográfica sin que este fenómeno

coincida necesariamente con el desbordamiento de un cauce fluvial (Peña, 2021), son resultado de la precipitación y se mantienen por varias horas o días (Hernández, 2022).

Este tipo de inundación se caracteriza porque el agua acumulada ha sido precipitada sobre esa zona, más no es el resultado de agua que viene de otra parte. Generalmente, estas precipitaciones son producidas por varios fenómenos hidrometeorológicos, entre los cuales se destacan los ciclones tropicales, las lluvias orográficas o convectivas, entre otros (Hernández, 2022).

**Inundaciones fluviales:** son las causadas por el desbordamiento de los ríos y los arroyos, es atribuida al aumento brusco del volumen de agua más allá de lo que un lecho o cauce es capaz de transportar sin desbordarse (Peña, 2011). Por otra parte, Burgos, Cartaya y Mero (2019) enfatizan que las inundaciones fluviales son fenómenos hidrológicos que se producen periódicamente y forman parte de la geodinámica natural del planeta (valles fluviales, llanuras aluviales, planicies de inundación y vegas).

Rojas et al. (2014) argumentan que este tipo de inundación representa peligro cuando el hombre ocupa zonas inundables, transformando el fenómeno en una amenaza para los asentamientos humanos. Los autores también indican que al materializarse la amenaza.

#### 2.4.2. FACTORES QUE CONTRIBUYEN A INUNDACIONES

Los efectos de las inundaciones se ven agravados por algunos factores, entre ellos, Alcocer et al. (2019) y Fernández (2022) destacan los siguientes.

**Tabla 2.1.** Factores que influyen en las inundaciones.

Factores meteorológicos	Factores hidrológicos	Factores humanos
Lluvias	Humedad y saturación del suelo	Modificación en el uso del suelo (deforestación, impermeabilización de tierras para urbanizar) incrementan el escurrimiento.

Tormentas ciclónicas	Lámina de agua antes de las tormentas	Ocupación de llanuras de inundación, impidiendo el flujo.
Tormentas a pequeña escala	Disminución tasa de infiltración natural	Ineficiencia o falta de mantenimiento de infraestructura.
Nevadas y derretimiento de nieve.	Presencia de superficies impermeables	El sistema de drenaje aguas arriba está mal diseñado, lo que aumenta el caudal máximo.
	Disminución o afectación natural de cauces de quebradas y ríos	Cambio climático natural acelerado antropogénicamente que afecta la intensidad y frecuencias de las lluvias e inundaciones.
	Sección y rugosidad de canales	Planificación inadecuada
	Inadecuada capacidad de embalses o estructuras naturales de retención de caudales.	POTs mal diseñados
		Estructuras de retención de flujos deficientes
		Uso inadecuado de parámetros en los diseños de drenaje.
		Las canalizaciones brindan solución a los efectos generados por inundación en algunos tramos del río, no obstante, complican a otros, en donde el agua llega de manera más rápida.
		Si los cauces son ocupados por construcciones se disminuye el área útil para desaguar el agua, así mismo, se comprime la capacidad de la llanura, generando desbordamientos.

*Fuente.* Alcocer et al. (2019) y Fernández (2022).

### **2.4.5. AFECTACIÓN POR INUNDACIONES**

Flores y Álvarez (2022) afirman que la estimación de la vulnerabilidad de los asentamientos por inundaciones vincula el análisis directo de la dinámica de la población sobre los aspectos sociales y servicios básicos que influyen en la misma, esto con el propósito de examinar y establecer el impacto de la afectación en corto y mediano plazo.

De acuerdo a Hernández (2022), las crecidas se destacan por causar los siguientes daños directos:

- Pérdida de seres humanos.
- Pérdidas materiales.
- Pérdidas de producción y servicios.
- Reducción de la capacidad productiva.
- Migración de zonas afectadas.
- Problemas psicosociales que pueden generar traumas a largo plazo.
- Deterioro o pérdida de recursos patrimoniales.

## **2.5. INUNDACIÓN EN ECUADOR**

En Ecuador, los desastres naturales más representativos han sido aquellos relacionados con fenómenos hidrometeorológicos, en relación a aquello, se puede destacar que durante el período de 1970-2010 se produjeron 1407 inundaciones, de las cuales, cuatro han sido catastróficas, incluyendo las que fueron causadas por el Fenómeno del Niño (Flores y Álvarez, 2022).

Vale recalcar que entre 1960 y 2006, el país registró un incremento tanto en la temperatura promedio anual como en la intensidad y frecuencia de eventos extremos (sequías e inundaciones) (Burgos, Cartaya y Mero, 2019). La Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR, 2016), establece que en Ecuador en el periodo de 2010-2016 se han registrado 2002 inundaciones, teniendo como resultado 22 muertes, 7239 personas damnificadas, 756 casas perdidas y 11 333.77 ha de cultivos perdidos.

En base a lo anterior, Reyna et al. (2020) señalan que gran parte del Ecuador se encuentra amenazado por eventos naturales y antrópicos, esto debido principalmente al aumento urbano no planificado, utilización de zonas de alto riesgo y asentamiento en zonas inadecuadas.

## **2.6. CUENCA**

Es una área de la superficie terrestre en donde las gotas de lluvia caen sobre la misma y fluyen hacia la salida mediante el sistema actual, en otras palabras, es como un embudo territorial, en donde el agua fluye desde una altura hasta un punto en común (Valdez, 2018).

Son muy importantes porque facilitan la recolección de los recursos hídricos de agua dulce y se considera un elemento esencial dentro del ciclo de la vida (De la Cruz, 2022). En relación a lo anterior, Meléndez (2018) sostiene que una cuenca es estructurada mediante diversas subcuencas, las mismas que son sus contribuyentes o afluentes, es decir, en una cuenca o subcuenca existe solamente un curso de agua de nivel superior que recibe aporte de otras corrientes.

### **2.6.1. CUENCA HIDROGRÁFICA DEL CHONE**

La cuenca del río Chone comprende el sistema hidrológico más importante de la vertiente del Pacífico ecuatoriano (Velasco y Benalcázar, 2022), es empleada como una fuente de abastecimiento para gran parte de la población asentada en ella y aledañas (Burgos, Cartaya y Mero, 2019).

El río de Chone es la corriente principal de esta cuenca, considerado la fuente de agua con mayor importancia para la región central de la provincia de Manabí (Velasco y Benalcázar, 2022), no obstante, es de observación y análisis que la dinámica hidráulica en la cuenca del río Portoviejo ha sido marcada por la acción del fenómeno climático El Niño, el cantón Chone ha sido afectado por la presencia de dicho fenómeno. El cantón Chone cuenta con 60.306,33 hectáreas vulnerables a inundaciones, y sus parroquias con mayor probabilidad de

inundación son: Canuto, San Antonio, Chone, Ricaurte y Boyacá con 36.972,30 has. (Giraldo y Anchundia, 2021).

En épocas de lluvias las precipitaciones repentinas y constantes producen inundaciones a los sectores más vulnerables como son las zonas aguas abajo del cauce de la sub cuenca del RÍO Chone, donde existen muchas hectáreas de sembríos y también afectaciones a los asentamientos poblacionales (Rodríguez y Alarcón, 2021), factor que incrementa la vulnerabilidad de la zona, que, además, presenta un mal manejo del uso de suelo en este espacio y procesos importantes de contaminación y degradación ambiental que inciden en la recurrencia de emergencias y/o desastres (Velasco y Benalcázar, 2022).

## **2.7. GESTIÓN DE RIESGO**

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 (Cárdenas, 2018). Empieza por un análisis del riesgo, el cual se basa en la determinación de la amenaza y puntos de vulnerabilidad del área en estudio, determinando así las zonas de mayor y menor riesgo, posterior a ello, se plantean las estrategias para la gestión del mismo como son las medidas de prevención y mitigación, las mismas que tienen como fin disminuir el nivel de exposición o vulnerabilidad hacia una amenaza (Londoño, 2018).

Giraldo y Anchundia (2021) describen a la gestión de riesgo como el proceso social que tiene como base la determinación, desarrollo, control y evaluación de políticas, estrategias, programas, herramientas, entre otras, con el objetivo de favorecer la seguridad, bienestar, calidad de vida y desarrollo sostenible.

## **2.8. PREVENCIÓN DE INUNDACIONES**

Alcocer et al. (2019) señala que una manera de disminuir los problemas por las inundaciones, es mediante estudios vinculados con la determinación de zonas habitadas que se encuentran en riesgo ante inundaciones, aquella determinación permite ejecutar modelos espaciales mediante la aplicación de los sistemas de información geográfica, con el propósito de establecer las áreas con mejores

condiciones para el desarrollo de estrategias enfocadas en la reubicación de los habitantes afectados.

Por otra parte, Giraldo y Anchundia (2021) sostienen que se deben establecer medidas que formen parte del proceso de reducción de desastres, en particular de la gestión de riesgos, las cuales deben realizarse con el fin de evitar que se produzcan daños y pérdidas que conlleven a situaciones potenciales de desastre, lo que se logra mediante la eliminación del riesgo.

## **2.9. MEDIDAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE INUNDACIÓN**

Fernández (2022) detalla que las medidas para reducir el riesgo de inundación pueden clasificarse en dos: medidas no estructurales y estructurales. En relación a lo anterior, Carner y Galíndez (2021) indican cada una de las medidas antes de ser implementadas merecen un análisis proactivo desde los enunciados de la gestión del riesgo, específico sobre inundaciones, que incluyen evaluación de daños y víctimas, asociados a los eventos pluviales que les dan origen.

### **2.9.1. MEDIDAS ESTRUCTURALES**

Desde el punto de vista de Farias, Márquez y Rey (2020), se refiere a cualquier construcción física para reducir e impedir los posibles impactos generados por las amenazas, a su vez, la aplicación de técnicas de ingeniería, esto con el propósito de generar resistencia y resiliencia de las estructuras o de los sistemas ante las amenazas. Vargas (2017) expresa que estas medidas se pueden clasificar en tres grupos: de retención, protección y sistema de drenaje.

Estas medidas plantean técnicas o diseño de infraestructuras, como la construcción de diques de contención o el encauzamiento de ríos (Osés y Foudi, 2020). Vale señalar que, desde hace muchos años este tipo de medidas han sido las más frecuentes en el tema de inundación y son usadas también para ciertas demarcaciones geográficas, es importante mencionar que en la aplicación estas medidas se encuentran estrechamente relacionadas con las no estructurales (Fernández, 2022).

### **2.9.2. MEDIDAS NO ESTRUCTURALES**

Las medidas no estructurales se dirigen hacia la prevención, el acatar de normativas y también en la realización de un plan de protección, no actúan sobre la avenida en sí, pero tienen por objetivo modificar la exposición y la vulnerabilidad de la zona inundable (Vargas, 2017). Son diversas las medidas que pueden considerarse como no-estructurales, por ejemplo, medidas de ordenación del territorio (Fernández, 2022), políticas y planeamiento urbano, predicción de inundaciones, evacuación preventiva, entre otras (Vargas, 2017).

Osés y Foudi (2020) describen que los planes de protección civil y los sistemas de emergencias y evacuación forman también parte de las medidas no estructurales, los cuales ayudan a reducir la vulnerabilidad, especialmente de las personas que han sido afectadas, además, se encuentran los sistemas de alerta temprana, los mismos que contribuyen a disminuir los riesgos y daños generados por las inundaciones.

El empleo de estas medidas permitiría disminuir las consecuencias, principalmente la pérdida de vidas humanas, tienen como objetivo principal reducir la vulnerabilidad de los pobladores en riesgo durante todo el proceso de una catástrofe (antes, durante y después) (Vargas, 2017). Por lo general, no es necesario la construcción de infraestructura física, por lo tanto, suelen ser más baratos y rápidos de implementar que las medidas estructurales (Fernández, 2022).

### **2.10. ÍNDICE TOPOGRÁFICO DE HUMEDAD (ITH)**

El índice topográfico de humedad (ITH) es un parámetro de interés para predecir las características físicas del suelo e identificar zonas de mayor disponibilidad hídrica, refleja la tendencia que tiene el suelo para saturarse y generar escorrentía (Figueroa et al., 2018). Es de gran utilidad debido a que permite estimar de manera aproximada las áreas inundables producto de avenidas torrenciales, debido a que refleja la tendencia del suelo a producir escorrentías, basadas en la acumulación del flujo, el mismo que es determinado a través del modelo de elevación digital del terreno DEM (Fernández, 2022).

Benítez (2019) sostiene que el ITM es considerada una herramienta rápida y útil para la delimitación preliminar de áreas de inundación en cuencas que carecen de modelos hidráulicos y batimetrías (Díaz, 2019). Esta variable es empleada para la obtención de inventarios que estén potencialmente en áreas húmedas, para su cálculo es primordial la pendiente y la acumulación de flujo, teniendo en cuenta la siguiente ecuación (Benítez, 2019):

**Ecuación 2.1.** Índice topográfico de humedad

$$TWI = \ln \left( \frac{a}{\tan B} \right) [EC. 2.1]$$

Donde,

a= acumulación de flujo (m<sup>2</sup>)

B= pendiente en radianes

Benítez (2019) sostiene que la acumulación de flujo se puede establecer mediante el cálculo de la superficie del tamaño de pixel del ráster, el cual es multiplicado por el mismo valor (50 \* 50) y en la “calculadora ráster” de ArcToolbox, este valor es representado en metros cuadrados a través de la siguiente ecuación:

**Ecuación 2.2.** Acumulación de flujo

$$Acumulación\ de\ flujo * 2500 [EC. 2.2]$$

El cálculo de la pendiente en radianes se lo obtiene a través de la herramienta “calculadora ráster”, por lo cual, primero se calcula la pendiente en grados mediante la herramienta “Slope”, luego se convierte a radianes mediante la siguiente ecuación (Benítez, 2019):

**Ecuación 2.3.** Pendiente en radianes

$$Pendiente\ grados * \frac{3.1416}{180} [EC. 2.3]$$

Una vez obtenido el resultado de (a) y (B) finalmente se utiliza la fórmula del TWI, se le dan nuevos valores mediante la reclasificación según el grado de amenaza (Benítez, 2019).

**Tabla 2.2.** Rango del ITH.

Rango	Ponderación	Calificativo
6,72-11	1	Acumulación muy baja
11-16	2	Acumulación baja
16-21	3	Acumulación media
21-25	4	Acumulación alta
25-29,98	5	Acumulación muy alta

Fuente. Benítez (2019).

## 2.11. PENDIENTE

El ITH combina la distribución al escurrimiento de un área local drenada y la pendiente de la misma (Secretaría de Agricultura de la Provincia de Córdoba, 2017). En base a lo anterior, Guataquira (2018) sustenta que la medición de la pendiente se desarrolla entre la superficie del terreno y la horizontal, aquel valor es presentado en porcentajes o en grados (de 0° a 90°), este valor es de gran importancia para la ocurrencia de movimientos en masa, por la razón de que es un punto geométrico que influye en la estabilidad del terreno. En la siguiente tabla se muestran las clases de pendiente en relación a los rangos porcentuales.

**Tabla 2.3.** Rango de reclasificación de pendiente

Clase	Descripción	%
1	Plano	0-0,2
2	Nivel	0,2-0,5
3	Cercano a nivel	0,5-1,0

4	Muy ligeramente inclinado	1,0-2,0
5	Ligeramente inclinado	2,0-5,0
6	Inclinado	5,0-10,0
7	Fuertemente inclinado	10,0-15,0
8	Moderadamente escarpado	15,0-30,0
9	Escarpado	30,0-60,0
10	Muy escarpado	>60,0

Fuente. Guataquira (2018).

La pendiente influye en el drenaje, acumulación y transporte de partículas de suelo, y el material parental determina las variaciones en textura entre los horizontes de diagnóstico de los suelos (Figueroa et ál., 2018).

## 2.12. CELDAS ACUMULANTES DRENANTE

Un mapa está conformado por una serie de líneas y columnas horizontales y verticales, donde cada elemento de la cuadrícula corresponde a una "celda". El mapa de celdas drenantes acumuladas se calcula mediante un algoritmo que va acumulando la cantidad de celdas que vierten a cada una (Echeverría, 2020), es decir, cada celda tiene el valor igual al número de celdas de la cuenca que drenan a través de ella (Ríos, 2017).

El Ministerio de Agricultura, Alimentación y medio ambiente (2013) sustenta que conocida el área de cada celda se obtiene fácilmente el área drenante en cada una. Las siguientes figuras son un ejemplo del cálculo de las celdas drenantes acumuladas a partir de las direcciones de flujo.

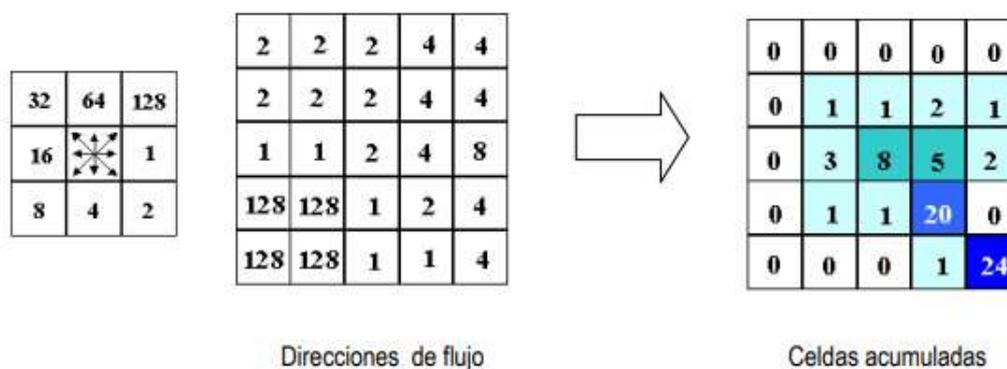


Figura 2.1. Representación de CDA

Fuente. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España (2013).

## 2.13. INVESTIGACIONES EN DONDE SE HA USADO EL ITH

Como ya se ha mencionado en el epígrafe anterior, el ITH es de gran utilidad para tener una perspectiva relacionada a la predicción de lugares que, por saturación y alto nivel de escurrimiento, pueden actuar como rutas iniciales a procesos de mayor inundación. Por tal motivo, ha sido considerado en diversas investigaciones como la de Roa y Kamp (2012), en donde se realizó un diagnóstico de la amenaza por desborde fluvial, estado Trujillo-Venezuela, logrando obtener la zonificación de la amenaza a partir de los niveles de concentración del escurrimiento inicial, destacando que la información adquirida es esencial para ampliar y orientar el conocimiento del área analizada hacia objetivos específicos como la localización adecuada de obras de ingeniería y la reducción de daños o susceptibilidad a inundaciones.

Por otra parte, Muñoz y Vera (2021) también emplearon el ITH con el objetivo de evaluar la influencia de la cobertura vegetal en la protección hidrológica del sitio brisas – Quiroga, cuenca media del río Carrizal, logrando identificar que el sitio en estudio mantiene un grado de humedad de 5,68, focalizándose en 61 hectáreas (38,83%) de la superficie total, exhibiendo así que el área presenta una humedad del suelo media, lo anterior sirvió como información base para desarrollar un plan de prevención y mitigación como estrategia de manejo y conservación de la cobertura vegetal que estuvo direccionada a la recuperación

de las áreas afectadas por la deforestación, pastoreo y por la utilización de agroquímicos.

## **2.14. IMPORTANCIA DEL DIAGNÓSTICO DE LA AMENAZA POR DESBORDE FLUVIAL EN EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL**

Establecer estrategias que contribuyan a la calidad de vida de los seres humanos ha sido la parte preocupante de muchas investigaciones, debido a la influencia que estas tienen (Sevillano, 2020). El estudio de las inundaciones ha sido abordado desde varios aspectos, cuyo propósito es contribuir al desarrollo sostenible tanto de la infraestructura como de la sociedad (Arriola et al., 2022).

En relación a lo anterior, Torres, Hechavarría y Lomas (2018) sustentan que es necesario establecer y actualizar la información referente a los desbordes en el ordenamiento territorial de cada ciudad, esto con el objetivo de conocer las zonas con mayor riesgo de inundación.

Según la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo (Asamblea Nacional del Ecuador, 2016), el diagnóstico de zonas de riesgo es una herramienta de gran importancia debido a que permite la implementación de políticas públicas y administrativas, además, en el aspecto educativo, estos diagnósticos permiten la participación y obtención de conocimientos a los estudiantes, los mismos que pueden contribuir a la determinación de estrategias que permitan la reducción de pérdidas humanas y materiales

## CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO

### 3.1. UBICACIÓN

La presente investigación se realizó en la subcuenca del río Chone, tomando en cuenta los límites del casco urbano, unión del río Garrapata y río Grande, hasta la Segua.

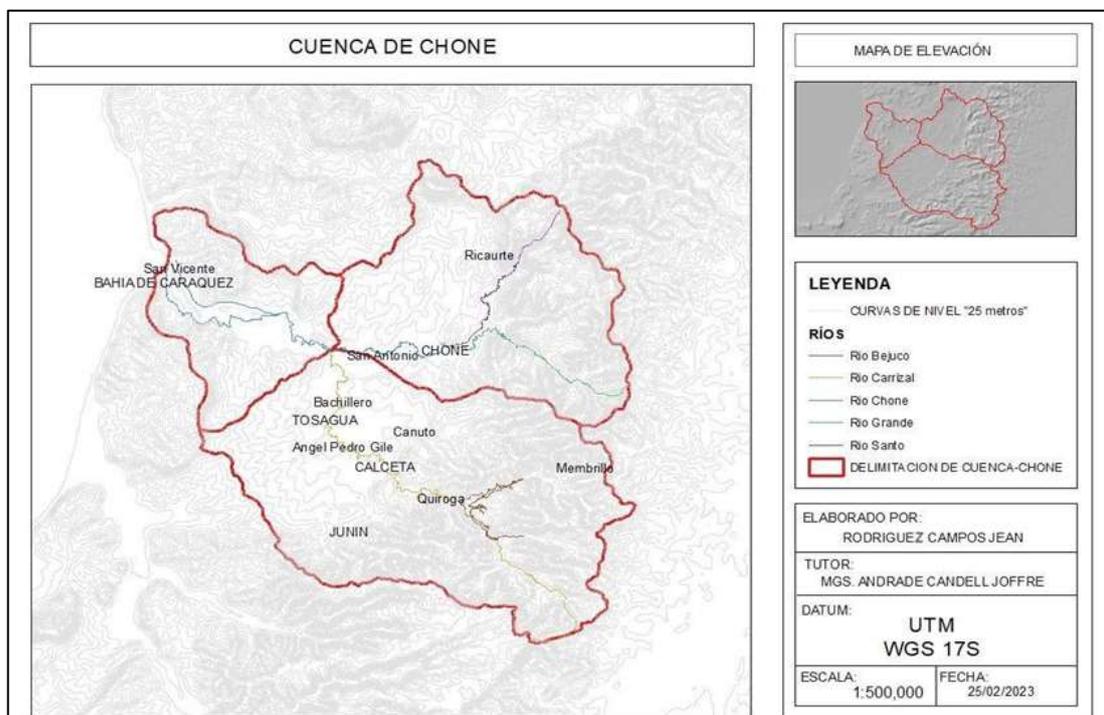


Figura 3.1. Área de estudio. Fuente Argis (2022)

### 3.2. DURACIÓN

La presente investigación tuvo una duración de 18 semanas a partir de su aprobación.

### 3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

#### 3.3.1 MÉTODOS

Los métodos que se aplicaron fueron: cuantitativos (no experimental) y deductivos.

**- CUANTITATIVO:**

Para Cadena, et al. (2017) el método cuantitativo es objetivo, sistemático y tiene una predicción más fuerte que el cualitativo, es aquel que produce datos numéricos, los cuales se recogen y acumulan, para que posteriormente ser analizados e interpretados. Canto (2013) menciona que también realizan amplias indagaciones a través de sistemas cognitivos y antecedentes numéricos obtenidos de la realidad, sumándole varios procedimientos para la demostración de la hipótesis, por lo cual sirvió para la obtención del ITH de la microcuenca del río Portoviejo para calcular el riesgo de inundación a partir del ITH.

**- DEDUCTIVO:**

El método deductivo permite determinar las características particulares de una realidad partiendo de una premisa general. Por medio del método de la deducción se generan las consecuencias particulares o individuales de las inferencias (Abreu, 2014). Lo cual fue factible para el caso particular de la microcuenca del RÍO Chone porque ayudó a deducir conclusiones a partir de teorías del SIG.

**3.3.2. TÉCNICAS**

Las técnicas que se utilizaron para la recolección de información son los sistemas de información geográfica y geoespacial.

**- SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA:**

Los sistemas de información geográfica son una herramienta de análisis geográfico combinados por software, hardware y procedimientos para copiar, manipular, distinguir, modelizar y representar datos georreferenciados para identificar problemas y resolverlos con la respectiva planificación territorial y ambiental (Bosque & García, 2000). Estos ayudaron para la resolución de problemas con respecto a inundaciones en la microcuenca del río Portoviejo.

### **3.4. VARIABLES EN ESTUDIO**

#### **3.4.1. VARIABLE DEPENDIENTE**

Amenaza de riesgo

#### **3.4.2 VARIABLE INDEPENDIENTE**

Índice topográfico de humedad

### **3.5. PROCEDIMIENTO**

#### **3.5.1. FASE I. GENERACIÓN DEL ITH DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CHONE PARA DETERMINAR LAS ZONAS MAS HÚMEDAS DEL ÁREA**

Para alcanzar los objetivos planteados se realizaron una serie de actividades que se describen a continuación:

##### **Actividad 1: Obtención del Modelo de Elevación Digital (MED).**

El modelo de elevación digital es una imagen superficial continua en un modelo ráster en formato TIFF que contiene datos de las alturas del terreno y se puede obtener a partir de las fotografías aéreas, en el Ecuador una de las instituciones que tiene esa información es SIGTIERRAS. Se realizaron los procedimientos planteados en la plataforma del MAG, se requirieron imágenes de 4m disponibles para la región Costa con una precisión altimétrica de 1,5 m (Mancero et al., 2015).

##### **Actividad 2: Eliminación de sumideros.**

Una vez que se escogió el sistema de información geográfica de preferencia, que en este caso fue Qgis, se creó un nuevo proyecto y se subió el MED necesario que ya hemos obtenido con anterioridad (en este caso el de Ecuador), luego se comprobó si la capa está con el sistema de referencia por coordenadas (SRC) fue el correspondiente a Ecuador (WGS84, Proyección. UTM, Zona 17S), y finalmente se procedió a cortar la porción de territorio con la que se trabajó para agilizar las acciones del software.

Para (Cánovas, et al., 2017) es necesario utilizar el algoritmo **(r.fill.dir)** en primer plano ya que identifico y elimino sumideros y otras indefiniciones de los datos satelitales, por lo tanto, en este algoritmo netamente se utilizó la herramienta “MED sin depresiones”. Para verificar si el algoritmo funcionó y corrigió las depresiones, se empleó la herramienta calculadora y se realizó una resta entre el MED original **(MED de Ecuador recortado)** y el corregido **(DEM\_fill)**, el resultado se presentó en imágenes y se realizaron informes estadísticos de los datos con el algoritmo **(r.report)** (Alonso D., 2022).

El método booleano consta con las herramientas para que las proposiciones lógicas planteadas por nuestro subconsciente sean manipuladas en forma algebraica o numérica (Jiménez, 2016). Este método sirvió para acortar valores y precisar rangos básicos, en este caso de 1 o 0, con la herramienta “calculadora” se planteó que todas las celdas en cero se mantengan así y absolutamente todo valor mayor a cero tomó el valor de 1 para una más fácil interpretación.

Para Alonso, 2022 la reclasificación ráster en Qgis es una transformación de los datos de una imagen de forma absoluta o por fragmentos, asociando los valores que expone la imagen en una clasificación de rangos manipulados por el usuario. Con el algoritmo **(r.reclass)** se pudo obtener esa reclasificación de la capa requerida.

### **Actividad 3: Obtención de capas básicas: DD, CDA, PEN e ITH.**

Para los autores Ledesma, Morales, Elena, y Noe, (2014) un proyecto se compone con vínculos que pasan a capas ráster o y/o vectoriales, las cuales se utilizaron para la obtención, manipulación y análisis de datos geográficos, por lo cual para la obtención de los mapas requeridos se llevaron a cabo la obtención de las siguientes capas:

Para la obtención de las capas; direcciones de drenaje (DD), celdas drenantes acumuladas (CDA) e índice topográfico de humedad (ITH), se utilizó el algoritmo del SIG **(r.watershed)** en el MED corregido **(DEM\_fill)**.

Para la celda de “extensión mínima de terreno vertiente a las cabeceras de la red” se llevó a cabo el supuesto de que un cuerpo hídrico será un cauce si tiene mínimo 1 km<sup>2</sup> de acumulación de agua, con superficie de 1600 m de longitud máxima del flujo, y al mismo tiempo el factor de convergencia será el modelo D8, es decir que el cauce principal es capaz de repartir agua a 8 de su alrededor (Ríos, 2018).

Para conseguir el mapa de pendientes del sitio se trabajó con la capa corregida principal (**DEM\_fill**) y se utilizó la herramienta “ráster” y luego la opción análisis, seguido de “pendiente”.

#### **Actividad 4: Identificación del desagüe.**

El punto de desagüe es el punto saliente de una red de drenaje convergiendo hacia un mismo punto de cierre, y es indicada por la topología de la red (Agüero y Garay, 2018). Por lo cual a partir de un mapa de celdas drenantes acumuladas (CDA) se pudo encontrar la ubicación de dicho punto en coordenadas UTM y saber dónde es el punto de cierre por medio del SIG.

#### **Actividad 5: Identificación de la cuenca vertiente.**

Según Alonso (2022) para identificar la cuenca vertiente se usó un algoritmo llamado (**r.water.outlet**), donde se tomó como mapa el (**DD**), también las coordenadas del punto de desagüe y como reporte se obtuvo un fichero booleano con datos del área de estudio, y la información de los mapas pasará de ráster a vectorial.

#### **Actividad 6: Recorte de capas básicas a la cuenca.**

Para ello se empleó una operación la multiplicación, se procedió a multiplicar las capas básicas **\_DD**, **CDA**, **ITB** y pendientes del terreno con la capa de la cuenca vertiente, como resultado se tuvo la información básica recortada al área de estudio (González, 2015).

### **Actividad 7. Identificación de la red de drenaje.**

Según De la Cruz (2019) para identificación de las cabeceras de la red se llevó a cabo el criterio de área umbral, para determinar esto, se realizó una visita de campo a las cabeceras de la cuenca para georreferenciar el punto en donde empiezan los cauces en las zonas altas, ya con estos datos ubicados en el sistema de información geográfica, se determinó cuántas celdas se han acumulado hasta los puntos mencionados en cada uno de los cauces, con la información total se determinó la media aritmética.

Se utilizó nuevamente el algoritmo (*r.watershed*) incluyendo como datos de entrada el MED corregido, además del número promediado de celdas acumuladas, la longitud máxima del flujo en superficie fue la anteriormente utilizada, asimismo el modelo D8. Sin embargo, para este caso la información de salida que se obtuvo fue la red de drenaje del área de estudio (De la Cruz, 2019).

### **Actividad 8. Identificación del cauce principal.**

Para Ochoa et al. (2022) obtener un algoritmo específico para derivar el cauce principal de una red de drenaje es difícil, por lo cual se acude a las herramientas del sistema de información geográfica, estas posibilitan su obtención mediante distintos procedimientos. Por ello el mapa que se obtuvo de la red de drenaje presentó los diferentes cauces clasificados a partir del volumen acumulado en cada celda, mientras que para aquellas celdas que no son parte del cauce se debió tener un valor nulo, esto facilitó la edición posterior del vector.

Por consiguientes según Chamarro (2016) se procederá a transformar la capa ráster a vectorial mediante un algoritmo denominado (*r.to.vec*) es importante generar una copia para tener los datos estadísticos de la red total y luego del cauce principal.

Se procederá a ir eliminando los tramos de cauce que no sean parte del cauce principal, esta discriminación se la realizará teniendo la capa CDA activada y mediante el visualizador de objetos espaciales obteniendo los datos de las celdas drenantes acumuladas en cada bifurcación (Chamarro 2016).

### 3.5.2. FASE II. CALCULAR EL RIESGO DE INUNDACIÓN A PARTIR DEL ITH

#### Actividad 1. Investigación científica de metodología el para riesgo

En esta etapa con la metodología del Ministerio de Educación, donde plantean una escala de grado de amenaza, desde un bajo hasta un alto índice de humedad.

**Tabla 3.1.** Nivel de vulnerabilidad de la amenaza de inundación

ITH	Grado de amenaza
Alto índice	4
	3
	2
Bajo índice de humedad	1

Fuente. Ministerio de Educación (2016).

#### Actividad 2. Reclasificación del índice de humedad

En Qgis se reclasificarán los valores para poder medir en grado de amenaza de inundación a partir de aquellos

**Tabla 3.2.** Grado de amenaza de inundación.

Rango	Grado de amenaza	Estimación del Nivel de amenaza
0.1 – 6.7	1	Baja VB
6.8 – 10	2	Media VM
10.1 – 13.4	3	Alta VA
13.5 – 100	4	Muy alta VMA

Fuente. Ministerio de Educación (2016)

#### Actividad 3. Comprobación de índices de humedad en los barrios del cantón

##### Chone

Según Alonso (2022) las capas en Qgis pueden ser añadidas o creadas de muchas formas, creando un mapa, subiéndolo a la plataforma directamente si alguien facilita el documento, o descargándolo de algún sitio web de cartografías. Una vez que ya se tiene el documento cargado a la plataforma se procede a ejecutar los

requerimientos necesarios, en el caso del presente trabajo, se añadió el mapa vectorial de los barrios del cantón Chone para poder verificar los nombres de los barrios y su rango de índice de humedad.

### **3.5.2. FASE III. ELABORACIÓN DE UN PLAN DE GESTIÓN PARA INUNDACIONES EN LA SUB CUENCA DEL RÍO CHONE**

#### **Actividad 1. Análisis de diversos planes para riesgo de inundaciones**

Se estudiaron diversos planes de riesgo para inundaciones para tener conocimiento de cómo elaborar uno dependiendo de las necesidades del área

#### **Actividad 2. Creación del plan para riesgo de inundaciones**

En base a los resultados del ITH del área, se propusieron medidas de corrección y mitigación para mejorar y prevenir el riesgo de inundaciones, se ordenaron las acciones delegando a diferentes autoridades, también incluyendo a los moradores locales.

# CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## FASE I. GENERACIÓN DEL ITH DE LA SUB CUENCA DEL RÍO CHONE PARA DETERMINAR LAS ZONAS MÁS HÚMEDAS DEL ÁREA

Una vez procesados los datos se obtuvo el mapa MED, el cual muestra la elevación del terreno correspondiente al área de la subcuenca del cantón Chone.

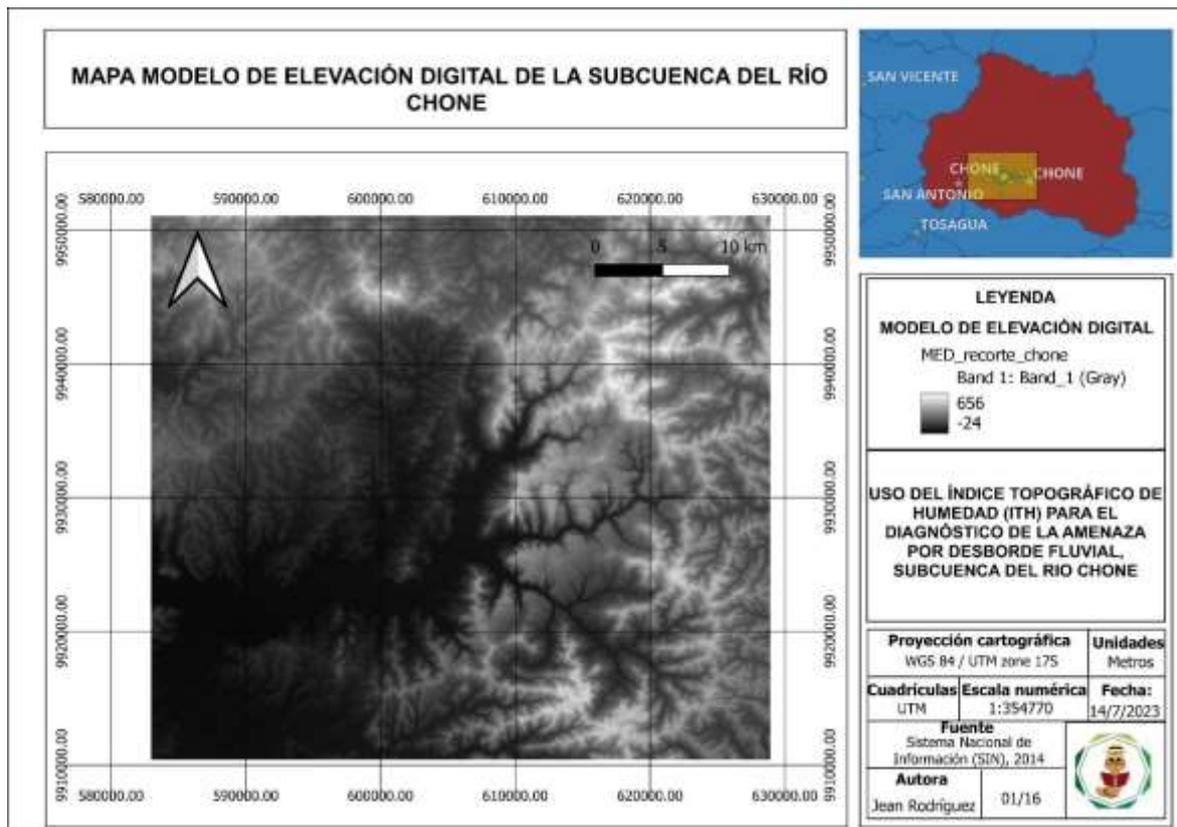


Figura 4.1. Capa de Modelo de Elevación Digital (MED)

Según los datos obtenidos y la elaboración del mapa MED, la información muestra que hay zonas con menor elevación que coinciden con el área urbana correspondiente a la ciudad de Chone (alrededor de 17 msnm), esto implica que el agua tiende a drenar hacia esta zona donde se encuentra la civilización, lo que la hace más susceptible a inundaciones. Además, las zonas de mayor altitud que alcanzan los 656 msnm se encuentran bastantes cercanas a las zonas de menor altitud, lo cual se podría interpretar en una velocidad de flujo mayor y, consecuentemente, un menor tiempo de evacuación.

Los MED suelen presentar imperfecciones impropias del terreno, aquellas pueden darse de manera natural principalmente en glaciares, a estas imperfecciones se las conoce como sumideros (Marwaha y Duffy, 2021). Hirt (2018) menciona que esta característica de los MED puede falsear el resultado de los análisis basados en los modelos de elevación, por lo que su eliminación será un proceso indispensable para la correcta obtención de resultados.

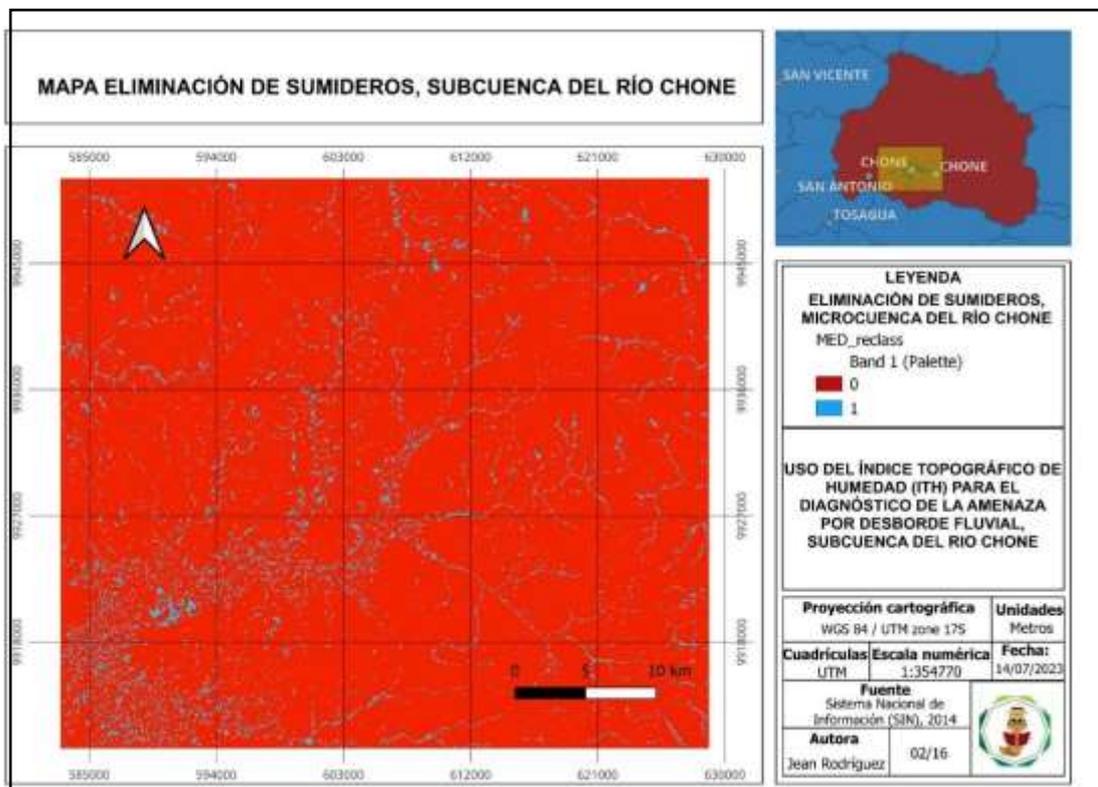


Figura 4.2. Capa de sumideros del MED

Mediante el cálculo de la diferencia de la capa MED antes y después de la eliminación de sumideros, se logró identificar un total de 217.774 celdas con imperfecciones, correspondientes a un área de 136,1 km<sup>2</sup>, con lo cual se garantiza un mejor análisis de datos espaciales con menor riesgo de error. Los puntos celestes en el mapa representan las celdas eliminadas de los sumideros.

La capa de dirección de drenaje (DD), se obtiene aplicando el modelo D8 que asigna un valor entre 1 y 8 a cada dirección partiendo de la celda con dirección NE con valor 1 girando en sentido antihorario hasta la celda E con valor 8, así mismo, se asigna un color para cada valor de dirección siendo el azul más fuerte la dirección 8 (NE), y el color menos intenso la dirección 1 (E).

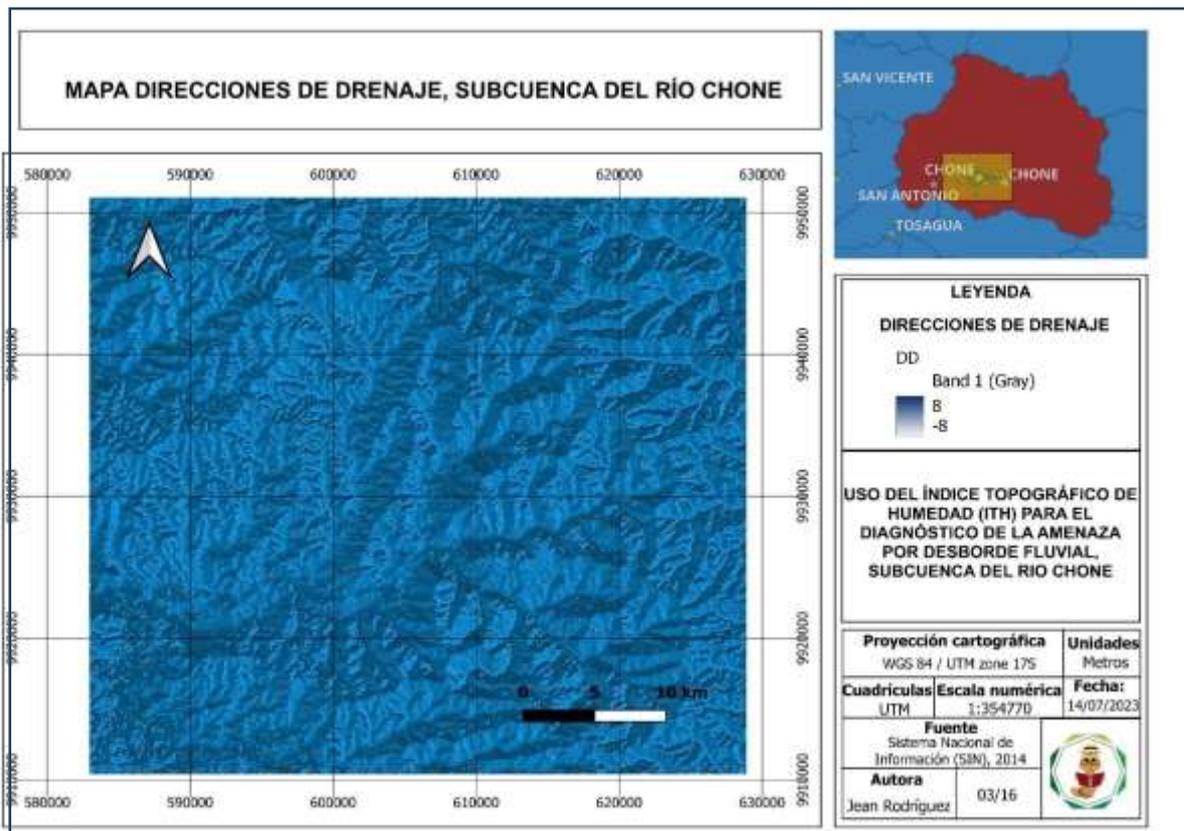


Figura 4.3. Capa de direcciones de drenaje (DD)

La precisión del mapa DD garantizará una correcta estimación de la topología de la red fluvial, por este medio se localizan las celdas a las que el agua drena, con el fin de identificar los puntos donde mayor acumulación de flujos existe y determinar las zonas drenantes acumuladas (Doell y Lehner, 2002).

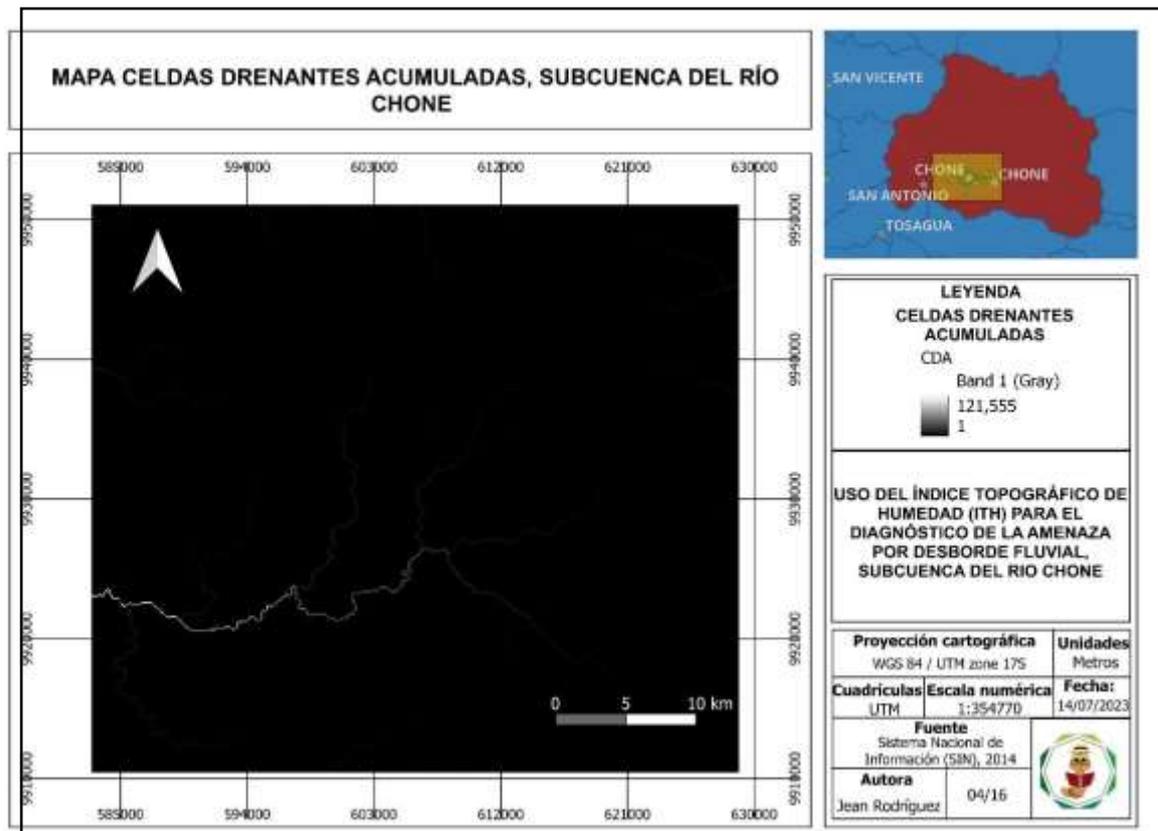


Figura 4.4. Capa de celdas drenantes (CDA)

Las celdas drenantes acumuladas se reflejan con líneas blancas que se pueden observar como una red fluvial, pues precisamente estos puntos son en los cuales se acumula mayor cantidad de agua drenante proveniente de otras celdas, en total 121.555. Nótese que los puntos coinciden con las zonas de menor altitud mostradas en el MED, y por ende deja más expuesto el riesgo posiblemente alto de inundación en la zona urbana de la ciudad de Chone.

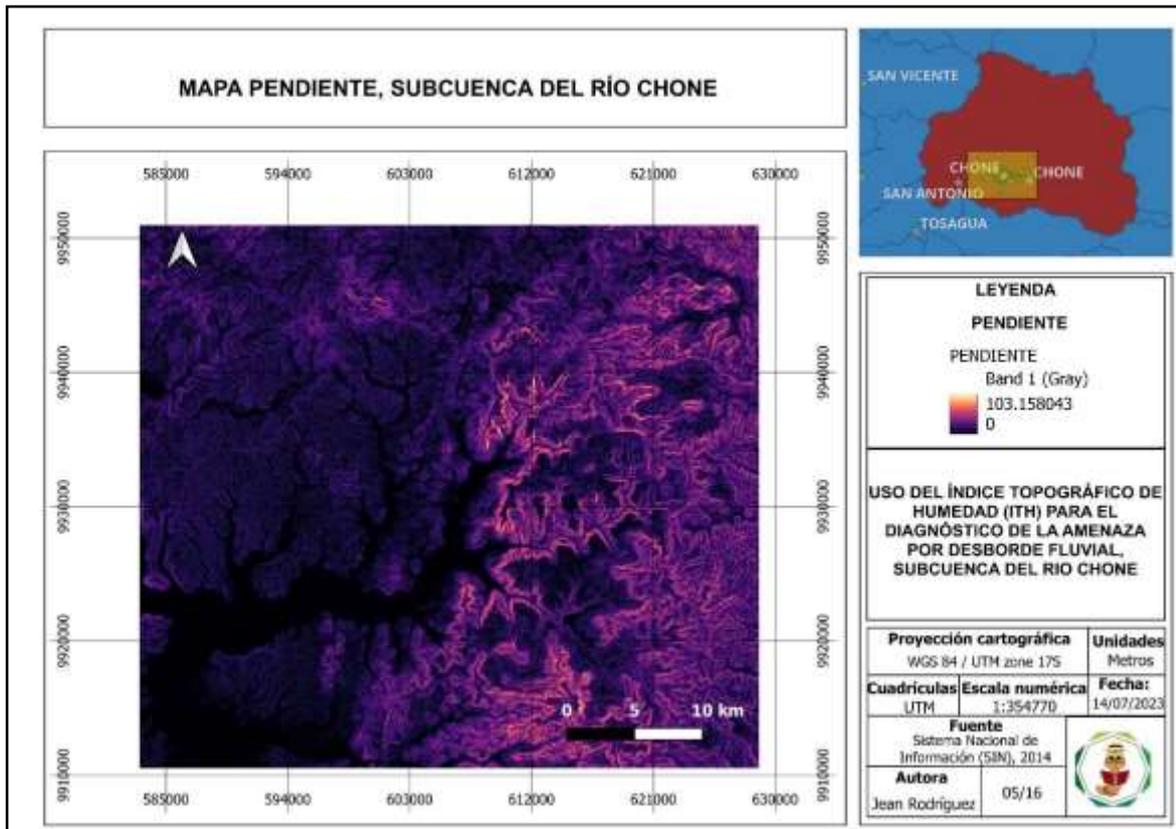
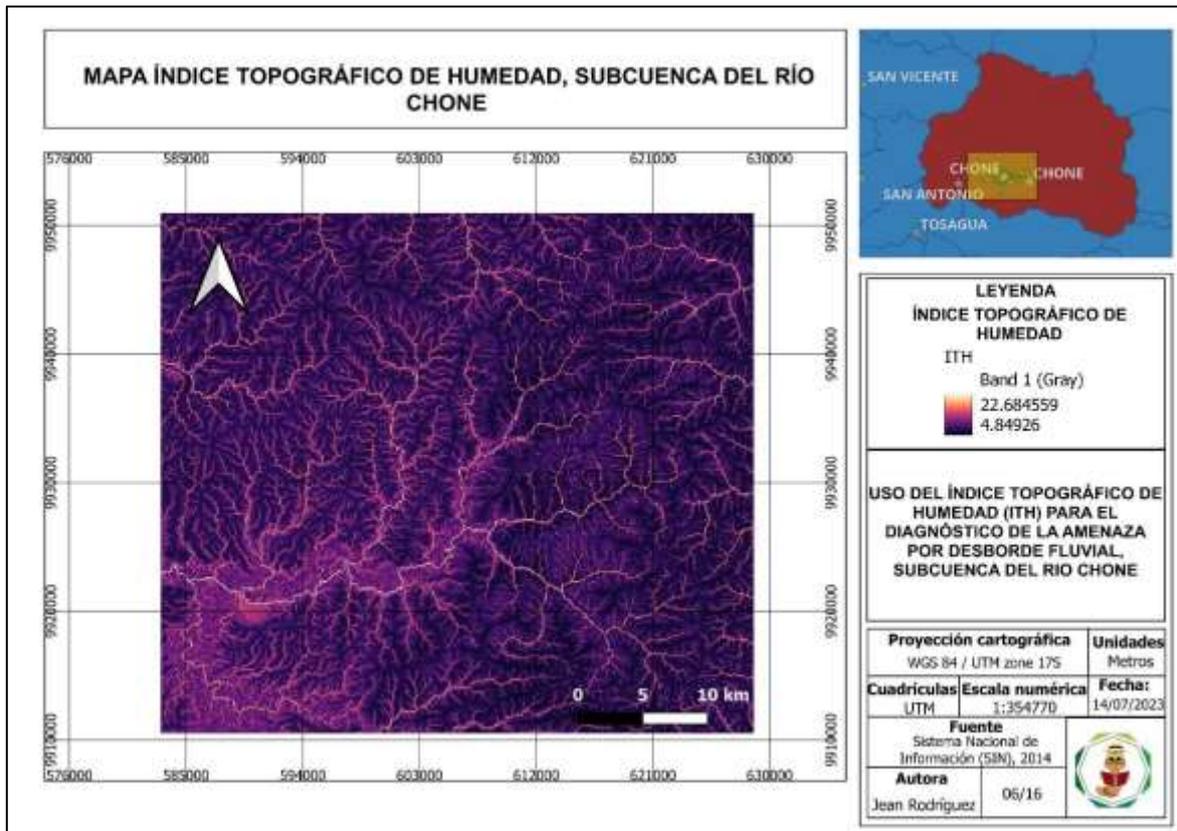


Figura 4.5. Capa de pendiente del terreno (PEN)

La pendiente en los puntos más altos alcanza los 103 % de inclinación, estos puntos se representan con el color rojo fuego, mientras que en las zonas bajas la pendiente se aproxima al valor de 0 %, lo que indica la presencia de zonas como valles y superficies planas, que por lo general es donde se establece la población, estas zonas están representadas por el color azul oscuro. Ibáñez et ál. (2010) mencionan que, a mayor pendiente del terreno, la escorrentía superficial se produce en lapsos de tiempos menores.

La delineación de la pendiente es un factor que está influenciado por el MED y la resolución de la capa, es decir, esta puede variar ligeramente en función de las dimensiones de la celda (Datta et al., 2022).



**Figura 4.6.** Capa índice topográfico de Beven (ITB)

El mapa del índice topográfico de humedad (ITH) muestra que hay zonas que alcanzan un valor de índice de 22,68, en el procesamiento se localizaron estas zonas en los mismos puntos donde transcurre el río, zonas las cuales no se desean estimar el ITH puesto que se sobreentiende que tendrá un valor elevado. Sin embargo el mapa muestra información relevante sobre las zonas más inundables, localizadas aguas abajo por la cual recorre la dirección del flujo del río Chone. Los lugares más altos, y como era de esperarse presentan un índice topográfico menor de 5.

Según Vincenti et ál. (2016) en Ecuador las inundaciones se producen principalmente por precipitaciones intensas, aguajes e incremento de caudales de ríos y lagos, provocado por lluvias intensas en zonas altas. También influye la ubicación de comunidades en zonas bajas, planas, con poca cobertura vegetal y suelo asfáltico.

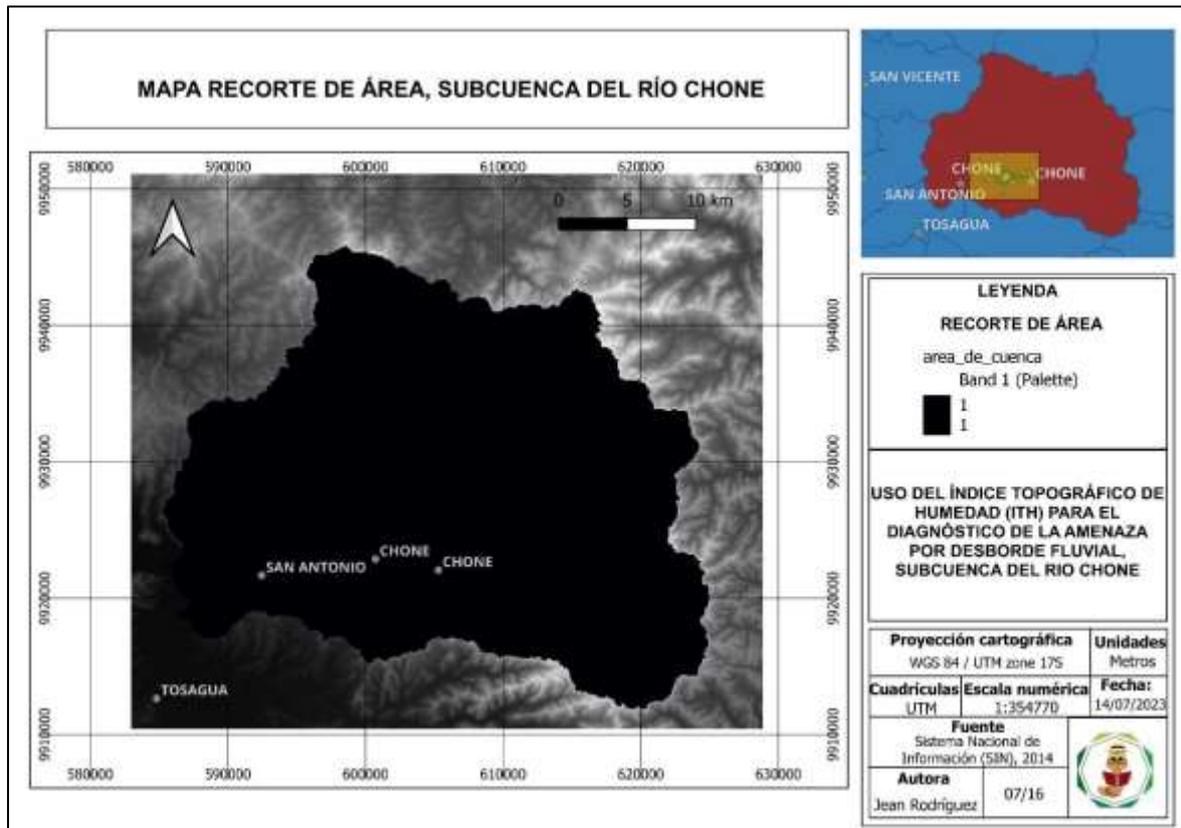


Figura 4.7. Recorte del área

Con la herramienta de recorte clipper se obtuvo el recorte de la capa, el cual muestra la delimitación de la subcuenca del río Chone, es decir, toda la zona hacia la cual drena parcialmente el agua que cae por efecto de las precipitaciones. Dentro de esta zona se identifican dos áreas urbanas y de asentamiento que son: Chone y San Antonio.

Con la delimitación de la cuenca se realiza el recorte de las capas básicas anteriormente obtenidas por medio de la calculadora, la misma que permite obtener los mapas de CDA, ITB y PEN del área de estudio.

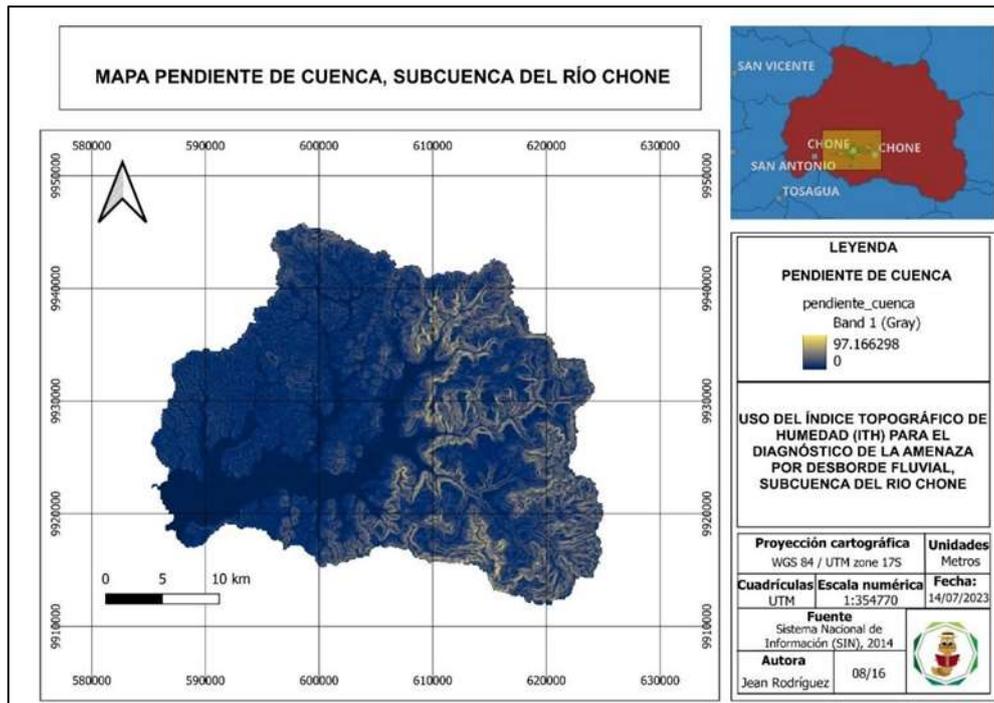


Figura 4.8. Vectorial de la cuenca (obtenida con el ráster)

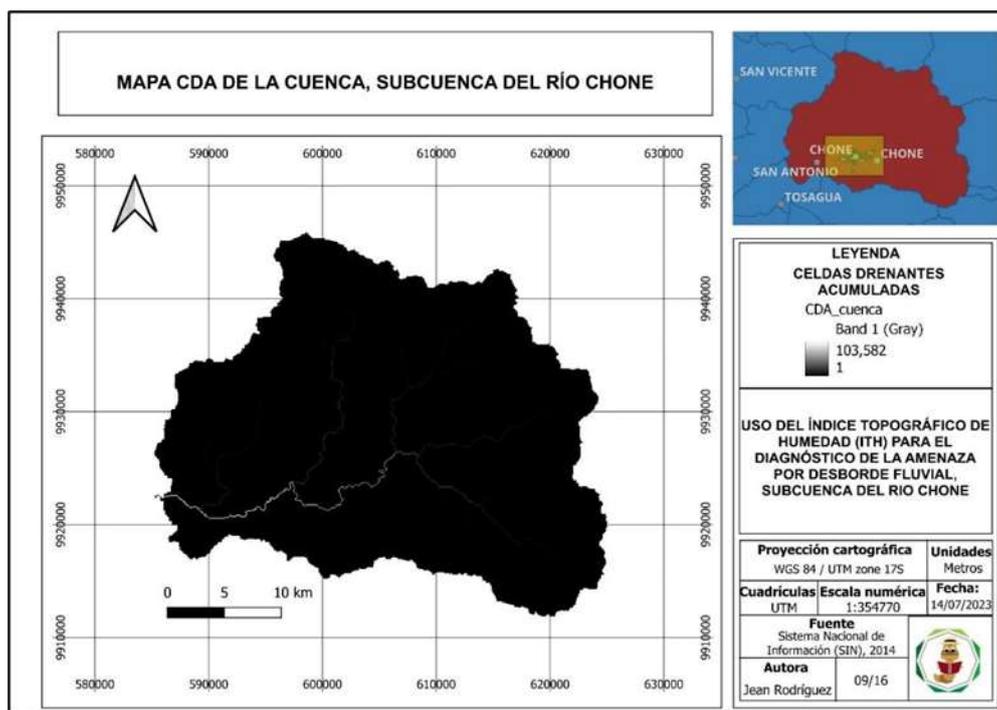


Figura 4.9. Recorte de la capa CDA con la calculadora de QGIS

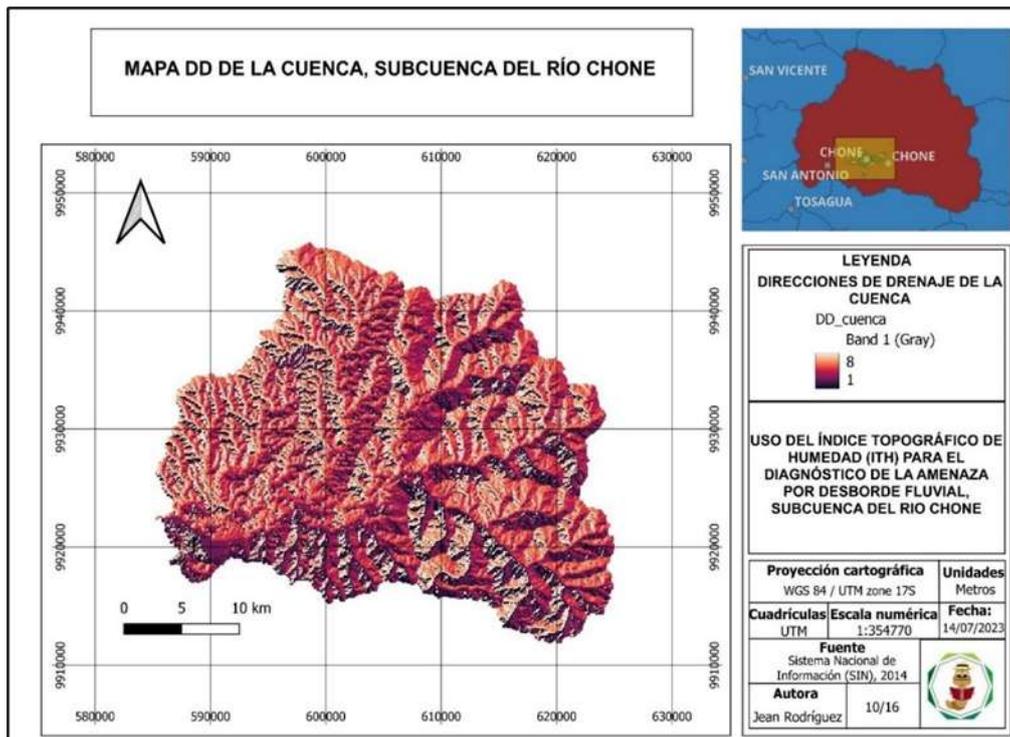


Figura 4.10. Recorte de la capa DD

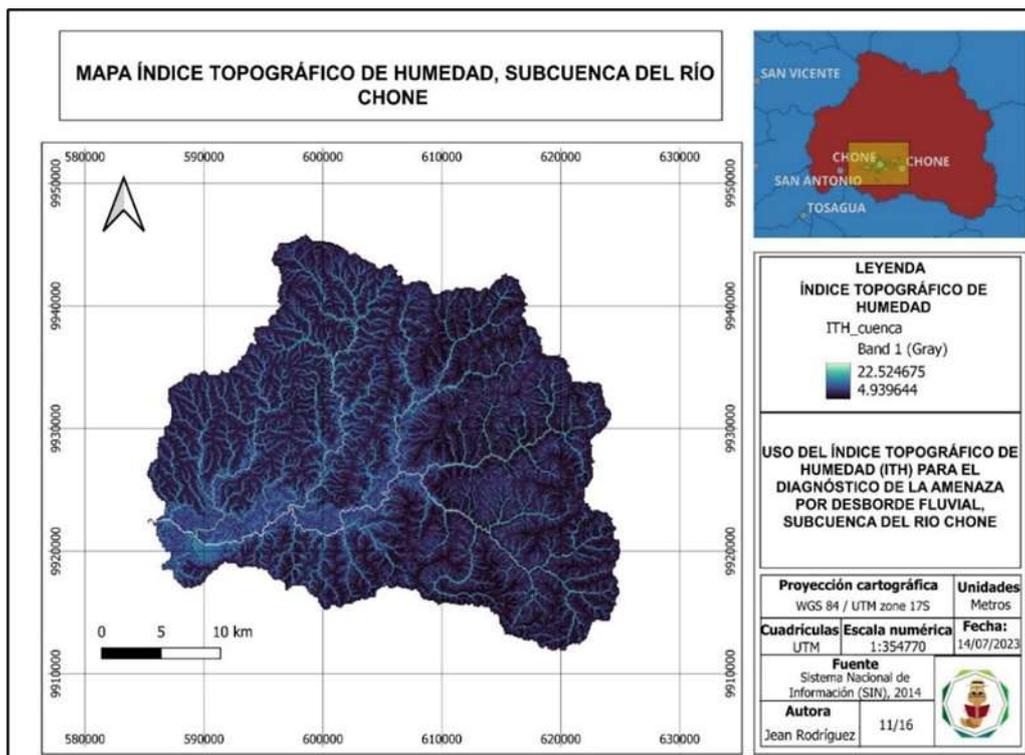


Figura 4.11. Recorte de la capa ITH

Con el recorte de las capas y la delimitación del área de la subcuenca del río Chone, se visualizan las características detalladas previamente de una forma más precisa

sobre el terreno de interés. Mediante esta forma se puede observar específicamente la red de drenaje con su respectivo afluente y efluente.

También se puede observar las diferencias entre los datos espaciales del área circundante de la subcuenca, y los datos abarcados por esta línea, en donde se resalta la reducción de la pendiente máxima del terreno a 97 % de inclinación, asimismo, el promedio del ITH se reduce en una diferencia absoluta de 0,04.

## FASE II. CALCULAR EL RIESGO DE INUNDACIÓN A PARTIR DEL ITH

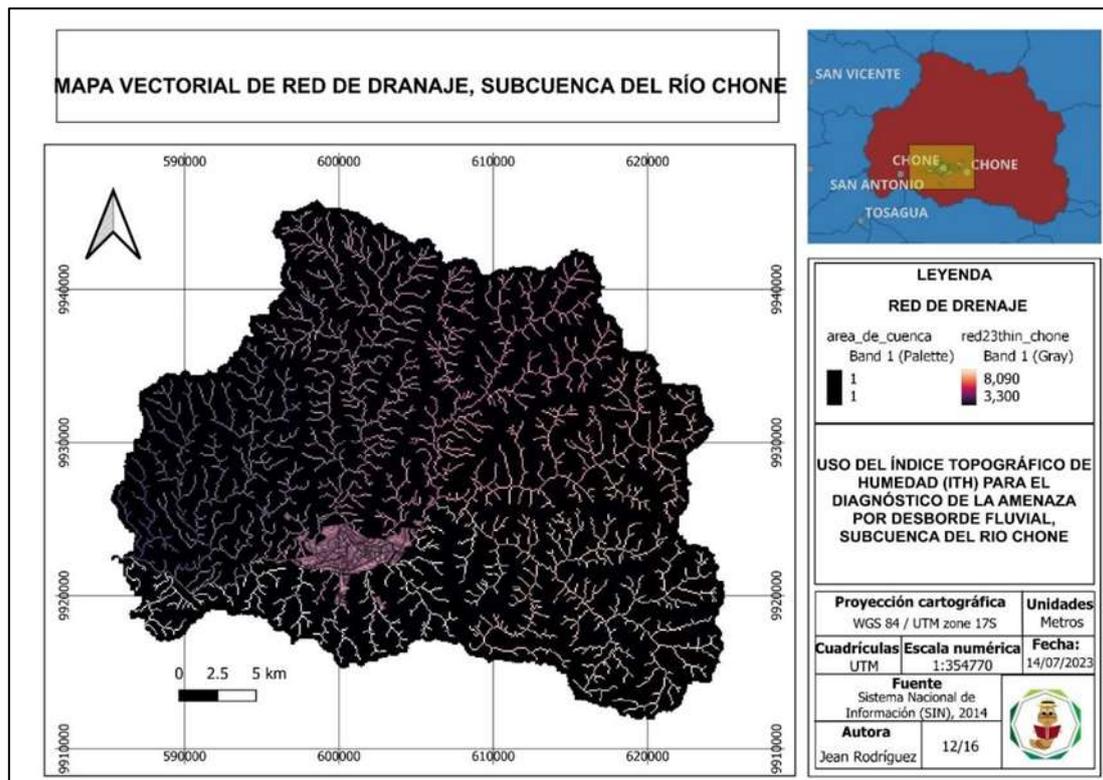
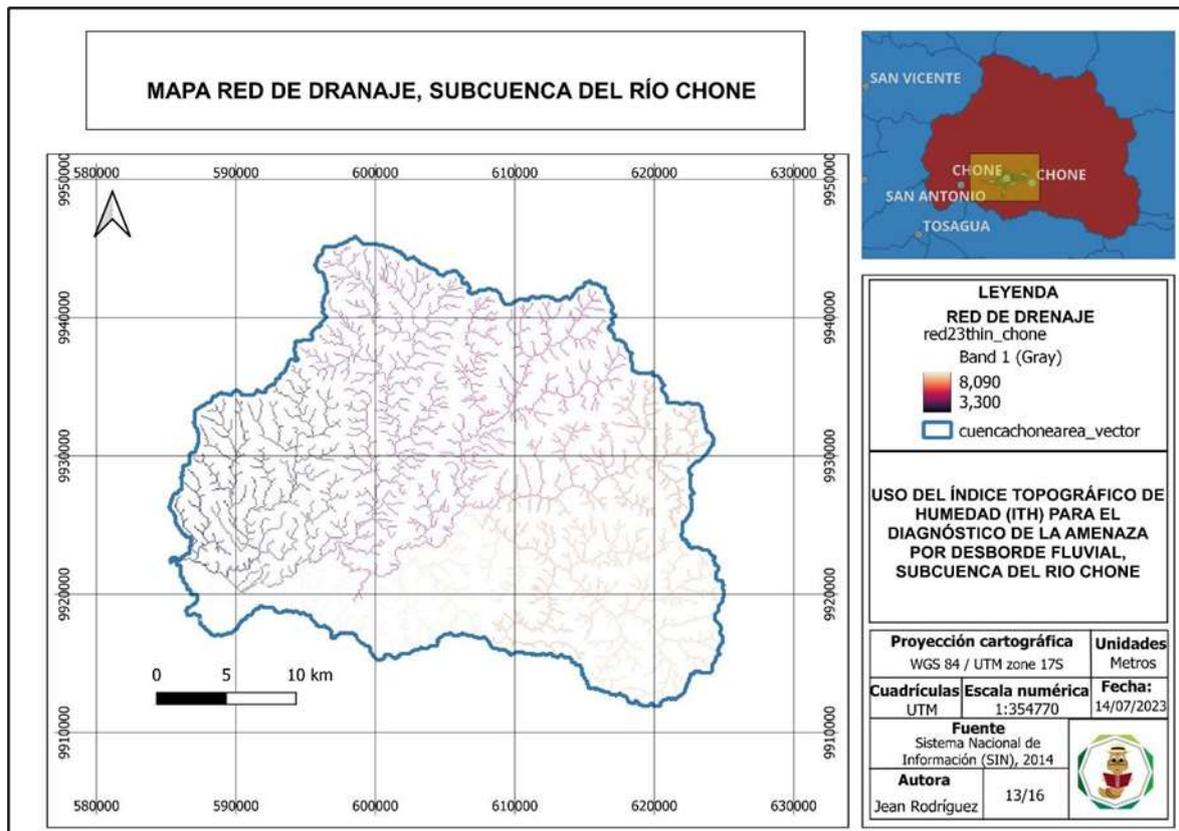


Figura 4.12. Capa vectorial de la red de drenaje

Con la red drenaje se pudo tener una identificación visible de hacia dónde se despliegan los cuerpos hídricos y sus ramificaciones que presentan una forma dendrítica, en este tipo de redes se localizan rocas sedimentarias, ígneas masivas o planas ya que está relacionada con la pendiente y se refiere al transporte de agua gravitacionalmente (Southard, 2022), esta red ya una vez vectorizada, arrojó el siguiente mapa:



**Figura 4.13.** Capa de red de drenaje

La red de drenaje de la subcuenca del río Chone tiene una longitud de 1286,78 km, donde la mayoría de sus ramificaciones son irregulares, unas concentran más agua y otras simplemente la esparcen dependiendo la pendiente. Según Vega (2020) así funciona el método de Horton, ya que ordena las corrientes dentro de una clasificación, dándole distintos valores dentro de una cuenca, uniendo corrientes de primer orden; canales pequeños, formando corrientes de segundo orden, y así sucesivamente, hasta formar grandes escorrentías o un cauce principal. Por lo tanto, también se encontró el cauce principal de la subcuenca del río Chone.

Se evidenció en el programa que a mayor acumulación de agua el cauce resaltó más, mientras que las escorrentías de menor caudal eran más opacas, y que con la herramienta toggle editing, seguida de select features, se eliminaron los efluentes con menor acumulación de agua, dejando solo la red del cauce principal (la que resaltó más).

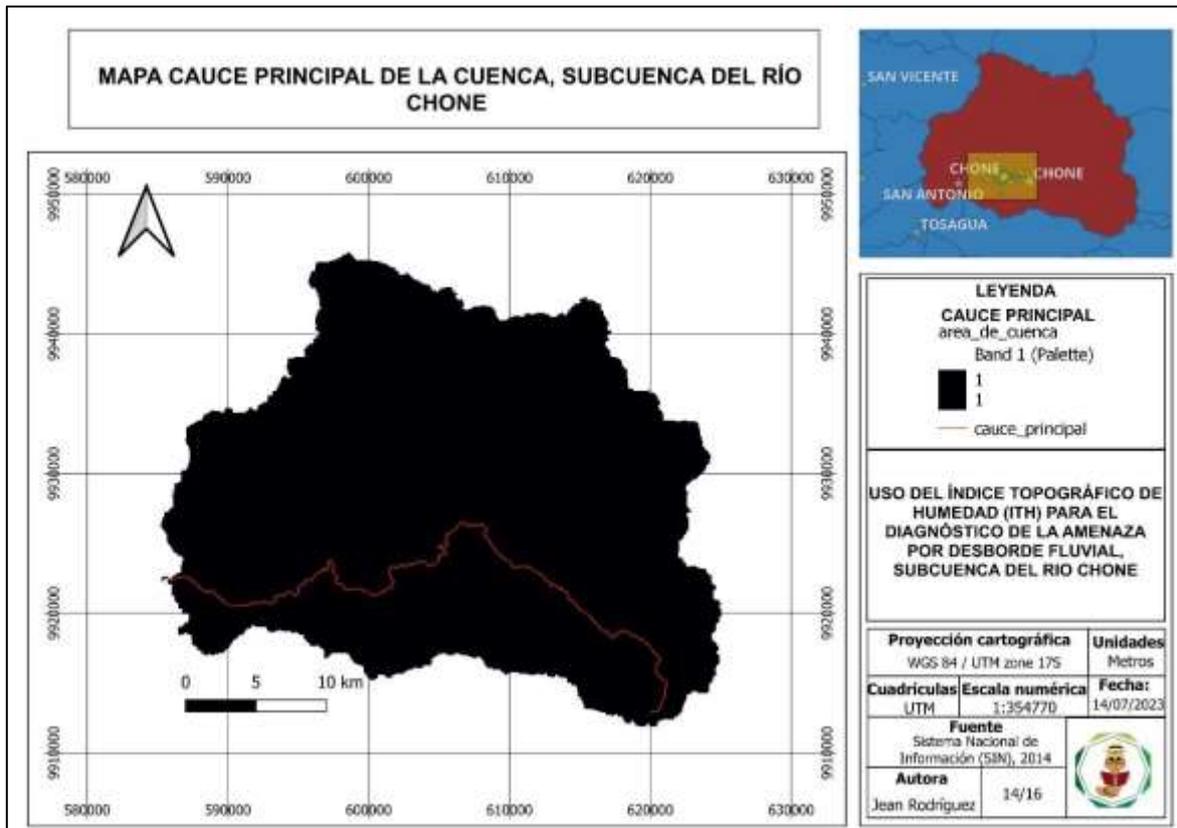


Figura 4.14. Capa de cauce principal

El cauce principal de la subcuenca del río Chone tiene una longitud de 60,54 km, el cual corresponde a la unión del río Chone - río Grande, cruzando toda la ciudad de Chone y la parroquia San Antonio. Gómez et al. (2023) en el proyecto Multipropósito Chone destacan que la longitud de la cause incide en la generación de escorrentía, por tal motivo es significativo para el cálculo de la mayor parte de los índices morfométricos.

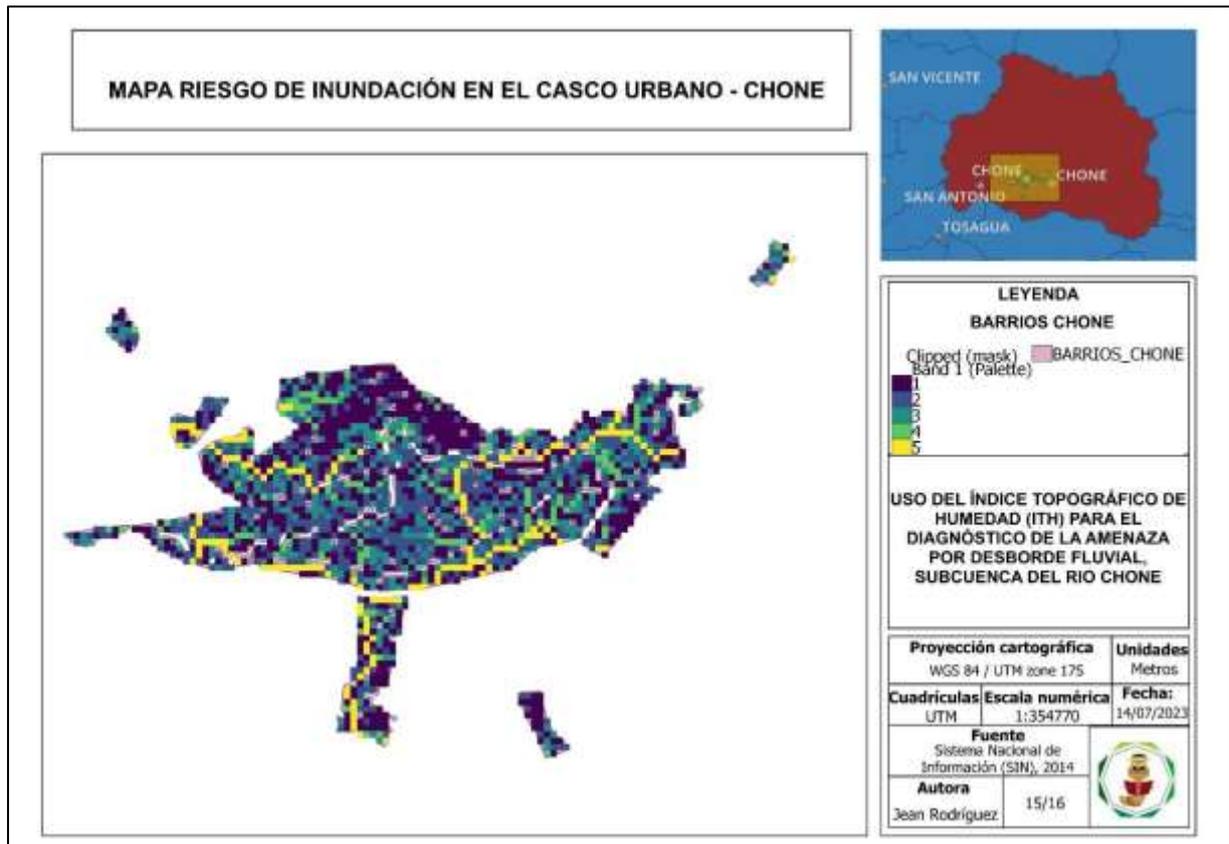


Figura 4.15. Capa riesgo de inundación en el casco urbano

El municipio de Chone, específicamente el departamento de catastro, facilitó el mapa vectorial de los barrios urbanos del cantón, pudiéndose identificar así geográfica y puntualmente cada barrio para luego identificar su índice de humedad y rango de amenaza.

Una vez ya identificados los barrios, se obtuvo la reclasificación, cambiando algunos datos de los rangos que indica el Ministerio de Educación, para que el programa (Qgis) pueda distinguir las zonas con mayor riesgo de inundación y los cuerpos hídricos, como ríos o humedales y no los confunda, dejando como reclasificación los siguientes valores:

Tabla 4.1. Rango y nivel de amenaza

Rango	Grado de Amenaza
0 – 10	Riesgo Muy Bajo
10 – 12	Riesgo Bajo
12 – 14	Riesgo Medio
14 – 16	Riesgo Alto
16 – 100	Riesgo Muy Alto

Cuando los valores fueron ingresados al programa, se obtuvo el siguiente mapa con las zonas reclasificadas en los 5 rangos

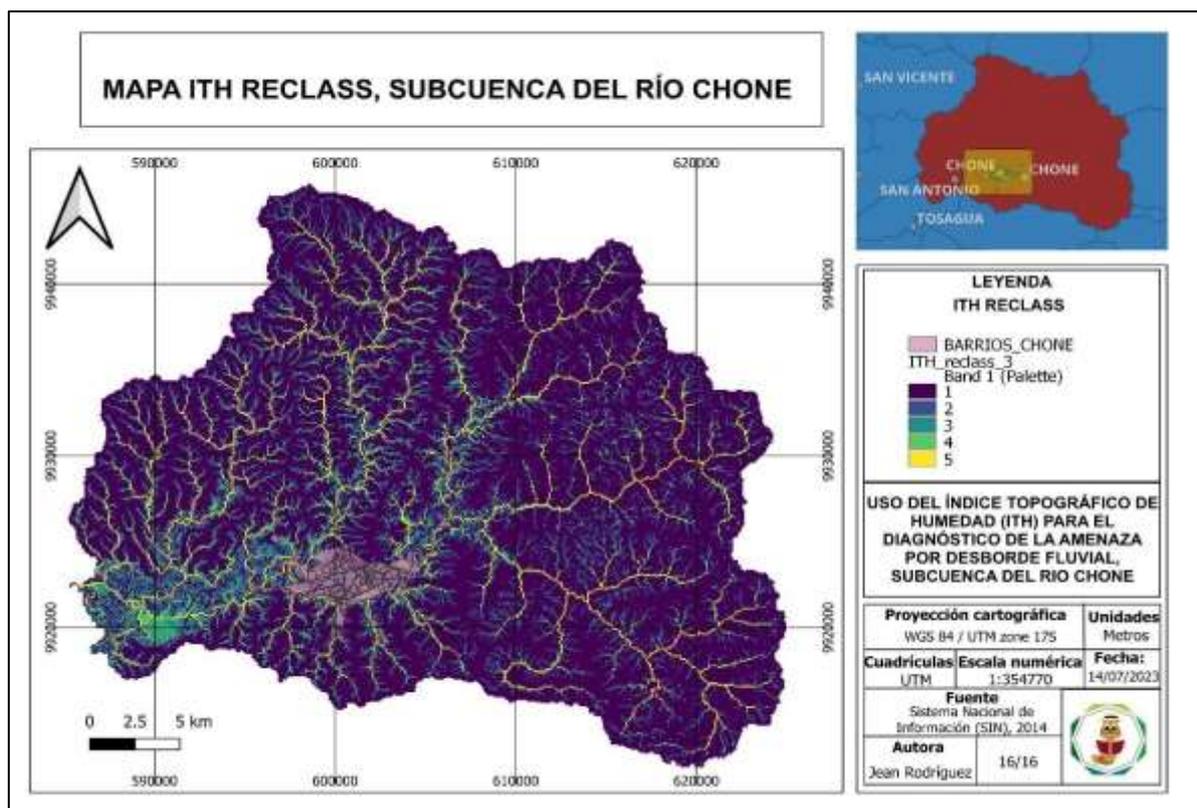


Figura 4.16. Capa de reclasificación del ITH

Los resultados del último mapa, arrojan los barrios ya diferenciados vectorialmente, y una reclasificación de 5 rangos, aunque el Ministerio de Educación (2016) indica que son 4 rangos (véase tabla 2.2), debido a la alta concurrencia de zonas por debajo del

nivel mar en el presente estudio, se necesitaron más rangos, los cuáles son expresados como riesgo, teniendo las zonas clasificadas por números y colores: al 1 como el riesgo muy bajo (morado), al 2 como riesgo bajo (azul), 3 riesgo medio (turquesa), 4 riesgo

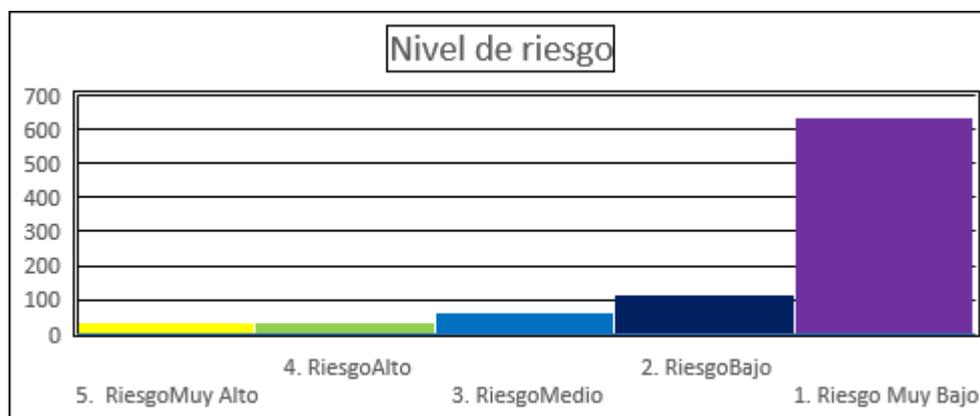


Figura 4.17. Histograma del nivel de riesgo

En este caso, la sub cuenca del río Chone, cuenta con:

Tabla 4.2. Áreas y nivel de riesgo

Nivel de riesgo	Área (km)
Muy alto	36,47 km <sup>2</sup>
Alto	33,99 km <sup>2</sup>
Medio	63,94 km <sup>2</sup>
Bajo	118,09 km <sup>2</sup>
Muy bajo	634,71 km <sup>2</sup>

Evidenciándose que hay casi 70 km<sup>2</sup> de zonas altamente inundables en el cantón Chone sin una debida gestión, propensa a inundaciones, y que el resto está mayormente ubicado en una zona baja.

El mapa ITH reclasificado provee la información sobre aquellos sectores más susceptibles a colapsar por inundación, en donde se reconoce el sector del centro urbano con un mayor riesgo de inundación, y también las zonas del Hospital Napoleón Dávila Córdova, la carretera Vía Chone-Quito, la terminal terrestre Arq. Sixto Durán Ballén, la calle Pichincha, Colón, 7 de Agosto, Salinas, Benito Santos, 24 de Julio y Amazonas, y barrios como Puerto Arturo, El Vergel, Potrerillo, Kennedy, Vargas Pazzos, Carmelita y Los Almendros.

# **ELABORACIÓN DE UN PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL PARA EL RIESGO DE INUNDACIONES ACTUALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO**

## **PLAN DE GESTIÓN PARA INUNDACIONES EN LA SUB CUENCA DEL RÍO CHONE**

### **1. INTRODUCCIÓN**

Chone es un cantón que está ubicado en el centro de la provincia de Manabí, es el más grande con relación a extensión territorial, de acuerdo a su relieve su sitio con mayor altitud es el Cerro Blanco y su relieve más bajo se encuentra en el Suroeste, constituyendo el valle del río Chone, donde está ubicada la zona urbana de dicho cantón. La parroquia urbana Chone, cuenta con una red hidrográfica muy extensa (RÍO Garrapata, río Grande y río Mosquito), por lo cual está propensa a inundaciones.

En épocas de constantes precipitaciones su zona urbana está expuesta a inundaciones, por lo cual es necesario un plan de gestión para dichas crecidas en dicho cantón, en el gobierno del 2008 se empezó un plan llamado, proyecto multipropósito de Chone, donde se pretendía erradicar estas inundaciones o tener un manejo de mitigación para ellas, pero no se culminó, por lo cual, con el estudio del índice topográfico de humedad y teniendo en cuenta las zonas amenazadas por los desbordes de la subcuenca se pretende proponer en conjunto con el municipio, entidades gubernamentales y ciudadanos gestionar de una mejor manera con el plan que se presentará a continuación:

### **2. OBJETIVO Y ÁMBITO**

Formular un plan de gestión o acción para inundaciones en la sub cuenca del río Chone, (Chone, San Antonio y Ricaurte), planteando acciones preventivas o mitigadoras que ayuden a sobrellevar dicho desastre.

En el ámbito social y ambiental, si es cierto, muchos desastres no se pueden evitar, pero las autoridades deben contar con un plan de gestión para la preparación antes de que suceda el desastre o gestiones para la pronta recuperación luego del desastre. Por lo cual el fin de este plan, es direccionar y sugerir acciones para una apta gestión.

### 3. MEDIDAS DE ACTUACIÓN

#### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CORRECCIÓN

La implementación de medidas de prevención permite estar preparados ante un eventual peligro por inundaciones, teniendo en cuenta que la ciudad de Chone es una de las zonas que más alto riesgo presenta ante este fenómeno, por tal motivo, la población debe tener conocimiento de las medidas de prevención que se realicen antes, durante y después de la catástrofe.

Así mismo, la implementación de medidas de corrección permite realizar acciones concretas y accionables, cuyo fin es reducir el riesgo que pudiera ocasionar un desastre de inundación en la zona.

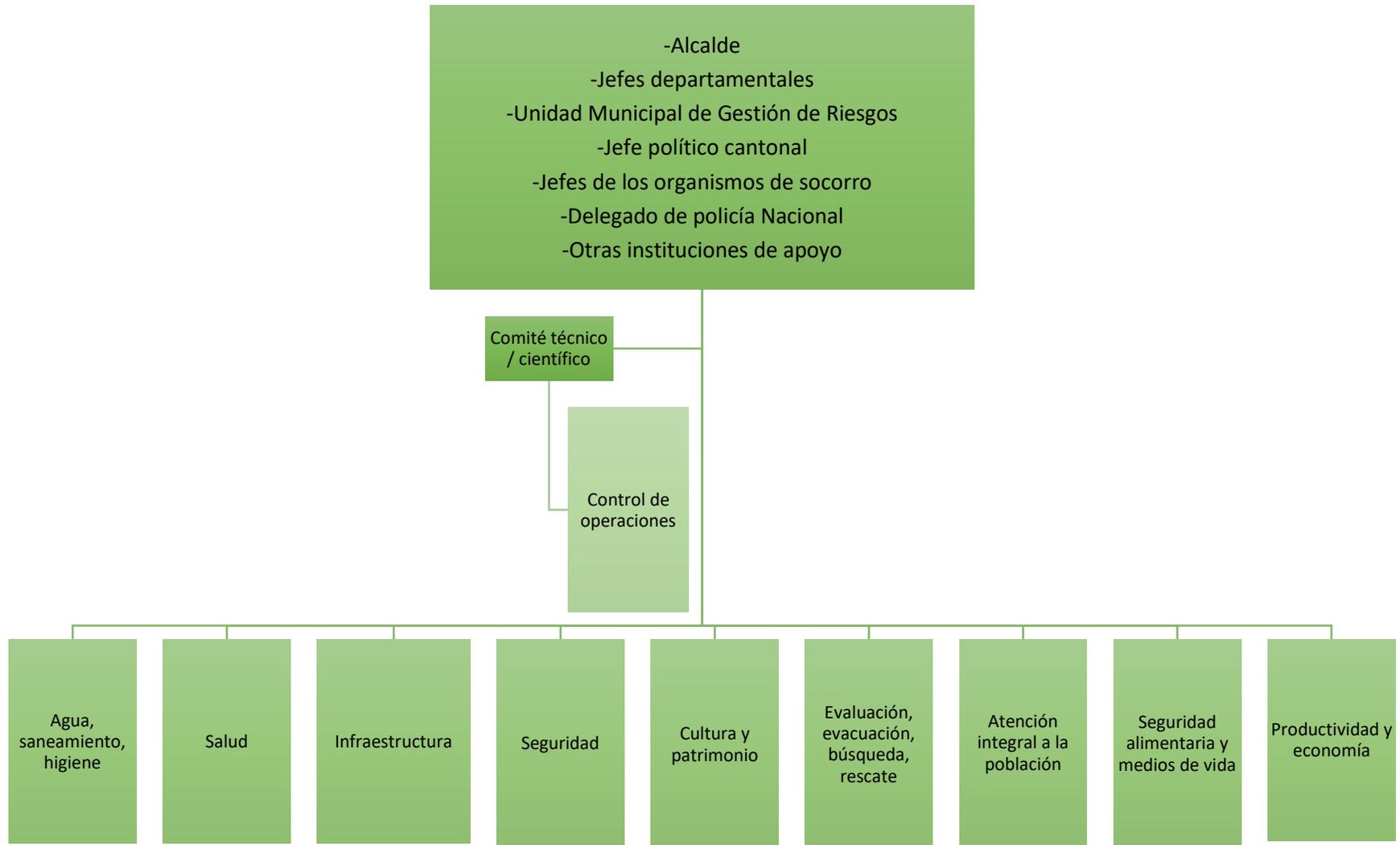
Medidas de prevención	Medidas de corrección
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Realizar construcciones en zonas con bajo riesgo de inundación.</li> <li>▪ Ubicar las zonas más vulnerables, con el fin de evitar asentamientos en dichos espacios.</li> <li>▪ Gestionar una mochila de emergencia por familia donde se encuentren elementos como kit de primeros auxilios, linterna, radio, silbato, dinero y alimentos de conserva.</li> <li>▪ En caso de alto peligro de inundación, cortar suministros de agua y luz y evacuar la vivienda si las autoridades así lo solicitan.</li> <li>▪ Establecer en cada poblado o sector una ruta de evacuación eficiente para dirigirse a las zonas seguras.</li> <li>▪ Durante la catástrofe, alejarse de los cables eléctricos, no intentar cruzar por cauces o quebradas que pueden presentar una crecida repentina, o los escombros pueden resultar hirientes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Realizar un mapa de riesgo en conjunto con los representantes del GAD, tomando en cuenta el ITB, así como la sugerencia en base a las experiencias previas de los pobladores de la zona ubicando aquellos puntos más susceptibles de inundaciones, sus zonas más seguras, rutas de evacuación y puntos estratégicos.</li> <li>▪ Realizar mantenimientos rutinarios a los canales de drenajes y alcantarillas que permiten la circulación de las aguas hacia su punto de desagüe.</li> <li>▪ Construcción de muros de protección en puntos estratégicos del cauce principal identificado como el más caudaloso (río Chone).</li> <li>▪ Educar a la ciudadanía sobre la disposición de desechos sólidos, explicando los riesgos que representan la acumulación de estos en quebradas y ríos.</li> <li>▪ Limpieza recurrente de lechuguinos en la presa multipropósito Chone.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Posterior a la catástrofe no retornar a la zona afectada hasta que las autoridades manifiesten que ya es seguro.</li><li>▪ No administrar alimentos ni bebidas que hayan sido mojadas por las aguas de inundaciones.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ No permitir las excavaciones o cortes que alteren la geomorfología de los cauces o quebradas.</li></ul>
--	---

## 4. ESTRUCTURA, ORGANIZACIÓN Y FUNCIONES

### ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

La estructura organizacional está definida por todos los actores del cantón, organizando los roles y las funciones de la gestión local de riesgo.



## FUNCIONES

Roles para el manejo de riesgo	Funciones
Comité de gestión de riesgo	Gestionar los niveles de alerta para la activación de las medidas
	Monitorear la probabilidad de evento de inundación
Comité de gestión de riesgo y equipo encargado	Notificar la identificación de poblaciones más vulnerables ante inundaciones Ejecutar las acciones de mitigación

## 5. PLANES DE ACTUACIÓN DE AMBITO LOCAL

### PLAN DE ACCIÓN

El plan de acción va dirigido hacia las comunidades, población, y entes rectores que interactúan para gestionar la correcta planificación en el análisis de riesgo por inundación. Por medio de este se da apertura al desarrollo de un plan de acción completo tomando en cuenta las prioridades de la población que deben ser implementadas con mayor urgencia.

Problema	Acción	Responsable	Método	Necesidad
Establecimientos residenciales en zonas propensas a inundaciones	Programas para el mantenimiento y mejoramiento de canales de drenaje en zonas propensas	GAD cantonal Chone	Apoyo interinstitucional	Estudio de erogación de recursos económicos  Apoyo comunitario
Deterioro de los cauces y quebradas a causa de la mala gestión de residuos sólidos y la falta de limpieza	Campaña de capacitación y limpieza de los canales afectados por la mala gestión de residuos sólidos	GAD cantonal de Chone  Jefe político cantonal	Apoyo interinstitucional	Contratación de maquinaria especializada o municipal en la limpieza de canales de drenaje  Apoyo comunitario
Poco conocimiento de la población en prevención de	Campaña de capacitación y socialización de las medidas de mitigación	GAD cantonal de Chone	Apoyo interinstitucional	Estudio de erogación de recursos económicos

riesgos por  
inundacionesy corrección  
propuestasJefe político  
cantonal

Apoyo comunitario

La correcta ejecución del plan de acción será evaluada mediante el uso de indicadores por cada acción propuesta, como se detalla en la siguiente tabla.

Acción	Duración	Método de verificación	Indicador
Programas para el mantenimiento y mejoramiento de canales de drenaje en zonas propensas	2 meses	Informes de actividades realizadas, registro fotográfico	Canales mejorados / canales por mejorar
Campaña de capacitación y limpieza de los canales afectados por la mala gestión de residuos sólidos	3 meses	Informe de capacitación, registro fotográfico	Número de capacitaciones realizadas Número de canales limpiados
Campaña de capacitación y socialización de las medidas de mitigación y corrección propuestas	2 meses	Informe de capacitación, registro fotográfico, ficha de asistencias	Número de capacitaciones realizadas

El plan de gestión es un recurso que permite tomar acciones para minimizar el nivel de riesgo ocasionado por las inundaciones en la subcuenca del río Chone, siendo la ciudad de Chone la que más recurrentemente sufre este evento. Su garantía no solo dependerá de la eficacia de las medidas planteadas, sino de la correcta ejecución de las mismas, en lo cual deben vincularse los actores tanto sociales como administrativos, y la voluntad de invertir en la mejora continua de los ecosistemas.

# **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **5.1. CONCLUSIONES**

- El índice topográfico de humedad en la zona de estudio tiene un rango de 4.84 a 22.68, los valores más bajos indican las zonas menos húmedas, considerando que este índice se basa en la morfometría del terreno, esto coincide con las zonas más altas en la cuenca de estudio.
- Aproximadamente 70 km<sup>2</sup> de la subcuenca del río Chone se sitúan en un nivel de riesgo de inundación alto y muy alto, el río Chone atraviesa todo el centro de la ciudad, la cual tiene una forma cóncava, existiendo lugares que se encuentran bajo el nivel del mar, por lo cual, la ciudad de Chone sufre reiteradas inundaciones.
- Se prevé que a través del plan de gestión para el control de inundaciones se logre disminuir los daños que puedan causar estos eventos climáticos en la zona de estudio.
- En función de la idea a defender, por medio del ITH se mostraron las zonas con mayor riesgo de inundación en el cantón Chone, siendo el casco urbano el que presenta mayor acumulación de estas zonas, por lo que las medidas de actuación son dirigidas principalmente a la prevención del riesgo en la ciudad de Chone.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Promover el uso del ITH en el cálculo del riesgo de inundaciones puesto que tiene un alto valor científico en dichos estudios.
- Los planes de ordenamiento territorial del cantón deben considerar que el casco urbano crezca hacia zonas más altas y así disminuir los daños ocasionados por las inundaciones.
- Considerar la difusión de los resultados junto con el plan de gestión al GAD cantonal a través de los convenios firmados con la ESPAM MFL.

- Realizar acciones de forestación en áreas con un mayor ITH, asimismo en el recorrido del cauce y la protección de pendiente

## BIBLIOGRAFÍA

- Abreu, J. (2014). El método de la Investigación. *International Journal of Good Conscience*.
- Agüero, J., y Garay, D. (2018). Delimitación Hidrográfica y Caracterización Morfométrica de la Cuenca del río Azulón. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Alcocer, C; Ramos, R; Romero, W y Vázquez, R. (2019). Propuesta de reubicación de colonias identificadas sobre zonas de riesgo por inundación en Tixtla de Guerrero aplicando sistemas de información geográfica. *Innova e ingeniería*. 98-103.  
<https://innovaingenieria.uagro.mx/innova/index.php/innova/article/view/36/23>
- Alonso, J. (2021). Zonificación del riesgo por inundación en el tramo urbano del río Piura en situaciones de FEN. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería.
- Alonso, D. (4 de diciembre de 2022). Qué es y qué podemos hacer con GRASS GIS. Obtenido de MappinGIS: <https://mappinggis.com/2016/05/puedo-grass-gis-7/>
- Apraes, D y Arévalos, 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*. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral].  
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/53559/1/T-111627%20APRAES-AREVALO.pdf>
- Arriola, G; Coronado, O; Sotomayor, G; Villegas, D; Caballero, R y Olaya, T. (2022). *Evaluación del riesgo de inundación empleando un sistema de información geográfica y modelamiento hidráulico aplicados al río la leche Lambayeque*. *Epistemia*, 6(1), 60-73.  
<https://revistas.uss.edu.pe/index.php/EPT/article/view/2132/2685>
- Arteaga, M. (2017). Evaluación del modelo hidrológico HEC-HMS para la predicción hidrológica y de crecidas, en la cuenca baja del río Cañar. [Tesis de postgrado, Escuela Politécnica Nacional].  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/18365>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2016). *Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo. Registro Oficial No. 790*.  
<http://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu166410.pdf>

- Benítez, A. (2019). Análisis y evaluación de riesgos por movimientos en masa e inundaciones en la zona urbana del cantón Bucay. [Tesis de grado, Universidad De Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/44648#:~:text=A%20partir%20de%20las%20amenazas,nivel%20alto%20y%20muy%20alto>.
- Bosque, J., & García, R. (2000). El uso de los sistemas de información geográfica en la planificación territorial. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*.
- Burgos, B; Cartaya, S y Mero, D. (2019). Análisis de la vulnerabilidad a inundaciones de la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga, provincia de Manabí, Ecuador. *Investigaciones Geográficas*, (98), 1-14. <https://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n98/2448-7279-igeo-98-3.pdf>
- Cadena, P., Aguilar, R., Salinas, J., de la Cruz, E., del Rosario, F., & Sangerman, D. (2017). Métodos cuantitativos, métodos cualitativos o su combinación en la investigación: un acercamiento en las ciencias sociales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*.
- Cánovas, F., González, V., Oñate, F., Fries, A., Pucha, F., & Pucha, D. (2017). *Fundamentos de SIG: aplicaciones con ArcGIS*. Ediloja Cia. Ltda.
- Canto, A. d. (2013). Metodología cuantitativa: abordaje desde la complementariedad en ciencias sociales. *Revista de Ciencias Sociales*.
- Cárdenas, K. (2018). Análisis general de la gestión del riesgo por inundación en Colombia. *Revista Científica en Ciencias Ambientales y Sostenibilidad CAS*. 4(1). 40-46. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/CAA/article/view/335841/20791463>
- Carner, J y Galíndez, J. (2021). *Hacia la gestión del riesgo: evaluación de daños por inundaciones urbanas e implementación de medidas estructurales*. Congreso latinoamericano de hidráulica México, 15 al 19 de noviembre de 2021 evento virtual. [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/129098/Documento\\_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/129098/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cartaya, S., & Montuano, E. (2016). Identificación de zonas de riesgo de inundación mediante la simulación hidráulica en un segmento del río Pescadillo, Manabí, Ecuador. *Revista de Investigación*, vol. 440, 161.
- Cerna, A; Chávez, Martín y Florida, N. (2021). Estimación empírica de la probabilidad de eventos letales causados por inundaciones en Perú. *Revista Ciencia UNEMI*, 14(37), 29-38.

<https://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/download/1316/1341/#:~:text=De%20acuerdo%20con%20la%20Tabla,aproximadamente%20se%20encontrar%C3%A1n%2027%20muertos.>

Constitución de la República del Ecuador. (2008). Elementos constitutivos del Estado. [https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4\\_ecu\\_const.pdf](https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf)

Datta, S., Karmakar, S., Mezbahuddin, S., Hossain, M. M., Chaudhary, B. S., Hoque, Md. E., Abdullah Al Mamun, M. M., y Baul, T. K. (2022). The limits of watershed delineation: Implications of different DEMs, DEM resolutions, and area threshold values. *Hydrology Research*, 53(8), 1047-1062. <https://doi.org/10.2166/nh.2022.126>

De la Cruz, S; Mendoza, C; Pezo, P; Ascoy, K; González, T y Mejía, H. (2022). Delimitación de una cuenca con ArcGIS. *Revista Multidisciplinar Ciencia Latina*, 6(2). 546-561

*Defensa contra las Avenidas.*  
<https://www.chj.es/descargas/proyectosdt/MARINA%20BAJA%20DEFINITIVA/PLAN%20DIRECTOR%20MARINA%20BAIXA/AP%C3%89NDICES/AP%C3%89NDICE%206.%20ESTUDIO%20HIDROL%C3%93GICO.pdf>

Díaz, V. (2019). *Determinación de las áreas de amenaza por avenidas torrenciales, mediante análisis multicriterio para efectuar la amenaza en la cuenca alta del río negro, departamento Cundinamarca*. [Tesis de grado, Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/32086/DiazGarnicaVivianaCarolina2019.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Díaz, V. (2019). *Determinación de las áreas de amenaza por avenidas torrenciales, mediante análisis multicriterio para efectuar la amenaza en la cuenca alta del río negro, departamento Cundinamarca*. [Tesis de grado, Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/32086/DiazGarnicaVivianaCarolina2019.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Doell, P., y Lehner, B. (2002). Validation of a new global 30-min drainage direction map. *Journal of Hydrology*, 258, 214-231. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(01\)00565-0](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(01)00565-0)

Echeverría, C. (2020). *Uso de la humedad del suelo superficial obtenida por satélite para la implementación de un modelo ecohidrológico distribuido. Caso de*

*estudio: cuenca de la rambla de la viuda (España)*. [Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Valencia].  
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/139521/Echeverria%20-%20USO%20DE%20LA%20HUMEDAD%20DEL%20SUELO%20SUPERFICIAL%20OBTENIDA%20POR%20SAT%20c3%89LITE%20PARA%20LA%20IMPLEMENTACI%20c3%93N....pdf?sequence=1&isAllowed=y>

El Comercio. (2017). Unas 2.500 familias afectadas por inundaciones por lluvia en Manabí. <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/familias-afectadosinundaciones-lluvia-manabi.html>

Farias, B; Márquez, E y Rey, D. (2020). Plan de gestión sustentable de riesgo de inundación: una propuesta desde Carabobo, Venezuela. *REDER*, 4(1). <https://www.revistareder.com/ojs/index.php/reder/article/view/42/45>

Fernández, F. (2022). *Diseño de estrategias para la prevención y protección del desborde del río Mala, provincia Cañete 2020*. [Tesis de grado, Universidad Nacional José Faustino]. [http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/6421/andrea%20magaly%20gamarra%20ventura\\_compressed.pdf?sequence=1&isallowed=y](http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/6421/andrea%20magaly%20gamarra%20ventura_compressed.pdf?sequence=1&isallowed=y)

Figuroa, M; Martínez, C; Ortiz, S y Fernández, D. (2018). Influencia de los factores formadores en las propiedades de los suelos en la Mixteca, Oaxaca, México. *Terra Latinoamericana*, 36, 287-299. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v36n3/2395-8030-tl-36-03-287.pdf>

Figuroa, M; Martínez, M; Ortiz, C y Fernández, D. (2018). Influencia de los factores formadores en las propiedades de los suelos en la Mixteca, Oaxaca, México. *Terra Latinoamericana*, 36, 287-299. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v36n3/2395-8030-tl-36-03-287.pdf>

Flores, E y Álvarez, Y. (2022). Estimación de los niveles de vulnerabilidad en los asentamientos humanos frente a inundaciones en la cuenca hidrográfica del Río Daule. *Revista De Producción, Ciencias E Investigación*, 6(43),322-332. <https://journalprosciences.com/index.php/ps/article/view/547/593>

Giraldo, C y Anchundia, A. (2021). Evaluación de zona urbana educativa ante amenazas de riesgo de inundación. Río Portoviejo. *Revista Riemat Julio*, 6(2), 1-16. <https://190.15.136.223/index.php/Riemat/article/view/4289/4111>

Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Portoviejo. (2015). *Propuesta de desarrollo estratégico del cantón Portoviejo*. <https://www.portoviejo.gob.ec/wp-content/uploads/2020/09/1.-Plan-de-Desarrollo-Portoviejo.pdf>

- Gómez, J., & Jaramillo, Y. (2020). Predicción de zonas de amenazas de inundación por desborde de ríos. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Gómez, M; Aroca, J; Benavides, M; Cevallos, D; Hidalgo, J; Erazo, J. (2023). *Proyecto Multipropósito Chone*.  
[https://www.academia.edu/25705265/AVANCE\\_CUENCA\\_RIO\\_CHONE](https://www.academia.edu/25705265/AVANCE_CUENCA_RIO_CHONE)
- Guataquira, M. (2018). *Análisis de movimientos en masa mediante la aplicación de SIG en la ciudad de Villavicencio en el sector cerro de Buenavista*. [Tesis de grado, Universidad Santo Tomás].  
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/12019/2018manuelguataquira.pdf?sequence=1>
- Hermenejildo, A. (2015). Modelo de Amenaza por Inundación en el manejo de Microcuencas de Drenajes a escala 1:25.000 Caso para el sector de Monte Sinaí-Ecuador. [Tesis de postgrado, Universidad San Francisco De Quito USFQ]. <https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/4951>
- Hernández, W. (2022). *Análisis de riesgo por inundación en la colonia platana, reforma Chiapas*. [Tesis de grado, Universidad de Ciencias y artes de Chiapas]. <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/4524>
- Hirt, C. (2018). Artefact detection in global digital elevation models (DEMs): The Maximum Slope Approach and its application for complete screening of the SRTM v4.1 and MERIT DEMs. *Remote Sensing of Environment*, 207, 27-41.  
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.12.037>
- Ibáñez, S., Moreno, H., y Gisbert, J. (2010). *Morfología de las cuencas hidrográficas*. Escuela técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural.  
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10782/Morfolog%C3%ADa%20de%20una%20cuenca.pdf>
- Jiménez, J. (2016). Algebra Booleana. Arquitectura de Computadoras de Patricia Quiroga.
- Ledesma, C., Morales, H., Elena, H., & Noe, Y. (2014). Sistemas de Información Geográfica con Qgis 2.x. laboratorio de teledetección y SIG grupo de recursos naturales INTA EEA SALTA.
- Leiva, N. (2012). Metodología para el cálculo de la humedad del suelo usando parámetros topográficos (MDE), climáticos y edáficos en un sector del

pedemonte deposicional del municipio de Villavicencio. Universidad Nacional de Colombia.

- Londoño, E. (2018). Diseño de un sistema de alerta temprana (SAT) para prevención de inundaciones en el cantón tena de la provincia de Napo. [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica Del Ecuador]. <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/15990/Dise%c3%b1o%20de%20un%20Sistema%20de%20Alerta%20Temprana%20para%20prevenci%c3%b3n%20de%20i.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lucas, G. (2018). Análisis del riesgo por inundación en la localidad de roblecito, cantón Urdaneta: propuesta de medidas de mitigación. [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/29502/1/TESISGIUSEPPE%20LUCAS%20VERA.pdf>
- Marwaha, N., y Duffy, E. (2021, marzo 12). *Everything you need to know about Digital Elevation Models (DEMs), Digital Surface Models (DSMs), and Digital Terrain Models (DTMs)*. UP42 Official Website. <https://up42.com/blog/everything-you-need-to-know-about-digital-elevation-models-dem-digital>
- Meléndez, J. (2018). La identificación de las cabeceras de cuencas hidrográficas: métodos y aplicaciones. *Revista Investigaciones sociales*, 22(40). 111-120.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y medio ambiente (2013). *Plan director*
- Ministerio de Educación (2016). Libro 2.1. Instructivo para elaborar el diagnostico de riesgos.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2011). *Guía Metodológica Para el Desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables*. Gobierno de España.
- Muñoz, L y Vera, D. (2021). *Evaluación de la influencia de la cobertura vegetal en la protección hidrológica del sitio brisas – Quiroga, cuenca media del Río Carrizal*. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix López]. <http://190.15.136.145/bitstream/42000/1446/1/TTMA33D.pdf>
- Narváez, A. (2019). *Determinación de la capacidad de acogida para localización de albergues multipropósito en caso de desastres naturales mediante técnicas de evaluación multicriterio. caso de estudio: parroquia Portoviejo*. [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica Del Ecuador]. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/16184>

- Nova, K; Ordoñez, M y Aguilar, T. (2020). Evaluación del nivel de la vulnerabilidad ante el fenómeno de inundación en Montería – Colombia. Caso de estudio. *Revista Espacio*, Vol. 41(21), 185-196. <https://www.revistaespacios.com/a20v41n21/a20v41n21p15.pdf>
- Novillo, N; Olmedo, P; Pérez, y Rojas, Y. (2018). *Aproximaciones al estudio de la relación entre ciudades y cambio climático*. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/58030.pdf#page=44>
- Organización Meteorológica Mundial. (2021). *Estado de servicios climáticos agua*. [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=10826](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10826)
- Osés, N y Foudi, S. (2020). Valoración de riesgos por inundaciones. *Presupuesto y Gasto Público*, 261-281. [https://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/42326/Oses\\_ValoracionRiesgos.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/42326/Oses_ValoracionRiesgos.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Pacheco, T; Rodríguez, E; Loo, L y Arteaga, I. (2021). Valoración económica del impacto de la inundación de febrero 2019 en la Unión, Santa Ana, Manabí, Ecuador. *Revista San Gregorio*, (43), 21-35. <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/rsan/n43/2528-7907-rsan-43-00021.pdf>
- Peña, J. (2021). *Zonificación del riesgo por inundación en el tramo urbano del río Piura en situaciones de FEN*. [Tesis de grado, Universidad de Piura]. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/5220#:~:text=La%20tesis%20tiene%20como%20objetivo,caudales%20representativos%20de%20la%20zona>
- Ríos, R. (2017). *Análisis de la implementación del modelo hidrológico distribuido tetis en el ámbito regional de la demarcación hidrográfica del Júcar utilizando información estándar*. [Tesis de máster, Universidad Politécnica de Valencia]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/77511/RIOS%20-%20AN%C3%81LISIS%20DE%20LA%20IMPLEMENTACI%C3%93N%20DEL%20MODELO%20HIDROL%C3%93GICO%20DISTRIBUIDO%20TETIS%20EN%20EL%20%C3%81MBITO%20REGION....pdf?sequence=1>
- Roa, J y Kamp, U. (2012). Uso del índice topográfico de humedad (ITH) para el diagnóstico de la amenaza por desborde fluvial, estado Trujillo-Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana*, 53, 109-126. [https://www.researchgate.net/publication/272887866\\_Uso\\_del\\_indice\\_topografico\\_de\\_humedad\\_ITH\\_para\\_el\\_diagnostico\\_de\\_la\\_amenaza\\_por\\_desborde\\_fluvial\\_estado\\_Trujillo-Venezuela](https://www.researchgate.net/publication/272887866_Uso_del_indice_topografico_de_humedad_ITH_para_el_diagnostico_de_la_amenaza_por_desborde_fluvial_estado_Trujillo-Venezuela)
- Rojas, O; Mardones, M; Arumi, J; Aguayo, M. (2014). Una revisión de inundaciones fluviales de Chile, período 1574-2012: causas, recurrencia y efectos geográficos. *Revista de Geografía Norte Grande*, 57: 177-192. [https://www.researchgate.net/publication/264537155\\_Una\\_revisión\\_de\\_inu](https://www.researchgate.net/publication/264537155_Una_revisión_de_inu)

ndaciones\_fluviales\_en\_Chile\_perodo\_1574-  
2012\_causas\_reurrencia\_y\_efectos\_geograficos

- Santana, H y Lima, P. (2021). Propuesta de obra para el control de inundaciones en la cuenca baja del río Portoviejo, sector el Horcón - Ceibal, cantón Rocafuerte - Manabí – Ecuador. *Polo del conocimiento*, 6(9), 2305-2331
- Secretaría de Agricultura de la Provincia de Córdoba. (2017). *Ordenamiento de los escurrimientos hídricos de las cuencas de los ríos Carnero, Guanusacate, Pinto, Los Mistoles y otros arroyos menores*. [https://srjm.org.ar/suelos/Barrancas/plan%20master/OMIXON\\_Final.pdf](https://srjm.org.ar/suelos/Barrancas/plan%20master/OMIXON_Final.pdf)
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2016). *Consolidado de eventos adversos y afectaciones. Secretaría de Gestión de Riesgos*. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec>
- Sevillano, M. (2020). *Amenaza, vulnerabilidad y gestión de riesgo por inundación desde el ordenamiento territorial. La realidad urbana de Santiago de Cali, Colombia*. [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez]. <http://erecursos.uacj.mx/handle/20.500.11961/5747>
- SNGR (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos) (2016). Consolidado de eventos adversos y afectaciones. Secretaría de Gestión de Riesgos. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/>
- Southard, J. (2022, octubre 30). Redes de Drenaje. LibreTexts Español. [https://espanol.libretexts.org/Geociencias/Geograf%C3%ADa\\_\(F%C3%AD66sica\)/El\\_ambiente\\_de\\_la\\_superficie\\_terrestre\\_\(Southard\)/05%3A\\_R%C3%ADos/5.10%3A\\_Red\\_de\\_Drenaje](https://espanol.libretexts.org/Geociencias/Geograf%C3%ADa_(F%C3%AD66sica)/El_ambiente_de_la_superficie_terrestre_(Southard)/05%3A_R%C3%ADos/5.10%3A_Red_de_Drenaje)
- Torres, J; Hechavarría, J y Lomas, M. (2018). Metodología de ordenamiento territorial para el análisis de sistemas hídricos en Guayaquil, Ecuador. *Opuntia Brava*, 10(4). 1-11. <https://opuntiabrava.ult.edu.cu/index.php/opuntiabrava/article/view/633#:~:text=En%20el%20art%C3%ADculo%20se%20describe,informaci%C3%B3n%20asociada%20a%20la%20delimitaci%C3%B3n>
- Valdez, S. (2018). *Mapas y sus tipos*. <https://es.calameo.com/read/00645898547220ddc6f21>
- Vargas, G. (2017). *Riesgo físico frente a inundaciones fluviales y pluviales en la cabecera parroquial Rocafuerte del cantón Rioverde, provincia de Esmeraldas, Ecuador*. [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica Del Ecuador]. <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14441/riesgo%20f%C3%ADsico%20frente%20a%20inundaciones%20fluviales%20y%20pluviales%20en%20la%20cabecera%20parroquial%20rocafuerte%20de.pdf?sequence=1&isallowed=y>

- Vega, X. (2020). Diferentes soluciones para la delimitación y codificación de cuencas superficiales cubanas. Scielo. Vol.41
- Velasco, C y Benalcázar, D. (2022). Aproximación al modelo de gestión mancomunado de la cuenca del río Portoviejo para la reducción de riesgos presentes y futuros. *Revista Internacional de administración*, 12. 31-47. <https://revistas.uasb.edu.ec/index.php/eg/article/view/3449/3293><https://dilemascontemporaneoseduccionpoliticayvalores.com/index.php/dilemas/articloe/view/2598/2635>
- Vincenti, S. S., Puetate, A. R., Acevedo, R. L., Borbor-Córdova, M. J., y Stewart-Ibarra, A. M. (2016). Análisis de inundaciones costeras por precipitaciones intensas, cambio climático y fenómeno de El Niño. Caso de estudio: Machala. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 24(2), 53-68.

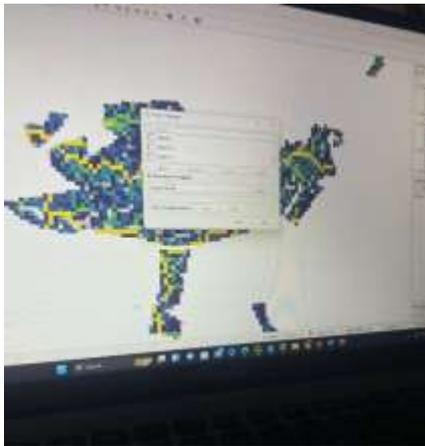
## ANEXOS



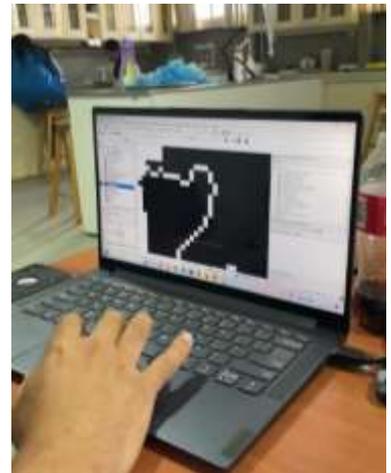
Anexo 1. Familiarización de Qgis



Anexo 2. Clases de Qgis



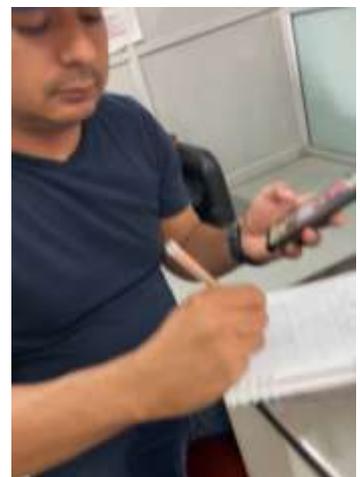
Anexo 3. Creación de mapas



Anexo 4. Revisión de resultados



Anexo 5. Comparación de datos



Anexo 6. Actualización de datos



