UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO.

TEMA:

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS MULTICRITERIO IDRISI KILIMANJARO Y DEL SNGRE PARA ZONAS SUSCEPTIBLES A INUNDACIONES EN LA PARROQUIA RURAL LICÁN DEL CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

AUTORES:

ARGENYS NAHIN BARRAGÁN BARREZUETA
MARÍA MERCEDES REA CANDO

TUTOR:

ING. LUIS VILLACIS, MSC

GUARANDA-ECUADOR
2020

CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO, EMITIDO POR EL TUTOR

Guaranda, 11 de Agosto 2020

El suscrito Ingeniero Luis Villacis Taco MsC, Director de Proyecto de Investigacion de Pre Grado de la Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente-Tutor.

CERTIFICA:

Que el proyecto de investigación titulado "ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS MULTICRITERIO IDRISI KILIMANJARO Y DEL SNGRE PARA ZONAS SUSCEPTIBLES A INUNDACIONES EN LA PARROQUIA RURAL LICAN DEL CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO". Realizado por: **Argenys Nahin Barragán Barrezueta, María Mercedes Rea Cando** ha sido debidamente revisado e incorporado las observaciones realizadas durante las asesorías; en tal virtud, autorizo su presentación para la aprobación respectiva de acuerdo al reglamento de la Universidad.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a verdad, facultando a los interesados dar al presente documento el uso legal que estimen conveniente.

ING. LUIS VILLACIS TACO MSC.

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE PRE GRADO

TEMA

"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS MULTICRITERIO IDRISI KILIMANJARO Y DEL SNGRE PARA ZONAS SUSCEPTIBLES A INUNDACIONES EN LA PARROQUIA RURAL LICAN DEL CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO."

Dedicatoria

El presente trabajo se lo dedico a mis padres y hermanos, quienes han sido el motor para no rendirme y conseguir aquello que me propongo.

La familia siempre es primero.

Argenys Nahin Barragán Barrezueta.

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico a Dios, por permitirme haber llegado al momento más importante de mi vida, a mi madre y a mis abuelitas quienes han implantado en mi los mejores valores y que con su amor, paciencia, esfuerzo y apoyo incondicional fueron un pilar fundamental en mi proceso de formación profesional con lo cual me he permitido cumplir una meta más en mi vida.

María Mercedes Rea Cando

Agradecimiento

Primero agradezco a Dios por darme la vida, segundo a mis padres, por el apoyo de todos estos años, amor incondicional que se ha convertido en compromiso y dedicación, a mis hermanos por creer en mí y a mis amigos, por el granito de arena cuando lo necesité.

Dios le pague.

Argenys Nahin Barragán Barrezueta.

Agradecimiento

En primer lugar quiero expresar mi agradecimiento a Dios por bendecirme cada día, por guiarme a lo largo de mi existencia y por ser la fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

Agradezco a mi madre por ser un apoyo incondicional, por confiar en mí desde que inicie mi etapa académica en esta carrera, de igual manera a mis abuelitas y hermana/os quienes con sus consejos han hecho de mí una persona de bien, segura y capaz de lograr mis objetivos, a mi padre que aunque no esté entre nosotros sé que está orgulloso de la persona en la que me he convertido y por haber cumplido con el objetivo que me propuse.

Son muchas las personas a las cuales quisiera expresarle mi agradecimiento infinito por la amistad brindada, el apoyo y los consejos, quienes han estado para mí de manera incondicional en los momentos más difíciles de mi vida por los cuales he tenido que pasar.

María Mercedes Rea Cando.

INDICE

RESUMEN EJECUTIVO XI

INTRODUCCION XII

CAPITULO I 14

EL PROBLEMA 14

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 14

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA. 15

1.3. OBJETIVOS 15

1.3.1. Objetivo general. 15

1.3.2. Objetivos específicos. 15

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 15

1.5. LIMITACIONES 16

CAPITULO II 17

MARCO TEÓRICO 17

2.1. MARCO REFERENCIAL 17

2.1.1 Antecedentes de eventos peligrosos ocurridos en Riobamba 19

2.1.2 Antecedentes de Inundaciones 20

2.1.2.1 Antecedentes de inundaciones de la parroquia Licán 21

2.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 21

2.3. BASES TEÓRICAS 25

2.4. ENFOQUE PARA LA DETERMINACIÓN DE ZONAS SUSCEPTIBLES A INUNDACIÓN 26

2.5. LÓGICA FUZZY O DIFUSA. 28

2.6. PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO. (MATRIZ DE SAATY) 28

2.7. FUNDAMENTACIÓN LEGAL 29

2.8. GLOSARIO DE TÉRMINOS 32

CAPÍTULO III 34

MARCO METODOLÓGICO 34

3.1. NIVEL DE INVESTIGACIÓN 35

3.2. DISEÑO 35

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 35

3.4. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS 37

3.4.1. Técnica Aplicada Para El Objetivo 1 37

3.4.2. Técnica Aplicada Para El Objetivo 2. 38

3.4.3. Técnica Aplicada Para El Objetivo 3. 41

CAPITULO IV 42

RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS 42

4.1. RESULTADOS SEGÚN OBJETIVO 1: 42

4.2. RESULTADOS SEGÚN OBJETIVO 2: 48

4.3. RESULTADOS SEGÚN OBJETIVO 3: 54

CAPITULO V 56

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 56

5.2. RECOMENDACIONES 57

BIBLIOGRAFÍA 58

ANEXOS 61

Anexo 1. Mapa de Ubicación 61

Anexo 2. Mapa de pendientes 62

Anexo 3. Mapa de Precipitación 63

Anexo 4. Mapa de Distancia a los Causes 64

Anexo 5. Mapa de Red de Drenaje Acumulada 65

Anexo 6. Mapa de Inundación Metodología Idrisi Kilimanjaro 66

Anexo 7. Mapa de Saturación 67

Anexo 8. Mapa de Permeabilidad 68

Anexo 9. Mapa de Cobertura y uso del suelo 69

Anexo 10. Mapa de Inundación Metodología del SNGRE 70

Anexo 12. Lógica Fuzzy SNGRE 70

Anexo 13. Modelo para Metodología Idrisi Kilimanjaro 71

Anexo 14. Modelo para Metodología del SNGRE 72

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Mapa de Hidrología de la Parroquia Licán 18

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Antecedentes peligrosos en de eventos Riobamba.....19
Tabla 2. Precipitación.....37
Tabla 3. Nivel Freático del Suelo.....38
Tabla 4. Rango de Pendientes 39
Tabla 5. Permeabilidad en los suelos en base a su textura. 39
Tabla 6. Uso y Cobertura de suelo 40
Tabla 7. Precipitación.....40
Tabla 8. Normalización de variables.....41
Tabla 9. Descripción de la pendiente de la Parroquia Rural Licán. 42
Tabla 10. Descripción del nivel freático del terreno. 48
Tabla 11. Descripción de la pendiente de la Parroquia Rural Licán. 49
Tabla 12. Descripción de la permeabilidad del terreno.....50
Tabla 13. Descripción de la cobertura y uso del suelo.....51
Tabla 14. Descripción de los porcentajes de área para cada nivel de amenaza. 54
Tabla 15. Porcentajes de Área Coincidencia y No Coincidencia.....54

INDICE DE MAPAS

Mapa 1: Ubicación del área de estudio.....17
Mapa 2. Pendientes de la Parroquia Licán.....43
Mapa 3. Precipitaciones de la Parroquia Licán.....44
Mapa 4. Distancia a los Cauces de la Parroquia Licán 45
Mapa 5. Red de Drenaje Acumulada de la Parroquia Licán 46
Mapa 6. Susceptibilidad de Inundaciones de la Parroquia Licán.....47
Mapa 7. Saturación del terreno de la Parroquia Licán 48
Mapa 8. Pendientes de la Parroquia Licán.....49
Mapa 9. Permeabilidad de la Parroquia Licán 50
Mapa 10. Cobertura y usos del suelo de la Parroquia Licán 51
Mapa 11. Precipitaciones de la Parroquia Licán.....52

Mapa 12. Susceptibilidad a Inundaciones de la Parroquia Licán.....53
Mapa 13. Susceptibilidad a Inundaciones de la Parroquia Licán.....55

Título

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS MULTICRITERIO IDRISI KILIMANJARO Y DEL SNGRE PARA ZONAS SUSCEPTIBLES A INUNDACIONES EN LA PARROQUIA RURAL LICÁN DEL CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación, tuvo como finalidad comparar las metodologías multicriterio, Idrisi Kilimanjaro y del Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, en la parroquia rural Licán, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo para determinar las zonas susceptibles a inundaciones.

Mediante el uso de un SIG, se caracterizó información cartográfica, correspondiente a las variables que usa cada metodología, como es el caso de Idrisi Kilimanjaro que analiza las variables de pendiente, precipitación, distancia a los cauces y red de drenaje acumulada; mientras que el SNGRE utiliza distintas variables tales como saturación, densidad, permeabilidad, cobertura y precipitación.

Una vez que se analizaron todos los factores, es necesario un proceso de normalización o estandarización de variables (Lógica Fuzzy), cada elemento tiene un grado de pertenencia a un conjunto difuso el cual puede tomar cualquier valor entre 0 y 1. El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) desarrollado por Thomas L. Saaty, permitió establecer los pesos a cada factor, y de esta manera se obtuvieron los mapas de inundación.

Cada análisis presentó resultados diferentes, por un lado Idrisi Kilimanjaro tuvo una mayor incidencia en los niveles de riesgo Medio y Alto, en cambio en el método del SNGRE, predominaron los niveles de riesgo Muy bajo y Bajo, para inundaciones.

La metodología del SNGRE, se ajustó a la realidad del sector, debido a la ubicación geográfica, característica del suelo y el uso de variables cualitativas, para zonas de acumulación de agua, en cambio el método de Idrisi está orientado al tema del desbordamiento de ríos y quebradas, es decir, el uso de cada metodología dependió del contexto y de las características del sector donde se realizó el estudio.

INTRODUCCION

Las inundaciones son el producto de las fuertes lluvias que generan un exceso de agua en los ríos que sobrepasa su límite provocando de esta manera un desbordamiento, resultando uno de los eventos que más afectan de manera contundente a las poblaciones y que provocan incomunicación, pérdidas humanas, materiales y económicas. (Vergara del Carmen, Ellis Edward, Cruz José, Alarcón Luz, & Galván Ulises, 2011)

El agua es uno de los recursos naturales más valiosos de cualquier país debido a los beneficios sociales y económicos que se derivan de su consciente uso y aprovechamiento; sin embargo, junto con las ventajas existen también situaciones extremas tales como las inundaciones y las sequias. (Salas & Jiménez, 2004)

La parroquia rural Licán perteneciente al cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, se ha visto afectada por inundaciones ocasionadas por el desbordamiento de la quebrada Cunduana, esto debido a que su red de drenaje ha sido obstruida por un relleno lo que ha llevado que el agua cuando fluye o incida en el sector, afecte a los pobladores.

Este trabajo plantea un análisis comparativo para determinar las zonas susceptibles a inundación de la parroquia rural Licán, mediante el uso de un SIG el cual facilitará la elaboración de mapas temáticos, a través de variables como pendiente, red de drenaje, permeabilidad, precipitación, entre otros, resultando una idea innovadora la misma que servirá como guía en los futuros proyectos de investigación.

Este trabajo tributa a lo mencionado el Plan Nacional de Desarrollo Toda una Vida 2017-2021 elaborado por el Gobierno Nacional mediante la Secretaria Técnica de Planificación, el cual busca “Impulsar una cultura de gestión integral de riesgos que disminuya la vulnerabilidad y garantice a la ciudadanía la prevención, la respuesta y atención a todo tipo de emergencias y desastres originados por causas naturales, antrópicas o vinculadas con el cambio climático” (SENPLADES, 2017)

En la actualidad el uso de los SIG facilita la realización de estos trabajos, siendo una guía en el proceso de planificación y crecimiento urbanístico para las autoridades competentes del cantón Riobamba permitiéndoles de esta manera plantear medidas preventivas con las cuales contribuyan en la mitigación de los riesgos.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La problemática surge principalmente de los asentamientos humanos irregulares y sin planificación de la parroquia rural Licán, reflejados en la expansión y construcción sobre el relleno de la quebrada Cunduana, lo que representa un riesgo principalmente porque el agua que precipita en la parte alta de la quebrada y que escurre en ella tiene que movilizarse por su cauce natural, causando inundaciones en dicha parroquia.

La quebrada Cunduana se ha convertido en un relleno, que en época de lluvias acumula gran cantidad de agua provocando de tal manera el desbordamiento lo cual no solo ocasiona inundaciones, sino que también con ello deslizamientos que han generado grandes daños a la población.

El no contar con datos suficientes los cuales nos ayuden en la determinación de zonas susceptibles a inundaciones imposibilita realizar estudios a detalle constituyéndose un riesgo inminente para la población.

El Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Riobamba ha venido trabajando en la planeación y ordenamiento territorial y ha iniciado con la construcción de franjas vegetativas, además de una ordenanza la cual regulará los asentamientos humanos en los bordes de la quebrada. Por tal razón es importante conocer con la mayor precisión posible cuales serían las probables áreas inundables derivadas de la quebrada Cunduana en el área de estudio en general.

Para tal efecto, se ha considerado necesario realizar un análisis comparativo entre dos metodologías con parámetros y características diferentes a través de un estudio multicriterio las mismas que permiten identificar las zonas susceptibles a inundación.

Al analizar la susceptibilidad a inundaciones desde dos enfoques claramente diferentes como son Idisi Kilimanjaro y del SNGRE, se puede establecer cuál es la metodología que mejor se ajusta a la realidad del área de estudio y de esta manera el GADMR pueda plantear medidas de prevención

con el fin de mitigar los efectos que ocasionan las inundaciones y así mejorar la calidad de vida de los habitantes.

1.2.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Cuáles son las zonas susceptibles a inundaciones en la parroquia rural Licán del Cantón Riobamba, provincia de Chimborazo según las metodologías Idrisi Kilimanjaro y SNGRE?

1.3.OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general.

Determinar las zonas susceptibles a inundación a través de las metodologías multicriterio IDRISI KILIMANJARO y SNGRE.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Realizar el análisis de inundación a través de la metodología IDRISI KILIMANJARO en la parroquia rural Licán del cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.
- Realizar el análisis de inundación a través de la metodología del SNGRE en la parroquia rural Licán del cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.
- Comparar los resultados de aplicar las metodologías IDRISI KILIMANJARO y del SNGRE para elaborar el mapa de coincidencias de las zonas susceptibles a inundaciones en la Parroquia Rural Licán del cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

1.4.JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Con la elaboración del presente trabajo investigativo se busca obtener las áreas susceptibles a inundación de la parroquia rural Licán.

Enmarcados en lo anteriormente mencionado y en base a que el cantón Riobamba cuenta con una variedad hidrográfica lo que hace que en época de lluvias el riesgo de inundación por el desbordamiento de la quebrada sea inminente, surge la necesidad de realizar el presente proyecto de investigación.

La importancia de realizar un análisis comparativo entre dos metodologías multicriterio es la de obtener información base de las zonas susceptibles a inundación de la parroquia rural Licán, la cual servirá al

GADMR como guía en la planificación y crecimiento territorial, además de ser una herramienta de consulta en futuros trabajos investigativos.

Al identificar las zonas susceptibles a inundación el GADMR conjuntamente con el GADPRL podrán establecer medidas de prevención y mitigación para reducir los daños que provoque la amenaza, puesto que estas son consideradas un peligro inminente para la población, ya que ha generado pérdidas económicas considerables.

1.5.LIMITACIONES

- Mínima información bibliográfica del sector en estudio.
- Limitado acceso al SIG de versiones superiores.
- Limitado acceso al uso de tecnologías para realizar los procesos de análisis.
- Poca información cartográfica a detalle, actualizada de la parroquia rural Licán.
- Limitada movilidad al sector debido a la pandemia del Covid-19.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

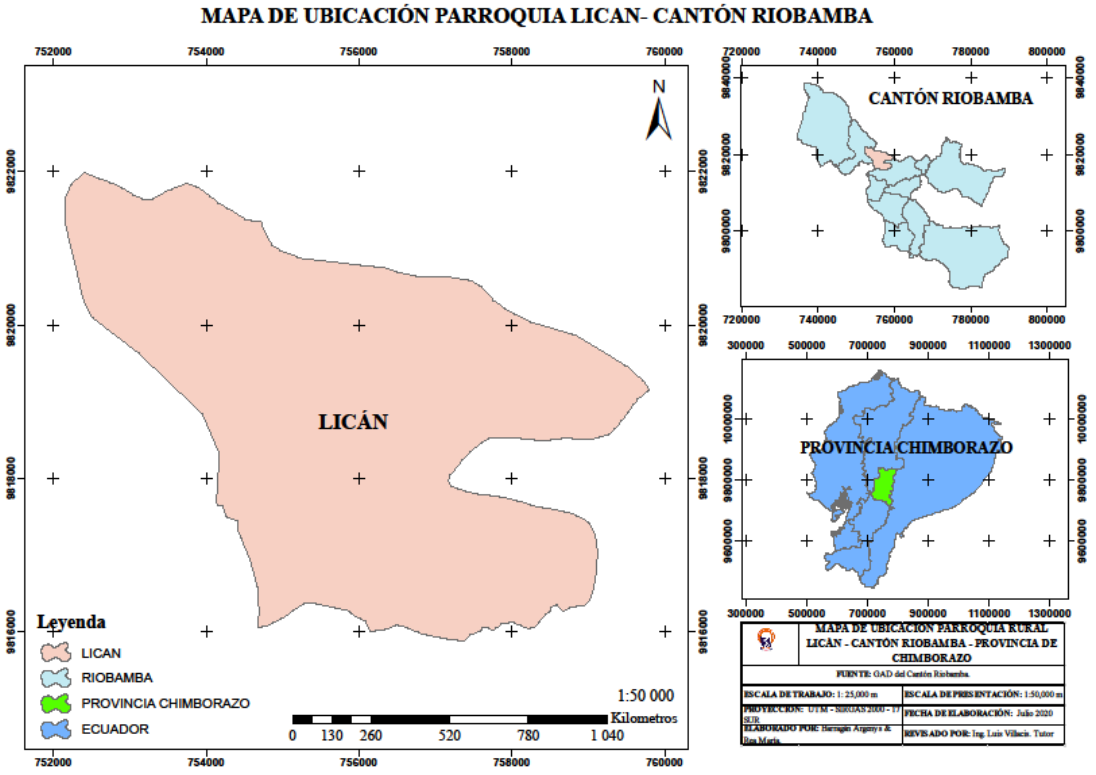
2.1.MARCO REFERENCIAL

Localización del área de estudio

La parroquia Licán administrativamente pertenece a la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba, cuenta con una superficie de 20,89km² ocupando el 9% del territorio cantonal de Riobamba, su altitud oscila entre los 2807 msnm y los 3395 msnm. (PDYOT LICAN, 2018)

Población

En base al censo realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos 2010 la parroquia Licán contaba con 7963 habitantes, de acuerdo a las proyecciones efectuadas para el año 2020 en la parroquia existirían actualmente 9314 habitantes. (PDYOT LICAN, 2018)



Mapa 1: Ubicación del área de estudio
Elaborado por: Barragán & Rea

La parroquia rural Licán se encuentra limitada de la siguiente manera:

Norte: cantón Guano-parroquia de San Andrés parroquia de Calpi

Sur: cantón Riobamba-parroquia Lizarzaburu- parroquia Veloz

Este: cantón Riobamba parroquia Lizarzaburu

Oeste: cantón Riobamba Cacha, parroquia Calpi

Hidrografía

La parroquia Licán posee en su mayoría quebradas, de las cuales las más importantes son las llamadas Ayashitana, Verdugohuaico, Sablud, Seca, Tablug y además el Río Chibunga, en donde se presenta contaminación



principalmente por actividades antrópicas. (PDYOT LICAN, 2018)

Ilustración 1: Mapa de Hidrología de la Parroquia Licán
Fuente: PDYOT Licán

Precipitación

Las precipitaciones en la parroquia Licán oscilan entre los 400 y 500mm por año y proveen suficiente agua para la producción agropecuaria y el turismo en toda la parroquia. (PDYOT LICAN, 2018)

Clima

En la Parroquia Licán de acuerdo a información proporcionada por la Secretaria Nacional de Planificación SENPLADES el clima oscila entre 12 a 13 grados centígrados el clima en la mayor parte del territorio ecuatorial es el meso térmico semihumedo **EMsSH,** además de encontrarse climas como ecuatorial meso térmico seco **EMsS** y ecuatorial frio alta montaña **EFAMñ.** (PDYOT LICAN, 2018)

Relieve

La parroquia Licán está compuesto por relieves montañosos, cimas, edificios volcánicos, cuestas, colinas altas, zonas planas o planicies, además de zonas erosionadas las mismas que producen distintos procesos en la superficie de la tierra, entre estos agentes esta la circulación de agua o hielo, el viento o cambios térmicos. (PDYOT LICAN, 2018)

Geología

La "Formación Riobamba" comprende un área de 10381,02ha la cual está conformada por flujos de lodo; este tipo de formación se la puede encontrar en las parroquias de Calpi, Licán, Riobamba, San Luis y Cubijíes y corresponde al periodo Cuaternario del Pleistoceno. (PDYOT LICAN, 2018)

2.1.1 Antecedentes de eventos peligrosos ocurridos en Riobamba

Luego de haber revisado las características generales del área de estudio, se consideró necesario citar los distintos eventos peligrosos presentados en el cantón Riobamba y que han afectado de tal manera a la parroquia Licán y a su población.

Tabla 1 Antecedentes peligrosos en de eventos Riobamba

Año	Evento	Lugar	Afectación
2002	Detonación del polvorín de la Brigada Blindada Galápagos	Riobamba	El 60% de la ciudad quedo devastada, 17 mil damnificados.
2006	Deslizamiento	Quimiag (Riobamba)	Perdida de viviendas y cultivos.
2006	Erupción Volcán Tungurahua	Riobamba	Caída de ceniza.

2008	Erupción Volcán Tungurahua	Riobamba	Caída de ceniza, declaración de alerta roja.
2010	Erupción Volcán Tungurahua	Riobamba	Evacuación de más de 2000 personas.
2016	Sismo 16 Abril	Riobamba	Afectación a infraestructura, caída de luminaria.
2017	Inundaciones	Riobamba	Desborde de la quebrada, daños materiales.
2018	Inundaciones	Riobamba	Colapso de alcantarillas.

Fuente: Investigación Bibliográfica
Elaborado por: Barragán & Rea

2.1.2 Antecedentes de Inundaciones

El Ecuador es un país que cuenta con un potencial considerable en recursos hídricos, pues de la gran cadena montañosa de los Andes nacen y se desarrollan la mayor parte de los ríos ecuatorianos, unos dirigiéndose a la región Oriental y desembocando en el rio Amazonas y otros viajando a la región Litoral y desembocando en el océano Pacifico. (INOCAR, 2005)

En la zona 3, las inundaciones se presentan generalmente luego de la subida de nivel y desborde de ríos y quebradas producto de las fuertes precipitaciones de la época invernal y/o a la modificación de las condiciones topográficas del cauce de quebradas ante la ausencia de la franja de protección hídrica, la misma que establece cada GAD en territorio. (Larrea , 2018)

En la provincia de Chimborazo los cantones más afectados por inundaciones son: Cumandá, Pallatanga y el sector de Huigra en Alausí. En la ciudad de Riobamba se presentan inundaciones por un deficiente sistema de alcantarillado sanitario y pluvial. (Larrea , 2018)

La ciudad de Riobamba no ha tenido problemas de inundaciones en épocas pasadas pero ultimadamente se han producido lluvias intensas, las cuales han provocado que el caudal de la quebrada Cunduana aumente y por ende se desborde ocasionando de esta manera inundaciones las cuales han afectado a las viviendas, sistema de alcantarillado y vías de acceso principalmente de las zonas cercanas a la misma. (EL COMERCIO, 2016)

2.1.2.1 Antecedentes de inundaciones de la parroquia Licán

De acuerdo al diario El Comercio en el año 2016 las fuertes lluvias por causa del invierno misma que se encontraba en su fase de declinación, provocaron un nuevo colapso de la quebrada Cunduana afectando a 5000 familias, causando estragos en los moradores así como también ocasionando pérdidas económicas. (EL COMERCIO, 2016)

La quebrada mide tres metros de ancho y un metro y medio de profundidad en el tramo inicial. Sin embargo, a medida que esta desciende por el cerro, su tamaño se reduce, hasta transformarse en una especie de canaleta y luego esta se cierra en la carretera Panamericana Sur. (EL COMERCIO, 2016)

El problema principal radica en que hace varios años el Ministerio de Transporte conjuntamente con el Gobierno Provincial cerraron la quebrada la cual inicia en la parte alta del cerro Cushcud, en la parroquia Licán, es el origen de las inundaciones en este sector. (EL COMERCIO, 2016)

2.2.ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Existen temas de investigación similares a nuestro proyecto los mismos que nos han servido como guía y han proporcionado un gran aporte al momento de analizar cada una de las metodologías utilizadas en el análisis de inundaciones a continuación mencionamos las siguientes:

"Determinación de zonas susceptibles de inundación mediante el uso de herramientas SIG en el área de influencia del río Cravo Sur, ubicado en el municipio de Yopal, departamento de Casanare (Colombia)"

Los SIG son generalmente un conjunto de herramientas que nos permite obtener, almacenar, visualizar y procesar datos especialmente del mundo real. El avance tecnológico que estas herramientas han tenido, ha sido muy importante, sobre todo en el tema del estudio de inundaciones, pues actualmente existen muchos software que permitan realizar estudios hidrológicos muy profundos, cuyos resultados, muchas veces quedan plasmados en mapas de susceptibilidad, de amenaza o de riesgos a inundaciones. (Calixto Liliana, 2017)

Justamente estos avances tecnológicos, permiten la integración de un sinnúmero de datos y esto hace de los SIG una herramienta esencial en la creación de modelos hidrológicos, ya que realiza el procesamiento de información digital a diferentes tipos de escala y proyección, permite ingresar bases de datos, Modelos de Elevación Digitales, datos vectoriales, en raster, fotografías aéreas, imágenes, etc., adicionalmente tienen en cuenta las variables que intervienen en este tipo de modelos, como la geomorfología, geología, etc. (Calixto Liliana, 2017)

El tipo de investigación utilizada en este proyecto corresponde a una investigación cuantitativa, ya que permitió la exploración de la información recolectada del área de estudio, a través del uso de estadística, mediciones numéricas y análisis de la información geográfica. (Calixto Liliana, 2017)

El uso de las múltiples herramientas de SIG nos facilita la elaboración del mapa temático de zonas susceptibles a inundación de la parroquia Licán, mediante la utilización del software ArcGis.

"Determinación de zonas propensas a inundaciones y deslizamientos en el área urbana de Loja mediante la utilización de Modelos Digitales de Terreno (Ecuador)"

El proyecto se enfoca en determinar zonas de riesgo propensas a inestabilidad de taludes e inundaciones, infraestructura, viviendas y población que se ubican en estas áreas en la ciudad de Loja, mediante modelos de elevación digital de terreno, procesamiento de cartografía temática e información de campo con la utilización de herramientas disponibles en los Sistemas de Información Geográfica, mismas que al ser aplicadas permiten zonificar las áreas de mayor riesgo de tal manera que sea un instrumento base para la aplicación de políticas públicas enfocadas a la prevención de riesgos dentro del área urbana, además de ser elementos claves dentro de los procesos de planificación. (Acaro Jaramillo M, 2011)

La metodología utilizada determina el cálculo de la erosión activa con la utilización de interpretación satelital de una ortofoto tomada de la ciudad de Loja, mediante un procesamiento de análisis cartográfico con un software de SIG realizamos el cálculo de la erosión potencial, extraída a partir de la

disección horizontal con la utilización de los causes hídricos y de la disección vertical con la topografía. (Acaro Jaramillo M, 2011)

El uso de las múltiples herramientas disponibles en los SIGs conjuntamente con la utilización de ortofotos nos permite realizar este tipo de estudios, al igual que las metodologías Idrisi Kilimanjaro y del SNGRE mismas que a través del análisis de sus múltiples variables nos permite identificar las áreas de mayor riesgo lo cual permitirá la correcta planificación en el crecimiento urbanístico del área de estudio con el fin de minimizar los efectos negativos que causan las inundaciones por el desbordamiento de la quebrada Cunduana.

"Determinación de posibles zonas de amenaza por inundación en el municipio de MOPÓS-BOLÍVAR, mediante el uso de procesamiento digital de imágenes y herramientas SIG, y su posterior publicación como datos abiertos (Colombia)"

Dicha investigación fue realizada con la finalidad de mostrar la implementación de una metodología que integre los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el procesamiento digital de imágenes satelitales, para la determinación de posibles zonas en amenaza de inundación del municipio de Mompós, respaldados por la aplicación de un método de análisis multicriterio y de las variables sub-criterios que son precipitación, pendiente, rugorosidad y cobertura de suelo. Para lo cual se hizo uso del software ArcGis como herramienta principal en el desarrollo del estudio el mismo que se utilizó en la obtención y manejo de las imágenes satelitales y raster, dando como resultado sub-criterios en formato raster necesarios para obtener las posibles zonas en amenaza de inundación. (Salazar L & Ruiz T, 2017)

La aplicación de un análisis multicriterio que integra un Sistema de Información Geográfica permite contar con información actualizada acerca de las zonas susceptibles a inundación en el área de estudio, permitiendo de esta manera la correcta planificación en el desarrollo urbanístico del territorio.

"Metodología para la generación de mapas de riesgo por inundación en zonas urbanas (México)"

En el presente artículo se expone una metodología para la generación de mapas de riesgo que articula los mapas de peligro y vulnerabilidad por inundación. Se expone el procedimiento a realizar bajo un criterio que permite ser adaptable a distintas zonas urbanas; estos mapas son utilizados para estimar los costos por daños estructurales. (Alcocer-Yamanaka V, Rodríguez-Varela J, Bourguett-Ortiz V, Llaguno-Guilberto O, & Albornoz-Góngora P, 2016)

La metodología propuesta por el IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua), mediante la cual es posible obtener mapas de peligro, vulnerabilidad y riesgo de forma económica y en un tiempo de cálculo accesible con lo que se identifican colonias que presentaran problemas de inundación, además de la cuantificación del daño probable generado por las lluvias en diferentes periodos de retorno. (Alcocer-Yamanaka V, Rodríguez-Varela J, Bourguett-Ortiz V, Llaguno-Guilberto O, & Albornoz-Góngora P, 2016)

Mediante la aplicación de esta metodología nos permite la obtención de mapas temáticos de las zonas susceptibles a inundación así como también estimar los costos por daños que producen, permitiendo que de esta manera a las autoridades de la parroquia Licán plantear medidas de prevención con la finalidad de minimizar los daños.

“Determinación de zonas susceptibles a inundaciones en la parte baja de la cuenca del río Nahualate (Guatemala)”

Dicha investigación identifica las áreas susceptibles de inundaciones a través de dos diferentes metodologías; una modelación hidráulica que evalúa el comportamiento del río, utilizando datos de caudal de una modelación hidrológica y la percepción de las comunidades en experiencia con las inundaciones. El realizar dos metodologías permite tener diferentes panoramas de la situación en la que se desarrollan las inundaciones, la modelación determina inundaciones de tipo fluvial y la percepción comunitaria logra identificar inundaciones fluviales como pluviales, la participación de las personas es fundamental para realizar análisis comparativo de los resultados que genere la modelación y así validar la importancia de involucrar de las personas en el análisis de las inundaciones. (Molina A, 2017)

La utilización de los Modelos Digitales de Elevación (DEM) son herramientas esenciales para la realizar la Modelación Hidráulica, la misma que nos permitirá identificar las zonas propensas a inundación.

2.3.BASES TEÓRICAS

Inundaciones

Las inundaciones se presentan cuando existe un aumento del agua por encima del nivel normal de su cauce, ocasionando tanto pérdidas económicas como de vidas humanas, estas se producen principalmente por las fuertes lluvias lo que genera que la cuenca colapse. (Salas & Jiménez, 2004)

Tipos de Inundaciones

Las inundaciones se clasifican de acuerdo a su origen, o bien al tiempo que tardan en presentarse sus efectos.

Inundaciones Pluviales

Este tipo de inundaciones se presentan de acuerdo a su origen puesto que trata de identificar la causa de la inundación. Son consecuencia de la precipitación, se presentan cuando el terreno se ha saturado y el agua de lluvia excedente comienza a acumularse, pudiendo permanecer horas o días. Su principal característica es que el agua acumulada es agua precipitada sobre esa zona y no la que viene de alguna otra parte como puede ser la parte alta de la cuenca. (Salas & Jiménez, 2004)

Inundaciones Fluviales

Este tipo de inundaciones al igual que las inundaciones pluviales se presentan de acuerdo a su origen. Cuando el agua se desborda de los ríos y esta queda sobre la superficie del terreno son conocidas como inundaciones fluviales, este tipo de inundaciones se genera principalmente cuando el agua registrada por las precipitaciones se desbordan, esta puede ser en cualquier parte de la cuenca no necesariamente será en el área afectada. (Salas & Jiménez, 2004)

Cuando existe una fuerte precipitación el terreno tiende a saturarse, es decir que no es capaz de seguir absorbiendo más el agua lluvia, esta escurre por

los ríos hacia la salida de la cuenca, si el volumen que fluye por el cauce excede la capacidad de esté se producen los desbordamientos sobre sus márgenes y el agua desalojada puede permanecer horas o días sobre el terreno inundado. (Salas & Jiménez, 2004)

Clasificación de las inundaciones por el tiempo de respuesta de la cuenca

Inundaciones Lentas

Al ocurrir una precipitación capaz de saturar el terreno, esto es, cuando el suelo no puede seguir absorbiendo más agua de lluvia, el volumen remanente escurre por los ríos y arroyos o sobre el terreno. Conforme el escurrimiento avanza hacia la salida de la cuenca, se incrementa proporcionalmente con el área drenada, si el volumen que fluye por el cauce excede la capacidad de este, se presentan desbordamientos sobre sus márgenes y el agua desalojada puede permanecer horas o días sobre el terreno. (Salas & Jiménez, 2004)

Inundaciones Súbitas

Estas inundaciones son el resultado de lluvias repentinas e intensas que ocurren en áreas específicas. Pueden ocasionar que pequeñas corrientes se transformen, en cuestión de minutos, en violentos torrentes capaces de causar grandes daños. Las zonas urbanas son usualmente sitios donde se presenta este tipo de avenidas, como consecuencia de la cubierta impermeable formada artificialmente por los edificios y calles, así como por la deforestación. (Salas & Jiménez, 2004)

2.4.ENFOQUE PARA LA DETERMINACIÓN DE ZONAS SUSCEPTIBLES A INUNDACIÓN

Para determinar zonas susceptibles a inundación existen diversas técnicas o metodologías, entre ellas las evaluaciones multicriterio que utilizan variables y ponderaciones diferentes con la única finalidad de obtener un resultado fiable el mismo que se aproxime a la realidad del sector en estudio.

En el presente trabajo se ha considerado utilizar dos de estas metodologías multicriterio:

Por un lado la metodología propuesta por el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE) analiza los siguientes métodos:

Método Geomorfológico

Para la realización de la cartografía y diferenciación de las zonas inundables basadas en la frecuencia de las inundaciones que depende de las formas, alturas o cotas de las terrazas fluviales del río, involucra conocer rasgos topográficos (relieve), litológicos y las características de los suelos en una determinada zona geográfica. (SNGRE, 2015)

Método de modelación Hidrológica-Hidráulica

Describe los procesos hidrológicos e hidráulicos inherentes al evento de inundación con la ayuda de modelos matemáticos o estadísticos y técnicas del SIG, el criterio se basa en el cálculo de avenidas (crecidas) mediante la determinación del periodo de recurrencia de precipitaciones con intensidades fuertes y de caudales máximos y niveles extremos registrados en las estaciones hidrométricas. (SNGRE, 2015)

Análisis empleados por el SIG Idrisi Kilimanjaro:

Análisis de Regresión Múltiple

El empleo de esta metodología intento predecir la ocurrencia de eventos (inundaciones y deslizamientos) a partir de datos de precipitación. Este análisis consistió básicamente en correlacionar valores de precipitación con el número de eventos producidos el mismo día de la precipitación. (Gonzalez Valencia , 2006)

Modelo Análisis Multicriterio

Este modelo permite hacer un análisis con múltiples variables asignándole mayor importancia a aquellas variables que según los investigadores tengan mayor influencia en la ocurrencia de las inundaciones y deslizamientos, para lo cual se emplearon 5 factores o mapas temáticos: precipitación, pendiente, geología, distancia a causes y red de drenaje acumulada. (Gonzalez Valencia , 2006)

2.5.LÓGICA FUZZY O DIFUSA.

La lógica Difusa permite representar el conocimiento común, que es en su mayoría es de tipo cualitativo y no necesariamente cuantitativo, en un lenguaje matemático, a través de la teoría de conjuntos difusos y funciones características asociadas a ellos. La teoría de conjuntos difusos contempla la pertenencia parcial de un elemento o conjunto, es decir, cada elemento presenta un grado de pertenencia a un conjunto difuso que puede tomar cualquier valor entre 0 y 1, definida por una ecuación directamente proporcional (seno) o inversamente proporcional (coseno). (Zadeh, 1960)

2.6.PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO. (MATRIZ DE SAATY)

Este procedimiento parte de establecer una matriz cuadrada en la cual el número de filas y columnas está definido por el número de factores a ponderar, así se establece una matriz de comparación entre pares de factores, comparando la importancia de uno sobre cada uno de los demás (aij), posteriormente se determina el eigenvector principal, el cual establece los pesos (wj) y el eigenvalor que proporciona una medida cuantitativa de la consistencia de los juicios de valor entre pares de factores. La escala de medida establecida para la asignación de los juicios de valor (aij), es una escala de tipo continuo (ratios o razón) que va desde un valor mínimo de 1/9 hasta 9. (Gómez & Barredo, 2005)

El resultado de la aplicación de las metodologías antes mencionadas nos permitirá identificar las zonas susceptibles a inundación en la parroquia Licán, desde diferentes puntos de vista, dado que las dos analizan variables y ponderaciones diferentes, obteniendo como resultado mapas temáticos los mismos que permitan analizar cuál de las dos metodologías aplicadas se aproxima mejor a la realidad del área de estudio.

“Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1:25.000” (SNGRE)

Metodología desarrollada en junio del 2015, realizada por grupo multidisciplinario integrado por profesionales del Instituto Espacial Ecuatoriano, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca y la Coordinación General del Sistema de Información Nacional.

El método geomorfológico propuesto por el SNGRE permite obtener las zonas inundables analizando la frecuencia de las inundaciones que depende de las formas, alturas o cotas de las terrazas fluviales del rio, para la aplicación de esta metodología es necesario contar con topografía, litología y las características del suelo de la zona de estudio, teniendo como resultado la susceptibilidad a inundación de la parroquia Licán cantón Riobamba.

"Propuesta metodológica basada en un análisis Multicriterio para la identificación de zonas de amenaza por deslizamientos e inundaciones" (IDRISI KILIMANJARO)

La Propuesta metodológica basada en un análisis Multicriterio para la identificación de zonas de amenaza por deslizamientos e inundaciones fue aplicada en Colombia cuya finalidad fue la identificación de zonas de amenaza, buscando obtener resultados confiables que se aproximen a la realidad.

El Modelo de Análisis Multicriterio permite realizar un análisis entre diferentes variables las mismas que son ponderadas de acuerdo al criterio de los investigadores, desarrollado mediante el SIG IDRISI KILIMANJARO, el cual permite realizar un análisis con distintas variables otorgándole mayor importancia a las que tengan mayor influencia en la ocurrencia de inundaciones y deslizamientos. La escala de valores comprendida en esta metodología esta entre 0-1, donde 0 representa la mínima amenaza de la ocurrencia del evento, y 1 el valor máximo de amenaza. (Gonzalez Valencia , 2006)

2.7.FUNDAMENTACIÓN LEGAL

Enmarcados en las diferentes amenazas naturales y antrópicas a las cuales se encuentra expuesto el Ecuador, existen diversos artículos los cuales tratan acerca de la gestión de riesgos, los mismos que buscan minimizar los efectos negativos que estas amenazas generen en la población, es así que hemos considerado sustentar el presente proyecto de investigación en los siguientes artículos:

Art 389: El estado protegerá a las personas, colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación, y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y

ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad. (Constitucion del Ecuador, 2008)

Tendrá como funciones principales, entre otras:

1. Identificar los riesgos existentes y potenciales, internos y externos que afectan al territorio ecuatoriano.
2. Generar, democratizar el acceso y difundir información suficiente y oportuna para gestionar adecuadamente el riesgo.
3. Asegurar que todas las instituciones públicas y privadas incorporen obligatoriamente, y en forma transversal, la gestión de riesgo en su planificación y su gestión.
4. Fortalecer en la ciudadanía y en las entidades públicas y privadas capacidades para identificar los riesgos inherentes a sus respectivos ámbitos de acción, informar sobre ellos, e incorporar acciones tendientes a reducirlos.
5. Articular las instituciones para que coordinen acciones a fin de prevenir y mitigar los riesgos, así como para enfrentarlos, recuperar y mejorar las condiciones anteriores a la ocurrencia de una emergencia o desastre.
6. Realizar y coordinar las acciones necesarias para reducir vulnerabilidades y prevenir, mitigar, atender y recuperar eventuales efectos negativos derivados de desastres o emergencias en el territorio nacional.
7. Garantizar financiamiento suficiente y oportuno para el funcionamiento del Sistema, y coordinar la cooperación internacional dirigida a la gestión de riesgo. (Constitucion del Ecuador, 2008)

Art. 390.- Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicara la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean suficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindaran el apoyo necesario con respecto a su autoridad en el territorio y sin relevantes de su responsabilidad. (Constitucion del Ecuador, 2008)

Ley de Seguridad Pública y del Estado

Registro oficial el 28 de septiembre del 2009, de los órganos ejecutores.

De acuerdo la Ley de Seguridad Pública y del Estado modificada el 9 de junio del 2014 en el Art. 11 establece **"**Los órganos ejecutores del Sistema de Seguridad Pública y del Estado estarán a cargo de las acciones de defensa, orden público, prevención y gestión de riesgos". (Ley de Seguridad Pública del Ecuador , 2017)

Manual del Comité de Operaciones de Emergencias

Capitulo III: Construcción Social del Sistema de Gestión de Riesgos

Art. 26.- De la Capacitación.- La Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos diseñará y aplicará programas de capacitación dirigidos a las autoridades, líderes comunitarios, población en general y medios de comunicación, para desarrollar en la sociedad civil destrezas en cuanto a la prevención, reducción, mitigación de los riesgos de origen natural y antrópico. (Manual del COE, 2017)

Código Orgánico de Ordenamiento Territorial Autonomía y Descentralización (COOTAD)

Registro oficial el 19 de octubre del 2010, ejercicio de la competencia de Gestión de Riesgos.

De acuerdo con el COOTAD modificado el 21 de mayo del 2018, en el Art. 140 establece **"**La gestión de riesgos que incluye las acciones de prevención, reacción, mitigación, reconstrucción y transferencia, para enfrentar todas las amenazas de origen natural o antrópico que afecten al cantón se gestionaran de manera concurrente y de forma articulada con las políticas y los planes emitidos por el organismo nacional responsable, de acuerdo con la Constitución y la ley. Los gobiernos autónomos descentralizados municipales adoptaran obligatoriamente normas técnicas para la prevención y gestión de riesgos en sus territorios con el propósito de proteger las personas, colectividades y la naturaleza, en sus procesos de ordenamiento territorial. La gestión de los servicios de prevención, protección, socorro y extinción de incendios, que de acuerdo con la Constitución corresponde a los gobiernos autónomos descentralizados municipales, se ejercerá con sujeción a la ley que

regule la materia. Para tal efecto, los cuerpos de bomberos del país serán considerados entidades adscritas a los gobiernos autónomos descentralizados municipales, quienes funcionarán con autonomía administrativa y financiera, presupuestaria y operativa, observando la ley especial y normativas vigentes a las que estarán sujetos." (COOTAD, 2018)

Plan Nacional de Desarrollo Toda una Vida

Objetivo 1: Garantizar una vida digna con iguales oportunidades para todas las personas

Política: 1.11 Impulsar una cultura de gestión integral de riesgos que disminuya la vulnerabilidad y garantice a la ciudadanía la prevención, la respuesta y atención a todo tipo de emergencias y desastres originados por causas naturales, antrópicas o vinculadas con el cambio climático. (SENPLADES, 2017)

2.8.GLOSARIO DE TÉRMINOS

Inundación: Aumento del agua por arriba del nivel normal del cauce. En este caso, "nivel normal" se debe entender como aquella elevación de la superficie del agua que no causa daños, es decir, inundación es una elevación mayor a la habitual en el cauce, por lo que puede generar perdida. (Salas & Jiménez, 2004)

Permeabilidad: Es la capacidad del suelo para permitir el paso del agua sin que dicho tránsito altere la estructura interna del cuerpo. Dicha propiedad se determina objetivamente mediante la imposición de un gradiente hidráulico en una sección del cuerpo, y a lo largo de una trayectoria determinada. (Frankie, 2013)

Pendiente: La velocidad de escurrimiento de las corrientes de agua en una cuenca hidrográfica depende de la pendiente de los caudales fluviales. En cuanto mayor valor tome la pendiente, mayor será la velocidad del flujo y, por lo tanto, se convierte en un factor característico del tiempo de respuesta de la cuenca ante determinada precipitación. (HIDROLOGÍA, 2019)

Precipitación: Es cualquier forma de humedad que llega a la superficie terrestre, ya sea lluvia, nieve, granizo, niebla, rocío, etc., y es la que determina

la entrada de mayor aportación de agua a la cuenca, determina su cantidad y frecuencia. (Bateman, 2007)

Saturación: Los suelos que se encuentran por debajo del nivel freático se consideran en estado saturado, es decir, que los espacios vacíos están ocupados completamente por agua. (Meza Ochoa, 2012)

Red de Drenaje: Se refiere a la red de transporte superficial de agua y sedimento, como ríos, lagos y flujos subterráneos, alimentados por la lluvia. La mayor parte de esta agua no cae directamente a los cauces fluviales y lagos, sino que permeabiliza las capas superiores del terreno y desde estas aparece constituyendo arroyos. (Chica, 2013)

Uso de suelo: Se refiere a la ocupación de una superficie determinada en función de su capacidad agrológica y por tanto de su potencial de desarrollo, se clasifica de acuerdo a su ubicación como urbano, rural, representa un elemento fundamental para el desarrollo de la ciudad y sus habitantes ya que es a partir de estos que se conforma su estructura urbana y por tanto se define su funcionalidad. (PAOT, 2003)

Amenaza: Un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales. (UNISDR, 2009)

Susceptibilidad: Es la probabilidad a que una inundación ocurra en un área en base a las condiciones locales del terreno. (Soldano, 2009)

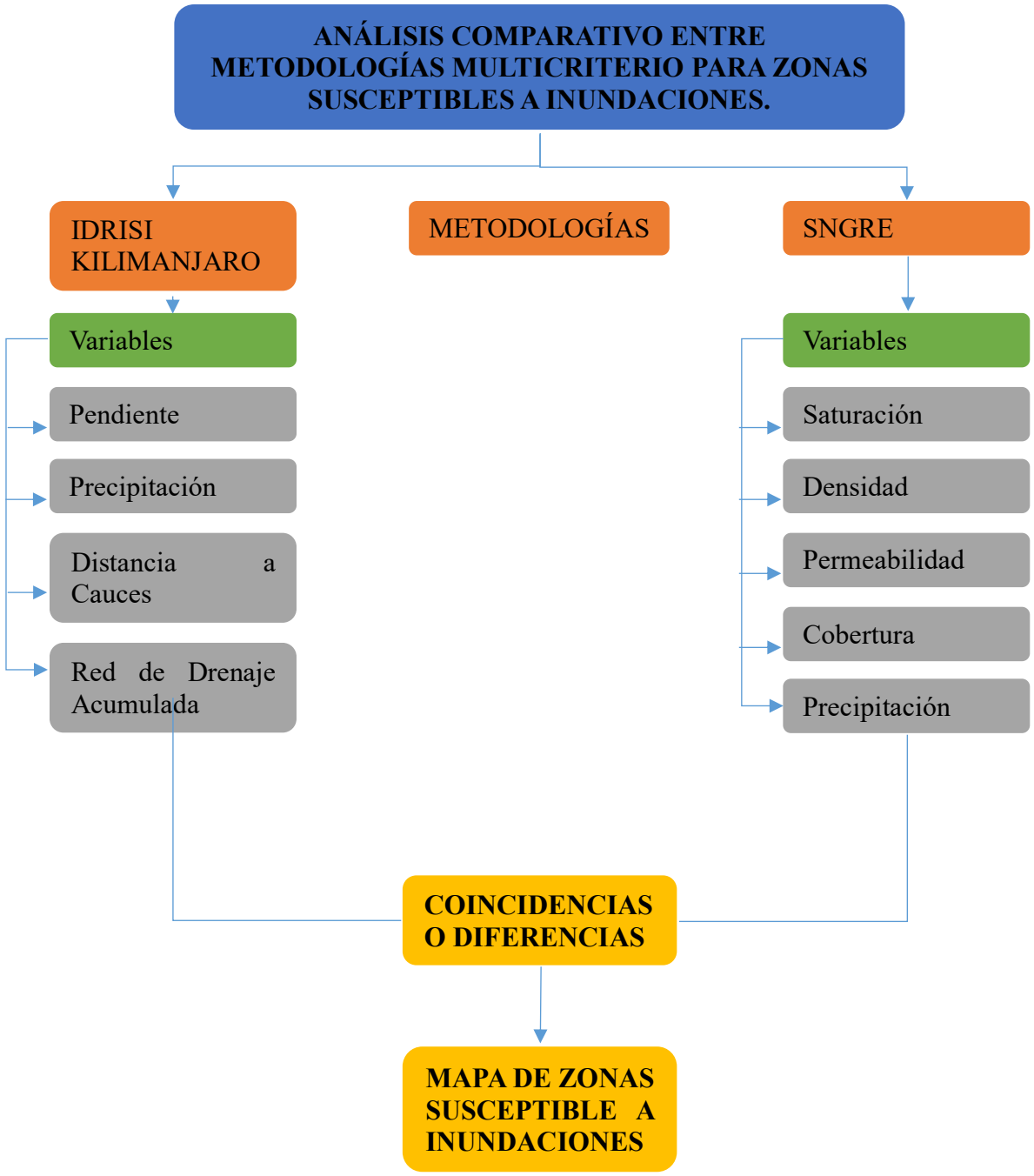
Mitigación: Disminución o reducción al mínimo de los efectos adversos de un suceso peligroso. (SNGR, 2019)

Vulnerabilidad: Condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales que aumentan la susceptibilidad de una persona, una comunidad, los bienes o los sistemas a los efectos de las amenazas. (SNGR, 2019)

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se utilizaron las siguientes metodologías multicriterio, Idrisi Kilimanjaro y del SNGRE mismas que analizan diferentes variables mencionadas a continuación:



3.1. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Descriptiva: Es una forma de estudio, para saber quién, dónde, cuándo, cómo y porqué del sujeto del estudio. En otras palabras, la información obtenida en un estudio descriptivo, explica perfectamente a una organización el consumidor, objetos, conceptos y cuentas. (Mohammad, 2005). Es descriptiva porque analiza como cada metodología abarca el tema, de cómo se pueden determinar áreas de inundación en base al comportamiento de la distintas variables.

Este método se utiliza para describir cada una de las variables que intervienen en las metodologías, ya que se procura puntualizar como estos factores se relacionan en algún determinado contexto.

3.2. DISEÑO

Al presente trabajo le corresponde un diseño transversal ya que la investigación está centrada en estudiar cuál es el nivel o estado de varios factores en un momento único en el tiempo, en otras palabras trata de analizar un escenario con diferentes variables y como inciden a la hora de establecer escenarios de inundación.

Es cualitativa porque sus factores poseen características que ayudan a comprender e interpretar la información obtenida frente a un contexto, y determinar la importancia de cada fenómeno.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

En los Objetivos 1 y 2 se utilizan las siguientes técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Documentos y registros.

- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Rural Licán.
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Riobamba.
- Propuesta Metodológica Basada en un Análisis Multicriterio para la Identificación de zonas de amenazas de Deslizamiento e Inundaciones.

- Propuesta Metodológica Para La Elaboración De Cartografía De Amenazas Por Inundación.

Esta técnica permite manipular todo tipo de documento existente como información base para nuestro proyecto, cave recalcar la habilidad del investigador para elegir la información de mayor relevancia y primordial para el trabajo.

Cartografía.

Fuente GAD del cantón Riobamba.

- Modelo Digital del Terreno de la Parroquia Rural Licán. (formato raster)
- Límite de la parroquia Licán. (formato vector)
- Ríos y quebradas. (formato vector)
- Isoyetas. (formato vector)

Fuente Geoportal de Ministerio de Agricultura y Ganadería.

- Nivel Freático. (formato vector)
- Textura del terreno. (formato vector)
- Cobertura vegetal y uso de suelo. (formato vector)

Ortofotos: Se utilizó una ortofoto del área de estudio para verificar la cartografía obtenida en el GADMR y compararlas con la realidad.

Paquete de Microsoft Office: Se utilizó este paquete de Office para analizar, visualizar y contextualizar la información recolectada.

3.3.2. En Objetivo 3 se utilizaron las siguientes técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Cartografía.

- Límite de la parroquia Licán. (.vector)
- Mapa del análisis con la metodología de Idrisi Kilimanjaro. (Raster)
- Mapa del análisis con la metodología del SNGRE. (Raster)

Ortofotos: Se utilizó una ortofoto del área de estudio para verificar la cartografía obtenida y compararlas con la realidad.

Paquete de Microsoft Office: Se utilizó este paquete de Office para analizar, visualizar y contextualizar la información recolectada.

3.4. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Para los Objetivos 1 y 2 los factores o variables de análisis, son rasterizados, para manejar una misma extensión de archivos, posteriormente son normalizados, para ello se utiliza La Lógica Fuzzy y Matriz de Saaty para establecer los pesos de cada variable, con la ayuda del SIG Arcgis, el mismo que permite realizar el álgebra de mapas (Raster calculator), la sumatoria total de los factores por los pesos, establecidos en cada metodología.

3.4.1. Técnica Aplicada Para El Objetivo 1. Realizar el análisis de inundación a través de la metodología IDRISI KILIMANJARO en la Parroquia Rural Licán del cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

Variables.

Pendiente.- Para determinar la pendiente, se utilizó el MDT (modelo digital del terreno) del cantón Riobamba a escala 1:1000, a través de la herramienta Slope de Spatial Analyst del SIG.

Precipitación.- La variable precipitación se realiza a través del mapa de precipitaciones anuales que dispone el GAD del cantón Riobamba, para este factor se utilizaron los indicadores del SNGRE para el rango de lluvia en el área de estudio.

Tabla 2. Precipitación

Descripción	Valor	Categoría
0 a 250 mm	1	Leve
250 a 500 mm	2	Baja
500 a 1000 mm	3	Media
1000 a 2000 mm	4	Alta
>2000 mm	5	Muy Alta

Fuente: SNGRE 2019.
Modificado por: Barragán & Rea

Distancia a los cauces.- Para esta variable el Software ArcGis, posee una herramienta llamada, Distancia Euclidiana de Spatial Analyst, que permite encontrar la distancia más cercana al centro de la celda, con una fuente de datos que en este caso es el Raster de Ríos.

Red de drenaje acumulada.- La herramienta Hydrology de Spacial Analyst Tools, permite a través de un MDT obtener este factor. La mayoría de MDTs presentan imperfecciones que deben ser corregidas, de tal manera se utilizó la extensión Fill, que en si corrige estas imperfecciones, luego se procedió a realizar el Flow Direcction, esta herramienta muestra la dirección del flujo de cada celda, y por último el Flow Accumulation, este genera un Raster del flujo acumulado o red de drenaje acumulada.

3.4.2. Técnica Aplicada Para El Objetivo 2. Realizar el análisis de inundación a través de la metodología del SNGRE en la Parroquia Rural Licán del cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

Variables.

Saturación.- Esta variable está definida por el nivel freático, que es el nivel superior de agua en el suelo o de un acuífero, la información cartográfica para este factor, se la obtuvo del Geoportal del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2020), a escala 1:25000, por medio del software ArcGis se pudo manipular esta información.

Tabla 3. Nivel freático del suelo

Descripción	Valor	Categoría
Zona de Saturación	5	Escaso Drenaje
Saturación del Umbral	4	Lento Drenaje
Parcialmente mojado	3	Moderado
Baja humedad	2	Bueno/optima

Fuente: SNGRE 2019.
Modificado por: Barragán & Rea

Densidad.- A través del MDT del área de estudio, tal es el caso de la Parroquia Rural Licán del cantón Riobamba, se determina la pendiente y/o densidad, a escala 1:1000, con un mayor grado de precisión, con la herramienta Slope.

Tabla 4. Rango de pendientes

Categoría	Clase	Valor
Muy suave	0 – 5	5
Suave	5 – 12	4
Media	12 – 25	3
Media a Fuerte	25 – 40	2
Fuerte	>40	1

Fuente: SNGRE 2019.
Elaborado: Barragán & Rea

Permeabilidad.- Este factor está determinado por la textura del suelo, shp descargado del Geoportal del Ministerio de Agricultura y Ganadería, escala 1:25000, esta variable nos permite saber el comportamiento de la superficie del terreno, como se describe a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 5. Permeabilidad en los suelos en base a su textura.

Clases de permeabilidad de los suelos	Clase textural		Valor
Muy Lenta	Arcilloso	Suelos arcillosos	5
Lenta			
Moderadamente Lenta	Arcillo-arenoso, Arcillo-limoso, Franco arcilloso		4
Moderada	Franco arcillo-arenoso, Franco arcillo-limoso	Suelos francos	3
Moderadamente Rápida	Franco, Franco limoso, Limoso		
Rápida	Franco arenoso		2
Muy Rápida	Arenoso, Areno francoso	Suelos arenosos	1

Fuente: SNGRE 2019.
Elaborado: Barragán & Rea

Cobertura.- Esta variable corresponde a la cobertura vegetal o el uso de suelo del sector de estudio, este tiene como fuente el GAD del cantón Riobamba a escala 1:25000 del 2019. El uso del SIG permite reconocer el uso o la cobertura vegetal del sector, como una de las variables de análisis para zonas susceptibles a inundaciones, a continuación de detalla los indicadores usados para esta investigación.

Tabla 6. Uso y Cobertura de suelo

Clase	Peso
Bosque Nativo	1
Paramo	
Bosque Intermedio (plantaciones forestales)	2
Matorrales	
Arboricultura	
Pasto Natural	3
Cultivos Permanentes	
Cultivos de ciclo corto	4
Suelos desnudos	5
Área Urbana	
Cuerpos de agua	

Fuente: SNGRE 2019.
Elaborador por: Barragán & Rea

Precipitación.- La precipitación representa la influencia de lluvia, como una de las variables detonantes de las inundaciones, al igual que la metodología anterior se determina por medio de la cartografía digital que pone a disposición el GAD del cantón Riobamba.

Tabla 7. Precipitación

Descripción	Valor	Categoría
0 a 250 mm	1	Leve
250 a 500 mm	2	Baja
500 a 1000 mm	3	Media
1000 a 2000 mm	4	Alta
>2000 mm	5	Muy Alta

Fuente: SNGRE 2019.
Modificado por: Barragán & Rea

Una vez analizado todos los factores, es necesario un proceso de normalización o estandarización de variables (Lógica Fuzzy), cada elemento presenta un grado de pertenencia a un conjunto difuso que puede tomar cualquier valor entre 0 y 1, definida por una ecuación directamente proporcional (seno) o inversamente proporcional (coseno), la cual se procede a resumir en la siguiente tabla.

Tabla 8. Normalización de variables

Relación de normalización	Variables		Ecuación
Directamente proporcional	Precipitación, red de drenaje	Cobertura, Permeabilidad, Precipitación	$sin = \frac{\pi}{2} * \frac{V_0 - V_{min}}{V_{max} - V_{min}}$
Inversamente proporcional	Pendiente, distancia a los cauces	Densidad, Saturación	$cos = \frac{\pi}{2} * \frac{V_0 - V_{min}}{V_{max} - V_{min}}$

Elaborado por: Barragán & Rea

Como se menciona al principio de este apartado, se procede a realizar el respectivo algebra de mapas tanto para la metodología de Idrisi Kilimanjaro, como la del SNGRE.

El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP), desarrollado por Thomas L. Saaty, en 1980, consiste en evaluar una serie de criterios que permiten jerarquizar los procesos. Este método se utilizó para definir los pesos a cada uno de los factores estudiados.

3.4.3. Técnica Aplicada Para El Objetivo 3. Comparar las metodologías IDRISI KILIMANJARO y del SNGRE para elaborar el mapa de coincidencias de las zonas susceptibles a inundaciones en la Parroquia Rural Licán del cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

Para desarrollar el tercer objetivo, una vez determinado los dos análisis se midieron los porcentajes de áreas para cada nivel de riesgo, y para dar cumplimiento al objetivo se presenta un mapa final que nos permite visualizar ya sean sus coincidencias o diferencias de los dos resultados, a través de esto, nos permite medir que tan cercanas a la realidad son cada metodología, teniendo en cuenta el escenario donde se desenvuelve el estudio.

CAPITULO IV

RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

El SIG permite definir las variables que inciden ante la amenaza de inundación, y a través de la metodología establecer sus indicadores para su respectivo estudio. Cave recalcar que la información cartográfica se la obtuvo con fuente GAD del Cantón Riobamba en el caso de MDT del cantón a escala 1:1000 y de las precipitaciones a escala 1:25000, para el caso de la saturación, permeabilidad y cobertura vegetal, tiene fuente de la página del Geoportal del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

4.1. RESULTADOS SEGÚN OBJETIVO 1: Realizar el análisis de inundación a través de la metodología IDRISI KILIMANJARO en la Parroquia Rural Licán del cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

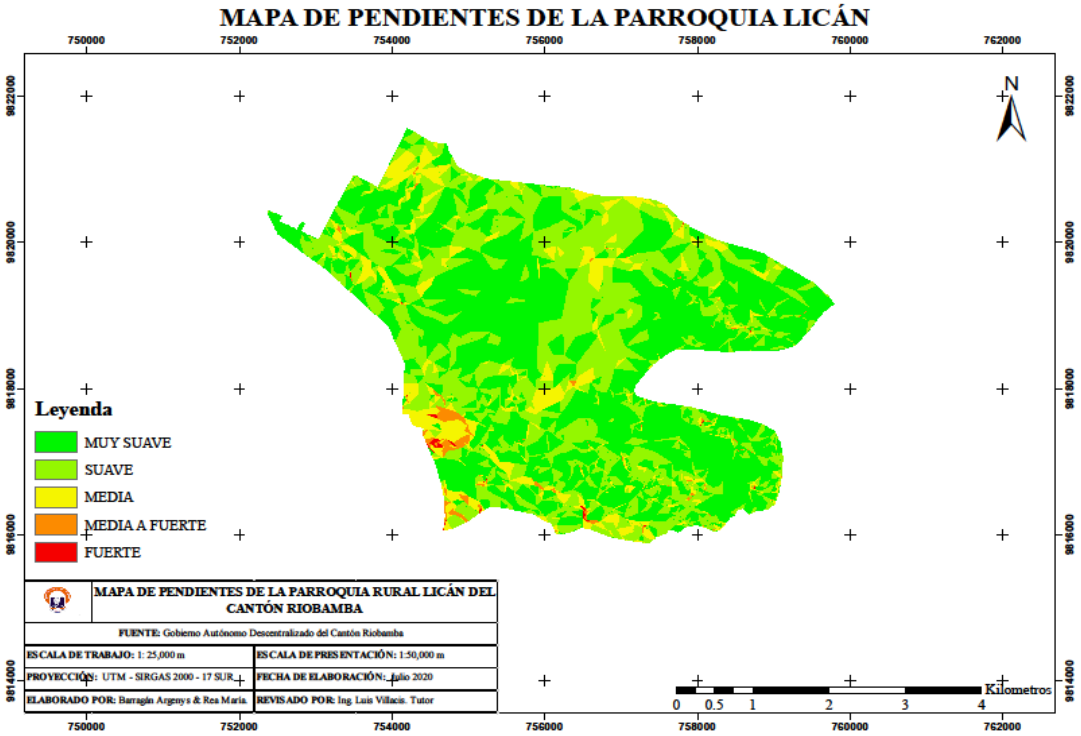
Pendiente.- La parroquia rural Licán, está ubicado en una zona en donde predominan las pendientes entre 0 a 12 grados, las cuales constituyen el 89.60 % del territorio en estudio, que corresponde según la clasificación de muy suave a suave, a continuación se describen los valores en la siguiente tabla.

Tabla 9. Descripción de la pendiente de la Parroquia Rural Licán.

Descripción	Rango	Valor	KM^2	%
Muy suave	0 a 5	1	11.688	51.95
Suave	5 a 12	2	8.473	37.66
Media	12 a 25	3	2.078	9.24
Media a Fuerte	25 a 40	4	0.228	1.01
Fuerte	> 40	5	0.033	0.15
Total			22.501	100.00

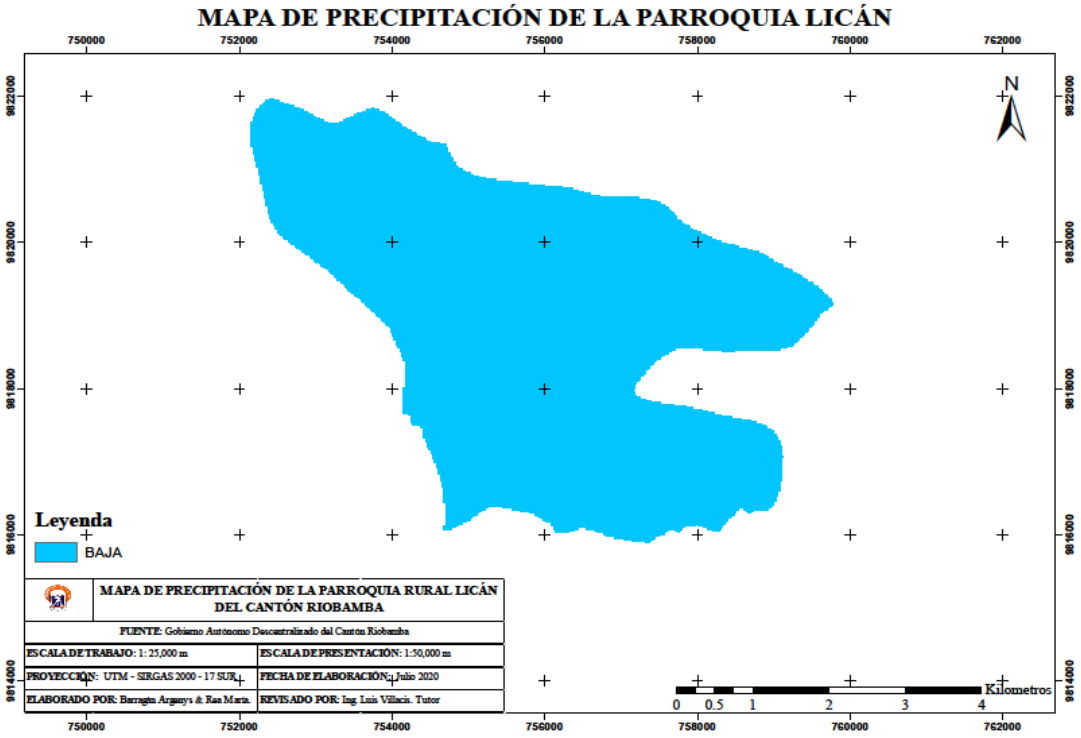
Fuente: GAD del Cantón Riobamba
Elaborado por: Barragán & Rea

Aquí se presenta el resultado del mapa de pendientes de la zona de estudio, en la cual se puede corroborar que la zona tiene un gran porcentaje de pendientes suaves, valga la redundancia.



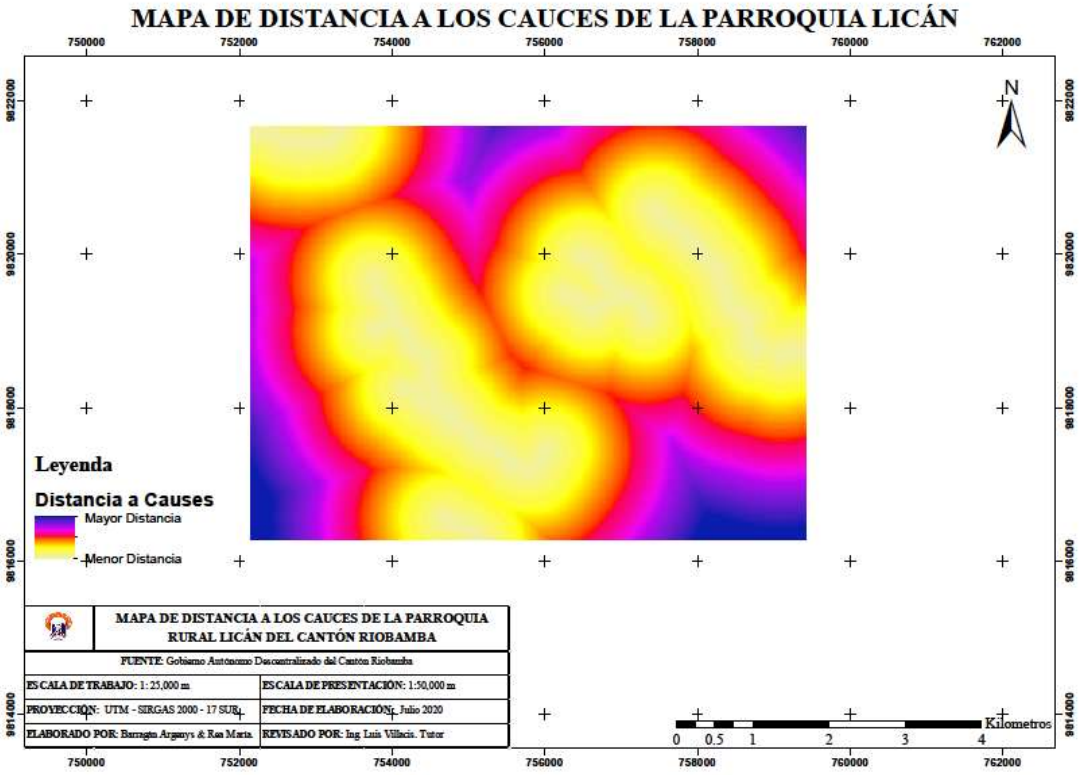
Mapa 2. Pendientes de la Parroquia Licán
Elaborado por: Barragán & Rea

Precipitación.- Para este factor se cuenta con información que dispone el GAD del cantón Riobamba, cartografía a escala 1:25000 del 2019, concluyendo que el valor promedio anual en la zona corresponde a categoría Baja de 250 a 500 mm, según la última consultoría realizada por la antes ya mencionada institución, es necesario recalcar la mayor incidencia en los meses de mayor precipitación que corresponde a la época lluviosa.



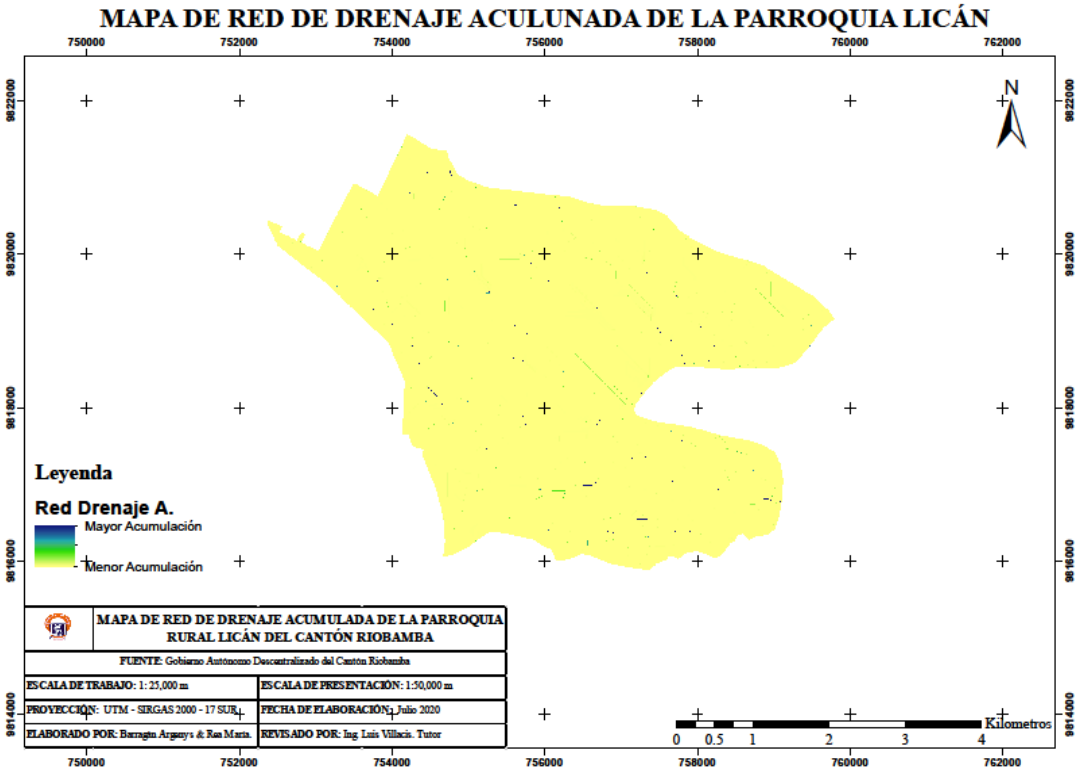
Mapa 3. Precipitaciones de la Parroquia Licán
Elaborado por: Barragán & Rea

Distancia a los Cauces.- A través de esta variable se puede apreciar la proximidad a los cauces, en otras palabras podemos afirmar que, mientras más cercanas a los ríos o quebradas se encuentren los asentamientos o estructura hay un mayor riesgo, de tal manera se presenta el mapa del análisis.



Mapa 4. Distancia a los Cauces de la Parroquia Licán
Elaborado por: Barragán & Rea

Red de Drenaje Acumulada.- Este factor representa el flujo acumulado de agua para cada celda, variable fundamental para el análisis final, el mapa que se aprecia, permite identificar el comportamiento del agua acumulada a través de un Raster.

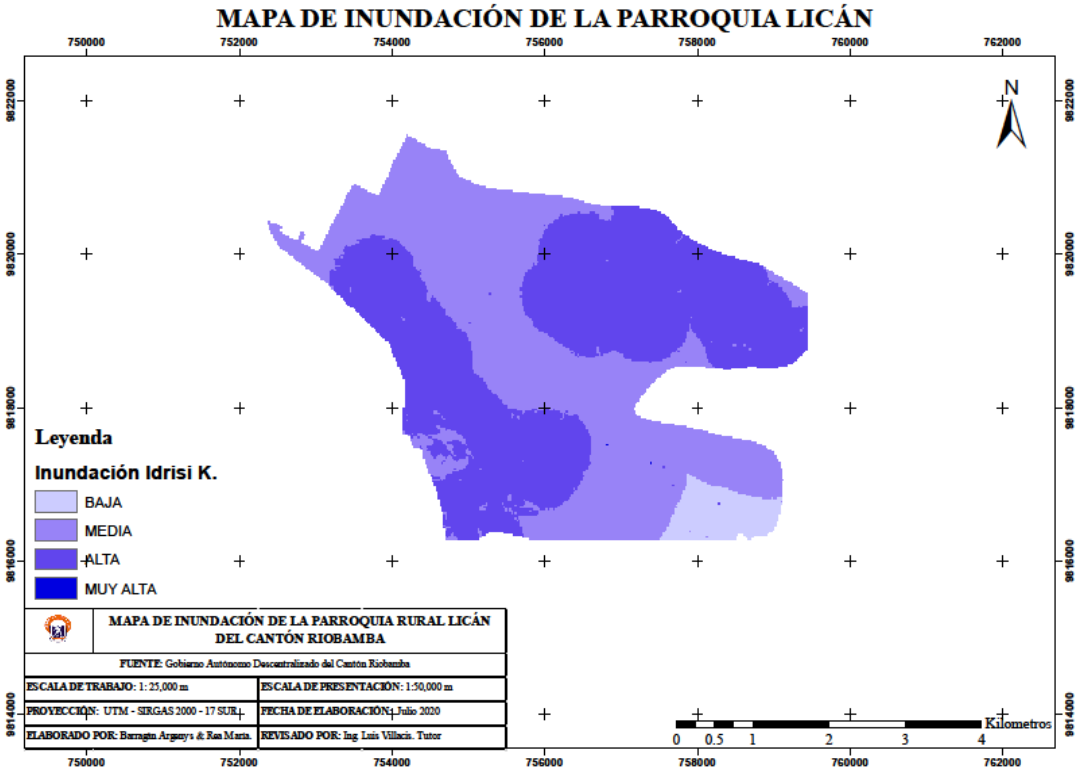


Mapa 5. Red de Drenaje Acumulada de la Parroquia Licán
Elaborado por: Barragán & Rea

MAPA DE INUNDACIÓN DE LA PARROQUIA RURAL LICÁN DEL CANTÓN RIOBAMBA

El último paso para obtener el mapa de inundaciones con la metodología de Idridi Kilimanjaro, una vez realizado el análisis de cada una de las variables, tales como pendiente, precipitación, distancia a los cauces y la red de drenaje acumulada, precedemos a utilizar la siguiente ecuación para la suma ponderada de cada factor.

Ai = [pendiente_n]* 0.125 + [precipitación_n]*0.125 + [distancia_a_causes_n]*0.375 + [red_drenaje_acumulada_n]*0.375



Mapa 6. Susceptibilidad de Inundaciones de la Parroquia Licán
Elaborado por: Barragán & Rea

En el mapa se aprecia que la parroquia rural Licán presenta una incidencia media y alta a las inundaciones con respecto a la distancia a los cauces y la red de drenaje acumulada, ya que la antes mencionada metodología asigna los pesos más fuertes a estas variables con el 0.375 respectivamente, es decir, corresponde al 75% del total.

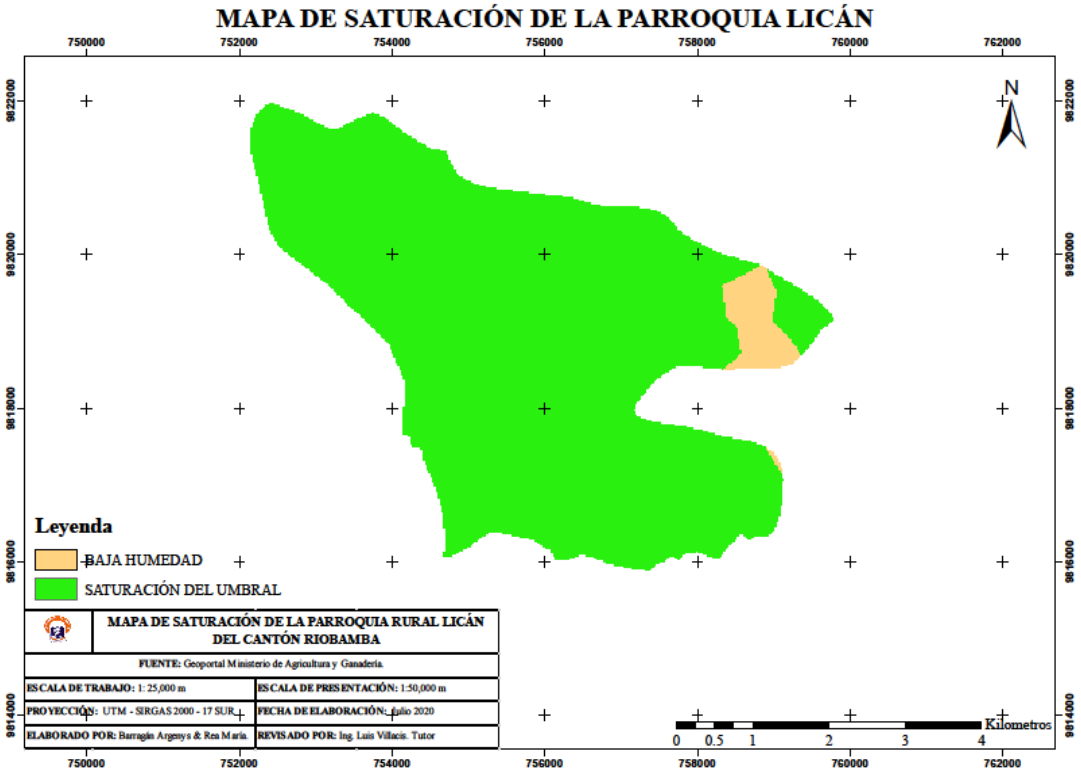
4.2.RESULTADOS SEGÚN OBJETIVO 2: Realizar el análisis de inundación a través de la metodología del SNGRE en la Parroquia Rural Licán del cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

Saturación.- Según el análisis se puede apreciar que el terreno tiene un nivel freático considerable, lo que corresponde al 96.22 % del área, es decir 21.65 km2, como se resume a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 10. Descripción del nivel freático del terreno.

Descripción	Valor	KM2	%
Baja Humedad	2	0.850	3.775
Saturación del Umbral	4	21.651	96.225
Total		22.501	

Fuente: Geoportal, Ministerio de Agricultura y Ganadería.
Elaborado por: Barragán & Rea



Mapa 7. Saturación del terreno de la Parroquia Licán
Elaborado por: Barragán & Rea

Densidad.- La parroquia rural Licán, está ubicado en una zona en donde predominan las pendientes entre 0 a 12 grados, las cuales constituyen el 89.60 % del territorio en estudio, que corresponde según la clasificación de

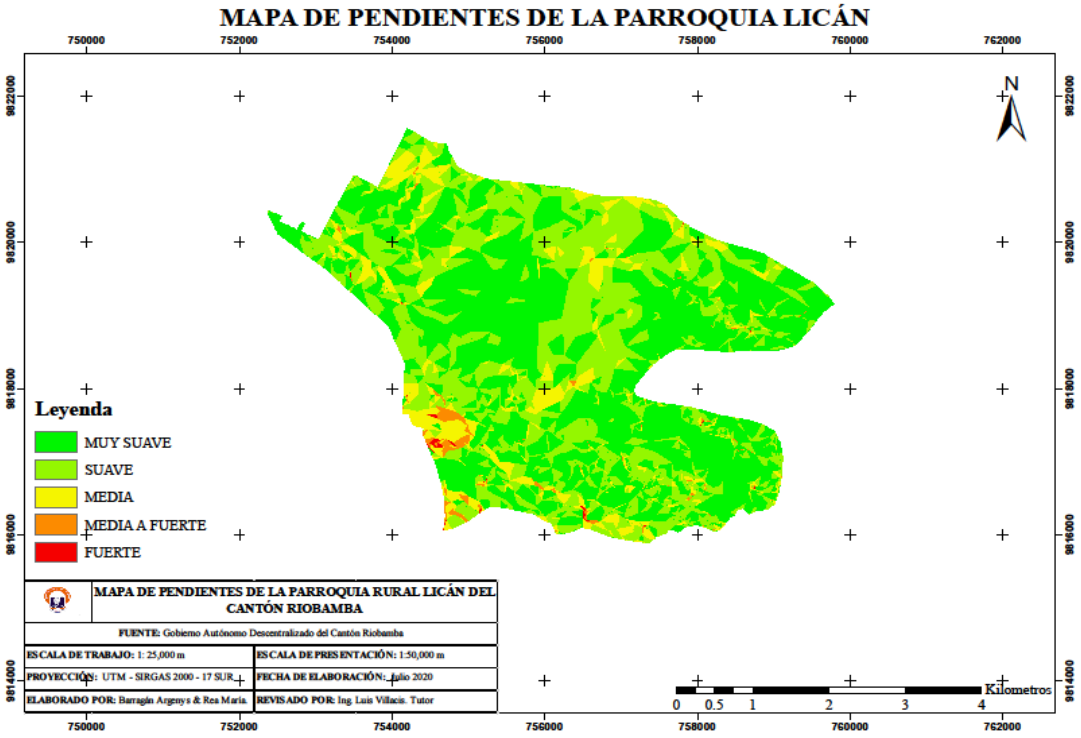
muy suave a suave, a continuación se describen los valores en la siguiente tabla.

Tabla 11. Descripción de la pendiente de la Parroquia Rural Licán.

Descripción	Rango	Valor	KM2	%
Muy suave	0 a 5	1	11.688	51.95
Suave	5 a 12	2	8.473	37.66
Media	12 a 25	3	2.078	9.24
Media a Fuerte	25 a 40	4	0.228	1.01
Fuerte	> 40	5	0.033	0.15
Total			22.501	100.00

Fuente: GAD del Cantón Riobamba
Elaborado por: Barragán & Rea

Aquí se presenta el resultado del mapa de pendientes de la zona de estudio, en la cual se puede corroborar que la zona tiene un gran porcentaje de pendientes suaves, valga la redundancia.



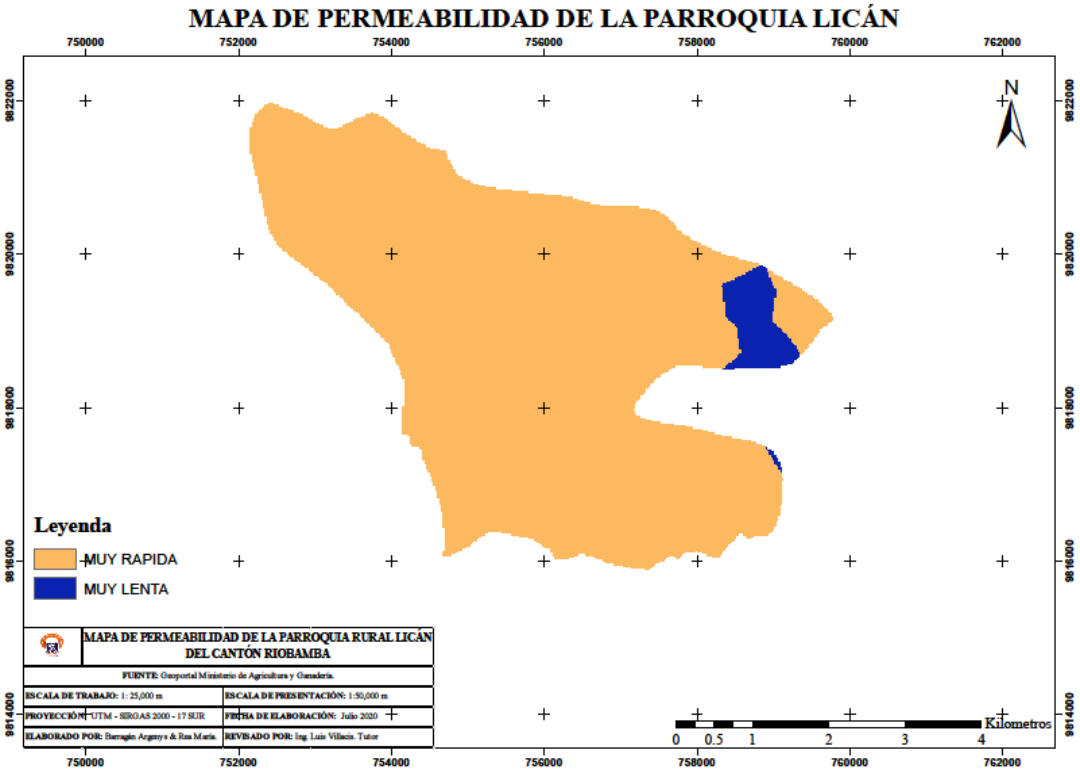
Mapa 8. Pendientes de la Parroquia Licán
Elaborado por: Barragán & Rea

Permeabilidad.- El 96.22 % del área en estudio tiene una permeabilidad muy rápida, lo que corresponde a 21.65 km2, visto de otra manera, según la textura del terreno, predominan suelos arenosos.

Tabla 12. Descripción de la permeabilidad del terreno.

Descripción	Valor	KM2	%
Muy Lenta	5	0.850	3.775
Muy Rápida	1	21.651	96.225
Total		22.501	

Fuente: Geoportal, Ministerio de Agricultura y Ganadería.
Elaborado por: Barragán & Rea



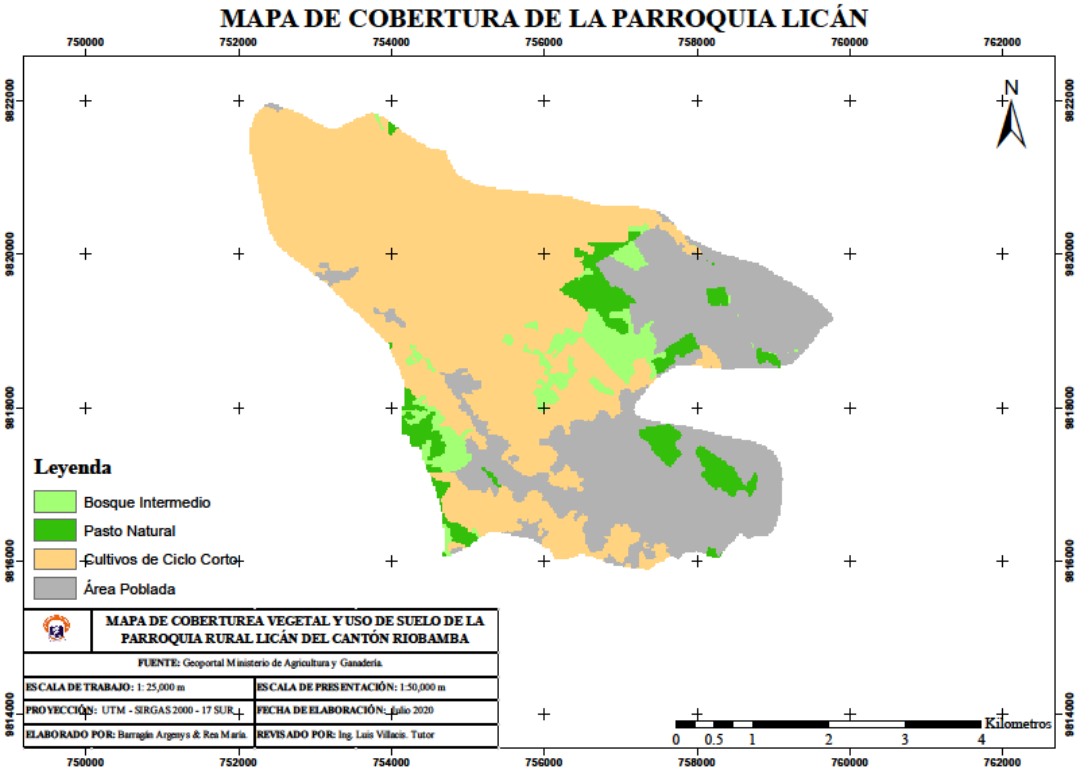
Mapa 9. Permeabilidad de la Parroquia Licán
Elaborado por: Barragán & Rea

Cobertura.- El 61.34% corresponde a cultivos de ciclo corto y el 25.50% al área urbana, características que influyen significativamente en las afectaciones por inundaciones.

Tabla 13. Descripción de la cobertura y uso del suelo.

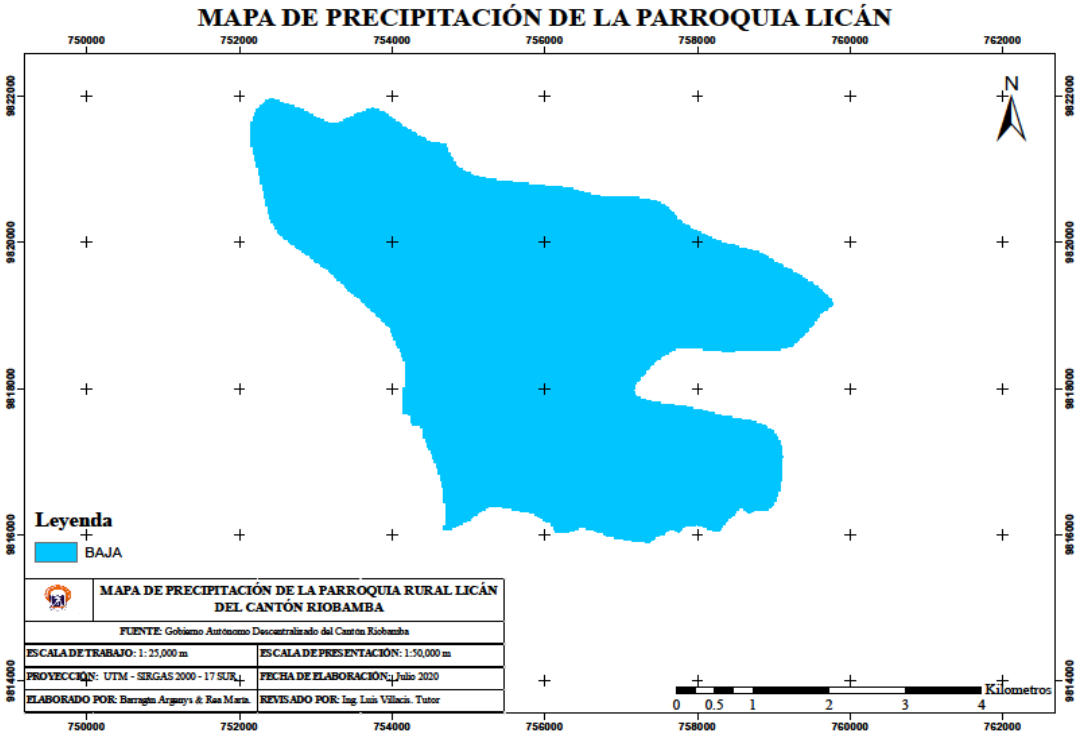
Descripción	Valor	KM2	%
Bosque Intermedio	2	1.38	6.15
Pasto Natural	3	1.58	7.01
Cultivos de ciclo corto	4	13.80	61.34
Área poblada	5	5.74	25.50
Total		22.50	100.00

Fuente: GAD del cantón Riobamba
Elaborado por: Barragán & Rea



Mapa 10. Cobertura y usos del suelo de la Parroquia Licán
Elaborado por: Barragán & Rea

Precipitación.- Para este factor se cuenta con información que dispone el GAD del cantón Riobamba, cartografía a escala 1:25000 del 2019, concluyendo que el valor promedio anual en la zona corresponde a categoría Baja de 250 a 500 mm, según la última consultoría realizada por la antes ya mencionada institución, es necesario recalcar la mayor incidencia en los meses de mayor precipitación que corresponde a la época lluviosa.

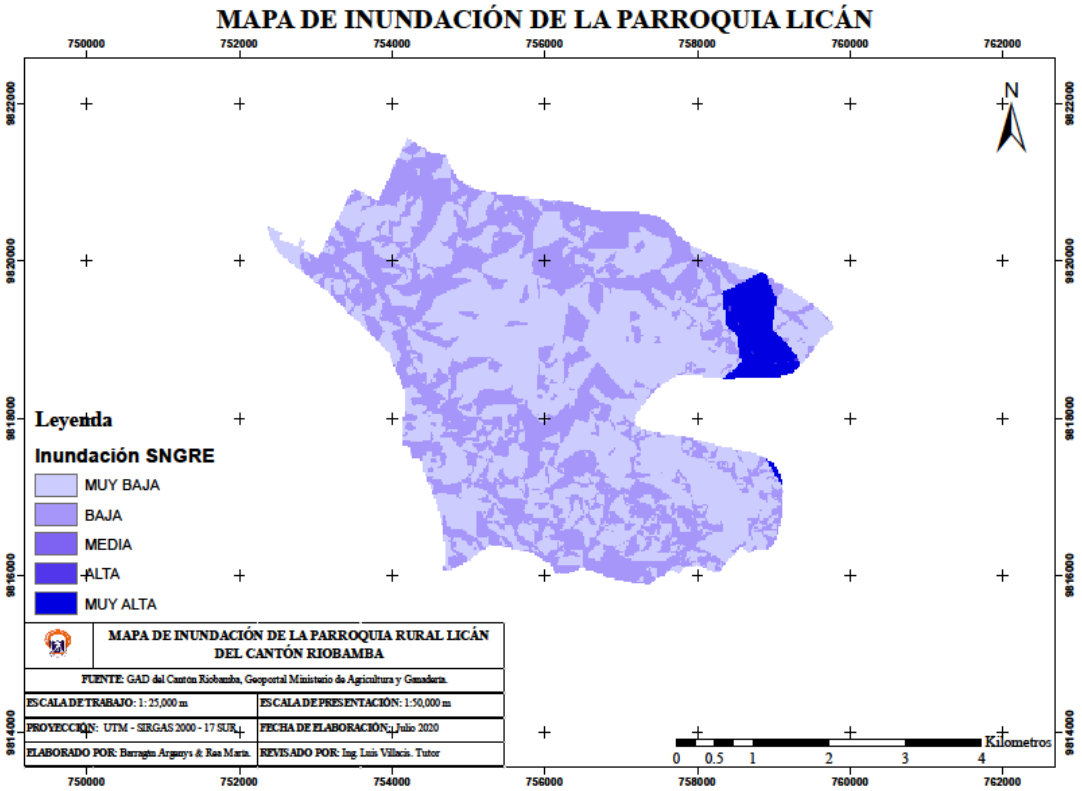


Mapa 11. Precipitaciones de la Parroquia Licán
Elaborado por: Barragán & Rea

MAPA DE INUNDACIÓN DE LA PARROQUIA RURAL LICÁN DEL CANTÓN RIOBAMBA

El último paso para obtener el mapa de inundaciones con la metodología del SNGRE, una vez realizado el análisis de cada una de las variables, tales como saturación, densidad, permeabilidad, cobertura y precipitación, precedemos a utilizar la siguiente ecuación para la suma ponderada de cada factor.

At = [saturación]* 0.52 + [permeabilidad]* 0.20 + [densidad]* 0.10 + [cobertura/uso del suelo]* 0.10 + [precipitación]* 0.08



Mapa 12. Susceptibilidad a Inundaciones de la Parroquia Licán
Elaborado por: Barragán & Rea

4.3.RESULTADOS SEGÚN OBJETIVO 3: Comparar las metodologías IDRISI KILIMANJARO y del SNGRE para elaborar el mapa de coincidencias de las zonas susceptibles a inundaciones en la Parroquia Rural Lícan del cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

Para este objetivo se presenta una tabla en la que se muestra el porcentaje del área que cubre cada nivel de amenaza, tanto para la metodología de Idrisi Kilimanjaro y la del Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, con resultados diferentes para cada análisis, como se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 14. Descripción de los porcentajes de área para cada nivel de amenaza.

IDRISI KILIMANJARO				SNGRE		
NIVEL	VALOR	KM2	%	VALOR	KM2	%
MUY BAJA	1		0.00	1	12.607	56.09
BAJA	2	0.866	3.85	2	9.019	40.13
MEDIA	3	10.454	46.51	3		0.00
ALTA	4	11.157	49.64	4	0.004	0.02
MUY ALTA	5	0.001	0.00	5	0.846	3.77
TOTAL		22.477	100.00		22.477	100.00

Fuente: GAD del cantón Riobamba, Geoportal del MAG.
Elaborado por: Barragán & Rea

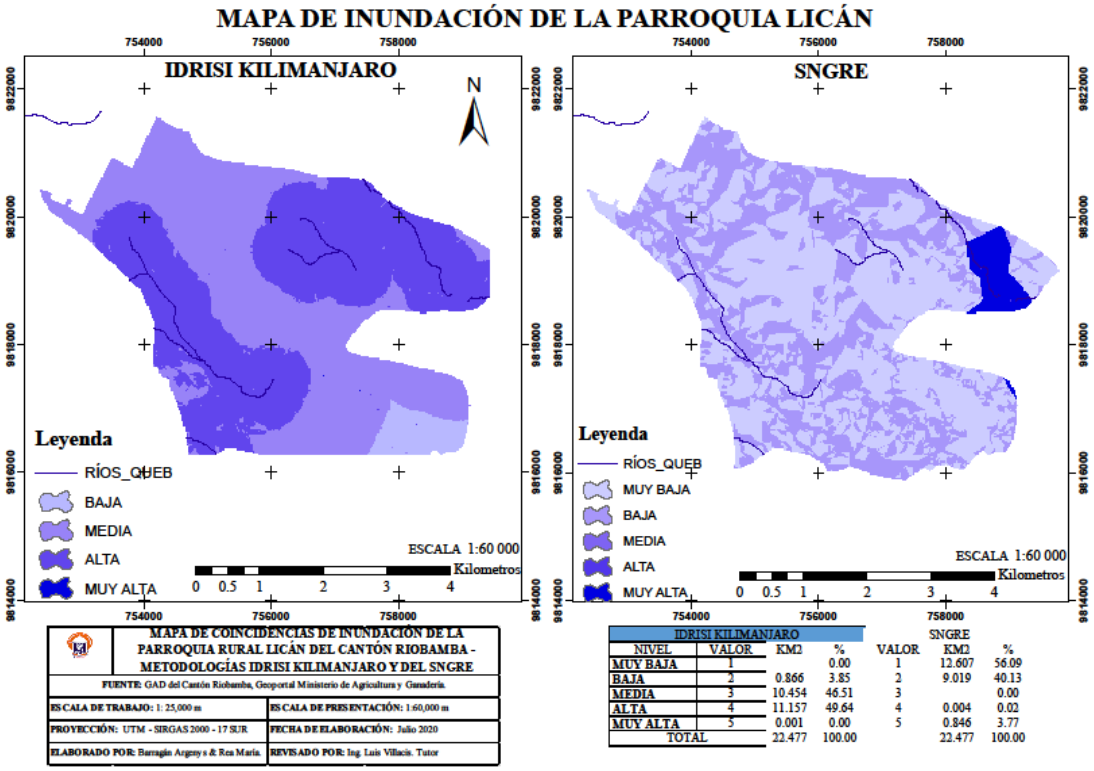
A continuación se describe una tabla de porcentajes en la que coinciden y no coinciden las metodologías para cada nivel de amenaza.

Tabla 15. Porcentajes de Área Coincidencia y No Coincidencia.

NIVEL	VALOR	% de Coincidencia	% de No Coincidencia
MUY BAJA	1		28.05
BAJA	2	1.93	18.14
MEDIA	3		23.26
ALTA	4	0.01	24.81
MUY ALTA	5		1.89

Elaborado por: Barragán & Rea

Aquí se presenta el mapa de coincidencias o diferencias ante inundaciones entre las metodologías de Idrisi Kilimanjaro y la del SNGRE, dando cumplimiento al tercer objetivo planteado en el presente proyecto.



Mapa 13. Susceptibilidad a Inundaciones de la Parroquia Licán
Elaborado por: Barragán & Rea

Análisis.- En el mapa se aprecia que cada análisis presenta resultados diferentes, por una parte la metodología de Idrisi Kilimanjaro tiene una mayor incidencia en los niveles de riesgo Medio y Alto en función al drenaje natural de la quebrada, en cambio el método del SNGRE, predominan los niveles de riesgo Muy bajo y Bajo, de inundación con respecto a la permeabilidad del suelo.

Podemos decir que la metodología del SNGRE, podría ser la que mejor se ajusta a la realidad del sector, debido a su ubicación geográfica, característica del suelo y por el uso de variables cualitativas, para zonas de acumulación de agua, en cambio el método de Idrisi está orientado al tema del desbordamiento de las quebradas, es decir que uso de cada metodología dependerá del contexto y de las características del sector donde se vaya a realizar el estudio.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.CONCLUSIONES

- Al realizar el análisis de inundación a través de la metodología de Idrisi Kilimanjaro, en la parroquia rural Licán del Cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, se determinó que la zona de estudio presenta una mayor incidencia al nivel de riesgo Medio y Alto, con el 46.51% y el 49.64%, debido a que esta evaluación, predomina o da mayor relevancia a la distancia a los causes y la red de drenaje acumulada, haciéndola susceptible a inundaciones, según la metodología.

- Una vez elaborado el análisis de inundación por medio de la metodología del Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, en la parroquia rural Licán del Cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, se determinó que la zona de estudio muestra una mayor incidencia al nivel de riesgo Muy Bajo y Bajo, con el 56.09% y el 40.13%, respectivamente, puesto que la mayor parte del suelo, su permeabilidad es muy rápida, es decir suelos arenosos, por tal razón, son bajos los niveles de amenaza de inundación.

- El método del SNGRE se ajustaría a la realidad de la zona de estudio, debido a su ubicación geográfica, características del suelo y el uso de más parámetros cualitativos, para zonas de acumulación de agua, en cambio Idrisi frente al desbordamiento de la quebrada de Cunduana, concuerda con la problemática, pero no en su totalidad, por tal motivo se concluye que el uso de las metodologías dependerá del contexto y condiciones que presente el área en estudio. Sin embargo el no haber realizado la comprobación de los resultados en campo dificulto la validación de los modelos analizados.

5.2.RECOMENDACIONES

- Como es de nuestro conocimiento, ambas metodologías son evaluaciones multicriterio, lo que implica que de acuerdo a la zona y experiencia del investigador o grupo interdisciplinario, estas variables pueden aumentar o variar, por ende consideramos que en el método de Idrisi Kilimanjaro, se debe incluir al menos una variable con las características del suelo, ya que este es un factor fundamental a la hora de realizar análisis de inundaciones, puesto que este no es el caso se presenta tal cual establece la metodología.

- El método propuesto por el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, enmarca su análisis con el 72% del mismo, a las características del suelo, sin embargo los escenarios son cambiantes, con rasgos similares, pero no iguales, por tal motivo se recomienda variar los pesos y equilibrar los factores. Puesto que si las condiciones fueran en periodos prolongados de precipitaciones, el escenario sería diferente.

- Se recomienda a las autoridades tomar en cuenta este tipo de estudios comparativos, al menos entre dos metodologías, como herramientas de planificación y desarrollo urbanístico, con el fin de reducir las pérdidas, que involucran las inundaciones, aplicando estrategias para mitigar el riesgo, con criterios de Profesionales en el área, que permitan obtener una visión más cercana a la realidad de la zona.

- Para futuros trabajos de investigación que involucren modelamientos con cartografía, se recomienda la validación de los resultados en campo o el uso de imágenes satelitales con alta resolución, con el fin de comprobar si los resultados obtenidos fueron fiables y se ajustan a la realidad del sector en estudio o si requieren de la aplicación de nuevas variables.

BIBLIOGRAFÍA

Acaro Jaramillo M. (2011). Obtenido de http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/1158

Alcocer-Yamanaka V, Rodríguez-Varela J, Bourguett-Ortiz V, Llaguno-Guilberto O, & Albornoz-Góngora P. (2016). Obtenido de http://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v7n5/2007-2422-tca-7-05-00033.pdf

Bateman, A. (2007). *GITS*. Obtenido de https://www.upct.es/~minaeees/hidrologia.pdf

Calixto Liliana. (2017). Obtenido de https://ciaf.igac.gov.co/sites/ciaf.igac.gov.co/files/files_ciaf/Calixto-Ram%C3%B3n-Liliana-Lisbeth.pdf

Caro, L. (2019). *Lifeder.com*. Obtenido de https://www.lifeder.com/tecnicas-instrumentos-recoleccion-datos/

Chica, V. (21 de Octubre de 2013). *ESPOCH*. Obtenido de https://es.slideshare.net/valeriavale5076798/interpretacin-de-redes-de-drenaje#:~:text=En%20geolog%C3%ADa%20o%20geomorfolog%C3%ADa%2C%20una,o%20de%20la%20nieve%20fundida.

Constitucion del Ecuador. (2008). Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador.pdf

COOTAD. (21 de Mayo de 2018). Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/COOTAD.pdf

EL COMERCIO. (2016). Obtenido de https://www.elcomercio.com/actualidad/riobamba-colapso-quebrada-lluvias-delizamientos.html

Frankie. (3 de Abril de 2013). *Estudios Geotécnicos*. Obtenido de http://www.estudiosgeotecnicos.info/index.php/permeabilidad-de-los-suelos/

Gómez, M., & Barredo, J. (2005). *Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio.* Madrid España: Ra-MA.

Gonzalez Valencia , J. E. (2006). Propuesta metodológica basada en un análisis multicriterio para la identificación de zonas de. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*.

Guerra, C., Rodriguez, O., Fernández, D., & Vasco, J. (2019). *PLANEACIÓN ESTRATÉGICA APLICADA AL SECTOR PÚBLICO EN EL*

ECUADOR. CASO PARROQUIA LICAN. Obtenido de http://cimogsys.espoch.edu.ec/direccion-publicaciones/public/docs/books/2019-09-19-201924-99%20PLANEACI%C3%93N%20ESTRATEGICA%20APLICADA%20AL%20SECTOR%20P%C3%9ABLICO%20EN%20EL%20ECUADOR%20TOMO%201.pdf

HIDROLOGÍA. (2019). Obtenido de http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/calculo-de-la-pendiente-media-del-cauce-principal-de-una-cuenca-hidrografica/

INOCAR. (2005). *Instituto Oceanografico de la Armada*. Obtenido de https://www.inocar.mil.ec/boletin/ALN/Derrotero_2005.pdf

Larrea , P. (2018). *SNGRE*. Obtenido de https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/Informe-Narrativo-Z3.pdf

Ley de Seguridad Pública del Ecuador . (21 de Junio de 2017). Obtenido de https://www.propiedadintelectual.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/febrero/a_2_24_ley_de_seguridad_publica_y_del_estado_febrero_2019.pdf

MAG. (2020). *Geoportal del Ministerio de Agricultura y Ganadería*. Obtenido de http://geoportal.agricultura.gob.ec/

Manual del COE. (2017). Obtenido de https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/09/Manual-del-COE.pdf

Meza Ochoa, V. (18 de Junio de 2012). *Universidad de Colombia*. Obtenido de https://revistas.unal.edu.co/index.php/rbct/article/view/31251/43362

Mohammad, N. (2005). *Metodología de la Investigación.* México: Limusa.

Molina A. (2017). Obtenido de https://icc.org.gt/wp-content/uploads/2017/07/Determinaci%C3%B3n-de-Inundaciones-Ocosito.pdf

PAOT. (2003). Obtenido de http://centro.paot.org.mx/documentos/paot/informes/informe2003_borrame/temas/suelo.pdf

PDYOT LICAN. (2018). Obtenido de http://www.gadplican.gob.ec/wp-content/uploads/2018/04/PDOT-LICAN.pdf

Salas, M., & Jiménez, M. (2004). *CENAPRED*. Obtenido de http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/3-FASCCULOINUNDACIONES.PDF

Salazar L, & Ruiz T. (2017). Obtenido de http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/7269/1/Ru%C3%ADzMoralesTaniaLorena2017.pdf

SENPLADES. (2017). *Secretaria Tecnica de Planificación*. Obtenido de https://observatorioplanificacion.cepal.org/sites/default/files/plan/files/EcuandorPlanNacionalTodaUnaVida20172021.pdf

SNGR. (2019). *Glosario de Terminos de Gestión de Riesgos*. Obtenido de https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/GLOSARIO-DE-T%C3%89RMINOS-DE-GESTI%C3%93N-DE-RIESGOS-DE-DESASTRES-GUIA-DE-CONSULTA.pdf

SNGRE. (JUNIO de 2015).

SNGRE. (2019). *Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias.*

Soldano, A. (2009). *CONAE*. Obtenido de http://www.rimd.org/advf/documentos/4921a360071e58.79575639.pdf

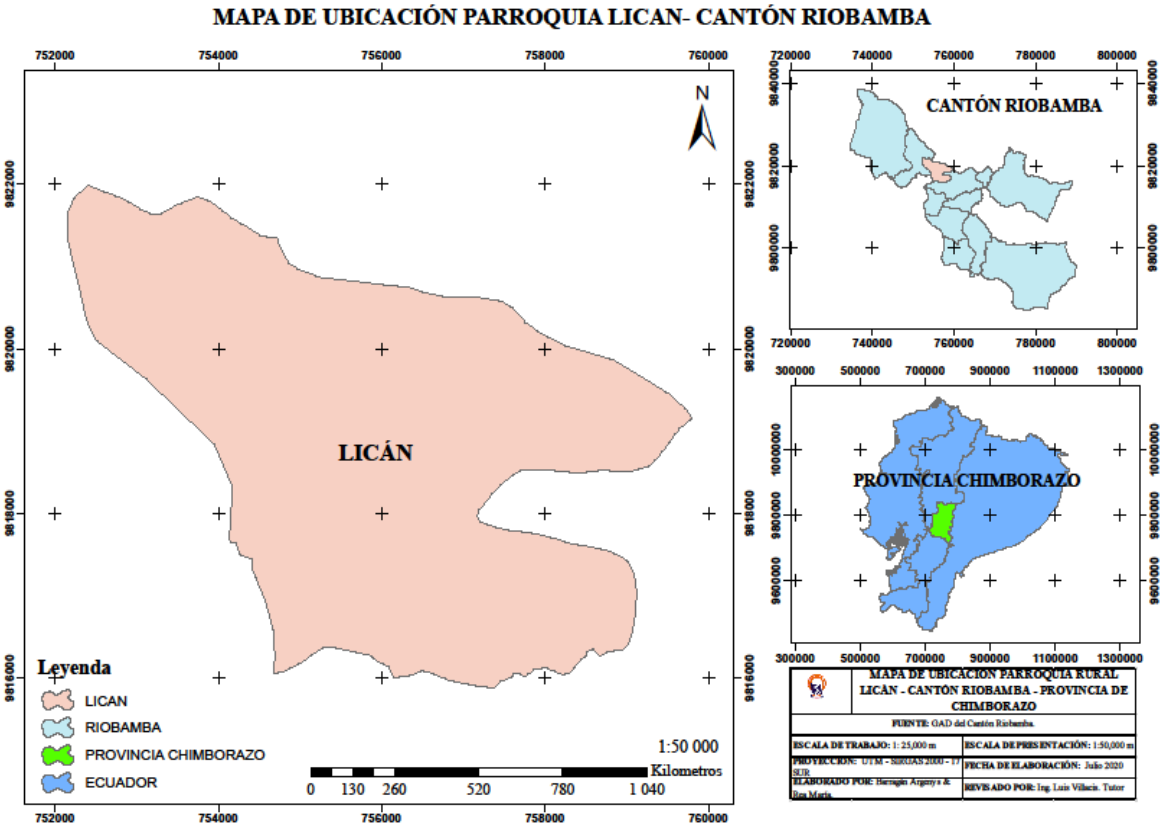
UNISDR. (2009). *Terminologia sobre Reduccion del Riesgo de Desastres*. Obtenido de https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf

Vergara del Carmen, Ellis Edward, Cruz José, Alarcón Luz, & Galván Ulises. (08 de Julio de 2011). Obtenido de http://www.scielo.org.mx/pdf/polcul/n36/n36a3.pdf

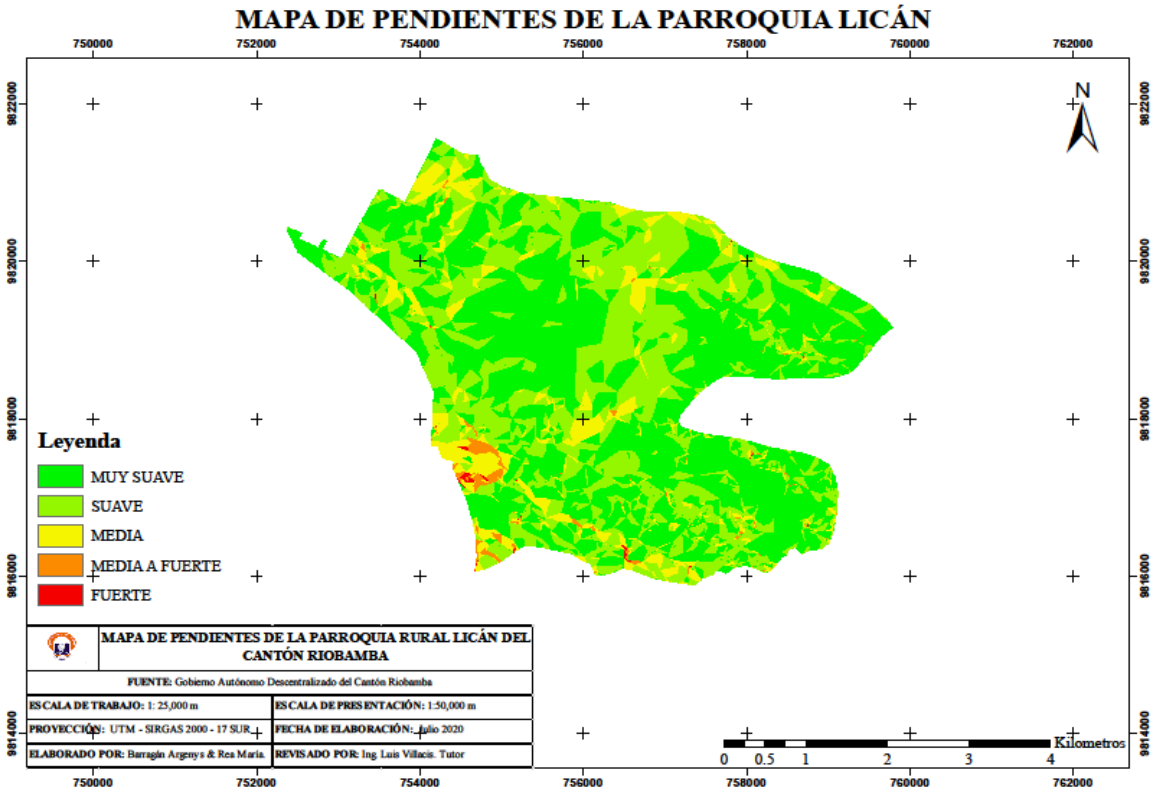
Zadeh, L. (1960). *Logica Fuzzy.* California.

ANEXOS

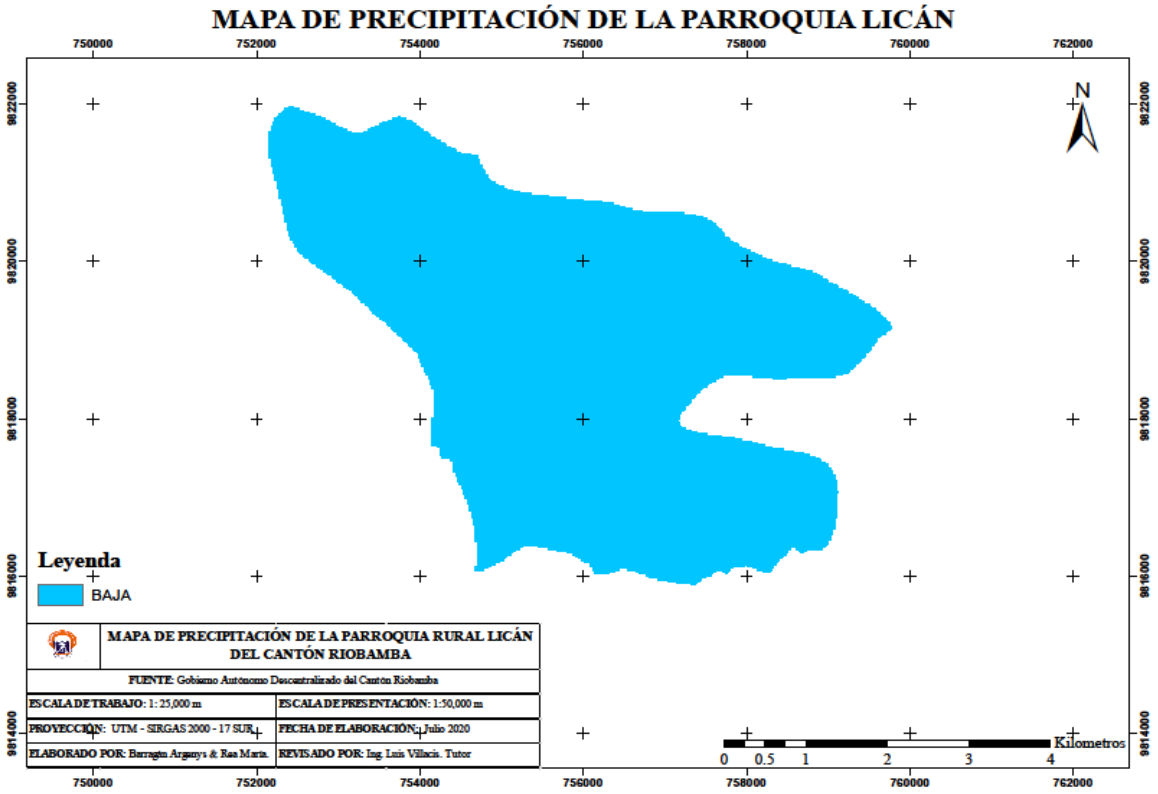
Anexo 1. Mapa de Ubicación



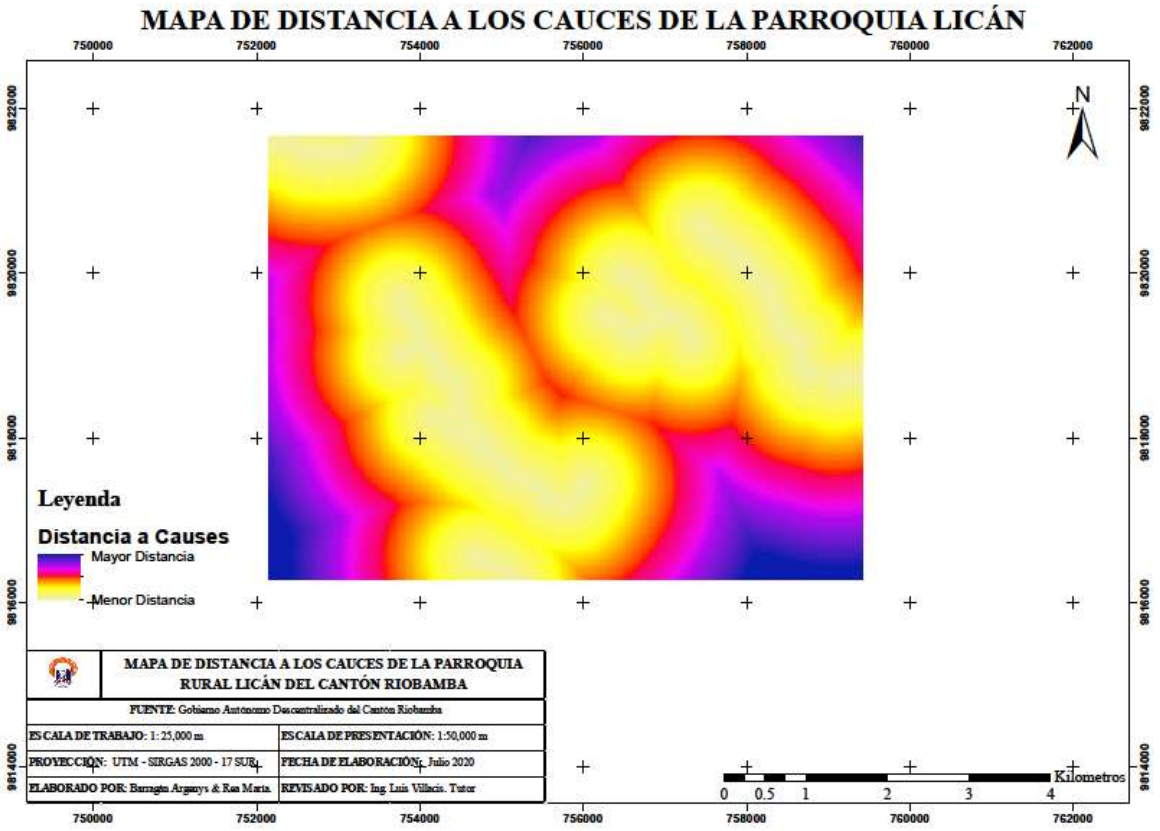
Anexo 2. Mapa de pendientes



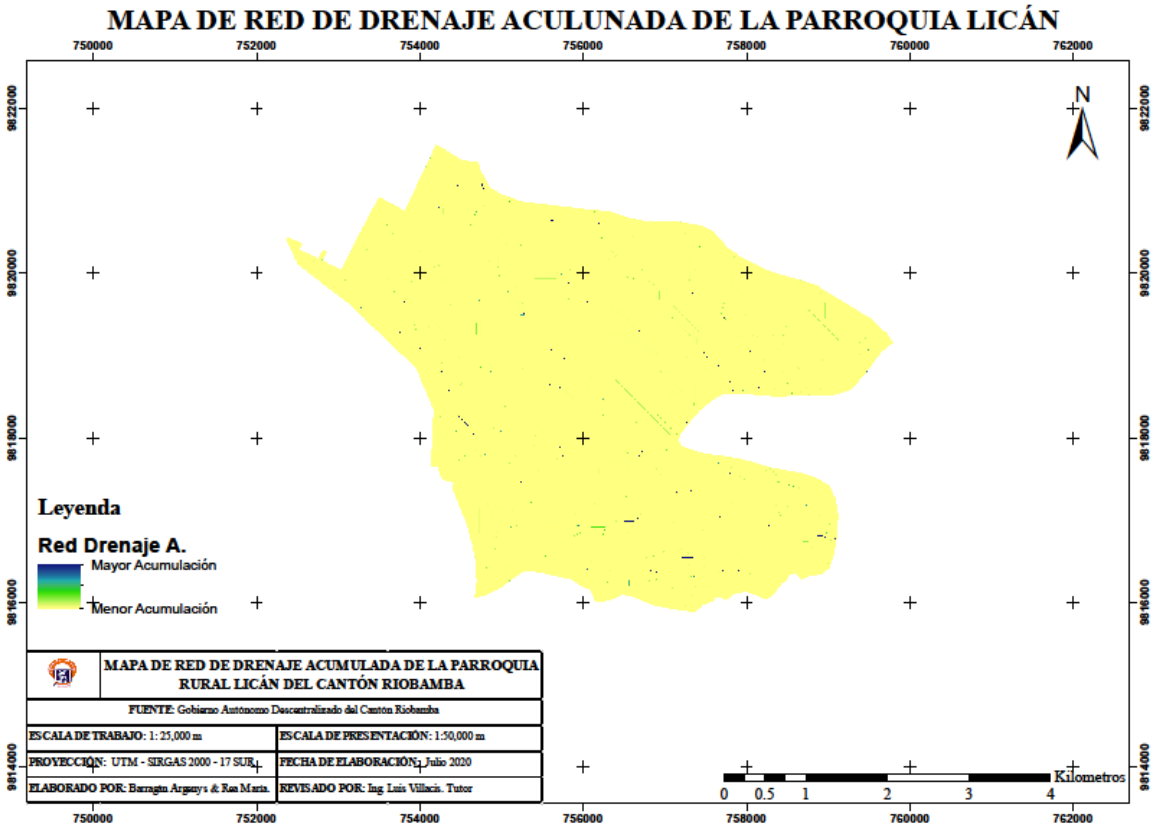
Anexo 3. Mapa de Precipitación



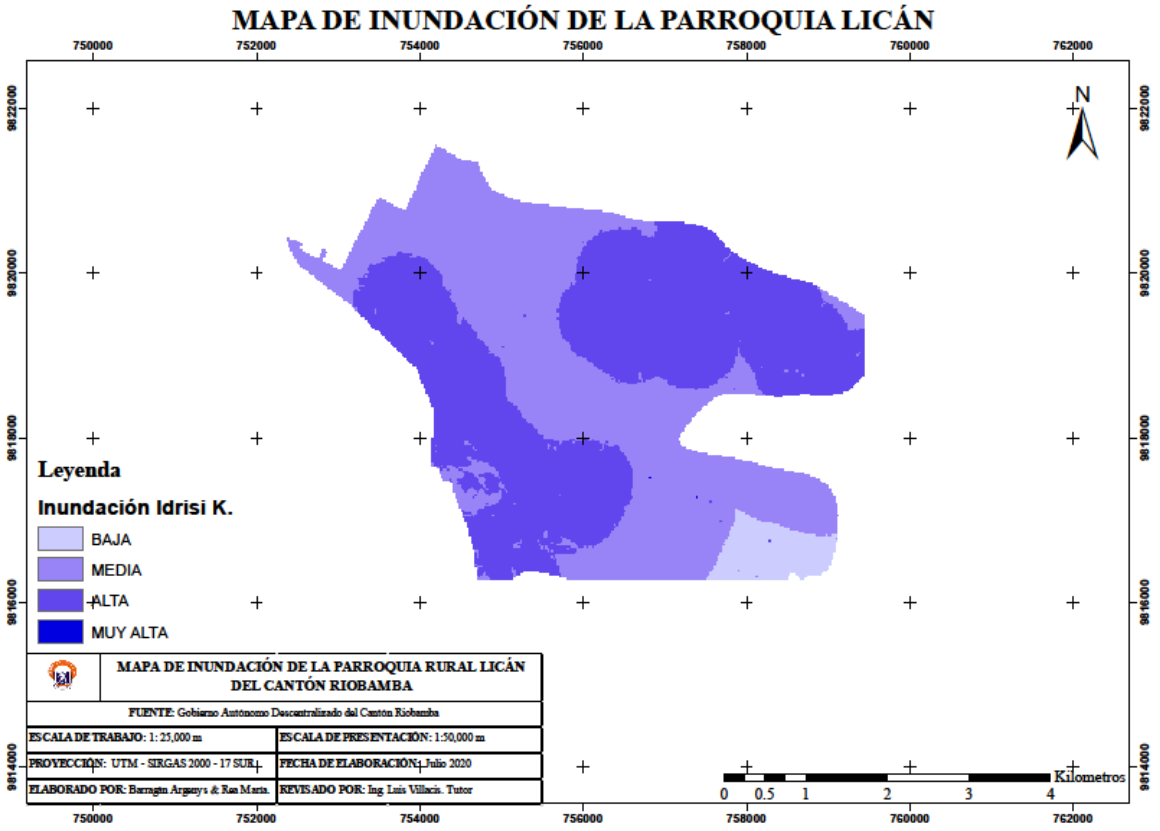
Anexo 4. Mapa de Distancia a los Causes



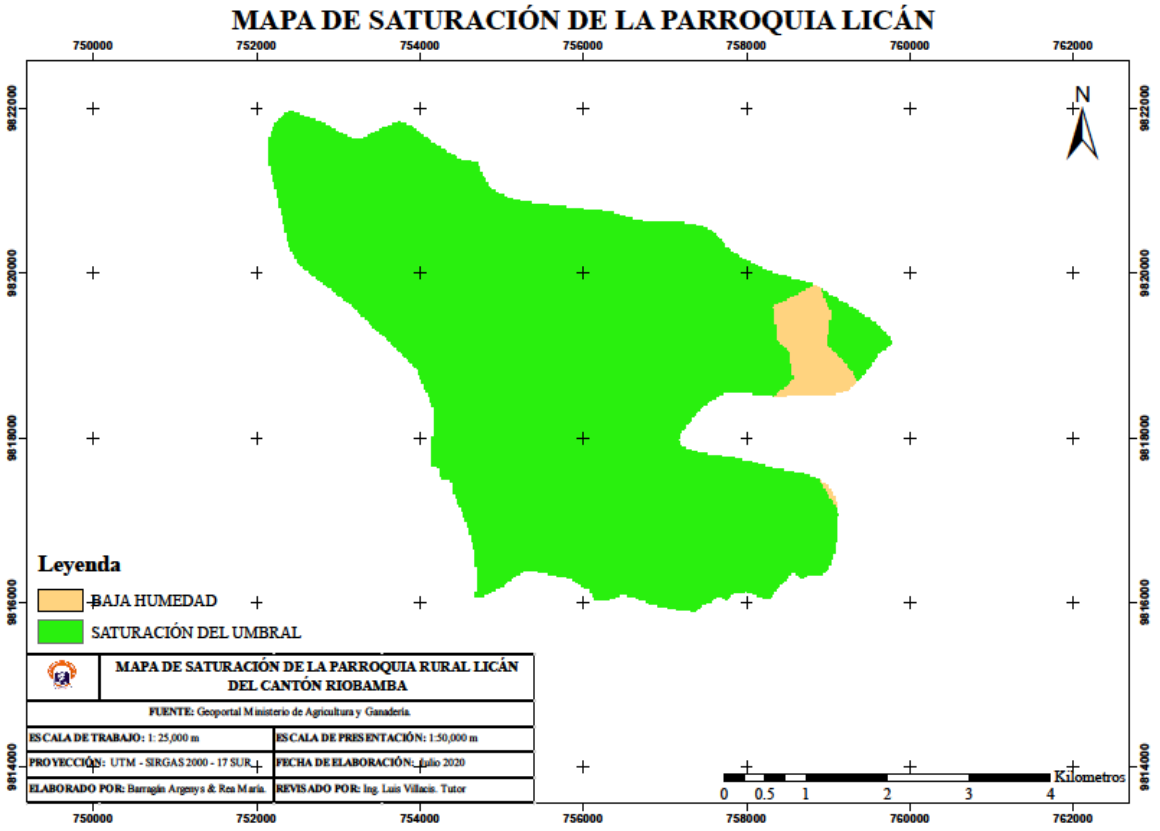
Anexo 5. Mapa de Red de Drenaje Acumulada



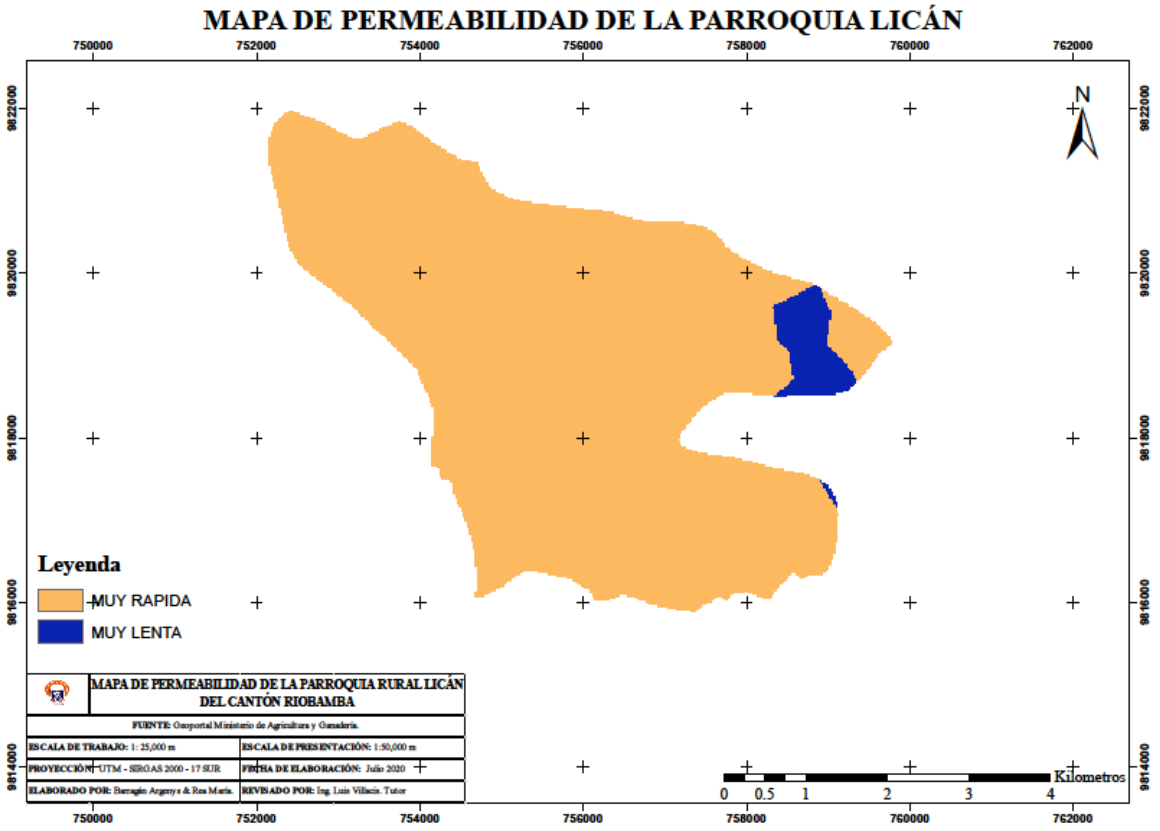
Anexo 6. Mapa de Inundación Metodología Idrisi Kilimanjaro



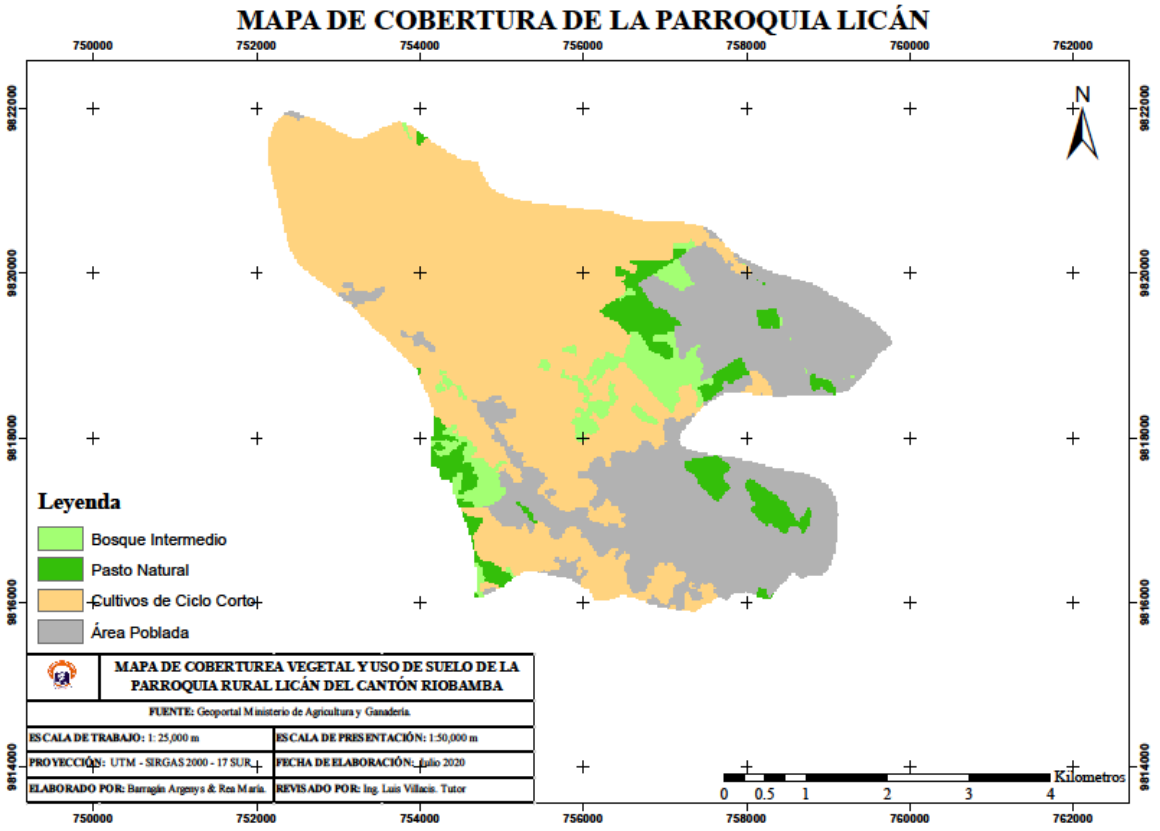
Anexo 7. Mapa de Saturación



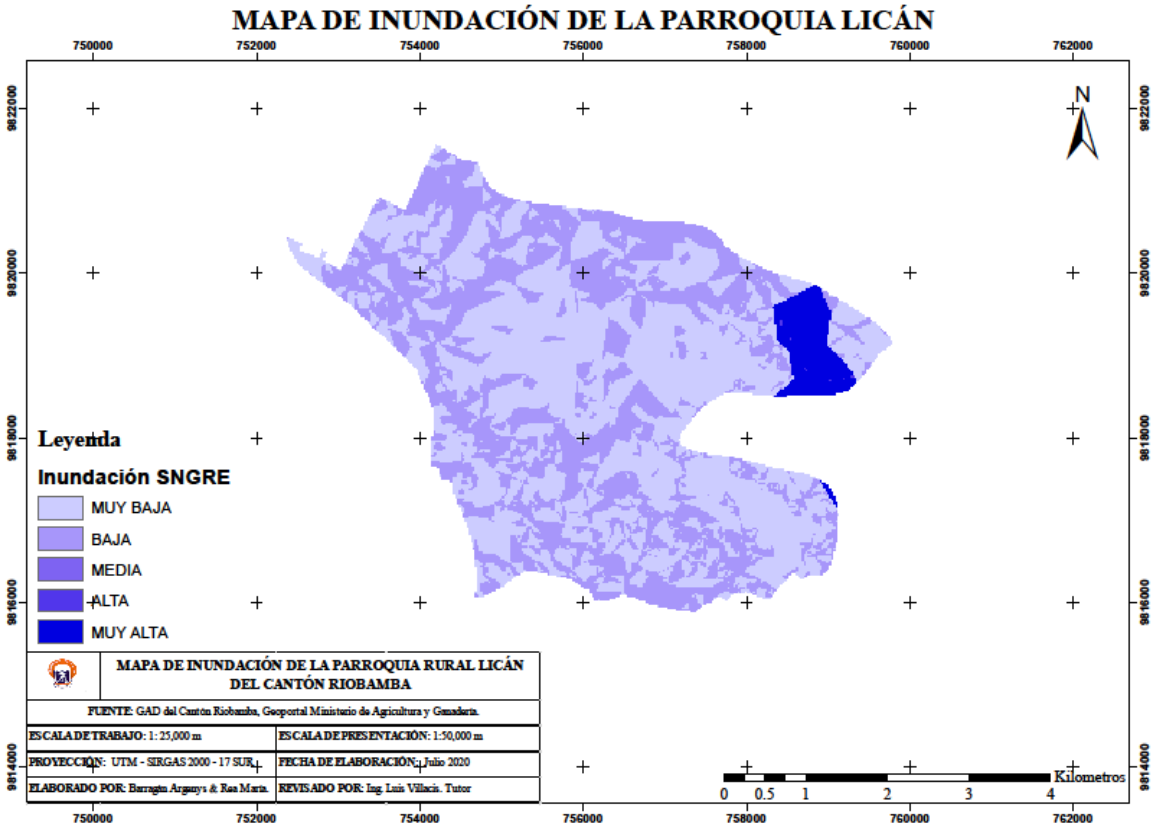
Anexo 8. Mapa de Permeabilidad



Anexo 9. Mapa de Cobertura y uso del suelo



Anexo 10. Mapa de Inundación Metodología del SNGRE



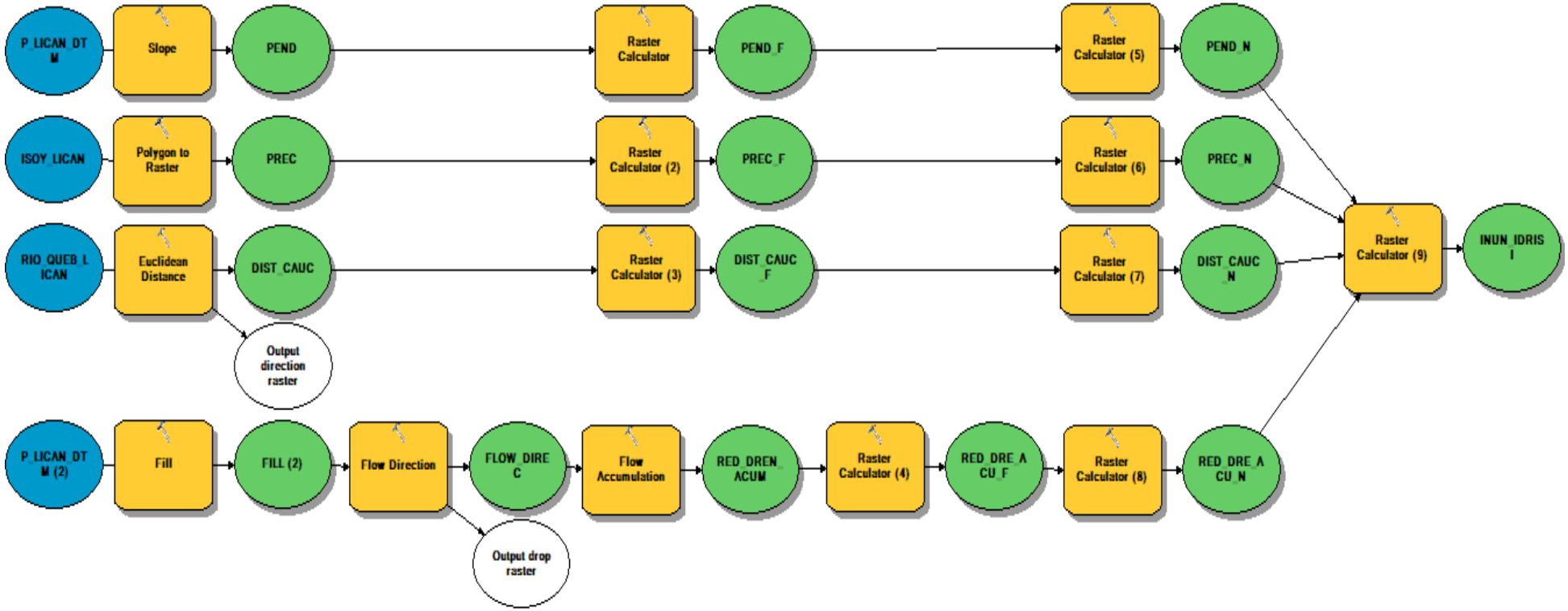
Anexo 11. Lógica Fuzzy Idrisi Kilimanjaro

Relación de normalización	Variable
Directamente proporcional	Precipitación, red de drenaje
Inversamente proporcional	Pendiente, distancia a los cauces

Anexo 12. Lógica Fuzzy SNGRE

Relación de normalización	Variable
Directamente proporcional	Cobertura, Permeabilidad, Precipitación
Inversamente proporcional	Densidad, Saturación

Anexo 13. Modelo para Metodología Idrisi Kilimanjaro



Anexo 14. Modelo para Metodología del SNGRE

