



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA DEL RÍO SALANGUILLO,

CANTÓN SANTA ELENA

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Civil

AUTOR: Ángel Alberto Murrieta Posligua

TUTOR: Ing. Pedro Gerardo Peña Montoya, MSc.

Guayaquil-Ecuador

2025

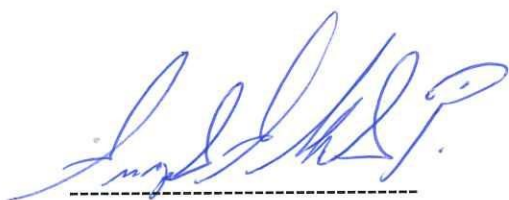
**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo Ángel Alberto Murrieta Posligua con documento de identidad No 0925112187 manifiesto lo siguiente.

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo que sin fines de lucro que la Universidad Politécnica Salesiana, pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera parcial o total del presente trabajo de titulación.

Guayaquil 17 de enero del año 2025.

Atentamente.



Ángelo Alberto Murrieta Posligua.

Ci: 0925112187

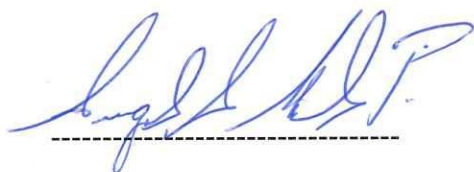
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHO DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.**

Yo Ángel Alberto Murrieta Posligua con documento de identidad No 0925112187 expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titulación sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del artículo académico "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA DEL RÍO SALANGUILLO, CANTÓN SANTA ELENA", el cual ha sido desarrollado para optar el título de: ingeniero civil en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil 17 de enero del año 2025.

Atentamente.



Ángelo Alberto Murrieta Posligua.

Ci: 0925112187

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo Ing. Pedro Gerardo Peña Montoya, MSc con documento de identidad No 0914565148 docente de la Universidad Politécnica Salesiana declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA DEL RÍO SALANGUILLO, CANTÓN SANTA ELENA", realizado por Angelo Alberto Murrieta Posligua con documento de identidad N° 0925112187, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil 17 de enero del año 2025.

Atentamente.



Ing. Pedro Gerardo Peña Montoya. MSc.

Ci: 0914565148

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que de una u otra forma hicieron posible la realización de este sueño en la culminación mis estudios.

Gracias a Dios, y mi madre Lcda. Narcisa Magaly Posligua G, a mis hijos Angie Michelle, Liam Francisco, Briana Valentina por su amor incondicional, apoyo constante y por ser mi mayor fuente de motivación gracias por creer en mí en todo momento y darme fuerzas para superar los retos a lo largo de todos estos años, una inmensa gratitud, a mi tutor Ing. Pedro Gerardo Peña Montoya, MSc por su guía paciencia y valiosos consejos durante todo este proceso desde mi primer día en esta institución, su experiencia y dedicación fueron fundamentales para lograr este trabajo constante y perseverante, a mis amigos y compañeros por su apoyo y palabras de ánimo en especial a mi amigo incondicional Roy Paul Valarezo por compartir este camino conmigo, y alentarme en todo momento a continuar, ustedes han hecho que el viaje sea más llevadero y enriquecedor, finalmente agradezco a la institución Universidad Politécnica Salesiana por brindarme las herramientas y conocimientos necesarios para llevar a cabo esta investigación, este logro es también de ustedes y lo llevo en mi corazón con profunda gratitud y admiración.

Ángelo Alberto Murrieta Posligua.

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada momento de este camino.

Dedico este logro a mis padres, quienes con su ejemplo de esfuerzo y dedicación me enseñaron que no hay metas difíciles de alcanzar, gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba.

A mis amigos por estar a mi lado los momentos difíciles y compartir conmigo la alegría de este logro, a mis profesores y mentores por su guía paciencia y conocimiento que fueron esenciales para mi formación.

A todas aquellas personas que, de una u otra manera, formaron parte de esta etapa de mi vida, cada palabra de aliento y gesto de apoyo dejó una huella en este recorrido.

Finalmente, a mí mismo por la perseverancia y esfuerzo que me permiten alcanzar este sueño.

Con gratitud y cariño.

Ángelo Alberto Murrieta Posligua.

RESUMEN

En el mundo, la gestión de los recursos hídricos ha cobrado una importancia estratégica debido a los desafíos que plantea el cambio climático, el estudio de la cuenca hidrográfica comprender los procesos que regulan el ciclo hidrológico en un territorio específico, proporcionando información clave para su manejo y conservación, el objetivo principal es analizar las características morfométricas de la cuenca del río Salanguillo. Para el desarrollo del estudio se siguió el siguiente proceso metodológico dividido en 5 fases: fase 1, para realizar la búsqueda de información del área de estudio, la fase 2: para estudio de las características morfométricas de la cuenca, la fase 3: en donde se analizan los parámetros de uso de suelo, y la información hidrometeorológica, la fase 4: se realizó el análisis de las características de la cuenca, y para la fase 5: en donde se evalúan propuestas para mejorar la situación climatológica de la cuenca del río Salanguillo en función de los resultados obtenidos y de otros estudios previos realizados en el área de estudio. Como resultado del estudio la cuenca del río Salanguillo tiene un área de 58.24 km^2 , y el perímetro es de 46.7 km. El río principal tiene una longitud de 19 km, los ríos de la cuenca son intermitentes, la cuenca tiene una forma ovalada, como resultado del análisis de la curva hipsométrica la cuenca es formada por ríos maduros.

Palabras Claves: Estrés hídrico, cambio climático, recursos hídricos, estiaje.

ABSTRACT

In the world, the management of water resources has gained strategic importance due to the challenges posed by climate change, the study of the hydrographic basin to understand the processes that regulate the hydrological cycle in a specific territory, providing key information for its management and conservation, the main objective is to analyze the morphometric characteristics of the Salanguillo river basin. For the development of the study, the following methodological process was followed, divided into 5 phases: phase 1, to search for information from the study area, phase 2: to study the morphometric characteristics of the basin, phase 3: where the parameters of land use and hydrometeorological information are analyzed. phase 4: the analysis of the characteristics of the basin was carried out, and for phase 5: where proposals to improve the climatological situation of the Salanguillo river basin are evaluated based on the results obtained and other previous studies carried out in the study area. As a result of the study, the Salanguillo River basin has an area of 58.24 km², and the perimeter is 46.7 km. The main river has a length of 19 km, the rivers of the basin are intermittent, the basin has an oval shape, as a result of the analysis of the hypsometric curve the basin is formed by mature rivers.

Keywords: Water stress, climate change, Water resources, low water

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contents

1	Capítulo I.....	16
1.1	Introducción.....	16
1.2	Problema de Estudio.....	20
1.3	Justificación.....	20
1.4	Objetivos.....	21
1.4.1	Objetivo general.....	21
1.4.2	Objetivo específico.....	21
1.5	Ubicación.....	22
2	Capítulo II.....	25
2.1	Marco teórico referencial.....	25
2.1.1	Cuencas hidrográficas.....	25
2.1.2	Tipos de cuenca.....	26
2.1.2.1	Cuencas arréicas.....	26
2.1.2.2	Cuencas criptorréicas.....	26
2.1.2.3	Cuencas endorréicas.....	26
2.1.2.4	Cuencas exorréicas.....	27
2.1.3	Delimitación de cuenca.....	27
2.1.4	Elementos de la cuenca hidrográfica.....	27
2.1.4.1	Divisorio de aguas.....	27
2.1.4.2	Río principal.....	27
2.1.4.3	Afluentes.....	27
2.1.5	Características de las cuencas hidrográficas.....	27
2.1.5.1	Área de drenaje.....	27
2.1.5.2	Forma.....	27
2.1.5.3	Relieve.....	28
2.1.5.4	Tipo y uso de suelo.....	28
2.1.5.5	Vegetación.....	28
2.1.6	Parámetros de forma de la cuenca.....	28
2.1.6.1	Índice de compacidad o índice de Gravelius.....	28

2.1.6.2	Factor de forma (Kf).....	28
2.1.6.3	Índice de alargamiento	28
2.1.7	Criterio de Strahler	29
2.1.8	Características de relieve.....	29
2.1.8.1	Pendiente media de la cuenca.....	29
2.1.8.2	Elevación media de la cuenca	30
2.1.8.3	Curva hipsométrica.....	30
2.1.8.4	Clasificación de los cursos de agua	30
2.1.8.5	Cursos de agua Perennes	30
2.1.8.6	Cursos de agua Intermitentes.....	30
2.1.8.7	Cursos de agua Efímeros	30
2.1.9	Uso de suelos.....	30
2.1.10	Modelo Digital del Terreno (DEM).....	31
2.1.10.1	Ciclo hidrológico	31
2.1.10.2	Evapotranspiración	32
2.1.10.3	Balance hídrico	32
2.1.10.4	Esorrentía y flujo superficial.....	32
2.1.10.5	Infiltración y recarga de acuíferos	32
2.1.10.6	Cambio climático y recursos hídricos.....	33
2.1.10.7	Gestión integrada de recursos hídricos (GIRH).....	33
3	Capítulo III.....	33
3.1	Metodología	33
3.1.1	Esquema metodológico	33
3.1.2	Tipo de estudio	35
3.1.3	Enfoque de la investigación.....	36
3.2	Fase 1.....	37
3.2.1	Ubicación del área de estudio.....	37
3.2.2	Delimitación de la cuenca	37
3.3	Fase 2.....	37
3.3.1	Parámetros de forma de la cuenca	37
3.3.1.1	Índice de compacidad o índice de Gravelius.....	37
3.3.1.2	Factor de forma (Kf).....	39
3.3.2	Índice de alargamiento	39

3.3.3	Características de relieve.....	40
3.3.3.1	Pendiente media de la cuenca.....	40
3.3.3.2	Elevación media de la cuenca	40
3.3.3.3	Curva hipsométrica.....	41
3.3.4	Escorrentía.....	42
3.3.5	Uso de suelo	43
3.3.6	Evapotranspiración	45
3.3.6.1	Método de penman-monteith.....	46
3.3.6.2	Programa CROPWAT	46
3.4	Fase 3.....	47
3.4.1	Balance hídrico.....	47
4	Desarrollo	49
4.1	Fase 1.....	49
4.1.1	Delimitación de la cuenca	49
4.1.2	Curvas hipsométricas.....	57
4.1.3	Área de la cuenca	62
4.1.4	Perímetro	63
4.1.5	Longitud y ancho de la cuenca	64
4.2	Fase 2.....	65
4.2.1	Parámetros morfométricos.....	65
4.2.1.1	Índice de compacidad o índice de Gravelius.....	65
4.2.1.2	Factor de forma (kf)	66
4.2.1.3	Índice de alargamiento	67
4.2.2	Clasificación orden de Strahler	68
4.2.2.1	Longitud del cauce principal	71
4.2.3	Características de relieve.....	72
4.2.3.1	Pendiente media de la cuenca.....	72
4.2.3.2	Elevación media de la cuenca	73
4.3	Fase 3.....	75
4.3.1	Uso de suelo	75
4.3.2	Precipitación.....	76
4.3.3	Escorrentía.....	79
4.3.4	Evapotranspiración	80

4.3.5	Balance hídrico.....	82
4.3.6	Interpretación de resultados.....	86
5	CONCLUSIONES	87
6	RECOMENDACIONES.....	87
7	BIBLOGRAFÍA	89
8	ANEXOS	95
	Anexo 2. Área del punto de cierre de la cuenca.	95
	Anexo 3. Época de lluvia del área de estudio.	96
	Anexo 6. Visita y estudio de campo.	99
	Anexo 7. Punto de cierre de la cuenca Salanguillo.....	99
	Anexo 8. Punto más bajo del río.....	100
	Anexo 9. Vía de acceso al punto de cierre de la cuenca.	101
	Anexo 10. Valores del número de curva.....	102
	Anexo 11. Valores pluviométricos mensuales(mm).....	103
	Anexo 12. Valores del número de curva..... ¡Error! Marcador no definido.	
	Anexo 13. Condiciones hidrológicas	104
	Anexo 14. Grupos hidrológicos del suelo.....	105
	Anexo 15. Uso de CROPWAT.....	106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- <i>Caracterización de la Cuenca.</i>	38
Tabla 2.- <i>Rango de caracterización del factor de forma.</i>	39
Tabla 3.- <i>Rangos de Índice de alargamiento.</i>	40
Tabla 4.- <i>Clasificación del tipo de pendiente</i>	40
Tabla 5.- <i>Coeficiente de escorrentía</i>	42
Tabla 6.- <i>Clasificación de Laboreo</i>	45
Tabla 7.- <i>Tabla para el cálculo del balance hídrico</i>	47
Tabla 8.- <i>Tabla curva hipsométrica</i>	61
Tabla 9.- <i>Resultado índice de compacidad.</i>	67
Tabla 10.- <i>Resultado factor de forma.</i>	68
Tabla 11.- <i>Clasificación de alargamiento de la cuenca.</i>	69
Tabla 12.- <i>Clasificación de la Orden de Strahler</i>	70
Tabla 13.- <i>Clasificación del tipo de pendiente</i>	73
Tabla 14.- <i>Elevación media de la cuenca del río Salanguillo</i>	75
Tabla 15.- <i>Calculo del uso de suelo de la cuenca Salanguillo.</i>	77
Tabla 16.- <i>Precipitación anual (mm).</i>	77
Tabla 17.- <i>Precipitación media mensual 1968-2015 / Enero-junio en mm</i>	79
Tabla 18.- <i>Precipitación media mensual 1968-2015/ Julio-diciembre en mm</i>	79
Tabla 19.- <i>Cálculo de Escorrentía superficial enero-junio</i>	81
Tabla 20.- <i>Cálculo de Escorrentía superficial julio-diciembre.</i>	81

Tabla 21.- Temperatura mensual (°C).	82
Tabla 22.- Cálculo de evapotranspiración	83
Tabla 23.- Evapotranspiración mensual mm	84
Tabla 24.- Cálculo de balance Hídrico.	85
Tabla 25.- Déficit hídrico	85

ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1.- Gráfica de inversión en América Latina	17
Figura 2.- Ubicación de la cuenca del río Salanguillo, obtenido con programa ArcGIS	23
Figura 3.-Ubicación de la cuenca del río Salanguillo.	24
Figura 4.- Área de drenaje de la cuenca	25
Figura 5.- Área de drenaje de la cuenca en 3D	26
Figura 6.- Clasificación de Strahler.	29
Figura 7.- Ciclo hidrológico.	31
Figura 8.- Esquema metodológico.	33
Figura 9.- Curva hipsométrica	41
Figura 10.- Cuadro de sistemas de coordenadas	49
Figura 11.-Modelo digital del terreno de la provincia de Santa Elena.	50
Figura 12.- Coordenadas punto de cierre cuenca Salanguillo.	51
Figura 13.- Delimitación del área de estudio.	52

Figura 14.- Ubicación del área de estudio.....	53
Figura 15.- Herramienta extraer por máscara.....	54
Figura 16.- Modelo digital del terreno del área de estudio.	54
Figura 17.- Archivo dirección del flujo.....	55
Figura 18.- Herramienta acumulación del flujo y dirección del flujo.	56
Figura 19.- Archivo de acumulación del flujo de la cuenca.....	56
Figura 20.- Punto de cierre de la cuenca.....	57
Figura 21.- Delimitación de la cuenca	57
Figura 22.- Modelo digital del terreno de la cuenca	58
Figura 23.- Herramienta para generar las curvas	59
Figura 24.- curvas de nivel de la cuenca cada 20 m.....	59
Figura 25.- Herramienta Reclassify, para clasificación de las curvas de nivel	60
Figura 26.- Curva hipsométrica.....	60
Figura 27.- Curva Hipsométrica cuenca del río Salanguillo.	62
Figura 28.- Área de la cuenca	63
Figura 29.- Perímetro de la cuenca	65
Figura 30.- Longitud y ancho de la cuenca del río Salanguillo.....	66
Figura 31.- Clasificación de la Orden de Strahler.	69
Figura 32.- Longitud del cauce principal	72
Figura 33.- Mapa de pendientes.....	74
Figura 34.- Uso de suelo de la cuenca SALANGUILLO.	76

Figura 35.- Ubicación de la estación meteorológica Salanguillo.	80
---	----

Figura 36.- Gráfico de los datos de temperatura máxima mínima	82
--	----

Figura 37.- Propuesta ubicación de la presa del río Salanguillo	86
--	----

ÍNDICE DE ANEXOS

<i>Anexo 1. Visita técnica al área de estudio.....</i>	95
--	----

<i>Anexo 2 Área del punto de cierre de la cuenca.....</i>	95
---	----

<i>Anexo 3 Época de lluvia del área de estudio.....</i>	96
---	----

<i>Anexo 4 Visita técnica y reunión con los comuneros</i>	97
---	----

<i>Anexo 5 Reconocimiento del sector.....</i>	98
---	----

<i>Anexo 6 Visita y estudio de campo.</i>	99
--	----

<i>Anexo 7 Punto de cierre de la cuenca Salanguillo.....</i>	99
--	----

<i>Anexo 8 Punto más bajo del rio.....</i>	100
--	-----

<i>Anexo 9 Vía de acceso al punto de cierre de la cuenca.</i>	101
--	-----

<i>Anexo 10 Valores del número de curva.....</i>	102
--	-----

<i>Anexo 11 Valores pluviométricos mensuales(mm).</i>	103
--	-----

<i>Anexo 12 Valores del número de curva.....</i>	104
--	-----

<i>Anexo 13 Condiciones hidrológicas</i>	105
--	-----

<i>Anexo 14 Grupos hidrológicos del suelo.....</i>	106
--	-----

<i>Anexo 15 Uso de CROPWAT.....</i>	107
-------------------------------------	-----

<i>Anexo 16 Estación El suspiro.....</i>	108
--	-----

1 Capítulo I

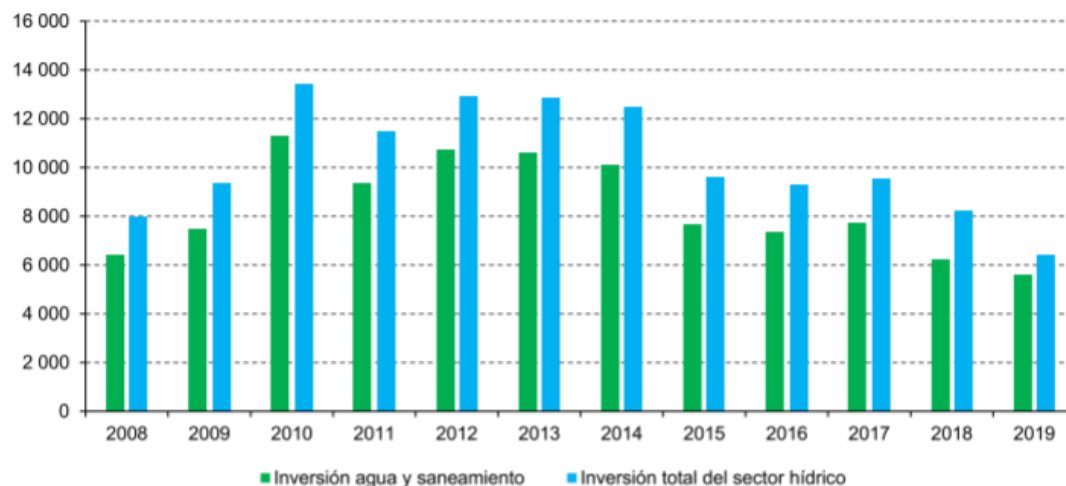
1.1 Introducción

El derecho humano al agua es indispensable para vivir dignamente y es condición previa para la realización de otros derechos humanos (Naciones Unidas, 2003), en el mundo, la gestión de los recursos hídricos ha cobrado una importancia estratégica debido a los desafíos que plantea el cambio climático (OMM, 2023). Según la UNESCO, más de 2.200 millones de personas viven en países que enfrentan problemas de escasez hídrica (UNESCO, 2019), una cifra que se espera aumente en las próximas décadas. Este panorama pone de manifiesto la necesidad de caracterizar y entender los sistemas hídricos para garantizar su sostenibilidad y mitigar riesgos como inundaciones, sequías y deterioro de la calidad del agua (OMM, 2024).

El estudio hidrológico de cuencas permite evaluar la disponibilidad del recurso hídrico (OMM, 2023), identificar las dinámicas de escorrentía e infiltración y prever respuestas ante eventos extremos. En un contexto mundial, se han implementado modelos hidrológicos avanzados y sistemas de monitoreo en tiempo real que facilitan la comprensión y gestión de los recursos. Regiones como Europa y Norteamérica han liderado iniciativas para el uso eficiente del agua mediante la caracterización precisa de sus cuencas. No obstante, países en vías de desarrollo enfrentan limitaciones técnicas y económicas para realizar estudios similares, lo que agudiza su vulnerabilidad frente a los desafíos ambientales (Naciones Unidas, 2023).

Una de las mayores disponibilidades de agua dulce a nivel mundial, enfrenta un panorama paradójico: abundancia hídrica en términos absolutos, pero distribución desigual que resulta en crisis regionales de agua (Saravia et al., 2022).

Figura 1.- Gráfica de inversión en América Latina.



Fuente: (Naciones Unidas, 2023).

Según la OMS y UNICEF, existen más de 17'000,000.00 millones de personas que no tienen acceso a un servicio básico, y que 160 millones de personas no tienen acceso a agua potable de forma segura (Naciones Unidas, 2023), existe una gran diferencia entre los recursos gestionados en las áreas urbanas y rurales, el 47% de la población rural no tiene agua gestionada de forma segura, mientras que en la zona urbana es el 19% (Naciones Unidas, 2023).

En América Latina 444 millones de personas carecen de servicio de saneamiento gestionado de forma segura, estos problemas están ligados al déficit de inversión en gestión de recursos hídricos, para el año 2021 la inversión pública anual en infraestructura de agua potable y saneamiento se redujo en un 50% (Naciones Unidas, 2023).

América Latina y el Caribe necesita invertir en el sector de agua y saneamiento el total de inversiones requeridas asciende a 373.890 millones de dólares para expandir y mantener la infraestructura necesaria para cumplir con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) (Bichette et al., 2021).

Los objetivos de desarrollo sostenibles propuestos por la ONU en el año 2015, son la secuencia de los objetivos de desarrollo del milenio, los cuales buscan “hacer realidad los derechos humanos de todas las personas y alcanzar la igualdad entre los géneros y el empoderamiento de todas las mujeres y niñas” (Naciones Unidas, 2015).

Este estudio es ligado directamente con el objetivo 6, el cual pretende “Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos” (Naciones Unidas, 2015). Además, el objetivo 13 y el objetivo 15, el 13 acción por el clima el cual pretende crear medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos, el objetivo 15 enfocado en proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente en los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad (CEPAL, 2018).

Países como Brasil, Colombia y Perú poseen vastas fuentes hídricas, mientras que regiones áridas, como el norte de México y partes de los Andes, padecen estrés hídrico severo. Las cuencas hidrográficas en esta región se enfrentan a problemas como la deforestación, la contaminación y la expansión urbana no planificada, que alteran los flujos naturales y reducen la capacidad de almacenamiento hídrico (IDRICA, 2024).

En este contexto, la caracterización hidrológica se ha convertido en una herramienta crucial para mitigar estos problemas (FAO, 2024). Muchos estudios se concentran en cuencas de gran escala, dejando a un lado sistemas más pequeños, como el río Salanguillo, que, aunque localizados, son fundamentales para las comunidades que dependen directamente de ellos.

La gestión de los recursos hídricos en Ecuador se ha caracterizado por la débil coordinación entre las instituciones y los actores involucrados en la gestión del agua y por un nivel de participación insuficiente de la ciudadanía en la toma de decisiones (Naciones

Unidas, 2017). La gestión hídrica está profundamente influenciada por su geografía diversa, que incluye la región amazónica, la sierra andina, la costa y las islas Galápagos.

Este contexto genera una amplia variedad de condiciones climáticas y sistemas fluviales, lo que a su vez plantea desafíos particulares para la caracterización y manejo de las cuencas hidrográficas. Según el Plan Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), el país cuenta con aproximadamente 37 cuencas hidrográficas principales (CISPDR, 2016), pero enfrenta problemas como la contaminación del agua, la pérdida de cobertura vegetal y la disminución de los caudales en regiones específicas.

La cuenca del río Salanguillo, ubicada en la provincia de Santa Elena. Santa Elena es una de las regiones más áridas del país (GADM, 2014), con un régimen de precipitaciones bajo y estacional que agravan los problemas de estrés hídrico. En este contexto, la caracterización hidrológica del río Salanguillo resulta fundamental para comprender las dinámicas de disponibilidad del agua en esta zona y proponer estrategias de manejo sostenible.

Estudios previos sobre la región han señalado la necesidad de implementar sistemas de recolección de agua de lluvia construyendo estructuras hidráulicas asegurando una gestión eficiente del recurso hídrico (líder & Wong, 2022). Una gestión eficiente para suplir las necesidades de servicios básicos, ya que la provincia de Santa Elena tiene (Secretaría Nacional de planificación y Desarrollo; et al., 2013).

El análisis hidrológico de esta cuenca considera variables como la precipitación, la evapotranspiración, la escorrentía y la infiltración, factores críticos para garantizar la seguridad hídrica en una zona donde comunidades agrícolas y urbanas dependen fuertemente de este recurso. Asimismo, este tipo de estudios puede aportar información clave para desarrollar políticas públicas que aborden los desafíos específicos de la región, alineándose con los objetivos de desarrollo sostenible y las metas nacionales de conservación del agua.

1.2 Problema de Estudio

La cuenca del río Salanguillo, ubicada en la provincia de Santa Elena, Ecuador, enfrenta un panorama crítico en términos de manejo y disponibilidad del recurso hídrico. Este sistema hidrológico se encuentra en una de las regiones más áridas del país, caracterizada por un régimen de precipitaciones bajo y altamente estacional.

Estas condiciones naturales, combinadas con factores como el crecimiento poblacional, la expansión agrícola y la falta de infraestructura adecuada, han generado problemas de escasez y distribución desigual del agua, afectando tanto a las comunidades locales como a los ecosistemas circundantes.

Adicionalmente, la limitada información científica sobre la cuenca dificulta la planificación y gestión sostenible de sus recursos hídricos. Sin un conocimiento claro de las dinámicas de escorrentía, infiltración, y balance hídrico, resulta complejo diseñar estrategias efectivas para mitigar los impactos de fenómenos como sequías prolongadas o cambios en el régimen de lluvias debido al cambio climático.

Esta falta de datos también restringe la capacidad de las autoridades locales para implementar políticas públicas basadas en evidencia, lo que perpetúa un círculo de mala gestión y vulnerabilidad hídrica en la región.

El problema central radica, entonces, en la necesidad urgente de caracterizar hidrológicamente la cuenca del río Salanguillo para comprender sus dinámicas, identificar limitaciones y potencialidades, y establecer una base científica que permita el manejo adecuado de los recursos hídricos en beneficio de la población y el entorno natural.

1.3 Justificación

La disponibilidad de agua es un recurso esencial para el desarrollo humano, las comunidades que habitan en la cuenca dependen directamente del río Salanguillo para cubrir sus necesidades básicas, como el consumo doméstico, la agricultura y la ganadería. Sin

embargo, la escasez de agua y la falta de estrategias de manejo sostenible están poniendo en riesgo la calidad de vida de estas poblaciones. Este estudio proporcionará información clave para mejorar la gestión del agua y garantizar el acceso equitativo, promoviendo el bienestar social en la región.

La cuenca alberga ecosistemas sensibles que dependen de un flujo hídrico adecuado para su conservación, las alteraciones en el régimen de caudales y la posible sobreexplotación de los recursos hídricos amenazan la biodiversidad y la resiliencia de estos sistemas naturales. La caracterización hidrológica permitirá identificar los impactos de las actividades humanas y el cambio climático, sentando las bases para medidas de conservación efectivas.

El agua es un recurso estratégico para el desarrollo económico de Santa Elena, particularmente en actividades como la agricultura, la ganadería y el turismo. Una gestión inadecuada del recurso podría limitar el crecimiento de estos sectores y aumentar los costos asociados a la escasez o deterioro del agua. Este estudio ofrecerá herramientas para optimizar el uso del agua, reduciendo pérdidas y asegurando la sostenibilidad de las actividades económicas locales.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Caracterizar hidrológicamente la cuenca del río Salanguillo en la provincia de Santa Elena, Ecuador, mediante el análisis de variables hidrometeorológicas, para la generación información que permita un manejo sostenible de los recursos hídricos.

1.4.2 Objetivo específico

- Identificar las principales características climáticas y geográficas de la cuenca del río Salanguillo a través del análisis de datos meteorológicos, mapas topográficos, y observaciones de campo, para establecer una base de referencia que permita contextualizar los procesos hidrológicos en la cuenca.

- Evaluar el régimen de escorrentía y flujo superficial en la cuenca, utilizando modelos hidrológicos y datos de caudal recopilados en puntos estratégicos, para entender la dinámica del agua superficial y su relación con los patrones de uso del suelo y las precipitaciones.
- Determinar el balance hídrico de la cuenca, analizando la relación entre precipitación, evapotranspiración, infiltración, y escorrentía mediante cálculos hidrológicos y herramientas digitales, para cuantificar la disponibilidad del agua y su sostenibilidad en diferentes escenarios climáticos y de uso.
- Proponer lineamientos para la gestión sostenible del recurso hídrico en la cuenca del río Salanguillo, basándose en los resultados obtenidos de la caracterización hidrológica y considerando las necesidades locales y las normativas vigentes, para fomentar el uso eficiente del agua, la conservación ambiental y el desarrollo sostenible en la región.

1.5 Ubicación

El área se encuentra ubicada en la provincia de Santa Elena, en las coordenadas 549163.05 m E y 9783887.85 m S.

Figura 2.- Ubicación de la cuenca del río Salanguillo, obtenido con programa ArcGIS.



Fuente: Autor, 2025.

En la siguiente imagen se visualiza un mapa base con la ubicación de la cuenca del río Salanguillo (ver Figura 3).

Figura 3.-Ubicación de la cuenca del río Salanguillo.



Fuente: Autor, 2025.

2 Capítulo II

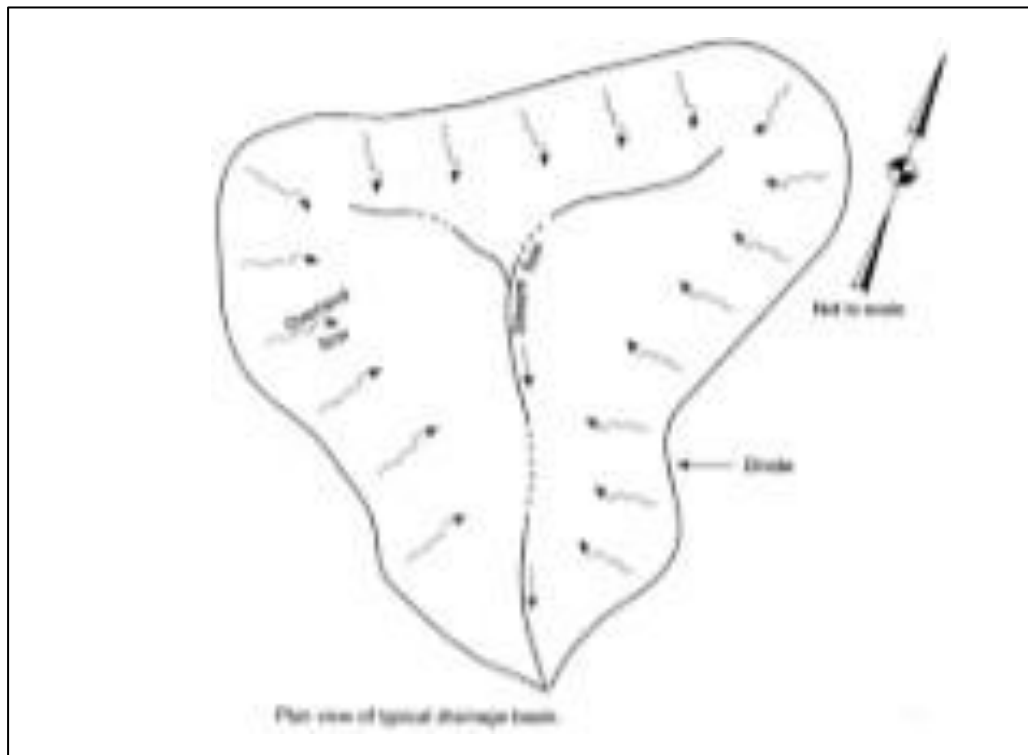
2.1 Marco teórico referencial

2.1.1 Cuencas hidrográficas

Una cuenca hidrográfica es una unidad geográfica natural definida por el área que drena el agua de precipitación hacia un cuerpo receptor, como un río, lago o embalse. Este espacio está delimitado por divisorias de agua o partes altas del terreno (Davie, 2008). Las cuencas actúan como sistemas integrados donde interactúan variables físicas, climáticas y biológicas. Su estudio permite comprender los procesos que regulan el ciclo hidrológico en un territorio específico, proporcionando información clave para su manejo y conservación (Musy & Higy, 2011).

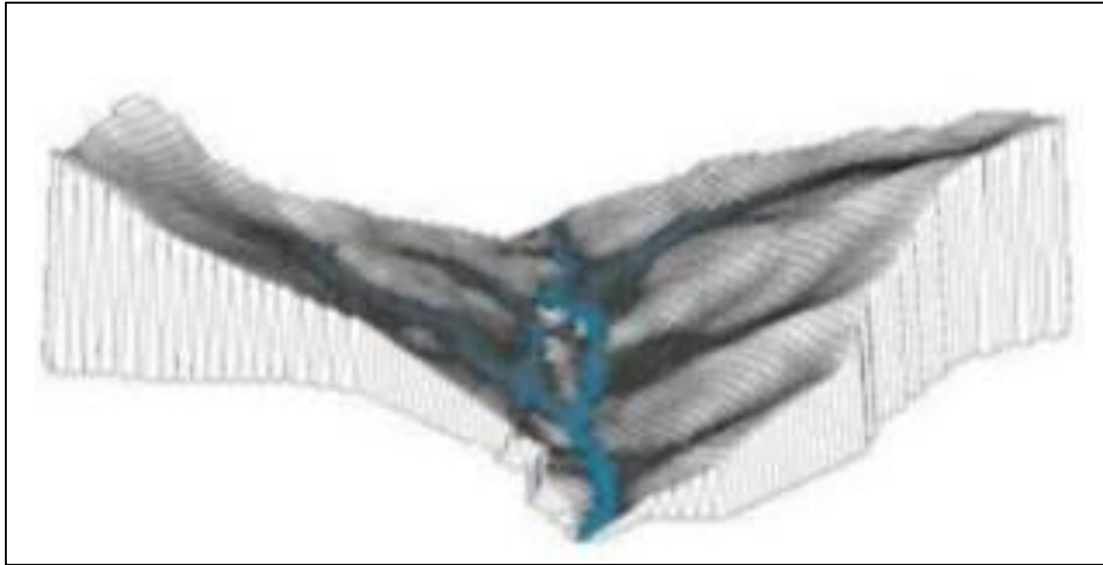
A continuación, se observa la imagen de la cuenca.

Figura 4.- Área de drenaje de la cuenca.



Fuente:(Ministerio de Ambiente, 2020).

Figura 5.- Área de drenaje de la cuenca en 3D.



Fuente:(Ministerio de Ambiente, 2020)

2.1.2 Tipos de cuenca

Acorde el destino de los escurrimientos las cuencas hidrográficas se clasifican en las siguientes:

2.1.2.1 Cuencas arréicas

El vertido de las aguas no se da a los embalses internos ni al mar, los escurrimientos se pierden en los causes por evapotranspiración o infiltración, sin convertirse en corrientes subterráneas. No existe una red permeable (Gobierno de Argentina, 2025).

2.1.2.2 Cuencas criptorréicas

Los escurrimientos se infiltran y corren como ríos subterráneos, careciendo de una red fluvial permanente y organizada (Gobierno de Argentina, 2025).

2.1.2.3 Cuencas endorréicas

El área de captación forma un medio de corrientes que desemboca en lagos, lagunas o salares sin llegar al mar (Gobierno de Argentina, 2025).

2.1.2.4 Cuencas exorréicas

El sistema de drenaje llega al mar por vía superficial o subterránea (Gobierno de Argentina, 2025).

2.1.3 Delimitación de cuenca

“La delimitación de la cuenca hidrográfica se realiza sobre un plano o mapas a curvas de nivel, siguiendo las líneas del parteaguas” (Villon, 2004)

2.1.4 Elementos de la cuenca hidrográfica

2.1.4.1 Divisorio de aguas

“Se define como la línea imaginaria que limita las vertientes hidrográficas continuas, se ubica en la parte más alta de las montañas que es el límite natural” (Villon, 2004).

2.1.4.2 Río principal

“Se define como el río que posee la mayor longitud y/o conduce el mayor caudal tanto en el tramo superior, medio e inferior” (Vásconez et al., 2019).

2.1.4.3 Afluentes

“Los afluentes de una cuenca hidrográfica constituyen los ríos secundarios que vierten sus aguas al cauce principal” (Vásconez et al., 2019).

2.1.5 Características de las cuencas hidrográficas

2.1.5.1 Área de drenaje

“Es la proyección horizontal limitada por la línea divisoria de aguas” (Vásconez et al., 2019)

2.1.5.2 Forma

“La forma de la cuenca es determinada por factores geológicos y es crucial por su incidencia en el tiempo de concentración” (Vásconez et al., 2019).

2.1.5.3 *Relieve*

“Se define como relieve de una cuenca hidrográfica a la forma que presenta la parte superficial de la corteza terrestre” (Vásconez et al., 2019).

2.1.5.4 *Tipo y uso de suelo*

“El tipo de suelo de la cuenca influye en la cantidad de agua que se infiltra y percola, además de influir en la cantidad y calidad de las aguas subterráneas de una cuenca” (Prieto Villarroja et al., 2013).

2.1.5.5 *Vegetación*

“La vegetación influye significativamente en la respuesta de la cuenca a un evento de precipitación” (Vásconez et al., 2019).

2.1.6 *Parámetros de forma de la cuenca*

“La forma de la cuenca interviene de manera importante en las características del hidrograma de descarga de una determinada corriente, particularmente en los eventos de avenidas máximas” (Cardona, 2016).

2.1.6.1 *Índice de compacidad o índice de Gravelius*

“Este índice expresa la relación entre el perímetro de la cuenca, y el perímetro de una circunferencia, que tiene la misma área de la cuenca” (Villon, 2004)

2.1.6.2 *Factor de forma (Kf)*

Este parámetro mide la tendencia de la cuenca hacia las crecidas, rápidas y muy intensas o lentas y sostenidas, según que su factor de forma tienda hacia valores extremos grandes o pequeños (Villon, 2004). El factor de forma es la relación entre el área de la cuenca y el cuadrado de la cuenca (Mishra et al., 2023).

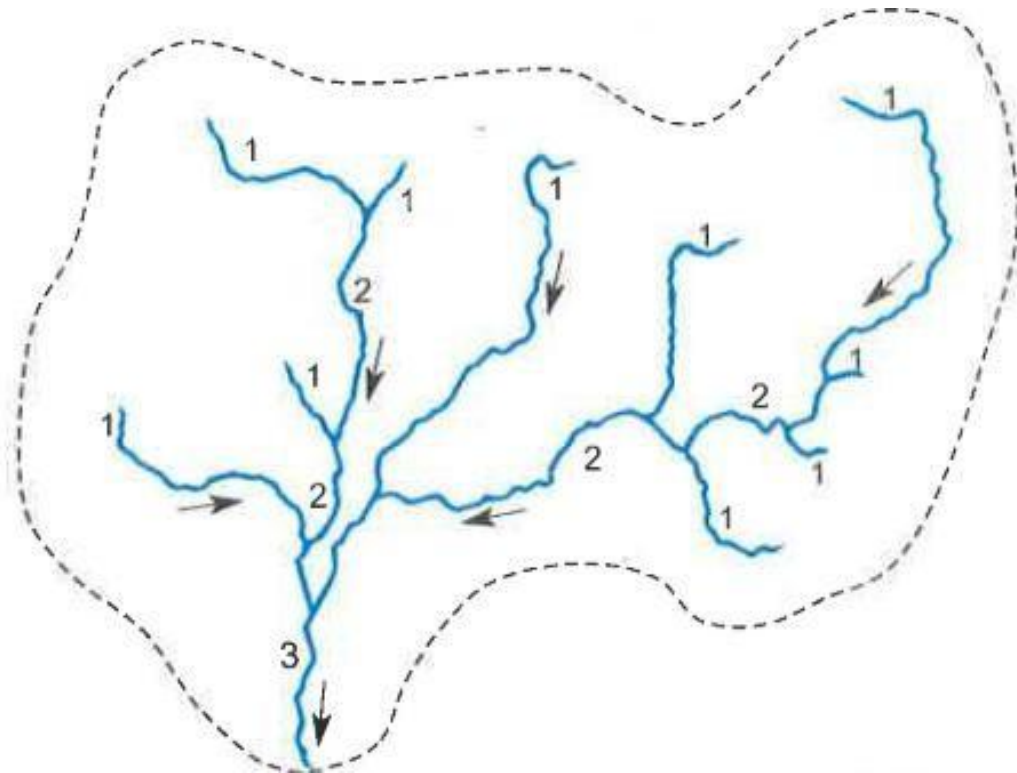
2.1.6.3 *Índice de alargamiento*

Es la relación de la longitud máxima de la cuenca con su ancho máximo medio que es perpendicular a la dimensión anterior (Hernando et al., 2001).

2.1.7 Criterio de Strahler

La designación de orden de corriente, introducida por Strahler en 1964, sirve como herramienta fundamental en el análisis geomorfológico de captaciones de drenaje. El orden de transmisión proporciona un medio para evaluar la alta patrón jerárquico de ramificación de arroyos dentro de una cuenca. El Strahler clasifica los afluentes dentro de una red de transmisión según su orden (Raja Shekar & Mathew, 2024).

Figura 6.- Clasificación de Strahler.



Fuente:(Collischonn & Dornelles, 2015)

2.1.8 Características de relieve

2.1.8.1 Pendiente media de la cuenca

La pendiente es la variación de la inclinación de una cuenca; su determinación es importante para definir el comportamiento de la cuenca respecto al desplazamiento

de las capas de suelo (Ibáñez et al., 2010).

2.1.8.2 Elevación media de la cuenca

Es la variación altitudinal de la cuenca hidrográfica que incide directamente sobre el clima y, por tanto, sobre el régimen hidrológico, además de brindar una base para caracterizar zonas climatológicas y ecológicas diferentes dentro de la misma cuenca (Monsalve, 2008).

2.1.8.3 Curva hipsométrica

“Es la curva que, puesta en coordenadas rectangulares, representa la relación entre la altitud, y la superficie de la cuenca que queda sobre esa altitud” (Monsalve, 2008).

2.1.8.4 Clasificación de los cursos de agua

En función de la constancia de la escorrentía, los cursos de agua se pueden clasificar en: Perennes, intermitentes, efímeros (Hernando et al., 2001).

2.1.8.5 Cursos de agua Perennes

Son corrientes caracterizadas por tener agua en las estaciones de lluvia y de estiaje (Hernando et al., 2001). Muchas veces es resultado de la recarga de aguas subterráneas.

2.1.8.6 Cursos de agua Intermitentes

Corrientes caracterizadas por tener agua en época lluviosa y se secan en época de estiaje (Hernando et al., 2001).

2.1.8.7 Cursos de agua Efímeros

Cursos de agua que aparecen únicamente en periodos de precipitación para transportar agua (Hernando et al., 2001).

2.1.9 Uso de suelos

El uso actual constituye la utilización efectiva de la cuenca que se diagnostica, y la manera como se han aprovechado los recursos naturales como: suelo, agua, vegetación, minerales y energía (Hernando et al., 2001).

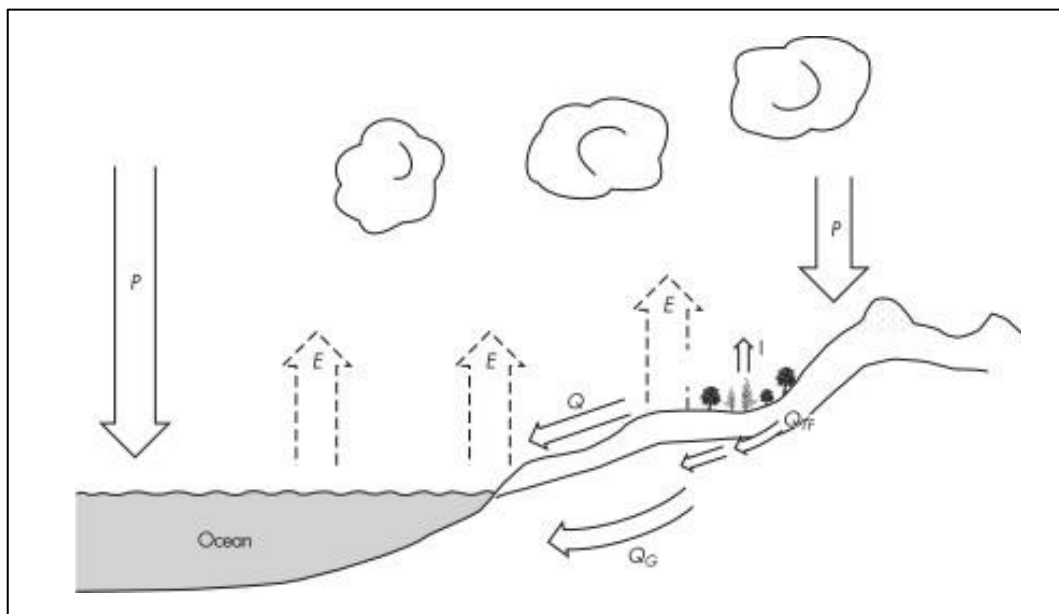
2.1.10 Modelo Digital del Terreno (DEM)

Es una representación de la superficie de la tierra en forma de ráster, los modelos digitales del terreno son útiles para analizar la topografía de la tierra y visualizar las variaciones altimétricas (Cantero, 2023)

2.1.10.1 Ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico describe el movimiento continuo del agua en la Tierra, incluyendo procesos como la evaporación, condensación, precipitación, infiltración, escorrentía y almacenamiento en cuerpos de agua y el suelo (Aparicio Mijares, 1989)

Figura 7.- Ciclo hidrológico.



Fuente: (Davie, 2008)

Este ciclo está impulsado por la energía solar y regula la distribución del agua en los sistemas terrestres. Entender el ciclo hidrológico es esencial para analizar el comportamiento del recurso hídrico en una cuenca, ya que cada componente afecta directamente la disponibilidad y calidad del agua (Chow et al., 1994).

2.1.10.2 *Evapotranspiración*

El proceso comprende los procesos de la evapotranspiración que es la cantidad de agua del suelo que vuelve a la atmósfera como consecuencia de la evaporación y la transpiración de las plantas (Silva, 1980)

2.1.10.3 *Balance hídrico*

El balance hídrico es un enfoque cuantitativo que analiza la interacción entre la entrada, el almacenamiento y la salida del agua en un sistema determinado, como una cuenca hidrográfica (García, 2019). Este análisis considera factores como la precipitación, la evapotranspiración, la infiltración y la escorrentía. Cuando el balance hídrico es positivo, significa que el ingreso de agua supera su salida; en cambio, un balance negativo refleja un déficit en los recursos hídricos (Collischonn & Dornelles, 2015).

2.1.10.4 *Escorrentía y flujo superficial*

La escorrentía se refiere al movimiento del agua sobre la superficie del suelo hacia ríos, lagos u océanos. Este proceso ocurre cuando la precipitación excede la capacidad de infiltración del suelo y su capacidad de retención. La dinámica de la escorrentía está influenciada por factores como el tipo de suelo, la pendiente, la cobertura vegetal y la intensidad de las lluvias (Musy & Higy, 2011).

2.1.10.5 *Infiltración y recarga de acuíferos*

La infiltración es el proceso mediante el cual el agua penetra en el suelo y se mueve hacia las capas subterráneas, alimentando los acuíferos. Este proceso depende de la textura del suelo, su porosidad y la cobertura vegetal. La recarga de acuíferos, que es el resultado de la infiltración profunda, desempeña un papel fundamental en la sostenibilidad de los recursos hídricos subterráneos (Chow et al., 1994).

2.1.10.6 *Cambio climático y recursos hídricos*

El cambio climático altera los patrones de precipitación, incrementa la frecuencia de eventos extremos como sequías e inundaciones, y afecta los flujos hídricos en las cuencas hidrográficas (Naciones Unidas, 2022). Estos impactos son especialmente graves en regiones áridas, donde las variaciones climáticas pueden agravar problemas de escasez y reducir la capacidad de las cuencas para sostener actividades humanas.

2.1.10.7 *Gestión integrada de recursos hídricos (GIRH)*

La gestión integrada de recursos hídricos es un enfoque que busca equilibrar las necesidades sociales, económicas y ambientales relacionadas con el agua, promoviendo su uso sostenible. Este enfoque implica la participación de múltiples actores, desde comunidades locales hasta gobiernos, y se basa en información científica sólida para la toma de decisiones (ONU, 2005).

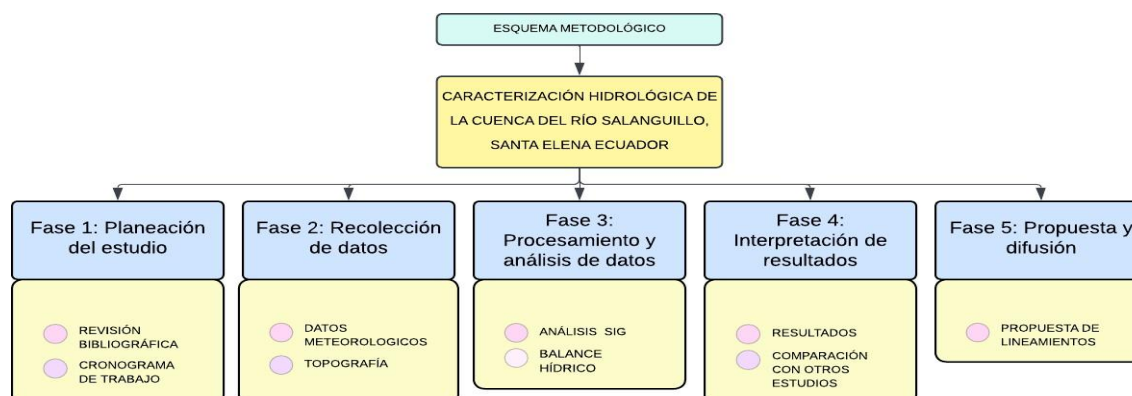
3 Capítulo III

3.1 Metodología

3.1.1 Esquema metodológico

En el siguiente esquema se describe cada fase para el proceso de ejecución del estudio, dividido en 5 fases (ver **figura 8**).

Figura 8.- Esquema metodológico.



Fuente: Autor, 2025.

Fase 1: Planeación del estudio

En esta fase se definió el área de estudio, delimitando la cuenca del río Salanguillo mediante herramientas de sistemas de información geográfica (SIG), lo que permitió identificar sus características físicas y su extensión. Se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva para compilar información relevante sobre estudios hidrológicos en la región y las normativas locales e internacionales relacionadas con la gestión de recursos hídricos. Adicionalmente, se diseñó un plan de trabajo detallado, estableciendo cronogramas, metodologías y recursos necesarios para llevar a cabo el análisis hidrológico, asegurando así la viabilidad del proyecto.

Fase 2: Recolección de datos

Esta etapa se centró en la obtención de información relevante para el estudio. Se recopilaron datos climáticos, como precipitaciones y temperaturas, mediante registros históricos y estaciones meteorológicas locales. También se obtuvieron mapas temáticos de uso del suelo, topografía y cobertura vegetal mediante análisis SIG e imágenes satelitales.

Por último, se realizaron encuestas y entrevistas con las comunidades locales para identificar problemáticas relacionadas con el acceso al agua y los impactos de las actividades humanas en la cuenca.

Fase 3: Procesamiento y análisis de datos

Durante esta fase, los datos recolectados fueron organizados y procesados utilizando herramientas especializadas. Se aplicaron modelos matemáticos para calcular el balance hídrico y comprender las dinámicas de flujo superficial e infiltración en la cuenca. Con el apoyo de sistemas de información geográfica, se realizaron análisis espaciales para correlacionar variables geográficas con patrones hidrológicos.

Fase 4: Interpretación de resultados

En esta etapa, los hallazgos fueron sintetizados e integrados en un marco comprensivo que permitió entender las dinámicas hidrológicas de la cuenca. Se contrastaron los resultados obtenidos con estudios previos para validar la consistencia de las conclusiones y detectar similitudes o discrepancias. A partir de este análisis, se identificaron problemáticas clave en el manejo hídrico, como la escasez de agua y los efectos de las actividades humanas, y se evaluaron las limitaciones y potencialidades de la cuenca para satisfacer las necesidades actuales y futuras.

Fase 5: Propuesta y difusión

En la fase final, se elaboraron lineamientos específicos para la gestión sostenible del recurso hídrico en la cuenca del río Salanguillo, basados en los resultados del análisis hidrológico. Estas propuestas fueron presentadas a las comunidades locales y actores involucrados para su validación y retroalimentación. Finalmente, se revisaron informes técnicos y artículos científicos para contribuir al conocimiento sobre la hidrología en regiones áridas de Ecuador, promoviendo su aplicación en políticas públicas y proyectos de desarrollo.

3.1.2 Tipo de estudio

El presente trabajo corresponde a un estudio de tipo descriptivo (Chawla & Sondhi, 2015) y analítico (Cortés & León, 2004), ya que se centra en identificar y caracterizar las dinámicas hidrológicas de la cuenca del río Salanguillo a través del análisis de variables específicas como precipitación, escurrimiento, caudal, balance hídrico y uso del suelo.

Este tipo de estudio es esencial para describir las condiciones actuales de la cuenca y sus procesos asociados, ofreciendo una base detallada sobre la cual se pueda comprender su

comportamiento hídrico en un contexto de baja disponibilidad de agua y presión antrópica (Hernández et al., 2014).

Al mismo tiempo, el carácter analítico permite no solo recopilar datos, sino también procesarlos e interpretarlos para identificar patrones, relaciones y tendencias significativas, este enfoque es especialmente relevante para la cuenca del río Salanguillo debido a las limitaciones en estudios previos que exploren la interrelación entre los factores naturales y las actividades humanas en la región además, este tipo de estudio busca integrar información técnica con datos contextuales para proporcionar una visión integral que sirva como base para la toma de decisiones y la implementación de estrategias de manejo sostenible de los recursos hídricos.

3.1.3 Enfoque de la investigación

El presente estudio adopta un enfoque cuantitativo (Kothari, 2004), el cual se fundamenta en la recolección, análisis y procesamiento de datos numéricos que permiten caracterizar de manera objetiva las dinámicas hidrológicas de la cuenca del río Salanguillo. Este enfoque es adecuado para la investigación, ya que facilita el análisis de variables hidrológicas como precipitación, escorrentía, caudal y balance hídrico mediante el uso de modelos matemáticos, herramientas estadísticas y sistemas de información geográfica (SIG)(Borja Suárez, 2012).

La naturaleza cuantitativa del estudio permite establecer relaciones claras entre las variables, identificar patrones en el comportamiento hídrico y generar resultados replicables que contribuyen a una comprensión precisa de los procesos que afectan la cuenca. Al centrarse en datos medibles y verificables, este enfoque asegura la obtención de información confiable que puede ser utilizada como base para la planificación y gestión sostenible del recurso hídrico. En el contexto del río Salanguillo, donde la disponibilidad de agua es crítica,

el enfoque cuantitativo es esencial para proporcionar respuestas técnicas a los desafíos actuales y proyectar escenarios futuros basados en evidencia científica.

3.2 Fase 1

3.2.1 Ubicación del área de estudio

Con el uso de la herramienta del Google Earth y ARC-GIS, se realizó la ubicación del área de estudio.

3.2.2 Delimitación de la cuenca

Para la delimitación de la cuenca se usó un modelo digital del terreno, usando el programa Arc-GIS, y Google Earth para determinar el punto de cierre de la cuenca de estudio.

3.3 Fase 2

3.3.1 Parámetros de forma de la cuenca

3.3.1.1 Índice de compacidad o índice de Gravelius

Este parámetro describe la geometría de la cuenca y está estrechamente relacionado con el tiempo de concentración del sistema hidrológico.

Se calcula multiplicando la constante 0.28 por la división de los perímetros versus la raíz del área de la cuenca (Zarandare et al., 2024), es un parámetro adimensional.

$$K = \frac{\text{Perímetro de la cuenca}}{\text{Perímetro de un círculo de igual área}} = \frac{P}{P_o} \quad (1)$$

Donde:

K es el índice de compacidad o de Gravelius.

P es el perímetro de la cuenca.

P_o es el perímetro de un círculo de igual área.

$$K = \frac{P}{P_o} = \frac{P}{2 \pi r}$$

$$A = r^2 \pi \rightarrow r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

$$K = \frac{P}{2\pi \sqrt{\frac{A}{\pi}}} = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

K es el índice de compacidad o de Gravelius

P es el perímetro de la cuenca

A es el área de la cuenca.

$$K = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (2)$$

Tabla 1.-Caracterización de la Cuenca.

Clase de Forma	Índice de Compacidad	Forma de la cuenca
Clase I	1.0 a 1.25	Casi redonda a oval - redondeada
Clase II	1.26 a 1.50	Oval - Redonda a oval oblonga
Clase III	1.51 o más de 2	Oval - oblonga rectangular - oblonga

Fuente: (Zanandrea et al., 2024)

3.3.1.2 Factor de forma (Kf)

Índice propuesto por Gravelius. Es la relación entre el área (A) de la cuenca y el cuadrado del máximo recorrido (L)(Ministerio de Ambiente, 2020).

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad (3)$$

Donde:

A: Área de la Cuenca

L: longitud de la cuenca

Tabla 2.- Rango de caracterización del factor de forma.

Kf	características
<1	tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas
1	Cuadrada.
>1	Tiende a ser achatada y tendencia ocurrencia de avenidas

Fuente:(Ministerio de Ambiente, 2020)

3.3.2 Índice de alargamiento

Relación ente la longitud máxima y el ancho medio de la cuenca (Ministerio de Ambiente, 2020).

$$I_a = \frac{L_a}{W} \quad (4)$$

Donde:

Ia: índice de Alargamiento (adimensional)

W: Ancho de la cuenca

La: Longitud axial de la cuenca

Tabla 3.- Rangos de Índice de alargamiento

Rango de La	clases de alargamiento
0-1.4	Poco Alargada
1.5-2.8	Moderadamente alargada
>2.9	Muy alargada

Fuente: (Smichowski & Contreras, 2022).

3.3.3 Características de relieve

3.3.3.1 Pendiente media de la cuenca

La pendiente media de la cuenca se estima con base en un plano topográfico que contenga las curvas de nivel o en el modelo de elevación digital (Smichowski & Contreras, 2022).

Tabla 4.- Clasificación del tipo de pendiente.

Pendiente media %	Tipo de relieve
0-3	Plano
3-7	Suave
7-12	Medianamente accidentado
12-20	Accidentado
20-35	Fuertemente accidentado
35-50	Muy fuertemente accidentado
50-75	Escarpado
>75	Muy Escarpado

Fuente: (Ministerio de Ambiente, 2020).

3.3.3.2 Elevación media de la cuenca

Esta función o característica se determina a partir de la “curva hipsométrica” de la cuenca (Smichowski & Contreras, 2022).

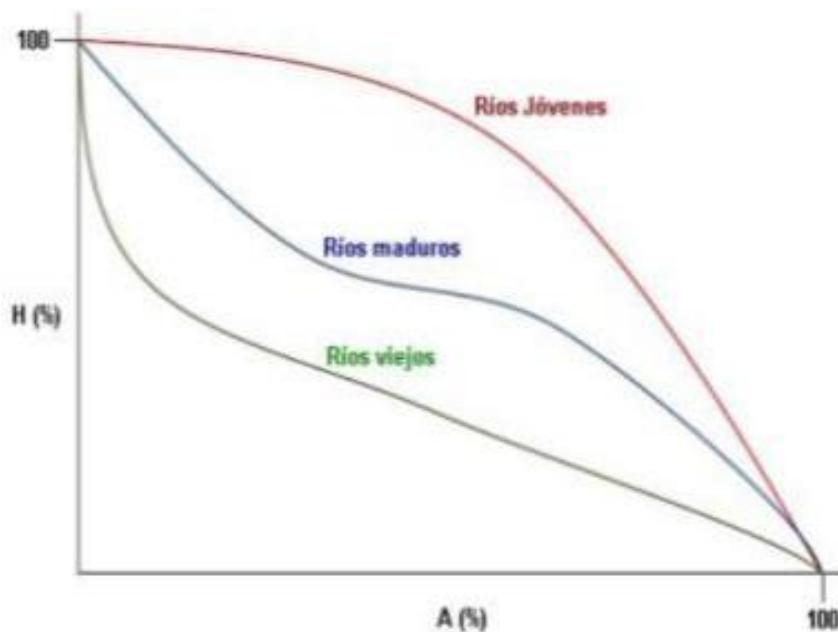
3.3.3.3 Curva hipsométrica

Para elaborar la curva hipsométrica se usa un mapa con curvas de nivel, y cuyo proceso se describe a continuación (Ibáñez et al., 2010):

- Se delimitan subáreas de la cuenca de drenaje siguiendo las curvas de nivel, escogiendo de preferencia iguales rangos acorde a las necesidades del estudio y a la disponibilidad de los datos.
- Se determinan estas áreas parciales que se generan entre curvas.
- Se determinan las áreas acumuladas de las diferentes partes de la cuenca de drenaje.
- Se calcula el área acumulada que queda sobre cada altitud del contorno.

Se procede a correlacionar las altitudes versus las correspondientes áreas acumuladas que quedan sobre esas altitudes.

Figura 9.- Curva hipsométrica



Fuente: (Ibáñez et al., 2010).

3.3.4 Escorrentía

El cálculo de la escorrentía usando una metodología para cuencas pequeñas en donde se utiliza las variables de precipitación media, el área de la cuenca y un coeficiente de escorrentía en función de las características del suelo (Flores-López et al., 2003).

$$V = P * A * C \quad (5)$$

Donde:

V = escurrimiento medio (mm)

P = precipitación (mm)

A = Área en km²

C= Coeficiente de escorrentía

Tabla 5.- Coeficiente de escorrentía

Uso del suelo	Pendiente	Textura del suelo		
		Gruesa	Media	Fina
	%			
Bosque	0 - 5	0.10	0.30	0.40
	5 - 10	0.25	0.35	0.50
	10 - 30	0.30	0.40	0.60
	> 30	0.32	0.42	0.63
Pastizal	0 - 5	0.15	0.35	0.45
	5 - 10	0.30	0.40	0.55
	10 - 30	0.35	0.45	0.65
	> 30	0.37	0.47	0.68
Cultivo agrícola	0 - 5	0.30	0.50	0.60
	5 - 10	0.40	0.66	0.70
	10 - 30	0.50	0.70	0.80
	> 30	0.53	0.74	0.84

Fuente: (Flores-López et al., 2003)

3.3.5 *Uso de suelo*

El método del número de curva es un método desarrollado por el departamento de agricultura (USDA) de los EE UU. para estimar la escorrentía generada por un episodio de lluvia (Ibáñez Asensio et al., 2011).

Para el cálculo del número de curva se siguieron los siguientes pasos:

a) Se analizó el tipo de suelo según el nivel de protección del suelo por la cobertura vegetal frente al impacto de las gotas de lluvia (Ibáñez Asensio et al., 2011). En donde se clasifica la clase de cultivo. (ver **Anexo 9**).

Anexo 9. Vía de acceso al punto de cierre de *la cuenca*.



Anexo 10. Valores del número de curva

Números de las curvas de escorrentia para complejos hidrológicos uso agronómico-tipo de suelo para condiciones de humedad II.

Clase	Cubierta del suelo		Números de curva correspondientes a los grupos hidrológicos del suelo			
	Laboreo	Condiciones hidrológicas para la infiltración	A	B	C	D
Barbecho	-	-	77	86	91	94
Cultivos alineados	R	Pobres	72	81	88	91
	R	Buenas	67	78	85	89
	C	Pobres	70	79	84	88
	C	Buenas	65	75	82	86
	C - T	Pobres	66	74	80	82
	C - T	Buenas	62	71	78	81
Cultivos no alineados o con surcos pequeños o mal definidos	R	Pobres	65	76	84	88
	R	Buenas	63	75	83	87
	C	Pobres	63	74	82	85
	C	Buenas	61	73	81	84
	C - T	Pobres	61	72	79	82
	C - T	Buenas	59	70	78	81
Cultivos densos de leguminosas o prados en alternativa	R	Pobres	66	77	84	88
	R	Buenas	58	72	81	85
	C	Pobres	64	75	83	85
	C	Buenas	55	69	78	83
	C - T	Pobres	63	73	80	83
	C - T	Buenas	51	67	76	80
Pastizales (pastos naturales)	-	Pobres	68	79	86	89
	-	Regulares	49	69	79	84
	-	Buenas	39	61	74	80
	C	Pobres	47	67	81	88
	C	Regulares	25	59	75	83
	C	Buenas	6	35	70	79
Prados permanentes						
Montes con pastos (ganadero-forestal)	-	-	30	58	71	78
	-	Pobres	45	66	77	83
		Regulares	36	60	73	79
		Buenas	25	55	70	77
Bosques (forestales)	-	Muy pobres	56	75	86	91
	-	Pobres	46	68	78	84
	-	Regulares	36	60	70	76
		Buenas	26	52	63	69
		Muy buenas	15	44	54	61
Caseríos		-	59	74	82	86
Camino de tierra		-	72	82	87	89
Camino en firme	-	-	74	84	90	92

b) Se analiza la existencia de obras o medidas de conservación en donde se determina “bajo el epígrafe laboreo aparecen las posibles medias agronómicas destinadas a la corrección de la erosión hídrica” (Ibáñez Asensio et al., 2011). En función de la siguiente **Tabla 6**.

Tabla 6.- Clasificación de Laboreo

INEXISTENCIA	(R)
CURVAS DE NIVEL	(C)
ATERRAZAMIENTOS	(C-T)

Fuente: Autor, 2025.

Donde:

R: Cuando las labores de la tierra, la siembra y las restantes faenas son ejecutadas sin tener en cuenta la pendiente del terreno.

C: Cuando el cultivo es por curvas de nivel. Además, en pendientes inferiores a 2%.

C-T: Cuando el cultivo es por curvas de nivel y existen además terrazas abiertas (con desagüe) para la conservación de suelo.

c) Condiciones hidrológicas para la infiltración: en función de las condiciones físicas del suelo existen 5 posibles: muy pobre, pobre, regular, buena y muy buena. (ver).

d) Acorde a la permeabilidad del suelo existen 4 clases de permeabilidad en atención de su profundidad y textura.

3.3.6 Evapotranspiración

Para el cálculo de la evapotranspiración se usó el método Penman-Monteith, es el método sugerido para este estudio.

3.3.6.1 Método de penman-monteith

Para este método se utilizó el programa CROPWAT, donde se utilizó la temperatura, la heliofanía, la humedad relativa, y la velocidad del viento. (FAO, 2006b).

$$ET_o = \frac{0.408 * \Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (6)$$

Donde:

ET_o: Evapotranspiración de referencia (mm /día)

R_n: Radiación neta en la superficie del cultivo (MJ mm/ día)

G: Flujo del calor de suelo (MJ mm/ día)

T: Temperatura media del aire a 2 m de altura (°C)

u₂: velocidad del viento a 2 m de altura (m/s)

e_s: presión de vapor de saturación (kPa)

e_a: presión real de vapor (kPa)

e_s – e_a: déficit de presión de vapor (kPa)

Δ: pendiente de la curva de presión de vapor (kPa /°C)

γ: constante psicrométrica (kPa/ °C).

3.3.6.2 Programa CROPWAT

Es un programa que, para análisis de evapotranspiración y manejo de recursos hídricos, se usa para la agricultura (Arteaga et al., 2011). En función de la temperatura, horas de sol, velocidad del viento, datos que se encuentran en la estación meteorológica.

3.4 Fase 3

3.4.1 Balance hídrico

El balance de agua es la relación entre la cantidad de agua que, por diferentes medios llega al suelo y la que finalmente queda en la zona del suelo accesible por las raíces de las plantas (Davie, 2008).

$$P \pm E \pm Q \pm \Delta S = 0 \quad (7)$$

Donde:

P: precipitación

E: evaporación

S: variación de volumen de almacenamiento

Q: caudal de escorrentía

Tabla 7.- Tabla para el cálculo del balance hídrico

PRECIPITACIÓN (mm/mes)
EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm/mes)
TEMPERATURA (° C)
Δ ALMACENAMIENTO (mm)
ALMACENAMIENTO (mm)
ETR
DÉFICIT
ESCORRENTÍA (mm)
ALMACÉN 0 (mm)
ALMACÉN 100 (mm)
PRP-EVPT (mm)

Fuente:(Villon, 2004)

- Los datos necesarios son temperatura, evapotranspiración, y precipitación
- Se calcula precipitación menos evapotranspiración para todos los meses.
- El valor obtenido de la resta de la precipitación, la evapotranspiración se suma al valor del almacén 0, considerando que el valor no puede ser mayor a 100, si es mayor a 100 se coloca 100. Y el valor del almacén 0 se vuelve a sumar el valor

del almacén 100, considerando que no puede ser mayor a 100, si es mayor a 100 se coloca el mismo valor 100.

- d) Cuando se igualan los valores de almacén 0 y almacén 100 eso quiere decir que desde ese mes empieza el almacén.
- e) Se procede a colocar 100 en el almacén del mes, llenando todos los datos del almacén con la suma de la diferencia entre la diferencia de la precipitación y la evapotranspiración.
- f) Para el cálculo de la escurrentía vamos a considerar el valor del almacén que sea igual a 100 va a tener el valor de la resta entre la precipitación y la evapotranspiración.
- g) Para la variación del almacén se resta el valor del almacén del mes anterior.
- h) Cuando la variación del almacén tiene un valor negativo y el valor del almacén es cero.
- i) En el valor de ETR, es igual al ETP, cuando el almacén está lleno o parcialmente lleno.
- j) El ETR, es igual a la precipitación cuando el valor del almacén es cero, excepto cuando el almacén es cero y la variación del almacén es negativo se suma el almacén del mes anterior más el valor de la precipitación.
- k) El déficit es igual al $ETP - ETR$

4 Desarrollo

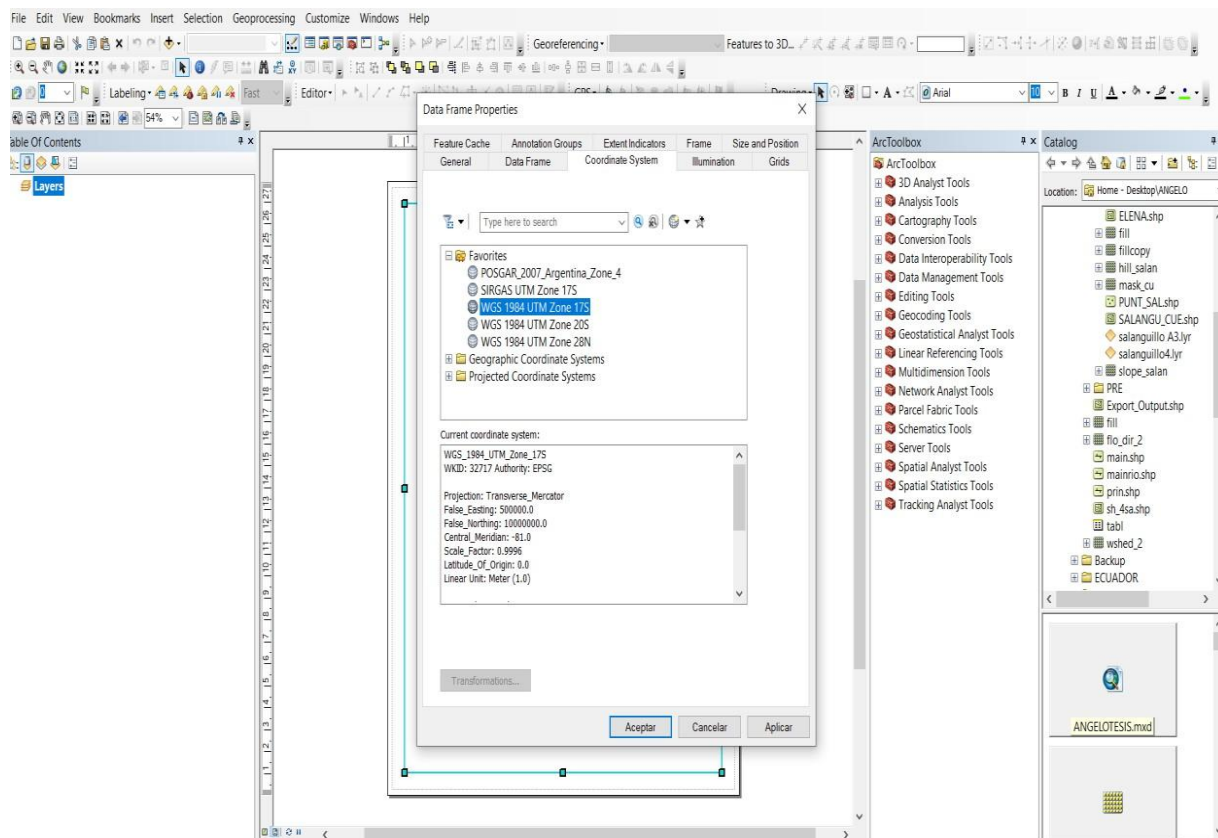
4.1 Fase 1

4.1.1 Delimitación de la cuenca

Para la delimitación se realizaron los siguientes pasos:

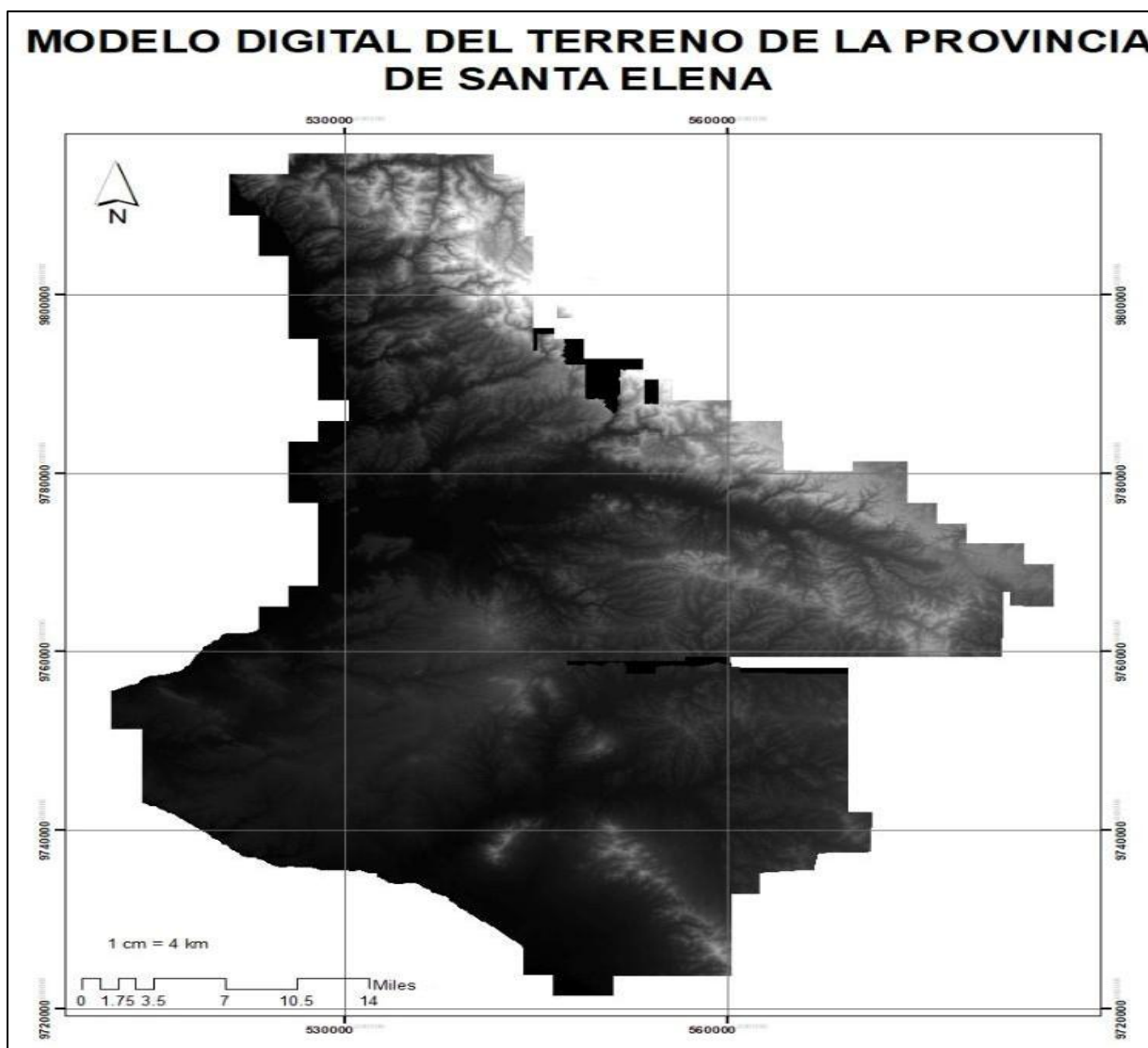
1.- Para la delimitación de la cuenca se usó el programa ArcGIS, en donde primero se coloca el sistema de referencia, en Ecuador se usa el sistema de referencias WGS1984 UTM zona 17s (ver **Figura 10**) (Universal Transverse Mercator). Se obtiene el modelo digital de terreno de la provincia de Santa Elena (ver **Figura 11**).

Figura 10.- Cuadro de sistemas de coordenadas.



Fuente: Autor, 2025.

Figura 11.-Modelo digital del terreno de la provincia de Santa Elena.



Fuente: Autor, 2025.

2.- Determinamos el punto de salida y el área de estudio con Google Earth, cuyas coordenadas se observan en la siguiente Figura 12 y **Figura 13**

Figura 12.- Coordenadas punto de cierre cuenca Salanguillo.

Fuente: Google Earth

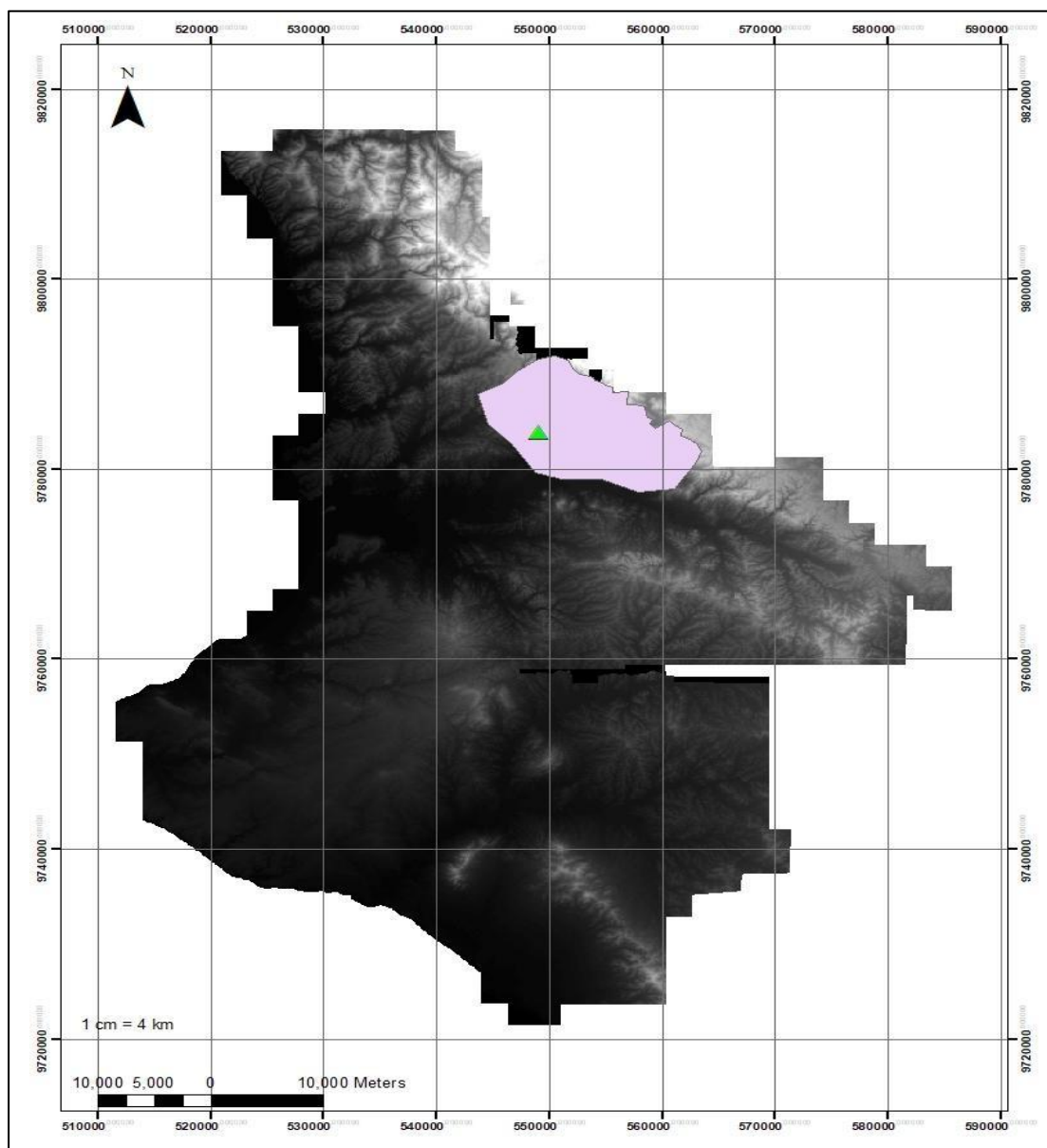
Figura 13.- Delimitación del área de estudio



Fuente: Google Earth.

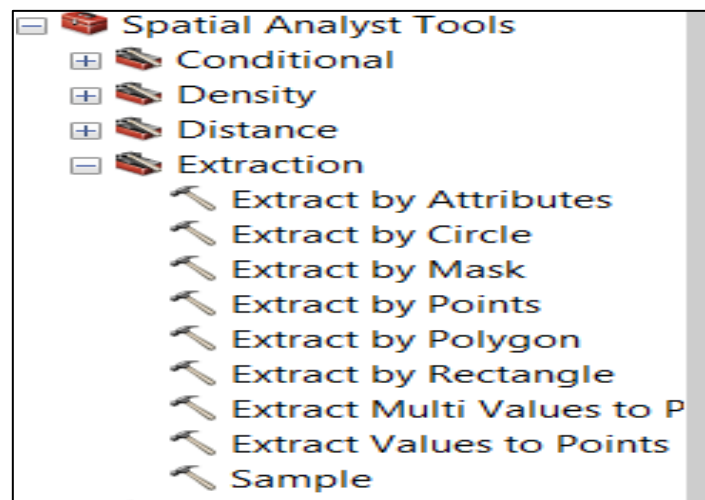
3.- Realizamos un corte del modelo digital del terreno de nuestra área de estudio (ver, **Figura 14**), con la herramienta extraer por máscara, en función del modelo digital del terreno.

Figura 14.- *Ubicación del área de estudio.*



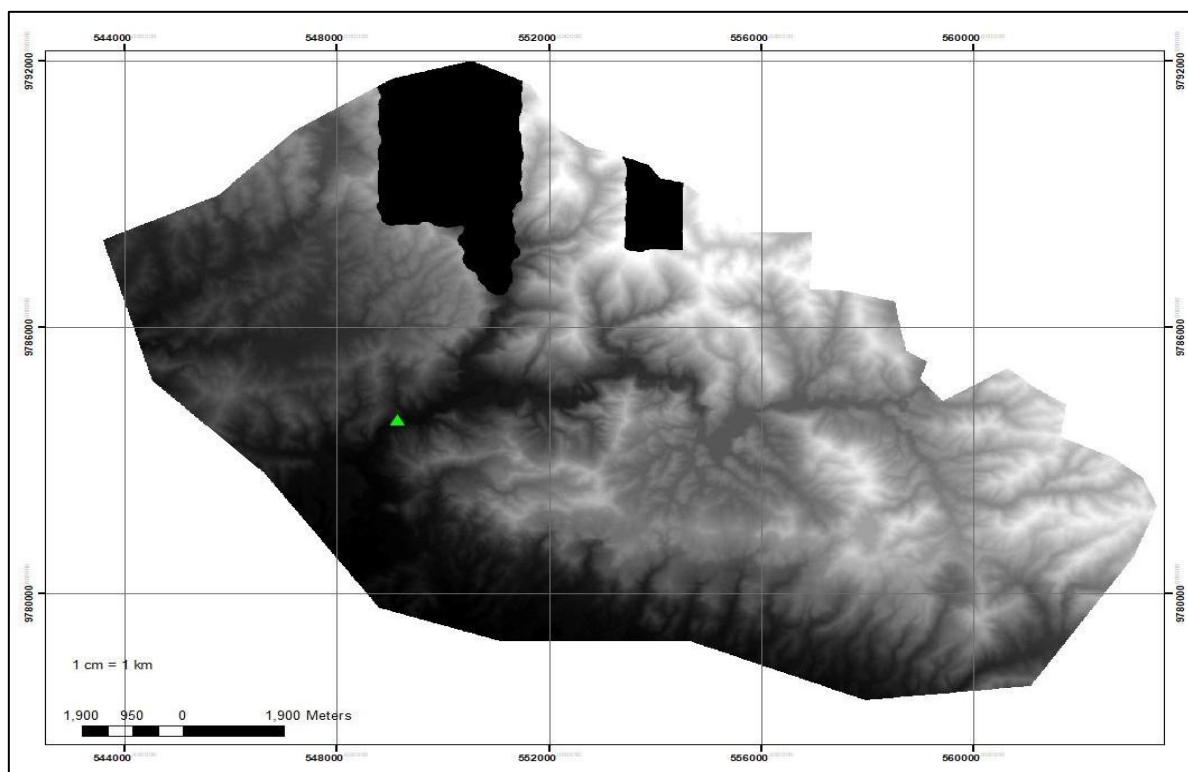
Fuente: (MAGAP, 2025)

Figura 15.- Herramienta extraer por máscara.



Fuente: Programa ArcGIS.

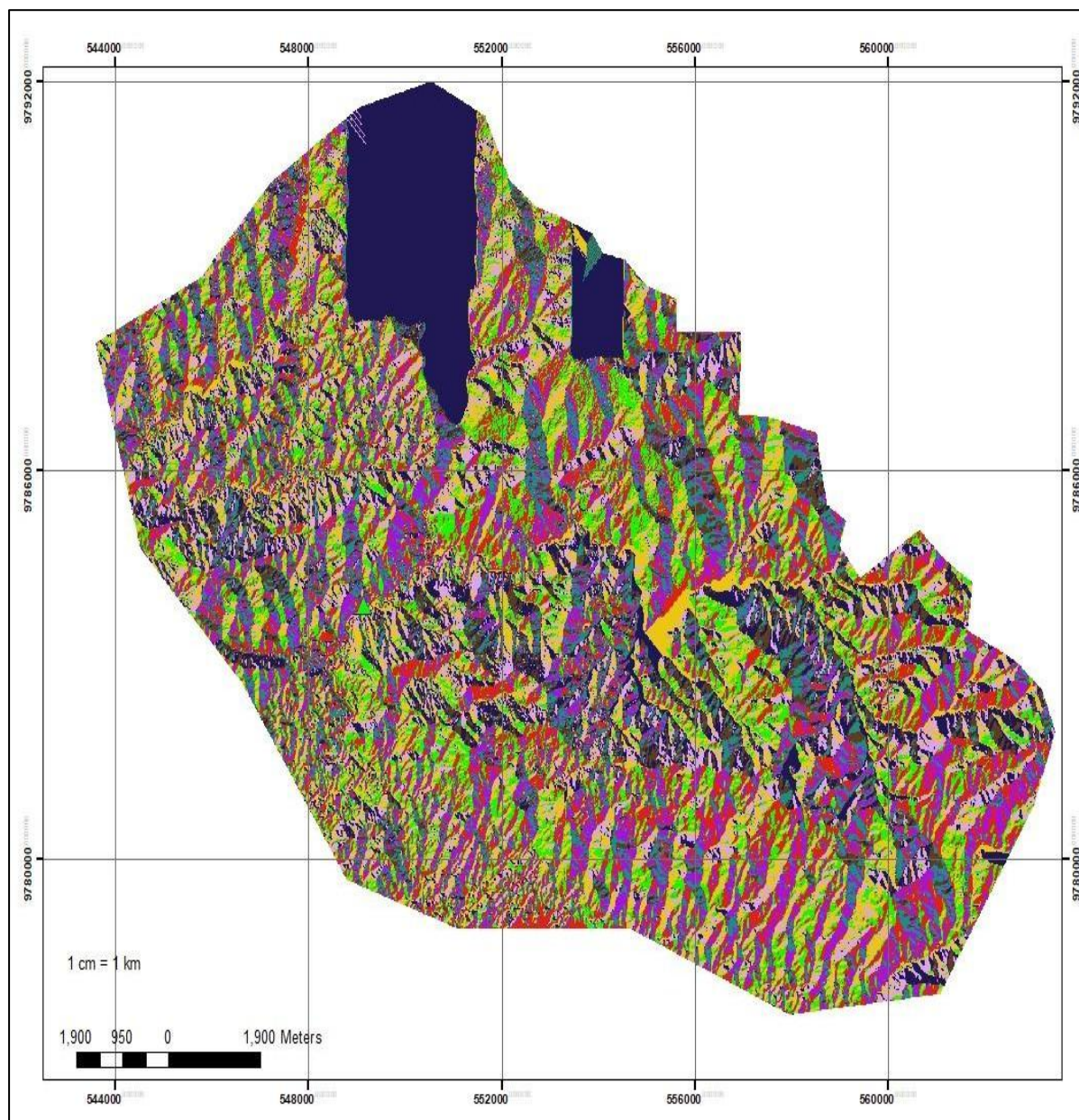
Figura 16.- Modelo digital del terreno del área de estudio.



Fuente: (MAGAP, 2025)

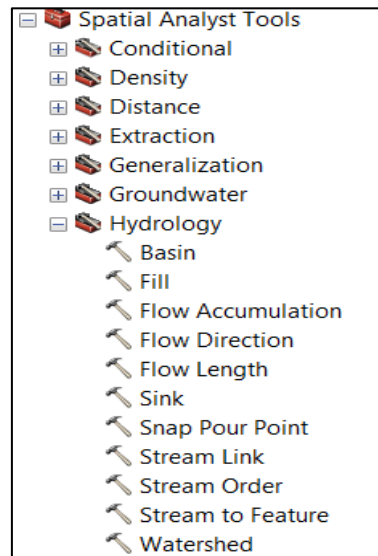
4.- Se obtiene el archivo dirección del flujo, usando el programa ArcGIS, la herramienta dirección de flujo y acumulación del flujo.

Figura 17.- Archivo dirección del flujo.



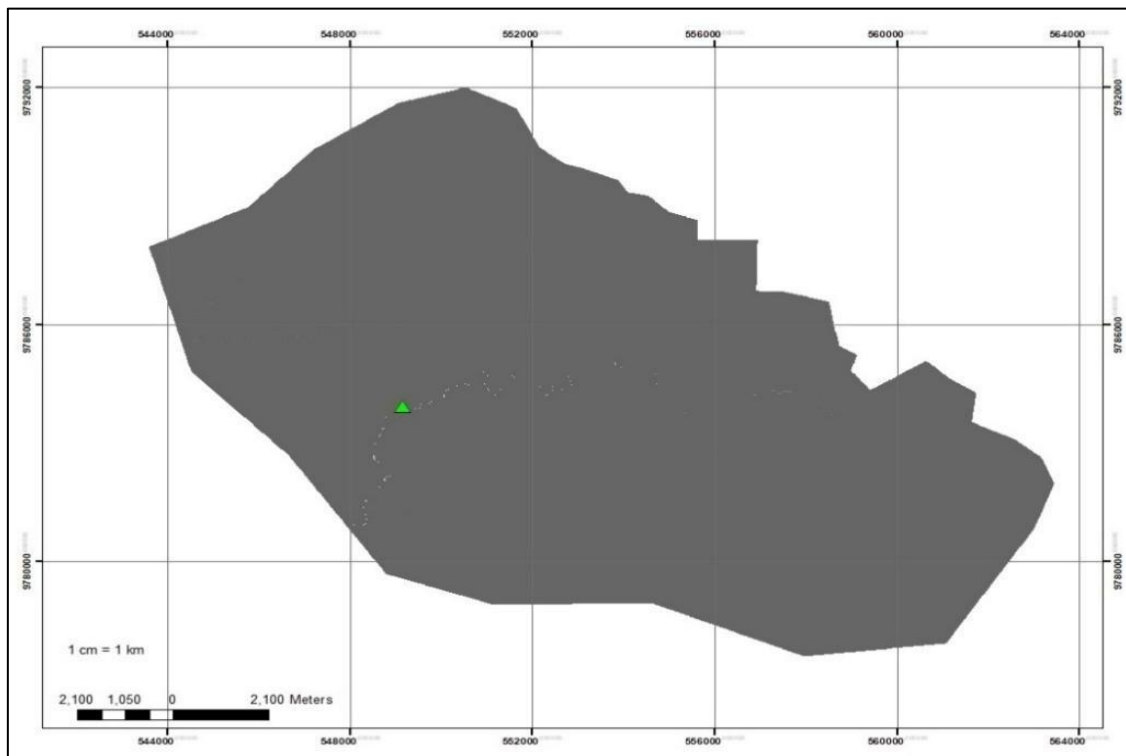
Fuente: Programa ArcGIS.

Figura 18.- Herramienta acumulación del flujo y dirección del flujo.



5.- Se obtiene el archivo acumulación del flujo.

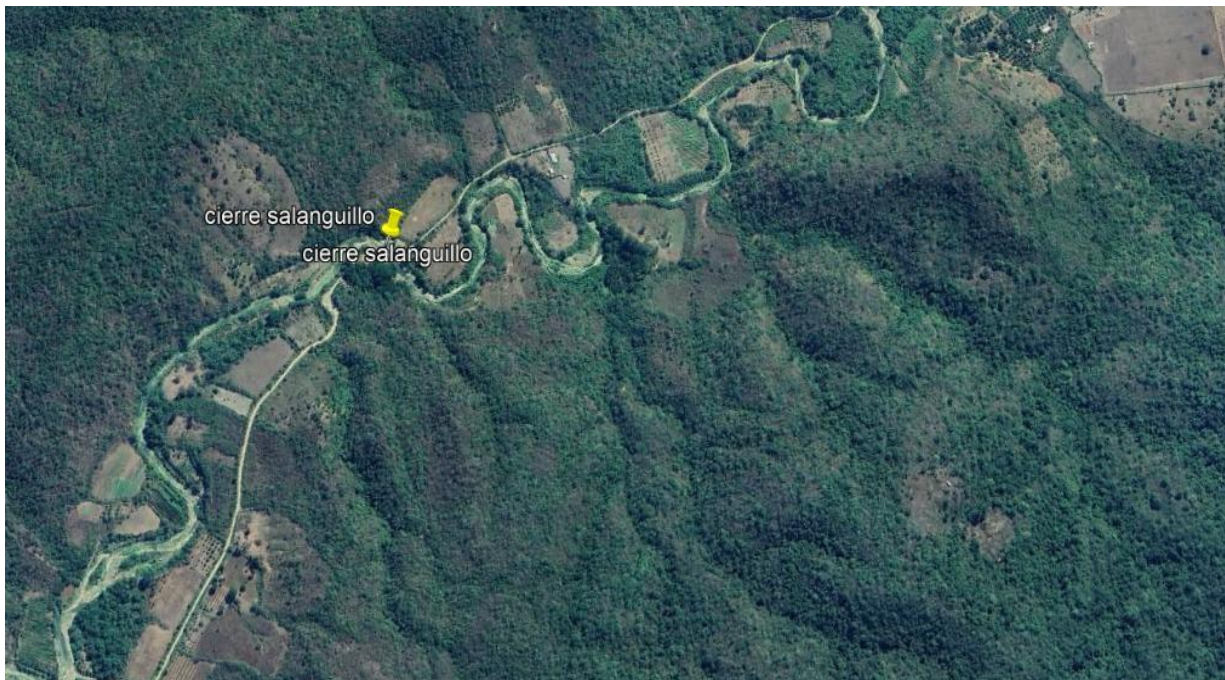
Figura 19.- Archivo de acumulación del flujo de la cuenca.



Fuente: Programa ArcGIS.

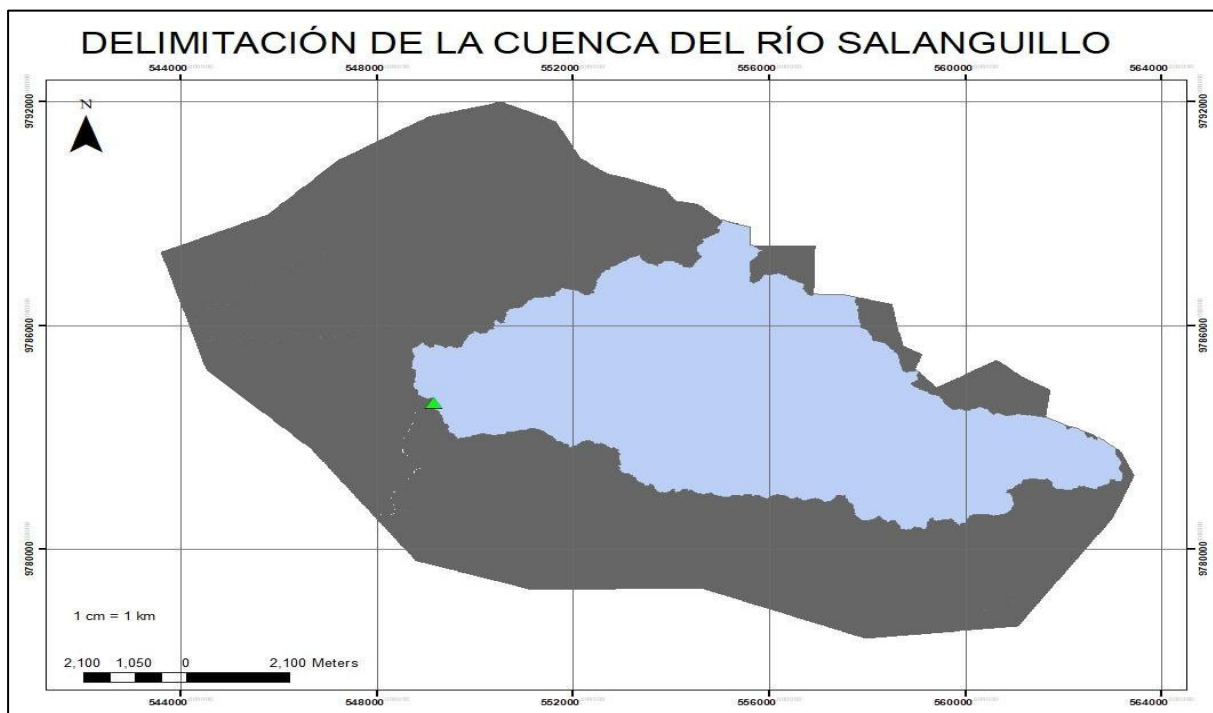
8.- Se trazo la cuenca en función del punto de salida.

Figura 20.- Punto de cierre de la cuenca.



Fuente: Google Earth.

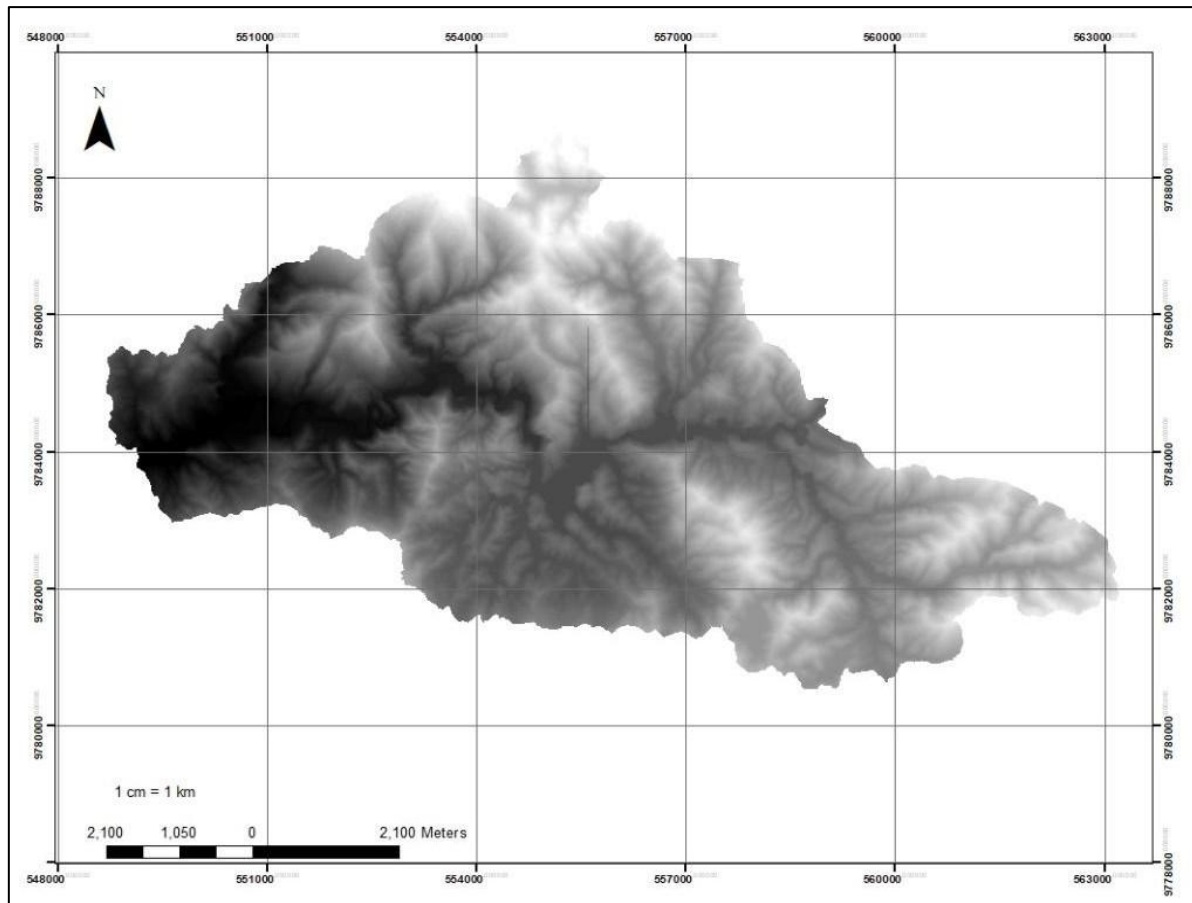
Figura 21.- Delimitación de la cuenca.



Fuente: Programa ArcGIS.

9.- Con la delimitación de la cuenca hacemos un corte del modelo digital del terreno, para su análisis.

Figura 22.- *Modelo digital del terreno de la cuenca.*

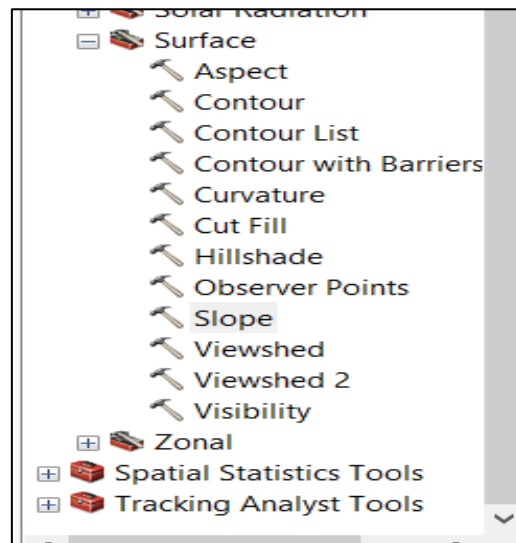


Fuente: Programa ArcGIS.

4.1.2 *Curvas hipsométricas*

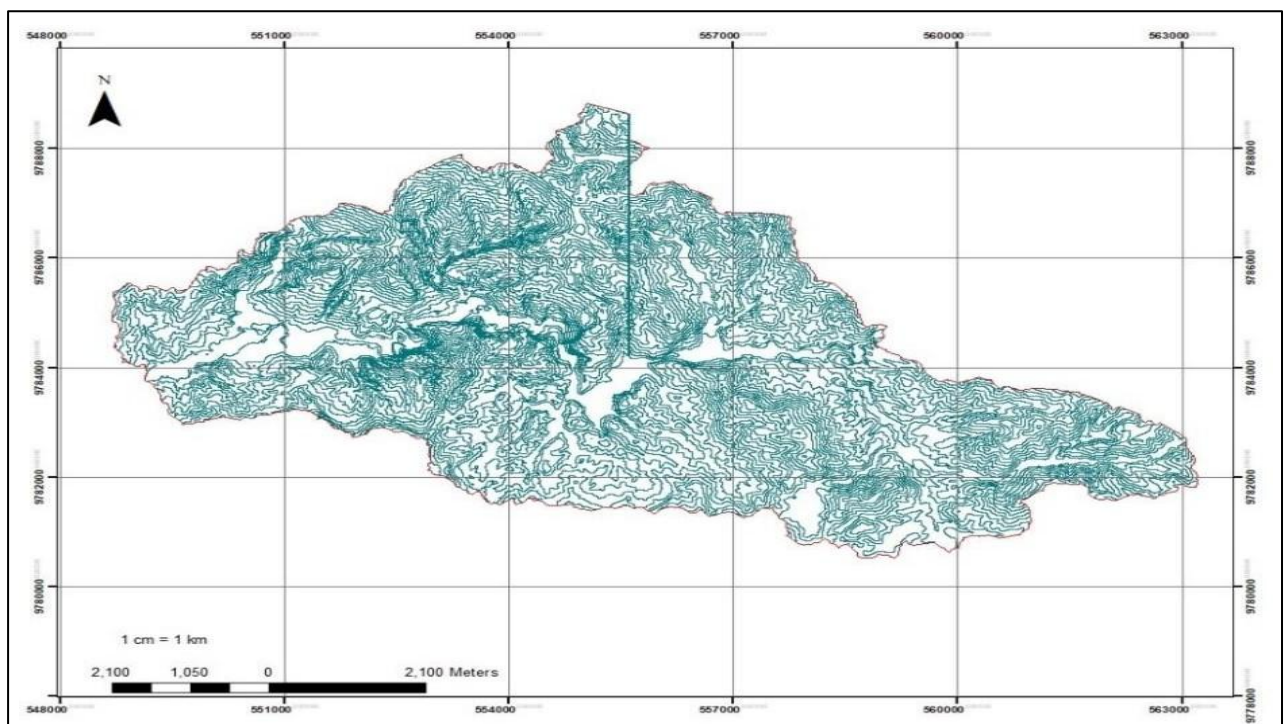
Para obtener las curvas hipsométricas, se obtienen las curvas de nivel de la cuenca cada 20 m con el programa ArcGIS usando la herramienta SLOPE (ver **Figura 23**) a partir del Modelo Digital del Terreno. (ver **Figura 24**).

Figura 23.- Herramienta para generar las curvas



Fuente: Programa ArcGIS.

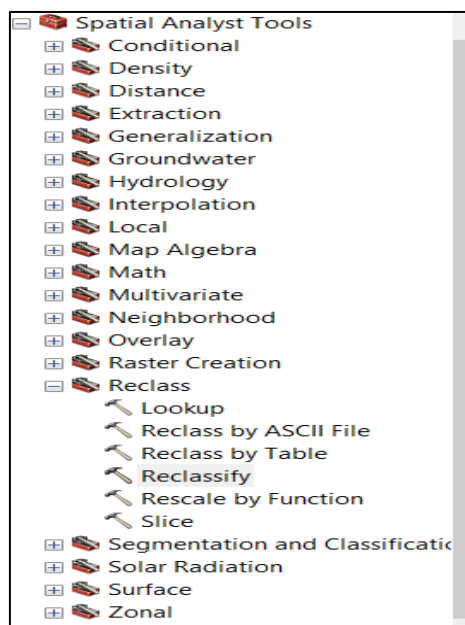
Figura 24.- curvas de nivel de la cuenca cada 20 m.



Fuente: Programa ArcGIS.

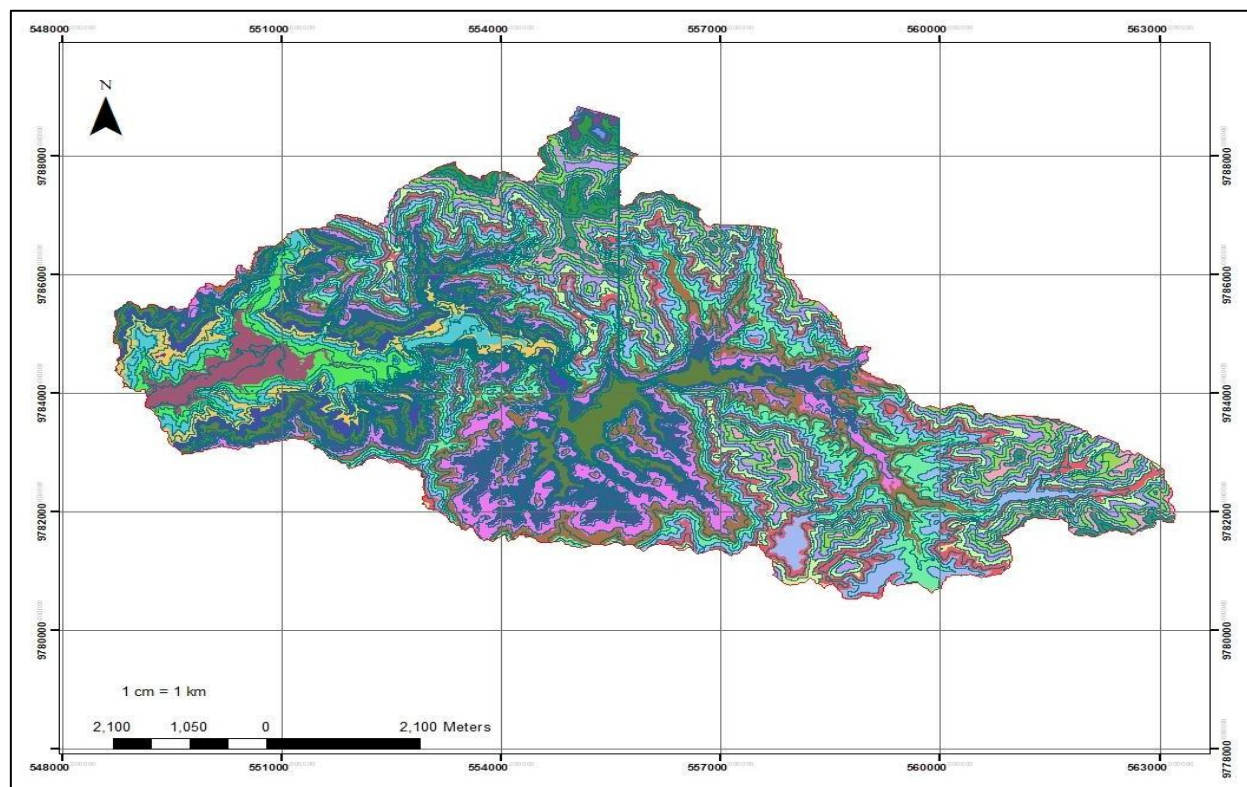
Se realizó la división de las áreas para graficar la curva hipsométrica, se dividió en 20 áreas, para realizar este proceso se usó la herramienta reclassify (ver **Figura 25**). Como resultado se obtuvo el mapa de curvas de nivel (ver **Figura 26**).

Figura 25.- Herramienta Reclassify, para clasificación de las curvas de nivel.



Fuente: Programa ArcGIS.

Figura 26.- Curva hipsométrica.



Fuente: Programa ArcGIS.

Tabla 8.- *Tabla curva hipsométrica*

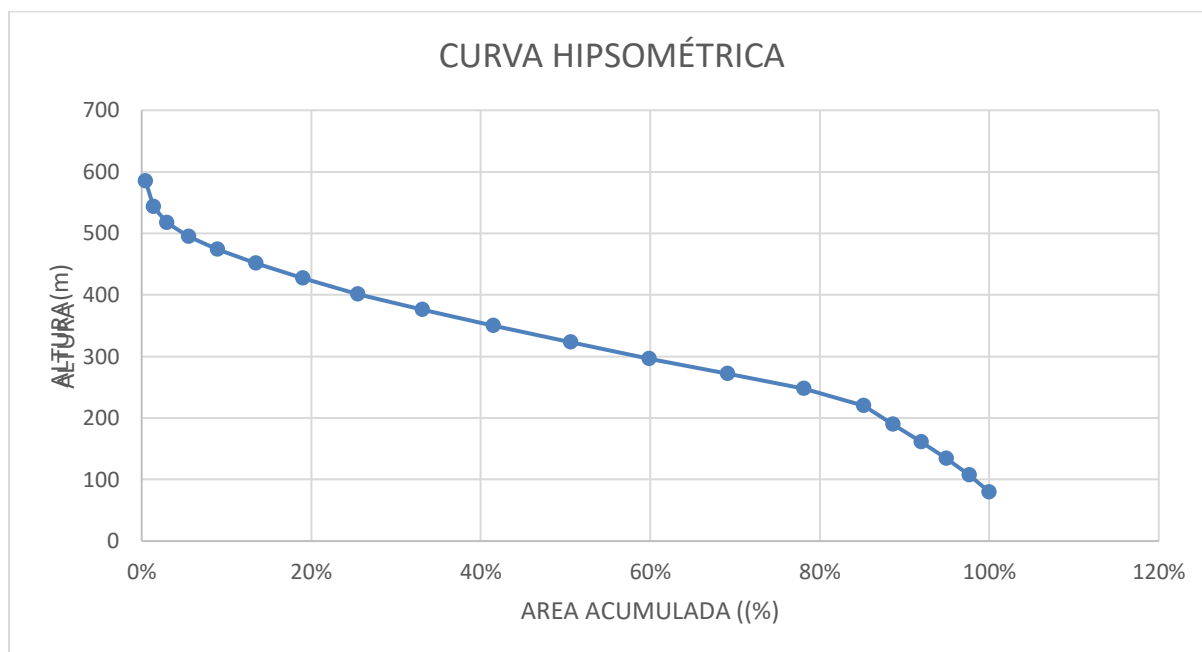
#	ÁREA (m ²)	COTA MIN. (m)	COTA MAX. (m)	ΔH (m)	A. ACUM (m ²)	%	PROMEDIO A.
1	1356354	65.944107	93.701118	27.757011	58241115	100%	79.8226125
2	1577754	93.70182	121.458672	27.756851	56884761	98%	107.580246
3	1730043	121.45895	147.08075	25.621803	55307007	95%	134.269848
4	1947537	147.08107	174.838211	27.757141	53576964	92%	160.9596405
5	2002401	174.83833	204.730545	29.892212	51629427	89%	189.784439
6	4118688	204.731	234.623352	29.892349	49627026	85%	219.6771775
7	5236308	234.62352	260.245453	25.621933	45508338	78%	247.4344865
8	5404527	260.24564	283.732513	23.486877	40272030	69%	271.9890745
9	5375457	283.73254	309.354584	25.62204	34867503	60%	296.543564

10	5329746	309.35474	337.11203	27.757294	29492046	51%	323.233383
11	4856670	337.11212	362.7341	25.621979	24162300	41%	349.923111
12	4438035	362.73431	388.356323	25.622009	19305630	33%	375.5453185
13	3809034	388.35648	413.978546	25.62207	14867595	26%	401.167511
14	3216357	413.97861	439.600677	25.62207	11058561	19%	426.789642
15	2647314	439.60086	463.087708	23.486847	7842204	13%	451.3442845
16	1981737	463.08777	484.439453	21.351685	5194890	9%	473.763611
17	1476000	484.4397	505.791321	21.351624	3213153	6%	495.115509
18	918738	505.79138	529.277954	23.486572	1737153	3%	517.534668
19	546327	529.27893	557.0354	27.75647	818415	1%	543.1571655
20	272088	557.03723	612.550354	55.513123	272088	0.5%	584.7937925

Fuente: Autor, 2025.

La gráfica nos indica que es una cuenca en equilibrio, llegando a su fase de madurez, como se observa en la siguiente Figura 27.- *Curva Hipsométrica cuenca del río Salanguillo.*

Figura 27.- Curva Hipsométrica cuenca del río Salanguillo

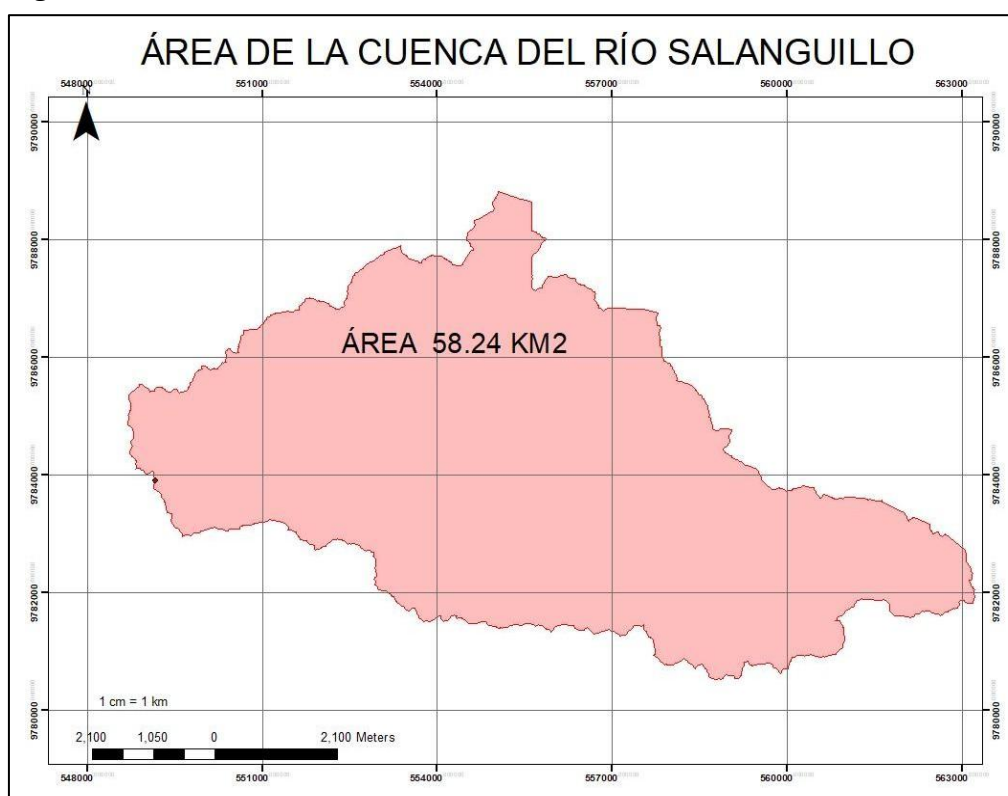


Fuente: Autor, 2025.

4.1.3 Área de la cuenca

Usando la calculadora geométrica del programa ArcGIS determinamos el área de la cuenca es de 58.24 Km² (ver **Figura 28**), considerando el punto de cierre.

Figura 28.- Área de la cuenca.

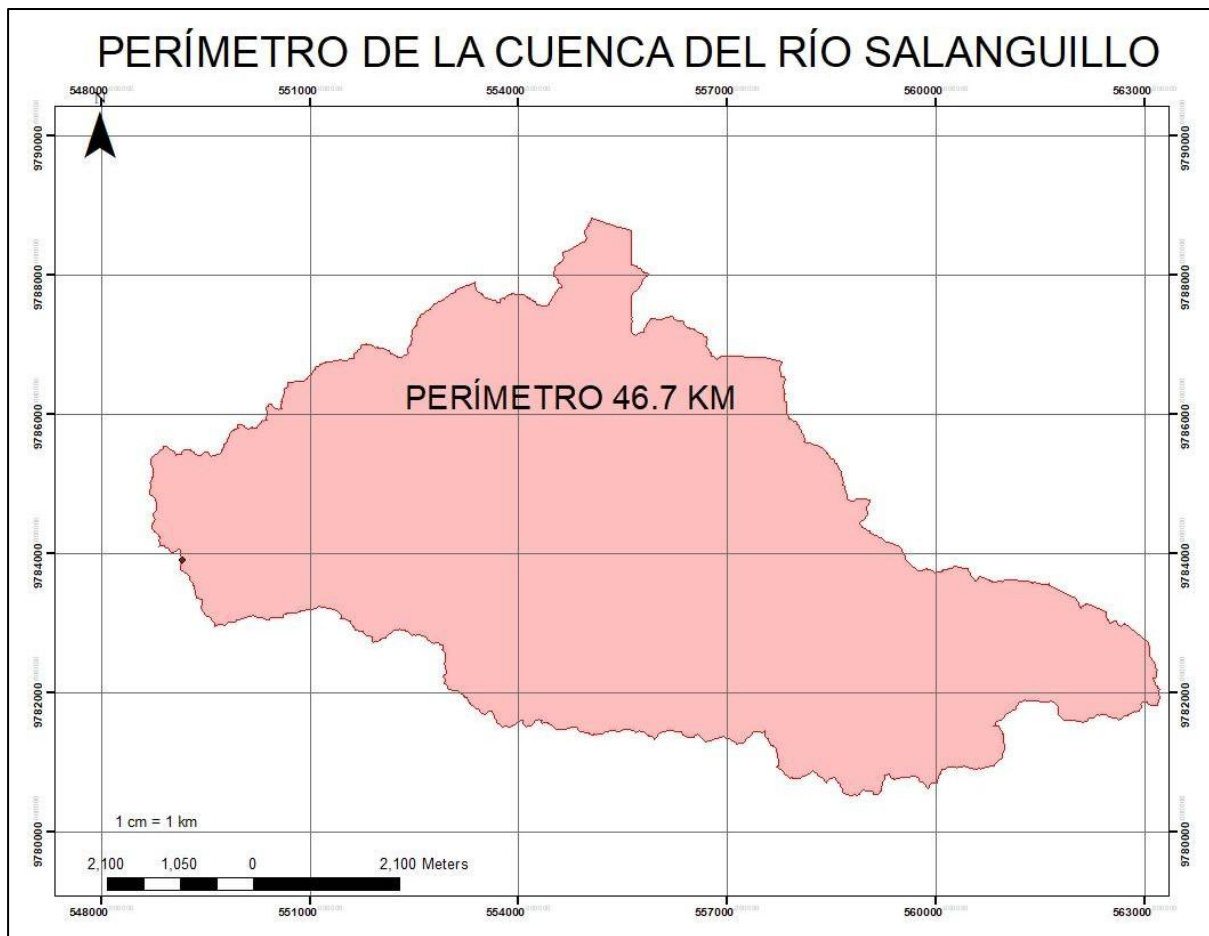


Fuente: (ESRI, 2025).

4.1.4 Perímetro

Usando el mismo programa ArcGIS podemos también obtener el perímetro de la cuenca que es de 46.7 Km (ver **Figura 28**), considerando el punto de cierre, de la misma forma se determinó el perímetro de la cuenca (ver **Figura 29**).

Figura 29.- *Perímetro de la cuenca.*

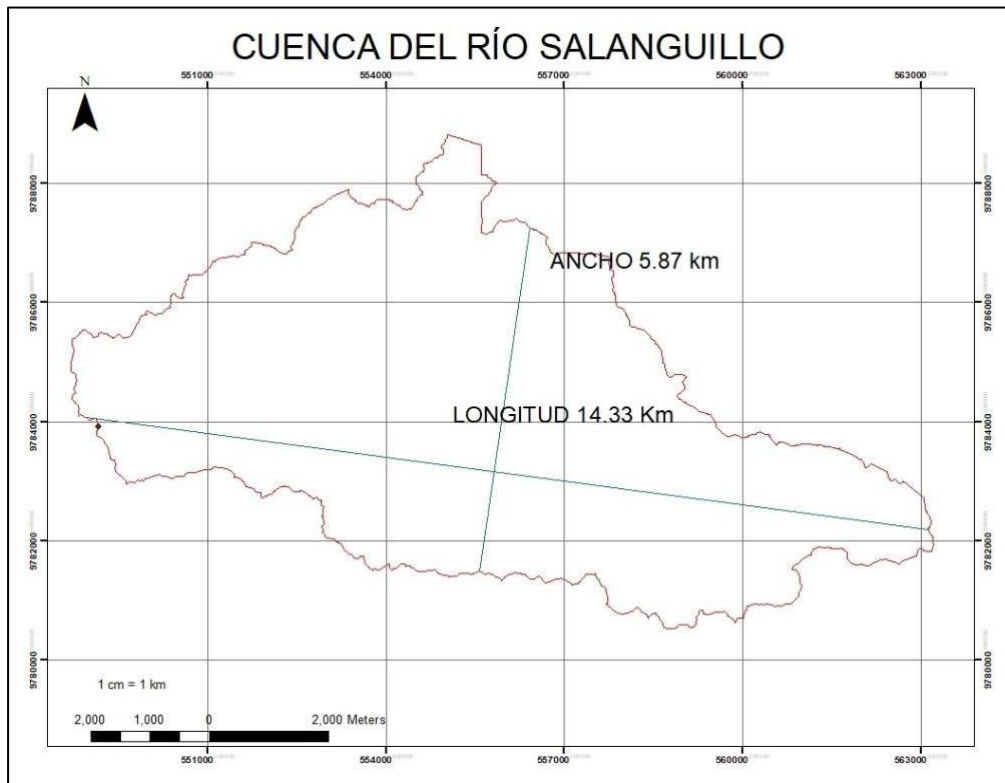


Fuente: (ESRI, 2025)

4.1.5 Longitud y ancho de la cuenca

La longitud se considera desde el cierre de la cuenca hasta el punto más lejano, además el ancho se trazó de forma perpendicular a la longitud de la cuenca, que es 14.33 km y el ancho es 5.87 km.

Figura 30.- Longitud y ancho de la cuenca del río Salanguillo



Fuente: Autor, 2025.

4.2 Fase 2

4.2.1 Parámetros morfométricos

4.2.1.1 Índice de compacidad o índice de Gravelius

Se calcula multiplicando la constante 0.28 por la división de los perímetros versus la raíz del área de la cuenca, según el índice de Gravelius la cuenca es clase tipo III, forma oval.

$P = 46.7 \text{ km}$

$A = 58.24 \text{ km}^2$

$$K = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (8)$$

$$K = 0.28 \frac{46.7}{\sqrt{58.24}}$$

$$K = 1.7$$

Tabla 9.- Resultado índice de compacidad

Clase de Forma	Índice de Compacidad	Forma de la cuenca
Clase I	1.0 a 1.25	Casi redonda a oval - redondeada
Clase II	1.26 a 1.50	Oval - Redonda a oval oblonga
Clase III	1.51 o más de 2	Oval - oblonga rectangular - oblonga

Fuente:(Zanandrea et al., 2024).

4.2.1.2 Factor de forma (kf)

Índice propuesto por Gravelius. Es la relación entre el área (A) de la cuenca y el cuadrado del máximo recorrido (L).

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad (9)$$

$$K_f = \frac{58.24 \text{ Km}^2}{14.33^2 \text{ km}^2}$$

$$K_f = 0.28$$

El factor de forma de la cuenca es 0.28, es decir que tiene que ser alargada y que tiene baja susceptibilidad a avenidas.

Tabla 10.- Resultado factor de forma.

Kf	Características
<1	tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas
1	cuadrada
>1	Tiende a ser achatada y tendencia ocurrencia de avenidas

Fuente:(Hernando et al., 2001)

4.2.1.3 Índice de alargamiento

Relación ente la longitud máxima y el ancho medio de la cuenca.

$$I_a = \frac{L_a}{W}$$

$$I_a = \frac{14.33km}{5.87km}$$

$$I_a = 2.44$$

Donde:

El índice de Alargamiento (adimensional)

W: Ancho de la cuenca

La: Longitud axial de la cuenca

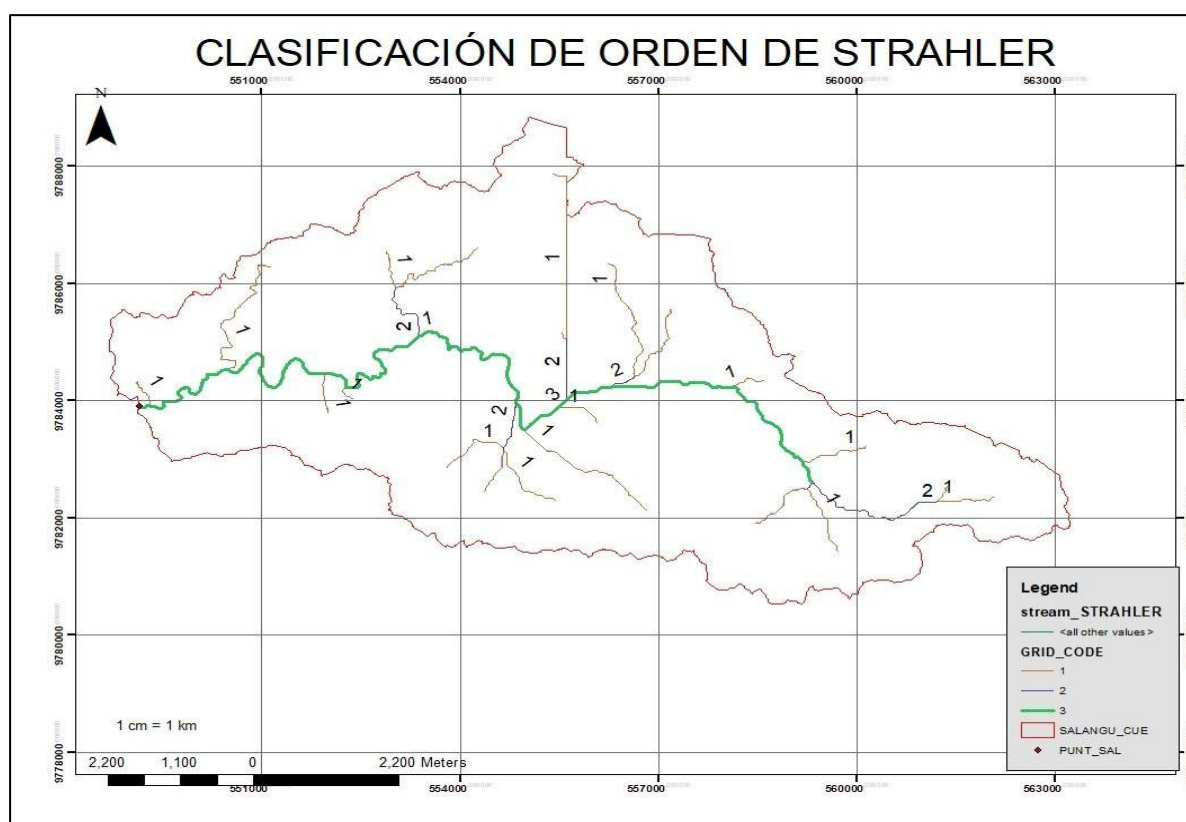
Tabla 11.- Clasificación de alargamiento de la cuenca.

Rango de la	clases de alargamiento
0-1.4	Poco Alargada
1.5-2.8	Moderadamente alargada
>2.9	Muy alargada

Fuente: (Ministerio de Ambiente, 2020)

4.2.2 Clasificación orden de Strahler

La clasificación de Orden de Strahler, de la cuenca del río Salanguillo, se realizó usando el programa ArcGIS, con la herramienta stream link y stream order.

Figura 31.- Clasificación de la Orden de Strahler.

Fuente: Autor, 2025.

Tabla 12.- *Clasificación de la Orden de Strahler.*

#	ORDEN DE STRAHLER	Longitud (m)
1	1	754
2	1	1841
3	1	89
4	1	140
5	1	3015
6	1	2998
7	1	2307
8	1	1537
9	1	638
10	1	305
11	1	537
12	1	718
13	1	728
14	1	1076
15	1	1209
16	1	806
17	1	1337

18	1	363
19	1	919
20	1	2507
21	1	1142
22	1	1270
23	2	1248
24	2	391
25	2	1041
26	2	809
27	2	70
28	2	122
29	2	2440
30	3	185
31	3	465
32	3	2690
33	3	1865
34	3	2219
35	3	781
36	3	2606
37	3	127

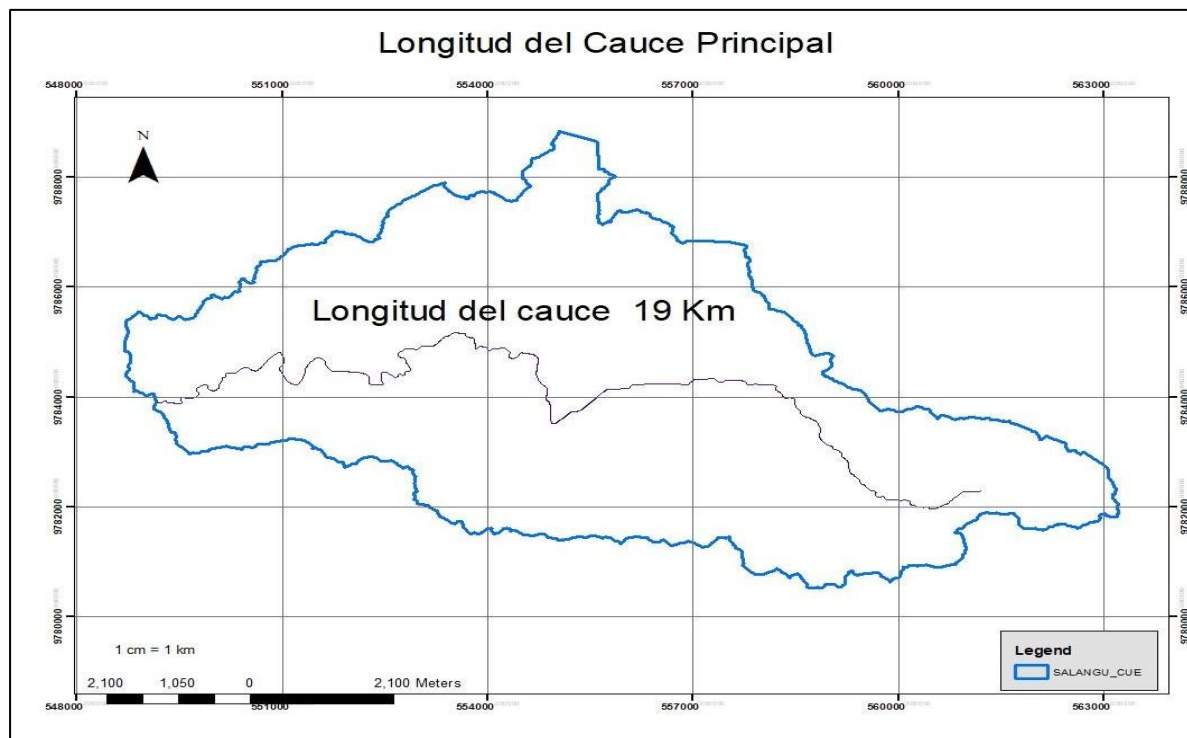
38	3	174
39	3	1868
40	3	473
41	3	683
42	3	2021
43	3	433

Fuente: Autor, 2025.

4.2.2.1 Longitud del cauce principal

En función de la clasificación de la orden de Strahler se seleccionó el río principal, usando el programa ArcGIS, se obtuvo la longitud de 19 km como se puede apreciar en el siguiente mapa (ver **Figura 32**).

Figura 32.- Longitud del cauce principal.



Fuente: Autor, 2025.

4.2.3 Características de relieve

4.2.3.1 Pendiente media de la cuenca

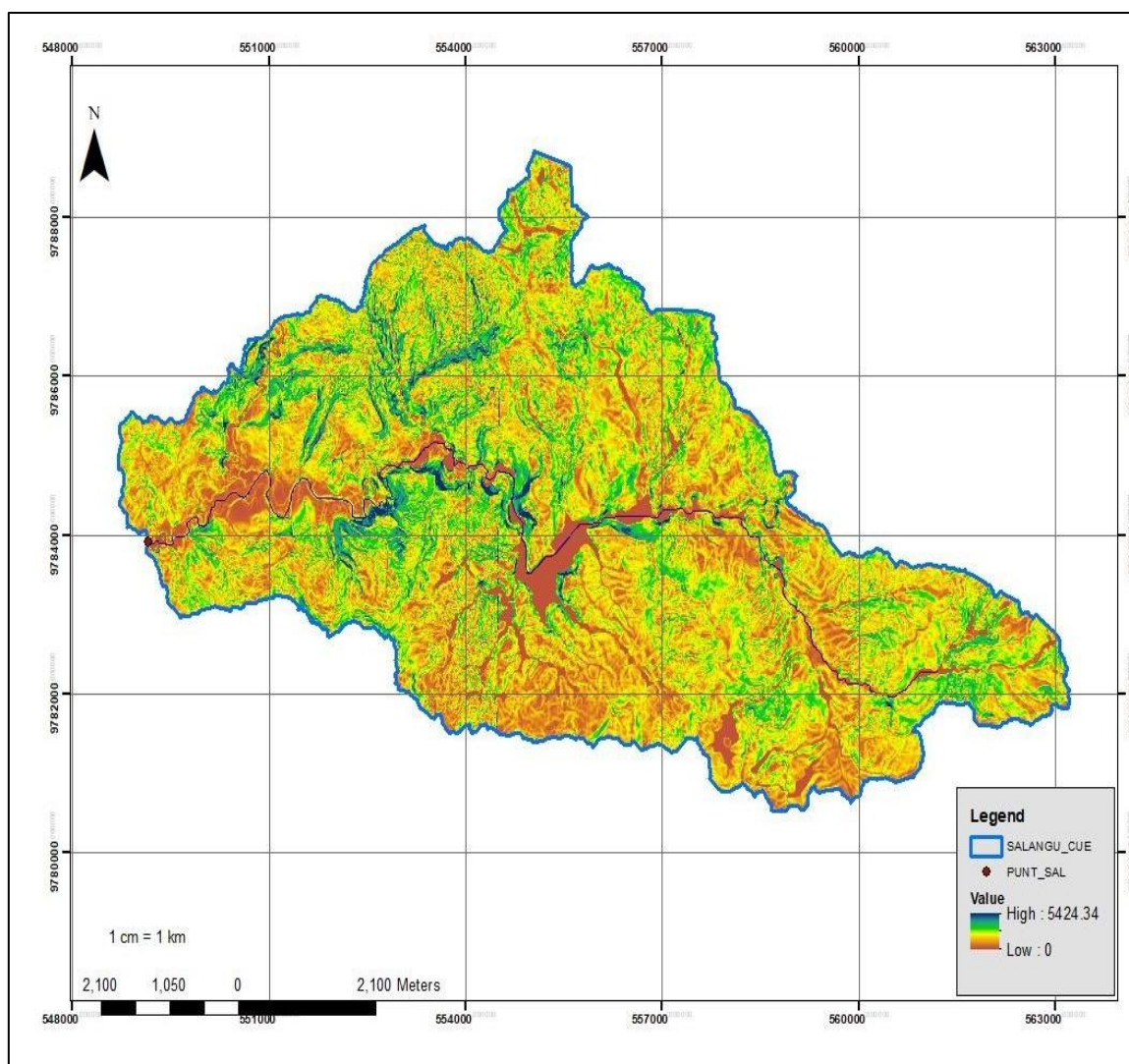
La pendiente media de la cuenca se estima con base en un plano topográfico que contenga las curvas de nivel o en el modelo de elevación digital. En función del modelo digital del terreno se generó el mapa de pendientes, la pendiente media es 2.7 %,

Tabla 13.- Clasificación del tipo de pendiente.

Pendiente media	Tipo de relieve
0-3	Plano
3-7	Suave
7-12	Medianamente accidentado
12-20	Accidentado
20-35	Fuertemente accidentado
35-50	Muy fuertemente accidentado
50-75	Escarpado
>75	Muy Escarpado

Fuente:(Ministerio de Ambiente, 2020)

Figura 33.- Mapa de pendientes.



Fuente: Autor, 2025.

4.2.3.2 Elevación media de la cuenca

Esta función o característica se determina a partir de la “curva hipsométrica” de la cuenca.

Tabla 14.- Elevación media de la cuenca del río Salanguillo

ID	LONG	ÁREA	MIN	MAX	Hm-Hmx	Promedio	Desv. stand	SUM
	(m)	(m2)	(m)	(m)	(m)	(m)		(m)
1	150706	1356354	65.94411	93.70112	27.75701	82.21225	7.630295	12389879
2	175306	1577754	93.70182	121.4587	27.75685	107.7062	7.819477	18881543
3	192227	1730043	121.4589	147.0808	25.6218	134.84	7.205237	25919885
4	216393	1947537	147.0811	174.8382	27.75714	160.8817	7.916481	34813675
5	222489	2002401	174.8383	204.7305	29.89221	189.7056	8.668868	42207417
6	457632	4118688	204.731	234.6234	29.89235	221.993	7.691845	101591080
7	581812	5236308	234.6235	260.2455	25.62193	248.0108	7.309947	144295650
8	600503	5404527	260.2456	283.7325	23.48688	272.0422	6.822746	163362149
G	597273	5375457	283.7325	309.3546	25.62204	296.2564	7.451621	176945959
10	592194	5329746	309.3547	337.112	27.75729	323.1984	7.987399	191396178
11	539630	4856670	337.1121	362.7341	25.62198	350.1213	7.492261	188935966
12	493115	4438035	362.7343	388.3563	25.62201	375.3558	7.419935	185093594
13	423226	3809034	388.3565	413.9785	25.62207	400.7136	7.397021	169592433
14	357373	3216357	413.9786	439.6007	25.62207	426.4685	7.400514	152408309
15	294146	2647314	439.6009	463.0877	23.48685	451.1796	6.736055	132712686
16	220193	1981737	463.0878	484.4395	21.35169	473.3143	6.141018	104220505
17	164000	1476000	484.4397	505.7913	21.35162	494.3932	6.05066	81080479
18	102082	918738	505.7914	529.278	23.48657	516.0006	6.689369	52674373
1G	60703	546327	529.2789	557.0354	27.75647	542.1016	7.838089	32907193

20	30232	272088	557.0372	612.5504	55.51312	572.4374	11.62628	17305927
----	-------	--------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

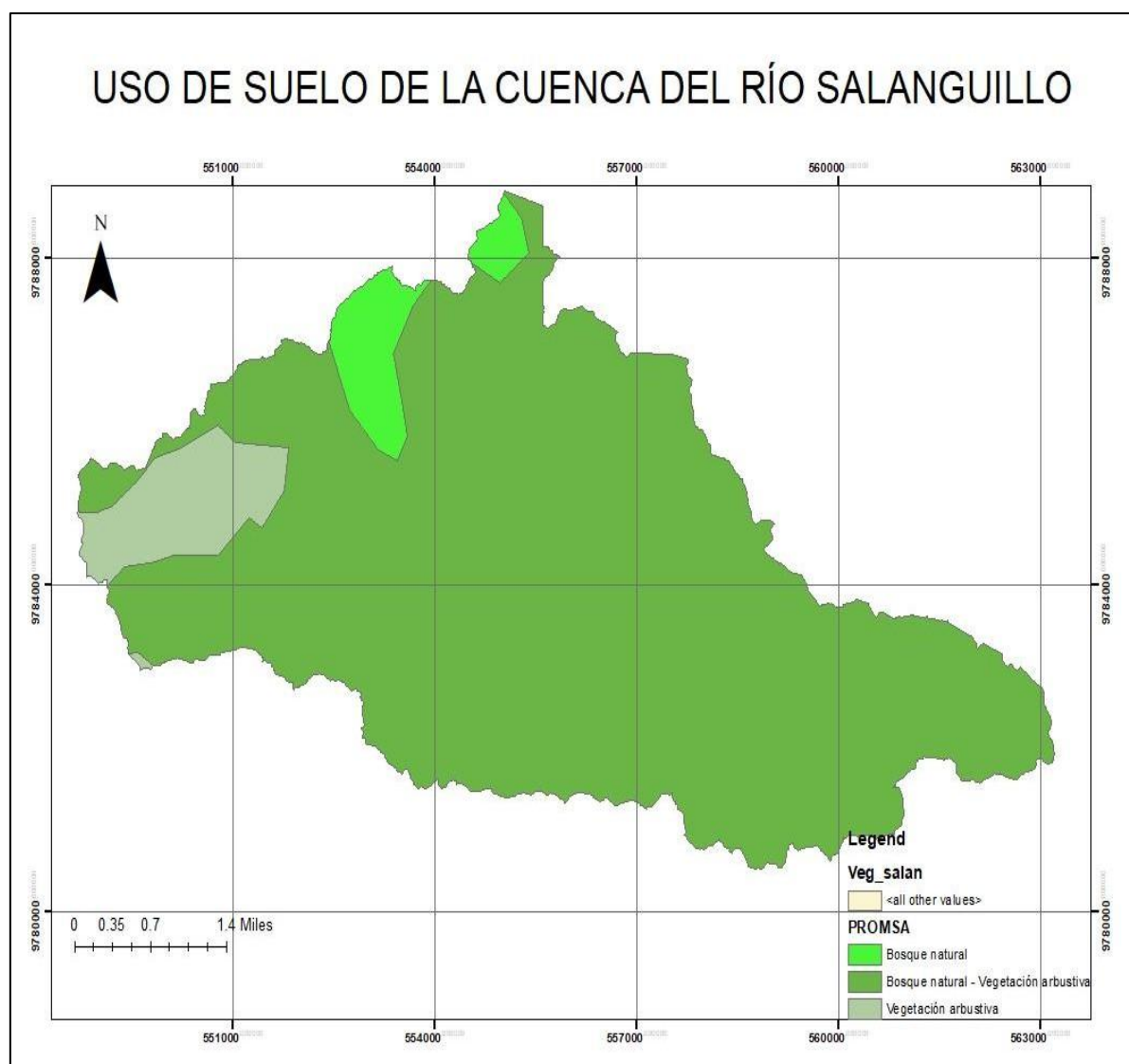
Fuente: Autor, 2025.

4.3 Fase 3

4.3.1 Uso de suelo

El uso de suelo de la cuenca está ocupado en un 90% bosque natural-vegetación arbustiva, con un número de curva de 73.20.

Figura 34.- *Uso de suelo de la cuenca Salanguillo.*



Fuente: Autor, 2025.

Tabla 15.- *Calculo del uso de suelo de la cuenca Salanguillo.*

#	TIPO DE CULTIVO	ÁREA (M ²)	LABOREO	GRUPO HIDROLÓGICO	PORCENTAJE	CN	CN DE LA CUENCA
1	Bosque natural	2393622.816	R	C	4%	71	2.917938
2	Bosque natural - Vegetación arbustiva	52479638.72	R	C	90%	73	65.77724
3	Vegetación arbustiva	3368978.925	R	C	6%	78	4.511852
		58242240.46					73.20703

Fuente: Autor, 2025.

El número de curva 73.2 indica que tiene una infiltración moderada y que el 26.8 es el porcentaje de lluvia puede infiltrarse, dependiendo de la intensidad de la lluvia.

4.3.2 Precipitación

Se usó la información de los anuarios meteorológicos para recopilación de información de los datos de precipitación desde el año 1968 hasta el año 2015, ya que son los años hasta donde se tiene información.

Tabla 16.- *Precipitación anual (mm).*

AÑO	ANUAL	AÑO	ANUAL
1968	215	1992	1826.7
1969	372.5	1993	334.6
1970	558.5	1994	213.1
1971	0	1995	499.4
1972	0	1996	221.8

1973	0	1997	987.7
1974	0	1998	1494.8
1975	337.3	1999	0
1976	721.3	2000	0
1977	443.3	2001	0
1978	224.7	2002	548.1
1979	263.4	2003	354.2
1980	397	2004	145.5
1981	79.7	2005	14.5
1982	118.8	2006	387.9
1983	1201.5	2007	177.7
1984	279.7	2008	626.6
1985	126.5	2009	480.8
1986	34.7	2010	604.6
1987	650.8	2011	316.4
1988	246	2012	545.6
1989	553	2013	539
1990	8.4	2014	209.6
1991	278.3	2015	444.5

Fuente: Autor, 2025.

Tabla 17.- Precipitación media mensual 1968-2015 / Enero-junio en mm.

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
suma	3083.1	4820.5	4017.6	2110.6	778	476.7
prom	81.134211	123.60256	103.01538	54.117949	19.45	12.607692

Fuente: Autor, 2025.

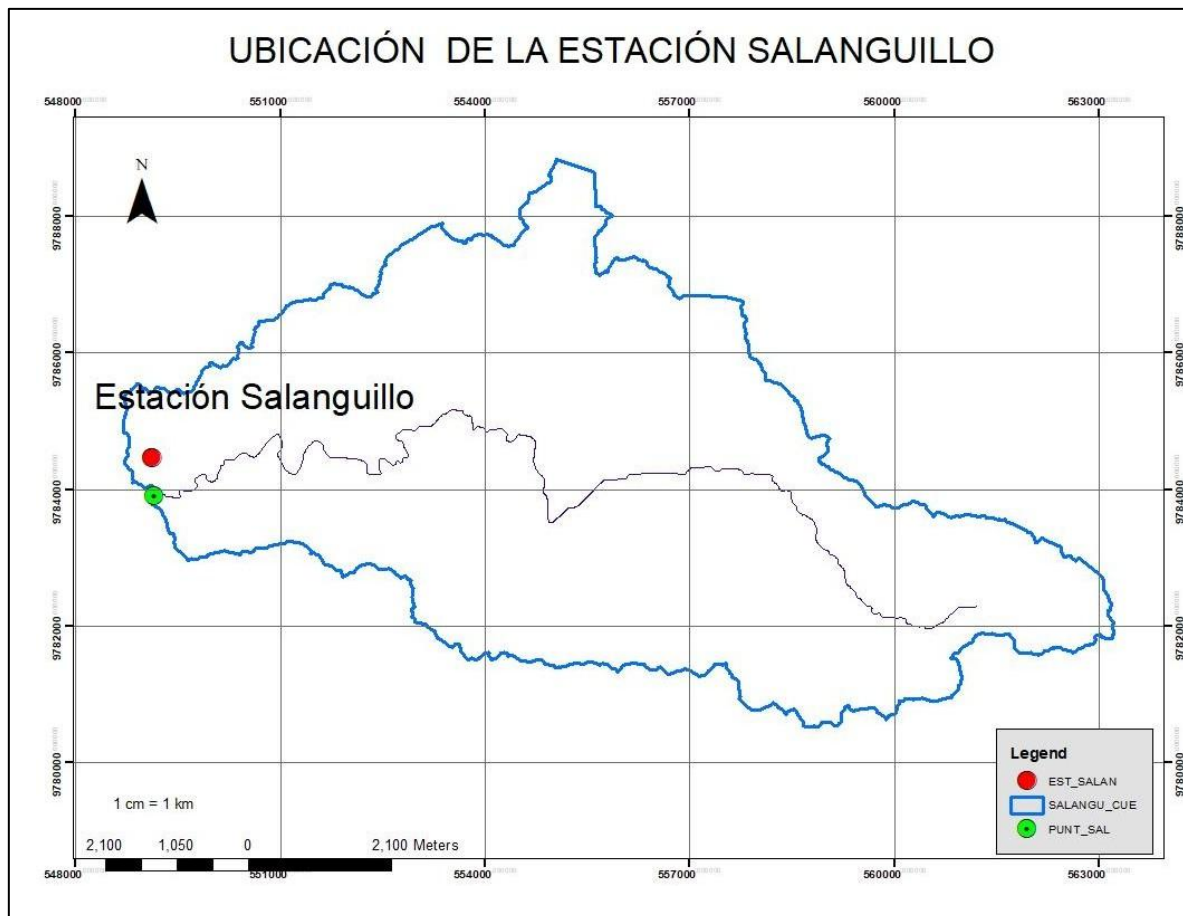
Tabla 18.- Precipitación media mensual 1968-2015/ Julio-diciembre en mm.

AÑO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
suma	442.1	365.4	266.4	394.1	518.3	696.3
prom	11.841026	10.484211	7.4567568	10.821053	14.1	19.413889

Fuente: Autor, 2025.

El Punto de cierre de la cueca se encuentra cerca de la ubicación Salanguillo, se revisaron los datos de la estación, en donde no se encontraron datos meteorológicos. A continuación, se muestra la **Figura 35** de la ubicación de la estación Salanguillo.

Figura 35.- Ubicación de la estación meteorológica Salanguillo.



Fuente: Autor, 2025.

4.3.3 Escorrentía

La escorrentía se calculó en función del área de la cuenca, la precipitación media de cada mes y el coeficiente de escorrentía. (1968-2015).

$$V = P * A * C$$

Tabla 19.- Cálculo de Escorrentía superficial Enero-junio.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
pp(mm)	81,7974359	122,425	115,1307692	61,23684211	32,60540541	26,84736842
área (km2)	58,24	58,24	58,24	58,24	58,24	58,24
Coeficiente	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
V(m3)	1905,553067	2852,0128	2682,0864	1426,573474	759,5755243	625,4362947

Fuente: Autor, 2025.

Tabla 20.-Cálculo de Escorrentía superficial julio-diciembre.

	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
pp(mm)	27.63189189	19.50540541	19.19722222	28.5775	18.93333333	29.45641026
área (km2)	58.24	58.24	58.24	58.24	58.24	58.24
Coeficiente	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
V (m3)	645.4809946	455.6462703	448.4471111	667.5704	442.2826667	688.1017436

Fuente: Autor, 2025.

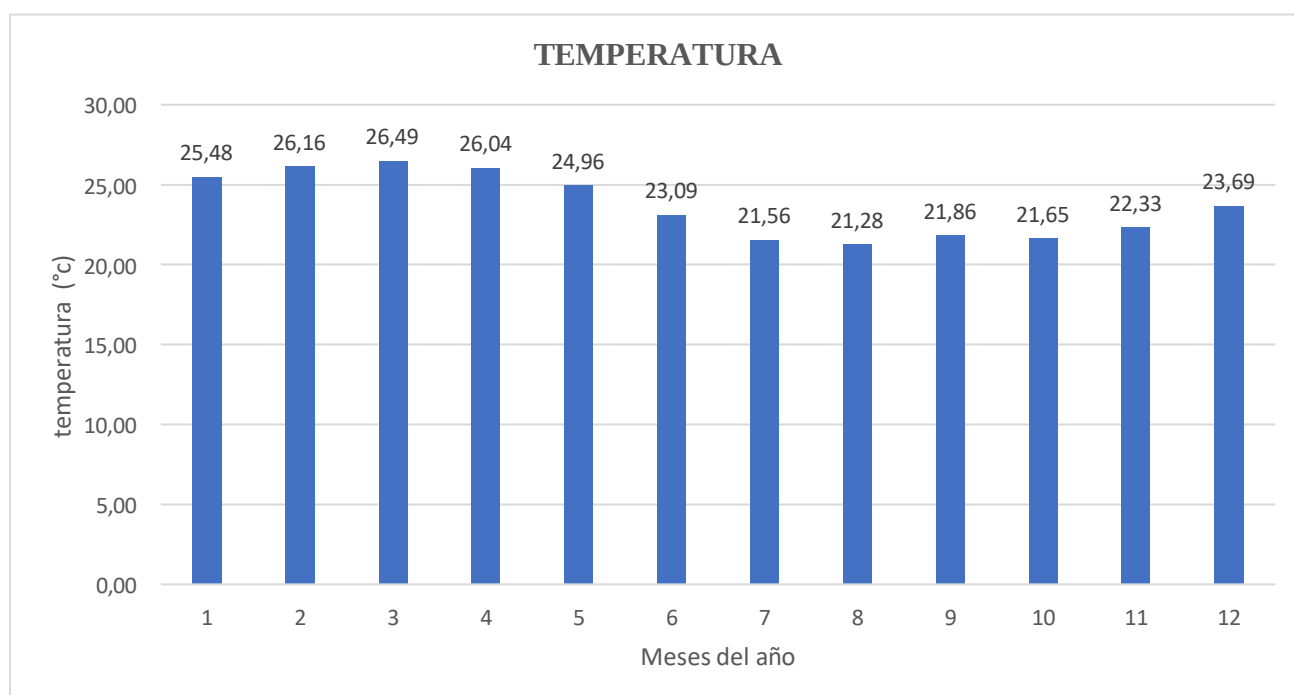
4.3.4 Evapotranspiración

El programa CROPWAT, cuyas siglas en ingles significan, Computer Program for Irrigation Planning and Management, fue usado para el cálculo de la evapotranspiración con el método de Penan, en base a los datos climatológicos. (Arteaga Ramírez et al., 2011). En donde se ingresaron los datos de temperatura máxima y mínima, velocidad del viento, horas de sol, de los años que se encontró registró en los anuarios, la estación que mostro mayor número de datos fue la estación El suspiro, donde se obtuvieron datos hasta el 2008.

Tabla 21.- Temperatura mensual (°C).

	Temperatura											
	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
1984	20.10	20.65	20.45	20.45	21.35	20.95	20.70	20.00	19.85	20.00	20.65	20.95
1994	26.40	27.00	27.30	26.30	25.50	23.10	21.00	20.90	21.90	22.50	22.70	24.50
1995	26.70	26.70	27.20	27.30	25.90	25.00	22.80	21.90	22.60	22.10	22.50	24.10
1996	26.40	27.20	26.80	26.20	24.40	21.60	21.30	22.30	22.90	21.40	-	-
1999	26.10	26.20	27.40	27.00	25.00	22.90	21.50	21.30	22.10	22.40	23.30	25.30
2007	27.20	28.10	28.20	-	26.60	23.70	22.70	21.30	21.80	21.50	22.50	23.60
2009	25.00	26.80	27.30	27.50	26.10	25.20	-	-	-	-	-	-

Fuente: (INAMHI, 2025)

Figura 36.- Gráfico de los datos de temperatura máxima mínima Estación El Suspiro.

Fuente: (INAMHI, 2025)

Tabla 22.- Cálculo de evapotranspiración.

MES	Min Temp	Max Temp	Humedad	v. viento	sol	Rad	ET _o
	°C	°C	%	km/day	h.	MJ/m ² /day	mm/day
ENERO	25.1	26.2	78	175	4.2	15.1	3.43
FEBRERO	26	26.5	80	134	3.6	14.8	3.33
MARZO	26.1	27	79	108	6.5	19.7	4.11
ABRIL	25.7	27.3	77	127	6.2	18.8	4.08
MAYO	23.6	26	80	153	5	16.2	3.49
JUNIO	21.5	24.8	83	168	2.4	12	2.69
JULIO	20.9	23.4	84	156	2	11.5	2.5
AGOSTO	20.7	21.9	85	175	2.4	12.6	2.57
SEPTIEMBRE	20.4	21.9	84	187	1.9	12.3	2.57
OCTUBRE	20.6	22.5	85	182	3.5	14.6	2.83
NOVIEMBRE.	21.5	22.4	83	211	3.5	14.1	2.86
DICIEMBRE	22.9	24.1	80	204	5.5	16.8	3.39
PROM.	22.9	24.5	82	165	3.9	14.9	3.16

Fuente:(FAO, 2006)

4.3.5 Balance hídrico

El balance hídrico es en función de la precipitación y la evapotranspiración usando una estación más cercana llamada el suspiro que cuenta con los datos completos. En vista de que la estación Salanguillo no cuenta con los datos meteorológicos requeridos. El déficit hídrico es el área es de 608.86 mm anuales.

Tabla 23.- Evapotranspiración mensual mm

EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
	102.9	99.9	123.3	122.4	104.7	80.7
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
	75	77.1	84.9	85.8	101.7	94.8

Fuente: Autor, 2025.

Tabla 24.- Cálculo de balance Hídrico.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
PRECIPITACIÓN (mm/mes)	81.13	123.60	103.02	54.12	19.45	12.61	11.84	10.48	7.46	10.82	14.10	19.41
EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm/mes)	102.9	99.9	123.3	122.4	104.7	80.7	75	77.1	84.9	85.8	101.7	94.8
TEMPERATURA (° C)	26.2	26.5	27	27.3	26	24.8	23.4	21.9	21.9	22.5	24.1	24.5
Δ ALMACENAMIENTO (mm)	0.00	100.00	-20.28	-68.28	-11.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ALMACENAMIENTO (mm)	0.00	100	79.72	11.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
ETR	81.13	99.9	123.3	122.4	30.88	12.61	11.84	10.48	7.46	10.82	14.10	19.41
DÉFICIT	21.77	0.00	0.00	0.00	73.82	68.09	63.16	66.62	77.44	74.98	87.60	75.39
ESCORRENTÍA (mm)	0.00	23.70	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMACÉN 0 (mm)	-21.77	78.23										
ALMACÉN 100 (mm)	78.23	100.00										
PRP-EVPT (mm)	-21.77	23.70	-20.28	-68.28	-85.25	-68.09	-63.16	-66.62	-77.44	-74.98	-87.60	-75.39

Fuente: Autor, 2025.

Tabla 25.- Deficit hídrico.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	
DÉFICIT (mm)	21.77	0.00	0.00	0.00	73.82	68.09	63.16	66.62	77.44	74.98	87.60	75.39	608.86

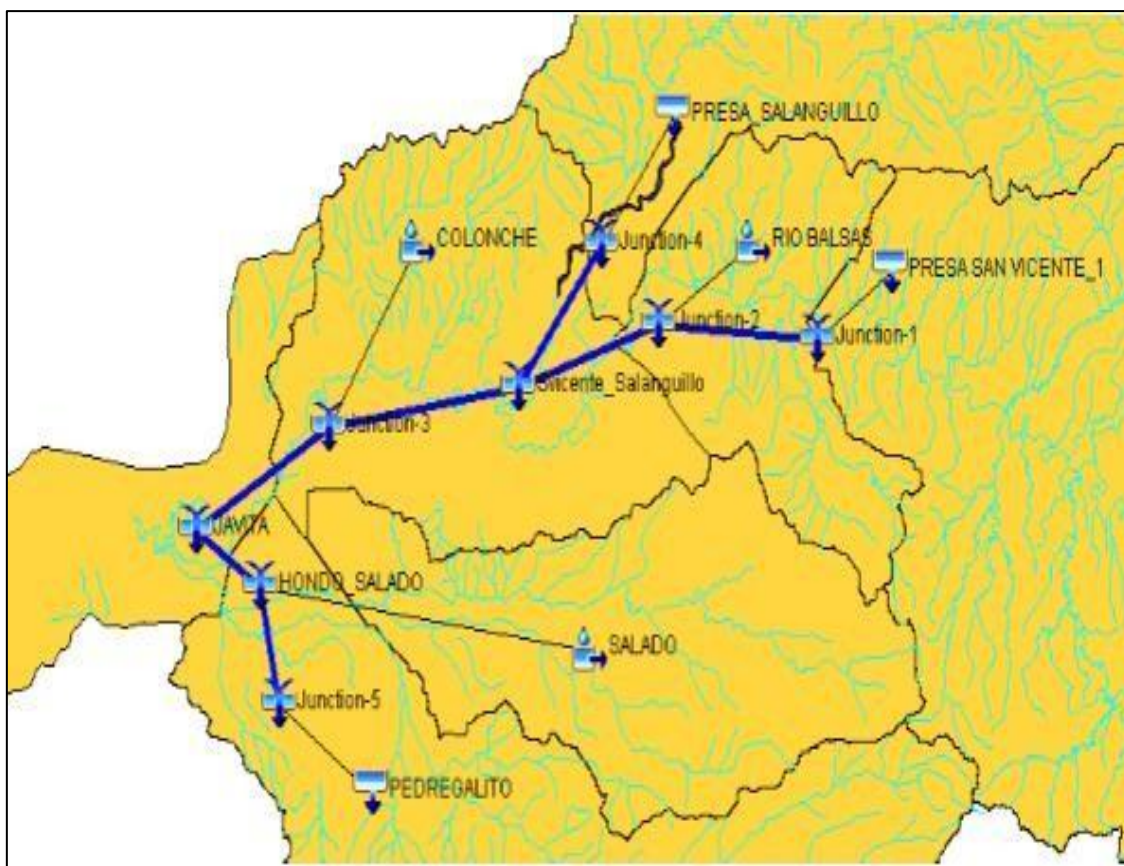
Fuente: Autor, 2025

Fase 5

4.3.6 Interpretación de resultados

El estudio de la cuenca del río Salanguillo es importante para determinar las características climatológicas de la zona, en otros estudios previos se analiza la posibilidad de construir infraestructura hidráulica multipropósito que permita el uso del agua para riego en todos los meses del año, el consumo humano y para mitigar los problemas de inundación en época de lluvia como lo analizo en la “PROPUESTA PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES DE LA CUENCA DEL RÍO JAVITA, PROVINCIA DE SANTA ELENA”, en donde se evalúa la posibilidad de construir una presa (Lider & Wong, 2022).

Figura 37.- Propuesta ubicación de la presa del río Salanguillo



Fuente (Lider & Wong, 2022)

5 CONCLUSIONES

Considerando el punto de cierre en la Poza del Amor, el área de la cuenca es de 58.24 km² y el perímetro 46.7 km, se observó que es un río intermitente solo tiene agua en época de lluvia. La longitud de la cuenca es 14.33 km y el ancho 5.87 km

La forma de la cuenca es Ovalada, se realizaron las curvas hipsométricas que como resultados obtenidos se confirma que los ríos son antiguos, el número de curva de la cuenca es 70.23 en donde predomina el bosque natural -vegetación arbustiva en un 90%.

Se presenta un déficit hídrico de 608.86 mm anuales, que afecta a la población, afectando a la salud, seguridad alimentaria, desarrollo social y al medio ambiente.

Revisando estudios previos es posible la construcción de una estructura de almacenamiento de agua que permita la gestión del recurso de forma eficiente, para el sector de la agricultura, para el consumo humano, y para mitigar las inundaciones provocadas en época de lluvia. Propuestas como el reciclaje de agua podrían mitigar los problemas que tienes de escases de agua.

6 RECOMENDACIONES

Gestión Eficiente de Recursos Hídricos: Implementar un sistema de gestión del agua que incluya la captación de aguas pluviales y su almacenamiento para uso durante la época seca.

Construcción de Infraestructura: Promover la construcción de presas o reservorios que ayuden a regular el flujo de agua durante la temporada de lluvias y almacenen agua para épocas de sequía.

Prácticas de Agricultura Sostenible: Fomentar técnicas de irrigación eficiente y la implementación de cultivos resistentes a la sequía, reduciendo así el consumo de agua y garantizando la producción agrícola.

Reciclaje y Reúso de Agua: Establecer programas de reciclaje de agua que permitan su reutilización en actividades agrícolas y en el suministro de agua potable.

Educación y Concientización: Llevar a cabo campañas educativas sobre la importancia del ahorro de agua y la gestión sostenible de los recursos hídricos, involucrando a la comunidad en la búsqueda de soluciones.

Monitoreo y Evaluación: Implementar un sistema de monitoreo de la calidad y cantidad del agua en la cuenca para evaluar el impacto de las políticas y medidas implementadas.

Reforestación y Conservación de Ecosistemas: Promover la reforestación en áreas estratégicas para mejorar la captación de agua y reducir la erosión del suelo, asegurando la sostenibilidad del ecosistema.

7 BIBLOGRAFÍA

- Aparicio Mijares, F. J. (1989). Fundamentos De Hidrología De Superficie. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Arteaga, R., Ángeles, V., & Vázquez, M. (2011). PROGRAMA CROPWAT PARA PLANEACIÓN Y MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO. In *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* (Vol. 2).
- Arteaga Ramírez, R., Ángeles Montiel, V., & Alberto Vázquez Peña, M. (2011). Programa Cropwat Para Planeación Y Manejo Del Recurso Hídrico. In *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* (Vol. 2).
- Borja Suárez, M. (2012). Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros. *Chiclayo - Perú*, 1–38. <https://es.slideshare.net/manborja/metodologia-de-inv-cientifica-para-ing-civil>
- Brichetti, J. P., María, L. M., Rivas, E., Tomás, A., Ben, S., La, S., De Infraestructura En, B., Latina, A., & El Caribe, Y. (2021). *Estimación de las necesidades de inversión hasta 2030 para progresar hacia el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <http://www.iadb.org>
- Cantero, C. (2023). *Modelos Digitales de Elevación*. <https://www.tierradelfuego.gob.ar/blog/2023/12/22/modelos-digitales-de-elevacion-que-son-y-para-que-sirven/>
- Cardona, B. L. (2016). *Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas*.
- CEPAL. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. www.cepal.org/es/suscripciones

- Chawla, D., & Sondhi, N. (2015). *Research Methodology Concepts and Cases*.
- Chow, V. Te, Maidment, D., & Mays, L. (1994). Hidrología Aplicada. In *Hidrologia aplicada* (p. 575 pp). <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=158911&indexSearch=ID%5Cnhttp://www.sidalcn.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=BINAI.xis&method=post&formato=2&cantidad=>
- CISPDR. (2016). *MEMORIA PLAN NACIONAL DEL AGUA*.
- Collischonn, W., & Dornelles, F. (2015). *Hidrologia para Engenharia e Ciências Ambientais* (p. 346).
- Cortés, M., & León, M. (2004). *Generalidades sobre la metodología de la Investigación*.
- Davie, T. (2008). *Fundamentals of Hydrology, Second Edition*.
- ESRI. (2025). *ArcGIS*. <https://www.arcgis.com/index.html>
- FAO. (2006a). *CropWat Tierras y Aguas*. <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/es/>
- FAO. (2006b). *Evapotranspiración del cultivo*. 1–322.
- FAO. (2024). *Indicadores de la calidad de la tierra y su uso para la agricultura sostenible y el desarrollo rural*. <https://www.fao.org/4/w4745s/w4745s11.htm>
- Flores-López, H. E., Ramírez-Vega, H., Byerly-Murphy, K. F., Ruiz-Corral, J. A., & Martínez-Sifuentes, J. A. (2003). *Runoff Estimation in the Watershed El Jihuete, Mexico*.
- GADM. (2014). *GAD | GADPR Manglaralto* | <https://gadmanglaralto.gob.ec/page/clima/>

García, C. (2019). *HIDROLOGÍA EN LA INGENIERÍA FORESTAL*. In 2019.

Gobierno de Argentina. (2025, January 15). *Cuencas hídricas*.

<https://www.argentina.gob.ar/ambiente/agua/cuencas>

Hernández, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*.

Hernando, C., Arango, L., & Titular, P. (2001). *CUENCAS HIDROGRÁFICAS: BASES CONCEPTUALES – CARACTERIZACIÓN- PLANIFICACIÓN-ADMINISTRACIÓN*.

Ibáñez Asensio, S., Moreno Ramón, H., & Gisbert Blanquer, J. M. (2011). *Valores del no de curva (cálculo de la escorrentía)*. 11. <http://riunet.upv.es/handle/10251/10783?locale-attribute=ca>

Ibáñez, S., Moreno, H., & Gisbert, J. (2010). *Morfología de las cuencas hidrográficas*.

IDRICA. (2024). *5 desafíos hídricos en América Latina - IDRICA*.

<https://www.idrica.com/es/blog/5-desafios-hidricos-en-america-latina/>

INAMHI. (2025). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*.

<https://www.inamhi.gob.ec/biblioteca/>

Kothari, C. (2004). *Research methodology: methods & techniques*. New Age International (P) Ltd.

Lider, W., & Wong, C. (2022). *PROPUESTA PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES DE LA CUENCA DEL RÍO JAVITA, PROVINCIA DE SANTA ELENA*.

MAGAP. (2025). *Geoportal del Agro Ecuatoriano*. <http://geoportal.agricultura.gob.ec/>

Ministerio de Ambiente. (2020). *MORFOMETRÍA*.

- Mishra, A. K., Upadhyay, A., Mishra, P. K., Srivastava, A., & Rai, S. C. (2023). Evaluating geo-hydrological environs through morphometric aspects using geospatial techniques: A case study of Kashang Khad watershed in the Middle Himalayas, India. *Quaternary Science Advances*, 11. <https://doi.org/10.1016/j.qsa.2023.100096>
- Monsalve, G. (2008). *Hidrología en la Ingeniería* (p. 382).
- Musy, A., & Higy, C. (2011). *Hydrology: a science of nature*. Science Publishers.
- Naciones Unidas. (2003). *El derecho al agua (artículos 11 y 12 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales)*.
- Naciones Unidas. (2015). *Resolución aprobada por la Asamblea General el 25 de septiembre 2015*.
- Naciones Unidas. (2017). *La gobernabilidad del agua en Ecuador*. www.sdgfund.org
- Naciones Unidas. (2022). *Cambio climático | Naciones Unidas*.
<https://www.un.org/es/global-issues/climate-change>
- Naciones Unidas. (2023). *Necesidades de inversión en agua potable y saneamiento en América Latina y el Caribe: efectos en el empleo verde y el valor agregado bruto*.
www.issuu.com/publicacionescepal/stacks
- OMM. (2023). *ESTADO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS MUNDIALES EN 2021*.
- OMM. (2024). *Estado del clima en América Latina y el Caribe*.

ONU. (2005). *Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) | Decenio Internacional para la Acción “El agua, fuente de vida” 2005-2015.*

<https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/iwrm.shtml>

Prieto Villarroja, J., Farias, H. D., & Amarilla, M. E. (2013). *Estimación del parámetro hidrológico del Número de Curva NC: Automatización del cálculo mediante S.I.G. y nuevas fuentes de información cartográfica. Caso del área urbana de Pozo Hondo.*

Raja Shekar, P., & Mathew, A. (2024). Morphometric analysis of watersheds: A comprehensive review of data sources, quality, and geospatial techniques. In *Watershed Ecology and the Environment* (Vol. 6, pp. 13–25). KeAi Communications Co.
<https://doi.org/10.1016/j.wsee.2023.12.001>

Saravia, S., Marina, M., Sevilla, G., Sarmanto, N., Blanco, E., Llavona, A., & Naranjo, L. (2022). *Brechas, desafíos y oportunidades en materia de agua y género en América Latina y el Caribe.* www.issuu.com/publicacionescepal/stacks

Secretaría Nacional de planificación y Desarrollo; Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, Ministerio de Defensa Nacional, & Ministerio de Agricultura Ganadería Acuacultura y Pesca. (2013). *Generación De Geoinformación Para La Gestión Del Territorio a Nivel Nacional, Escala 1: 25 000.* In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).

Silva, Gustavo. (1980). *HIDROLOGÍA PARTE I Y II (GUSTAVO SILVA MEDINA).pdf.*

Smichowski, H., & Contreras, F. I. (2022). Análisis morfométrico de la cuenca río Santa Lucía (Corrientes, Argentina). *Revista Geográfica de América Central*, 1(70), 297–320.
<https://doi.org/10.15359/rgac.70-1.11>

- UNESCO. (2019). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019. In *Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura*. <http://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2019/>
- Vásconez, M., Mancheno, A., Álvarez, C., Prehn, C., Cevallos, C., & Ortiz, L. (2019). *Cuencas Hidrográficas*.
- Villon, M. (2004). *HIDROLOGÍA.pdf*.
- Zanandrea, J. F., Gaspari, F. J., Perdomo, S., & Laurencena, P. (2024). Morfometría de la cuenca del río Areco, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *AUGM DOMUS*, 11, e009. <https://doi.org/10.24215/18522181e009>

ANEXOS

Anexo 1. Visita técnica al área de estudio.



Anexo 2. Área del punto de cierre de la cuenca.



Anexo 3. Época de lluvia del área de estudio.



Anexo 4. Visita técnica y reunión con los comuneros.



Anexo 5. Reconocimiento del sector.



Anexo 6. Visita y estudio de campo.



Anexo 7. Punto de cierre de la cuenca Salanguillo.



Anexo 8. Punto más bajo del río.



Anexo 9. Vía de acceso al punto de cierre de la cuenca.



Anexo 10. Valores del número de curva

Números de las curvas de escorrentia para complejos hidrológicos uso agronómico-tipo de suelo para condiciones de humedad II.

Cubierta del suelo			Números de curva correspondientes a los grupos hidrológicos del suelo			
Clase	Laboreo	Condiciones hidrológicas para la infiltración	A	B	C	D
Barbecho	-	-	77	86	91	94
Cultivos alineados	R	Pobres	72	81	88	91
	R	Buenas	67	78	85	89
	C	Pobres	70	79	84	88
	C	Buenas	65	75	82	86
	C - T	Pobres	66	74	80	82
	C - T	Buenas	62	71	78	81
Cultivos no alineados o con surcos pequeños o mal definidos	R	Pobres	65	76	84	88
	R	Buenas	63	75	83	87
	C	Pobres	63	74	82	85
	C	Buenas	61	73	81	84
	C - T	Pobres	61	72	79	82
	C - T	Buenas	59	70	78	81
Cultivos densos de leguminosas o prados en alternativa	R	Pobres	66	77	84	88
	R	Buenas	58	72	81	85
	C	Pobres	64	75	83	85
	C	Buenas	55	69	78	83
	C - T	Pobres	63	73	80	83
	C - T	Buenas	51	67	76	80
Pastizales (pastos naturales)	-	Pobres	68	79	86	89
	-	Regulares	49	69	79	84
	-	Buenas	39	61	74	80
	C	Pobres	47	67	81	88
	C	Regulares	25	59	75	83
	C	Buenas	6	35	70	79
Prados permanentes Montes con pastos (ganadero-forestal)	-	-	30	58	71	78
	-	Pobres	45	66	77	83
	-	Regulares	36	60	73	79
	-	Buenas	25	55	70	77
Bosques (forestales)	-	Muy pobres	56	75	86	91
	-	Pobres	46	68	78	84
	-	Regulares	36	60	70	76
	-	Buenas	26	52	63	69
	-	Muy buenas	15	44	54	61
Caseríos	-	-	59	74	82	86
Camino de tierra	-	-	72	82	87	89
Camino en firme	-	-	74	84	90	92

Anexo 11. Valores pluviométricos mensuales(mm)

AÑO	ENERO	FEB	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1968	25.5	8.5	24	6	27	40	27	10	12	12	21	2	215
1969	25	1	76	55	46.5	33	12	13	11	46	23	31	372.5
1970	26	34	168	109	66	13	52	11.5	11.5	29	22	16.5	558.5
1971	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	0
1972	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	0
1973	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	0
1974	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	0
1975	n	49.8	80.5	57	8.9	17.3	35.4	23	28.9	14.9	15.4	6.2	337.3
1976	176.9	198.4	188.9	37.3	26.4	1.5	9.7	23	19.6	13.8	16.1	9.7	721.3
1977	115	164.6	81.8	13.2	4	9.8	7.5	10.3	16.1	6.5	7.1	7.4	443.3
1978	41.5	39.7	43.2	31.1	12.1	6.3	6.1	5.9	4.9	24.2	5.3	4.4	224.7
1979	49.8	69.8	53.8	8	8.5	16.8	20.9	3	4.1	16.9	10.9	0.9	263.4
1980	0	17.2	150.4	98.3	7.8	40.1	35.7	16.7	5.3	17.9	7.6	n	397
1981	n	n	n	n	0	15	17.8	31.8	5.4	6.4	3.3	0	79.7
1982	5.7	0	11.8	6.4	0	0	0	0	8.1	41	45.8	n	118.8
1983	389.9	129.2	157.8	133.6	165.4	120.9	37.4	38.9	13.6	14.8	0	0	1202
1984	0	128	106.2	7.8	5.9	10.4	5.6	7.6	n	2.7	4.1	1.4	279.7
1985	33.4	18.3	0.9	7.9	0	7.7	2.5	6.3	6.4	3.1	7	33	126.5
1986	n	n	n	n	n	n	1.9	1.2	4.1	10.7	14.2	2.6	34.7
1987	148.8	288.1	93.7	92	9.5	4	1.2	9	4.5	n	n	n	650.8
1988	100.4	81.3	7.5	13.1	2.9	2.4	23.1	0.7	1.8	0.6	10.2	2	246
1989	33.1	250.6	185.1	18.3	5.6	21.8	9.9	14.3	11.1	2.7	0	0.5	553
1990	0.5	1.1	1.2	0	1.4	1.7	1.4	0	0	0.7	0.4	0	8.4
1991	39.2	199.9	8.1	5.4	0.3	5.5	8.8	6	2	2.5	0.6	0	278.3
1992	59.8	351.5	767.9	393.7	168.1	29.5	15.1	23.5	8.9	5.2	3.5	0	1827
1993	41.4	159.4	73.1	36.6	5.3	3.4	2.7	3.4	1.3	1.6	3.7	2.7	334.6
1994	11.9	28.7	117.2	16.9	1	3.4	0	0	1.8	0.5	2.8	28.9	213.1
1995	145.7	257	30.5	0	0	0	6.6	38.4	15.7	0	5.5	0	499.4
1996	23.9	31.2	111.6	7.2	3.7	4.3	3.5	7.8	23	3.1	2.5	0	221.8
1997	42.2	79.3	159.1	7.4	2.5	2	0	n	n	9.8	241.2	444.2	987.7
1998	466.6	334.5	351.6	228.6	113.5	n	n	n	n	n	n	n	1495
1999	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	0
2000	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	0
2001	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	0
2002	11.9	236.5	179	74.7	6.5	2.7	24.4	3.1	4.8	2.1	1.7	0.7	548.1
2003	61.7	176.4	55.7	22.4	5.7	2.2	4.5	2.2	0.2	21.9	0.6	0.7	354.2
2004	3.4	78.5	19.6	20.7	23.3	0	0	0	0	0	0	0	145.5
2005	0	0	0	0	0	0	0.9	0	0.7	8.6	0	4.3	14.5
2006	95.4	235.4	25.8	16.4	1.5	1.9	1.9	6.4	3.2	0	0	0	387.9
2007	34.9	24.3	67.5	15.5	2.4	11.5	4.2	4.7	0.8	9.5	0	2.4	177.7
2008	271.4	227.7	74.5	3.6	4	11.2	5.7	6.2	5.4	4	12.9	0	626.6
2009	132.6	282.8	48	11.6	5.8	0	n	n	n	n	n	n	480.8
2010	50.6	154.4	81	120.1	6.6	8.7	26.9	20.8	9.2	18.7	33.7	73.9	604.6
2011	46	68.4	0.8	121.8	0	3.7	27.2	20.1	0.3	13	1.6	13.5	316.4
2012	124.9	197.6	160.3	26.9	4.2	2.5	2.1	1.9	7.2	12.8	1	4.2	545.6
2013	141.3	151.3	155.2	25.7	1.7	20.8	8.3	8.5	3.3	18.2	4.7	0	539
2014	75	45.3	16.5	9.6	6.3	4.4	4	16.9	17.7	8	2.4	3.5	209.6
2015	31.8	20.8	83.8	251.8	17.7	12.3	7.9	2.3	2	7.8	4	2.3	444.5
AÑO	ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
suma	3083	4821	4018	2111	778	476.7	442.1	365.4	266.4	394.1	518.3	696.3	
prom	81.13	123.6	103	54.12	19.45	12.61	11.84	10.48	7.457	10.82	14.1	19.41	

Anexo 13. Condiciones hidrológicas

Pastizales o pastos naturales. - Se clasifican en tres grupos teniendo en cuenta consideraciones hidrológicas y no la producción del forraje.

Se consideran **pobres** los que son abundantemente pastados, con escasa materia orgánica sobre el terreno, o cuando las plantas cubren menos del 50% de la superficie total

Regulares, aquellos cuya cubierta vegetal alcanza entre un 50% y un 75% de la superficie del terreno y son moderadamente pastados.

Buenos, los que su cubierta vegetal supera el 75% de la superficie del terreno y son ligeramente pastados.

Prados permanentes. - No son pastados, es decir, su vegetación es permanente cubriendo el 100% de la superficie del terreno.

Montes con pastos. - Se establecen también tres clases, basadas en factores hidrológicos y no en la producción.

Se consideran **pobres**, cuando se dan labores al terreno o cuando son abundantemente pastados o incluso quemados, de modo que la superficie del terreno aparezca libre de arbustos, matas, pastos y restos vegetales.

Se consideran **regulares**, cuando son pastados, pero nunca labrados o quemados, de modo que la superficie del terreno presente pastos y mantillo.

Por último, son **buenos** aquellos en que, protegidos del pastoreo, el terreno aparece cubierto de matas, abundantes pastos naturales y restos orgánicos de todas clases.

Bosques. - Las cinco clases hidrológicas establecidas se basan en la consideración de la profundidad y grada de consolidación de las capas de mantillo y de humus del bosque, de modo que cuanto mayor sea el espesor de dichas capas y menos compactas e impermeables aparezcan, tanto mejor será la condición hidrológica resultante para la infiltración.

Anexo 14. Grupos hidrológicos del suelo

Grupo A. es el que ofrece menor escorrentía. Incluye los suelos que presentan mayor permeabilidad, incluso cuando están saturados. Comprende los terrenos profundos sueltos con predominio de arena o grava y con muy poco limo o arcilla (Arenosos, arenosos-limosos, loes, etc)

Grupo B. Incluye los suelos de moderada permeabilidad cuando están saturados comprendiendo los terrenos arenosos menos profundos que los del Grupo A, otros de textura franco-arenosa de mediana profundidad y los francos profundos.

Grupo C. Incluye los suelos, que ofrecen poca permeabilidad cuando están saturados, por presentar un estrato impermeable que dificulta la infiltración o porque en conjunto, su textura es franco-arcillosa o arcillosa.

Grupo D. Es el que ofrece mayor escorrentía. Incluye los suelos que presentan gran permeabilidad, tales como los terrenos muy arcillosos profundos con alto grado de tumefacción, los terrenos que presentan en la superficie o cerca de la misma una capa de arcilla muy impermeable y aquellos otros con subsuelo muy impermeable próximo a la superficie.

Anexo 15. Uso de CROPWAT.

Monthly ETo Penman-Monteith - C:\Users\UsuarioPC\Desktop\ANGELO\EL SUS.PEM

Country Station

Altitude m. Latitude °N Longitude °E

Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/day	hours	MJ/m ² /day	mm/day
January	25.1	26.2	78	175	4.2	15.1	3.43
February	26.0	26.5	80	134	3.6	14.8	3.33
March	26.1	27.0	79	108	6.5	19.7	4.11
April	25.7	27.3	77	127	6.2	18.8	4.08
May	23.6	26.0	80	153	5.0	16.2	3.49
June	21.5	24.8	83	168	2.4	12.0	2.69
July	20.9	23.4	84	156	2.0	11.5	2.50
August	20.7	21.9	85	175	2.4	12.6	2.57
September	20.4	21.9	84	187	1.9	12.3	2.57
October	20.6	22.5	85	182	3.5	14.6	2.83
November	21.5	22.4	83	211	3.5	14.1	2.86
December	22.9	24.1	80	204	5.5	16.8	3.39
Average	22.9	24.5	82	165	3.9	14.9	3.16

Anexo 16. Tabla de precipitaciones estación El suspiro.

COD: M245

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1967								27,9		2,3	18,5	19,8	
1968	39,4	8,3	27,2	0,4	21,7	41,8	21,1	17,2	27,3	31,4	35,9	2,3	274,0
1969	67,4	6,4	54,2	61,7	35,6	44,1	17,5	27,9	17,8	57,2	20,2	4,3	414,3
1970	34,7	46,4	59,6	75,8	45,1	24,8	31,2	19,5	14,2	21,1	14,2	4,0	390,6
1971	5,0	66,0	218,7	4,0	3,6	32,6	33,6	41,5	31,3	26,7	16,6	20,8	500,4
1972	17,7	214,0	112,7	29,7	21,5	77,1	19,4			27,7	20,0	28,9	
1973	148,8	206,8	152,8	20,9	40,4	41,0	29,6	26,4	35,8	48,0	20,8	22,1	793,4
1974	9,8	95,6							42,6	28,0	12,6	34,2	
1975	18,5	200,9	166,2	31,6	2,3	59,0	51,0	28,9		30,0	33,2	10,4	
1976	196,4	298,9	236,7	40,5	39,9	7,7	9,2	37,8	40,7	28,8	17,5	5,4	959,5
1977	76,7	90,9	73,3	0,6	0,0	34,5	15,2	32,5	24,9	50,3	10,6	3,9	413,4
1978	63,5	38,3	52,0	13,2	6,6	34,8	22,1	14,7	23,0	28,5	7,9	10,0	314,6
1979	57,3	64,9	30,1	4,7	2,0	30,3	11,6	10,6	19,5	44,9	8,8	9,0	293,7
1980	16,7	2,6	117,5	20,4	28,4	16,6	8,2	22,6	9,3	38,5	4,1	13,6	298,5
1981	59,5	23,4	1,4	2,6	4,6	10,8	37,5	37,8	37,3	19,8	15,2	11,4	261,3
1982	25,2	9,0	13,2	14,3	2,3	10,4	2,9	3,8	20,5	22,5	44,2	88,6	256,9
1983	460,8	198,8	291,1	487,3	364,1	163,9	231,5	5,6	57,3	61,7	42,5	24,6	2389,2
1984	0,0	132,9	29,8	7,4	7,4	51,7	17,4	33,8	39,0	16,5	11,7	60,7	408,3
1985	112,5	71,2	3,2	3,5	8,3	27,5	34,0	33,9	23,1	2,5	7,5	40,2	367,4
1986	261,2	11,4	0,7	49,1	1,8	20,5	21,3	12,6	6,6	50,4	49,3	3,4	488,3
1987	101,1	295,7	200,4	76,7	12,2	14,8	19,9	47,6	19,9	56,6	9,0	17,4	871,3
1988	108,0	11,1	5,1	25,7		12,1	29,8	11,8	8,3	27,5	16,1	15,9	
1989	133,5	123,4	356,0	115,5	18,8	36,8	22,8	11,7	11,8	15,1	7,5	2,5	855,4
1990	27,9	31,4	25,8	16,2	2,6	17,1	10,9	12,7	8,0	10,6	7,5	10,4	181,1
1991	10,3	124,8	0,0	3,6	8,6	2,1	12,3	18,1	7,4	6,2	8,5	12,3	214,2
1992													
1993	41,8	146,3	92,1	23,3	6,9	21,6	7,8	7,6	4,2	11,8	17,5	8,3	389,2
1994	43,6	84,0	230,4	14,1	12,6	13,8	7,3	8,2	0,2	101,5	3,0	26,1	544,8
1995	57,5	163,8	8,9	44,9	7,7	7,4	44,1	25,5	9,3	24,1	5,9	0,0	399,1
1996	92,9	102,1	92,1	5,3	24,0	19,5	12,5	9,1	9,2	17,2	12,1	0,0	396,0
1997	46,6	104,5	256,0							15,4	153,0	592,0	
1998	314,8	418,4	806,5	742,9	334,8	47,8	35,4	33,1	45,4	16,0			
1999	11,9	220,3	32,0	34,1	14,0	13,4	20,1	5,7	25,0	21,2	9,2	5,5	412,4
2000	28,5	80,9	29,7	19,4	40,5	18,6	11,2	6,0	7,5	7,3	2,4	0,0	252,0
2001	160,8	100,5	140,9	63,6	13,2	11,0	23,3	14,9	1,3	12,6	6,0	7,9	556,0
2002	29,9	422,8	340,0	63,9	0,6	8,4	39,5	10,0	12,8	19,9	16,8	1,3	965,9
2003		118,7	14,4	52,2	26,7	8,2	25,2	24,4	5,7	29,4	2,8	16,6	
2004	8,5	66,8	5,3	69,4	21,7	5,4	31,3	10,6	16,7	28,7	10,2	0,6	275,2
2005	0,9	57,7	21,6	52,9	0,0	2,5	7,4	7,4	12,0	38,2	19,7	4,3	224,6
2006	73,0	273,6	41,4	3,6	5,9	5,7	9,5	9,2	9,7	6,2	8,4	1,6	447,8
2007	32,2	20,3	67,5	25,0	10,1	20,8	37,8	13,1	6,5	40,8	11,5	8,5	294,1
2008	195,3	143,2	83,6	7,0	9,9	4,1							

SUMA	3190,1	4897,0	4490,1	2327,0	1206,4	1020,2	1022,4	721,7	691,1	1143,1	738,4	1148,8	16102,9
PROM.	81,8	122,4	115,1	61,2	32,6	26,8	27,6	19,5	19,2	28,6	18,9	29,5	503,2