



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**CARACTERIZACIÓN DE LA MICROCUENCA SAN SEBASTIÁN,
AFLUENTE DEL RÍO GUANO, DEL CANTÓN GUANO,
PROVINCIA DE CHIMBORAZO.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

AUTORA:

JOSELYNE VIVIANA UQUILLAS SALTOS

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**CARACTERIZACIÓN DE LA MICROCUENCA SAN SEBASTIÁN,
AFLUENTE DEL RÍO GUANO, DEL CANTÓN GUANO,
PROVINCIA DE CHIMBORAZO.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

AUTORA: JOSELYNE VIVIANA UQUILLAS SALTOS

DIRECTORA: Ing. ADRIANA CATALINA GUZMÁN GUARACA

Riobamba – Ecuador

2023


© 2023, **Joselyne Viviana Uquillas Saltos**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Joselyne Viviana Uquillas Saltos, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 15 de noviembre de 2023

A handwritten signature in blue ink that reads "Joselyne Uquillas". The signature is enclosed within a hand-drawn oval shape.

Joselyne Viviana Uquillas Saltos

060443873-9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA RECURSOS NATURALES RENOVABLES

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **CARACTERIZACIÓN DE LA MICROCUENCA SAN SEBASTIÁN, AFLUENTE DEL RÍO GUANO, DEL CANTÓN GUANO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO**, realizado por la señorita: **JOSELYNE VIVIANA UQUILLAS SALTOS**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Alex Vinicio Gavilanes Montoya PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-11-15
Ing. Adriana Catalina Guzmán Guaraca DIRECTORA DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-11-15
Ing. Jorge Daniel Córdova Lliquin ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-11-15

DEDICATORIA

Este Trabajo de Integración Curricular va dedicado a Dios, ya que gracias a él he logrado culminar mis estudios; a Lucia mi abuelita, aunque no este físicamente sé que desde el cielo está cuidándome y siendo la luz que guía mi camino; a Jaqueline y Luis, mis padres porque siempre estuvieron brindándome su apoyo, consejos y su amor incondicional para ser una mejor persona; a Jazmín y Caroline mis hermanas que han estado conmigo en todo momento; a Anya mi hija por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme día a día; a Paúl mi esposo por sus palabras, su compañía y amor. A Anita, Victor, Geovanny, Vero, Jime y Fernanda gracias por todo; a mis amigos que de una u otra manera han contribuido para lograr mis objetivos.

Joselyne Uquillas

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a mis padres que son los pilares fundamentales en mi vida y apoyarme incondicionalmente durante todos estos años; a la prestigiosa Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por darme la oportunidad de obtener una profesión; de manera especial agradezco a mi tutora Ing. Adriana Guzmán y asesor Ing. Jorge Córdova por su paciencia, apoyo y tolerancia para que este Trabajo de Integración Curricular se realizara gracias a su confianza y conocimiento. Finalmente, a mis maestros que fueron parte esencial en mi vida estudiantil, ya que me motivaron a crecer profesionalmente, brindándome su amistad y conocimiento dentro y fuera de las aulas.

Joselyne Uquillas

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
SUMMARY.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Planteamiento del Problema.....	2
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. <i>Objetivo General</i>	2
1.2.2. <i>Objetivos Específicos</i>	2
1.3. Justificación.....	3

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
2.1. Referencias teóricas.....	4
2.1.1. <i>Cuenca hidrográfica</i>	4
2.1.2. <i>Tipo de cuencas hidrográficas</i>	4
2.1.2.1. <i>Según la superficie</i>	4
2.1.2.2. <i>Según el sitio de desembocadura</i>	5
2.1.3. <i>Morfometría</i>	5
2.1.3.1. <i>Parámetros de forma</i>	6
2.1.3.2. <i>Parámetros de relieve</i>	7

2.1.3.3. <i>Parámetros de drenaje</i>	8
2.1.4. <i>Caracterización de cuencas hidrográficas</i>	8
2.1.5. <i>Escurrimiento superficial</i>	9
2.1.6. <i>Método número de curva</i>	9
2.1.7. <i>Antecedentes de las inundaciones en el cantón Guano</i>	12
2.1.8. <i>Modelación hidrológica</i>	13
2.1.8.1. <i>Modelo HEC-HMS</i>	13
2.1.9. <i>Diagnóstico por componentes</i>	13
2.1.9.1. <i>Caracterización biofísica</i>	13
2.1.9.2. <i>Caracterización asentamientos humanos</i>	19
2.1.9.3. <i>Caracterización socioeconómica</i>	24

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO	26
3.1. Área de estudio	26
3.2. Enfoque de investigación	26
3.3. Diseño de investigación	27
3.4. Tipo de estudio	27
3.5. Técnicas e instrumentos de investigación	27
3.6. Metodología Aplicada	28
3.6.1. <i>Delimitación de la microcuenca San Sebastián</i>	28
3.6.2. <i>Descripción morfométrica</i>	30
3.6.2.1. <i>Parámetros de Forma</i>	30
3.6.2.2. <i>Parámetros de Relieve</i>	33
3.6.2.3. <i>Parámetros de Drenaje</i>	35
3.6.3. <i>Caracterización de la microcuenca San Sebastián a partir de la información biofísica.</i> 37	
3.6.3.1. <i>Cálculo del escurrimiento superficial</i>	38

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	40
4.1.	Procesamiento, análisis e interpretación de resultados	40
4.1.1.	<i>Delimitación de la microcuenca San Sebastián</i>	40
4.1.2.	<i>Descripción morfométrica</i>	43
4.1.2.1.	<i>Parámetros de Forma.....</i>	43
4.1.2.2.	<i>Parámetros de Relieve.....</i>	45
4.1.2.3.	<i>Parámetros de Drenaje</i>	46
4.1.3.	<i>Caracterización de la microcuenca San Sebastián a partir de la información biofísica.</i>	48
4.1.3.1.	<i>Cálculo del escurrimiento superficial.....</i>	54

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
5.1.	Conclusiones	59
5.2.	Recomendaciones.....	60

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Condición hidrológica para bosques.....	10
Tabla 2-2: Clasificación y características de grupos hidrológicos del SCS.....	11
Tabla 2-3: Clasificación de los suelos por orden taxonómico.....	16
Tabla 2-4: Población urbana y rural según su sexo.....	22
Tabla 2-5: Población total por parroquias y según el sexo.....	23
Tabla 2-6: Principales actividades económicas.....	24
Tabla 3-1: Materiales y equipos utilizados en la metodología.....	27
Tabla 3-2: Clasificación propuesta para el tamaño de	30
Tabla 3-3: Clasificación del coeficiente de Compacidad.....	31
Tabla 3-4: Relación forma Horton.....	32
Tabla 3-5: Clasificación del índice de	33
Tabla 3-6: Clasificación de las cuencas de acuerdo con la	34
Tabla 3-7: Factores de densidad de drenaje de las cuencas.....	35
Tabla 3-8: Tipo de orden.....	36
Tabla 4-1: Resultados obtenido de la delimitación de la microcuenca San Sebastián	41
Tabla 4-2: Parámetros de drenaje del área de estudio	44
Tabla 4-3: Parámetros de forma de la microcuenca San Sebastián	44
Tabla 4-4: Resumen de parámetros de relieve de la microcuenca San Sebastián.....	45
Tabla 4-5: Resumen de los parámetros de red hídrica de la microcuenca San	46

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Limpieza del cantón Guano	12
Ilustración 2-2: Cobertura y uso del suelo del cantón Guano.....	17
Ilustración 2-3: Porcentaje de la población total del cantón	22
Ilustración 2-4: Porcentaje de la población urbana y rural.....	22
Ilustración 2-5: Población total por parroquias	23
Ilustración 3-1: Mapa de ubicación geográfica de la Microcuenca San Sebastián.....	26
Ilustración 3-2: Diagrama de procesos para la delimitación de la microcuenca San Sebastián.....	29
Ilustración 3-3: Tipo de curva hipsométrica.....	35
Ilustración 4-1: Curva hipsométrica de la microcuenca San Sebastián	45
Ilustración 4-2: Clasificación de corrientes por orden (Strahler).....	47
Ilustración 4-3: Mapa de la cobertura y uso del suelo	49
Ilustración 4-4: Zona alta de la microcuenca San Sebastián.....	50
Ilustración 4-5: Parte media de la microcuenca San Sebastián.....	50
Ilustración 4-6: Expansión de la zona urbana, pastoreo y cultivo en la parte baja del área de estudio.....	51
Ilustración 4-7: Mapa de taxonomía de la microcuenca San Sebastián	52
Ilustración 4-8: Mapa del Grupo hidrológico de la zona de estudio	53
Ilustración 4-9: Mapa número de curva	54
Ilustración 4-10: Coeficiente de infiltración de la microcuenca San Sebastián generado en QGIS.	55
Ilustración 4-11: Mapa del escurrimiento de la microcuenca San Sebastián generado en QGIS	56
Ilustración 4-12: Hietograma e hidrograma de la microcuenca San Sebastián	58
Ilustración 4-13: Resumen de los resultados obtenidos del programa HEC-HMS de la microcuenca	58

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: SALIDA DE CAMPO A LA ZONA DE ESTUDIO.

ANEXO B: MAPA DE PENDIENTES DE LA MICROCUENCA SAN SEBASTIÁN.

ANEXO C: FOTOGRAFÍAS DE LA MICROCUENCA SAN SEBASTIÁN DE SU PARTE ALTA, MEDIA Y BAJA.

ANEXO D: USO DEL SUELO DE LA MICROCUENCA SAN SEBASTIÁN.

ANEXO E: TABLA DE CONVERSIÓN DEL NÚMERO DE CURVA DE LA CONDICIÓN II A LAS CONDICIONES I Y III.

ANEXO F: TABLA DE VALORES DE COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING PARA LA UTILIZACIÓN DE HEC-HMS.

ANEXO G: FAJA PLUVIOMÉTRICA OBTENIDA DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA ESPOCH DEL DÍA 11 DE DICIEMBRE DEL 2021.

RESUMEN

En la microcuenca San Sebastián, no existen estudios y hay poca descripción en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón, lo que generó como consecuencias una mala gestión del recurso hídrico, provocando inundaciones en las calles céntricas de la parroquia Matriz del Cantón Guano. Por esta razón el objetivo del presente trabajo es caracterizar la microcuenca San Sebastián, afluente del río Guano, del cantón Guano, provincia de Chimborazo. La metodología implementada tuvo un enfoque mixto, se utilizó un diseño no experimental de tipo transversal, debido que se analizó datos sobre el estado actual de la microcuenca; la delimitación de la microcuenca se realizó a través del SIG ArcGis 10.5, con la herramienta ArcSwat a partir del Modelo de Elevación Digital (DEM), determinando la información de los diferentes parámetros morfométricos de, forma, relieve y drenaje de la microcuenca en estudio, para la caracterización de la capacidad de respuesta de la microcuenca ante una precipitación se empleó el programa de Centro de Ingeniería Hidrológica-Sistema de Modelización Hidrológica (HECHMS) ingresando los parámetros determinados. Como resultado, la microcuenca tiene un área de 9,292km², un perímetro de 23,737km, siendo considerada como una microcuenca alargada propensa a la conservación y baja susceptibilidad a crecidas, del análisis de la curva hipsométrica se determinó que se encuentra en una etapa de desarrollo intermedia, caracterizándose como un río maduro, de la modelización del HEC-HMS su precipitación neta fue de 2,5 mm, mientras que su precipitación de infiltración fue de 2,25 mm, presentó un pico de descarga más alto fue de 0,3 m³/s. Concluyendo así que la caracterización de la microcuenca San Sebastián ayudó en el proceso del manejo, plan de mitigación ambiental y uso eficiente de los recursos económicos de la microcuenca.

Palabras clave: <CARACTERIZACIÓN>, <MICROCUENCA>, <HIDROLOGÍA>, <EROSIÓN>, <PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS>.



SUMMARY

In San Sebastián micro-basin, there are no studies and there is little description in the Development and Territorial Planning Plan of the canton, which results in poor management of the water resource, causing flooding in the central streets of the Matriz parish of Guano Canton. For this reason, the objective of this work is to characterize the San Sebastián micro-basin, a tributary of the Guano River, in the Guano canton, province of Chimborazo. The methodology implemented had a mixed approach, a non-experimental cross-sectional design was used, because data on the current state of the microbasin was analyzed; The delimitation of the microbasin was carried out through GIS ArcGis 10.5, with the ArcSwat tool based on the Digital Elevation Model (DEM), determining the information on the different morphometric parameters of the shape, relief and drainage of the microbasin under study. To characterize the response capacity of the microbasin to precipitation, the Hydrological Engineering Center-Hydrological Modeling System (HEC-HMS) program was used, entering the determined parameters. As a result, the microbasin has an area of 9,292km², a perimeter of 23,737km, being considered an elongated microbasin prone to conservation and low susceptibility to floods, from the analysis of the hypsometric curve it was determined that it is in a stage of development intermediate, characterized as a mature river, from the HEC-HMS modeling its net precipitation was 2,5 mm, while its infiltration precipitation was 2,25 mm, it presented a highest discharge peak of 0,3 m³/s. Thus concluding that the characterization of San Sebastián microbasin helped in the management process, environmental mitigation plan and efficient use of the economic resources of the microbasin.

Keywords: <CHARACTERIZATION>, <MICROBASIN>, <HYDROLOGY>, <EROSION>, <MORPHOMETRIC PARAMETERS>.



Lic. Lorena Hernández A. Mcs

180373788-9

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua del Ecuador (2015, p. 3), las cuencas hidrográficas son unidades territoriales delimitadas por una línea imaginaria divisoria de aguas, que drenan superficialmente hacia un cauce común, además incluye poblaciones, infraestructura y actividades económicas y de conservación.

Las cuencas hidrográficas ecuatorianas se las pueden agrupar en ríos que fluyen hacia el océano Pacífico y hacia el río Amazonas, alrededor del 88% de la población del Ecuador se asienta en la cuenca del Pacífico, pero solo el 11.5% tiene el potencial hídrico (Arellano, 2019, pág. 31).

El manejo de cuencas en nuestro país ha estado encaminado a afrontar los problemas de abastecimiento de agua para la producción de energía eléctrica, alimentación de acueductos y una pequeña proporción para el uso de riego en cultivos de exportación; mediante el desarrollo de la investigación con fines de gestión del uso del suelo y protección de las fuentes de captación del recurso hídrico (Nikolay, 2011: citado en Verdugo, 2017: pág. 27).

El problema de la gestión del agua en el Ecuador se debe al crecimiento demográfico, industrial, usos de sustancias químicas no biodegradables, una distribución desigual temporal y espacial de la precipitación. Existen cuencas donde la demanda de agua ha superado la disponibilidad natural y otras con exceso, siendo afectadas por intensos procesos erosivos, donde se vincula la visión de cuenca hidrográfica para impulsar y generar conocimiento sobre los recursos hídricos mediante la alta disponibilidad de información (Xinqiang, et al., 2016 págs. 1-3).

La caracterización de las cuencas hidrográficas es importante debido a que se realiza un inventario detallado sobre los recursos y las condiciones biofísicas, socioeconómicas y ambientales, es importante en el proceso de planificación, manejo y gestión de las cuencas teniendo como fin la vocación, posibilidades y limitaciones de sus recursos naturales con el ambiente, y las condiciones socioeconómicas de las comunidades que habitan cerca de ellas. La caracterización de las cuencas debe ser integral para poder entenderla como un sistema ya que constituye el componente de base sobre el cual se empieza a edificar toda la planificación e implementación del proceso (Duarte Alarcón, 2015: págs.7-8).

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

La presente investigación surge de la necesidad de contar con estudios que caractericen la microcuenca San Sebastián, de la cuál, consta una baja descripción en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDYOT) del cantón Guano, como consecuencia existe una gestión inadecuada del recurso hídrico, desbordamientos en áreas urbanas y rurales a causa de las fuertes lluvias, provocando inundaciones en las calles céntricas de la ciudad, logrando tener pérdidas de vidas humanas y bienes materiales.

En este sentido, la presente tesis plantea una caracterización de la microcuenca San Sebastián, afluente del río Guano, del cantón Guano, provincia de Chimborazo a partir de la información biofísica, de la delimitación de la microcuenca, la determinación de los parámetros morfométricos, con el fin de realizar la gestión y manejo adecuado del recurso hídrico de la microcuenca.

1.2. Objetivos

1.2.1. *Objetivo General*

Caracterizar la microcuenca San Sebastián, afluente del río Guano, del cantón Guano, provincia de Chimborazo.

1.2.2. *Objetivos Específicos*

- Delimitar la microcuenca San Sebastián.
- Determinar los parámetros morfométricos de la microcuenca.
- Realizar la caracterización de la microcuenca San Sebastián a partir de la información biofísica.

1.3. Justificación

El uso no sostenible de recursos en la microcuenca San Sebastián, provocó que en el año 2021 se produjera un desbordamiento donde 6 500 habitantes del cantón Guano tuvieron afectaciones en sus viviendas, y el Gobierno Autónomo Descentralizado de Guano preocupado por la gestión de riesgos dentro de la microcuenca, hace extensivo el requerimiento de un estudio de caracterización de la microcuenca San Sebastián, para generar una línea base para la elaboración de un plan de mitigación y manejo.

Según la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgo del Ecuador, en el cantón Guano hubo desastres naturales, principalmente inundaciones a causa de intensas lluvias, una de las más fuertes se produjo el 11 de diciembre de 2021, como consecuencia de presentó un desbordamiento de la quebrada San Sebastián del páramo Igualata, teniendo como consecuencia que las calles céntricas del cantón se inundan, perjudicando a los diferentes barrios.

La presente investigación tiene como finalidad la caracterización morfométrica y biofísica de la microcuenca del río San Sebastián, localizada dentro de la cabecera cantonal Guano. Esta propuesta surge de la necesidad del GAD Cantonal, por disminuir o mitigar los efectos de la inadecuada gestión y manejo de la microcuenca.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Referencias teóricas

2.1.1. Cuenca hidrográfica

“Las cuencas hidrográficas son aquella unidad territorial delimitada por la línea divisoria de sus aguas que drenan superficialmente hacia un cauce común, incluyen en este espacio poblaciones, infraestructura, áreas de conservación, protección y zonas productivas” (Ecuador, 2015 pág. 3).

2.1.2. *Tipo de cuencas hidrográficas*

2.1.2.1. *Según la superficie*

Las cuencas hidrográficas según la superficie, donde se puede encontrar que en el Ecuador existen diferentes tipos de cuencas como:

- a) Cuenca: una cuenca es aquella que mide entre las 100.000 hasta las 300.000 ha de la superficie, es un área delimitada por la divisoria de aguas, que se encuentra conformada por los elementos naturales, sociales, económicos, institucionales y políticos, donde se le encuentra detallada como un ecosistema en el cual interactúan y se interrelaciona variables biofísicas y socioeconómicas que trabajan en un todo (Vásquez, 2000; citado en Verdugo, 2017: pág.5).
- b) Subcuenca: son aquellas que miden entre las 15.000 – 100.000 ha de la superficie, siendo así los ríos secundarios que desaguan sus aguas a un río principal, refiriéndose así a los territorios que drenan por un curso de agua que desemboca al cauce principal de la cuenca, dentro de las cuencas puede haber varias subcuencas, microcuencas y quebradas (Faustino, 2006; citado en Villatoro, 2019: pág.23).
- c) Microcuenca: estas microcuencas miden 4.000 hasta las 15.000 ha de la superficie, son aquellas unidades pequeñas, donde se originan las quebradas, riachuelos, caños que drenan de las laderas y pendientes altas, desembocando sus aguas a una subcuenca, estas constituyen las

unidades adecuadas para la planificación de acciones para su manejo (Reynoso, 2002; citado en Villatoro, 2019: pág.24).

- d) Quebrada: las quebradas miden menos de 4.000 ha de la superficie, se le define como lecho estrecho y áspero que constituye la vía de drenaje ocasional en las vertientes subáridas; aplicándole a pequeñas depresiones formadas por efecto del drenaje en zonas de valles hídricos, desembocando sus aguas en las microcuencas (Sarmiento, 2000; citado en Sacoto. 2017: pág.13).

2.1.2.2. Según el sitio de desembocadura

Se puede decir que estas cuencas hidrográficas desembocan en el océano en un lago o laguna, dependiendo del sitio de desembocadura y tenemos tales como:

- a) Cuenca Exorreica o cuenca abierta: este tipo de cuenca hidrográfica es donde el punto de salida de las aguas superficiales es un río principal que desemboca en el océano, en el Ecuador la mayoría de las cuencas son de este tipo y se dividen en dos vertientes: la vertiente del Pacífico y la vertiente del Amazonas (luego llegara al Atlántico) (Araque Arellano 2019, pág.29).
- b) Cuenca Endorreica o cuenca cerrada: las cuencas hidrográficas de este tipo tienen su punto de salida de las aguas superficiales, formando un sistema de agua estancada, debido a que se encuentran dentro de la misma cuenca, pudiendo ser así un lago o una laguna (Araque Arellano 2019, pág.28).
- c) Cuenca Arreica: estas cuencas son aquellas donde sus aguas no desembocan en cuerpos de agua o no poseen ningún tipo de salida, debido a que el agua se filtra en el subsuelo o se evapora, en Ecuador, las cuencas arreicas se las puede encontrar en la parte del páramo (Araque Arellano 2019, pág.30).
- d) Cuenca Criptorreicas: en esta cuenca los escurrimientos se infiltran y corren como ríos subterráneos, careciendo de una red fluvial permanente y organizada (Zhica 2020, pág.19).

2.1.3. Morfometría

“La morfometría o geomorfometría es el análisis cuantitativo de la superficie terrestre de una cuenca hidrográfica” (Quesada & Barrantes, 2017).

En el análisis morfométrico de cuencas hidrográficas nos permite conocer las características físicas de una cuenca mediante el estudio de las particularidades de superficie, relieve e hidrografía, que realiza las comparaciones con otras cuencas, ayudando a entender la complejidad de su comportamiento hidrológico (Gaspari et al., 2013; citado en Zhicay, 2020, pág. 21). A continuación, se describen las principales características morfométricas de las cuencas que son:

2.1.3.1. Parámetros de forma

Los parámetros son los aspectos más básicos de una cuenca hidrográfica, constituye la información mínima que debemos conocer para tener una primera idea de la naturaleza y el comportamiento de la cuenca (Córdova, 2016).

La forma de una cuenca es determinante de su comportamiento hidrológico, de ahí algunos parámetros tratan de cuantificar las características morfológicas por medio de índices o coeficientes, empleando una variedad de parámetros asociados con la longitud del cauce de agua más largo, definiéndose, así como la distancia desde el punto de la cuenca hasta el punto más alejada (Ibáñez, et al. pág. 6).

- a) Área de la cuenca: se le representa con la letra (A), es aquella superficie en proyección horizontal, que se encuentra delimitada por la divisoria de aguas, siendo definida por la línea imaginaria formada por los puntos de nivel topográfico más alto, que separa una determinada área de una superficie más extensa (Verdugo Cardenas, 2017, pág.11).
- b) Perímetro de la cuenca: es aquel que se calcula a partir de la medición de la longitud de la línea divisoria de aguas de la cuenca hidrográfica (Corradine, 2017, pág.6).
- c) Longitud de la cuenca: la longitud se define como la distancia horizontal desde la desembocadura o estación de aforo, hasta otro punto aguas arriba donde la tendencia general del río principal corta la línea principal de contorno de la cuenca, expresándola así en kilómetros (Brieva, 2018 pág. 21)
- d) Ancho de la cuenca: se le define como la relación entre el área y la longitud de la cuenca.
- e) Coeficiente de Gravelius: también conocido como el índice de compacidad, es aquel que compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, donde su círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en estudio, es la razón entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de esa circunferencia (Brieva, 2018 pág. 21).

- f) Factor de forma: fue definido por Horton, donde la relación entre el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca, siendo este factor de forma adimensional (Brieva, 2018 pág. 21).
- g) Relación de elongación: es aquella relación entre el diámetro de un círculo (D) de área igual a la cuenca y la longitud de la cuenca (L).
- h) Relación de circularidad: conocido también como radio de circularidad, siendo el cociente entre el área de la cuenca (A) y la del círculo cuyo perímetro (P) es igual.
- i) Índice de alargamiento: fue propuesto por Horton, este índice relaciona la longitud de la cuenca con su ancho que es perpendicular a la dimensión anterior, siendo este índice adimensional (Zhicay, 2020 pág. 24).

2.1.3.2. *Parámetros de relieve*

Estos parámetros de relieve son de gran importancia puesto que dicho relieve de la cuenca tiene más influencia, se puede decir que a mayor relieve o pendiente la generación de escorrentía se produce en lapsos de tiempo menores (Ibáñez, et al. pág. 7).

- a) Pendiente de la cuenca: la pendiente es la variación de la inclinación de la cuenca, este parámetro es importante para definir el comportamiento de la cuenca hidrográfica respecto al desplazamiento de las capas de suelo, debido a que, en zonas de altas pendientes, se presentan con mayor frecuencia los problemas de erosión mientras que en regiones planas aparecen principalmente los problemas de drenaje y sedimentación (Consortio, 2018 pág. 51).
- b) Curva hipsométrica: es aquella representación gráfica de la variación de altitud que se presenta en una cuenca y se obtiene a partir de un plano topográfico, tomando los valores del área en porcentaje que están por debajo de una determinada altura (Zhicay, 2020 pág. 26).

En las cuencas hidrográficas se pueden presentar diferentes curvas hipsométricas debido a su evolución (edad del río), que permite definir características fisiográficas que son:

- Cuencas con ríos jóvenes: estos presentan gran potencial erosivo,
- Cuencas con ríos maduros: aquí se encuentran los ríos en estado de equilibrio,
- Cuencas con ríos viejos: son aquellos sedimentarios.

2.1.3.3. Parámetros de drenaje

Los parámetros de drenaje corresponden aquella distribución geométrica de los ríos tributarios que lo conforman, ya sea por su cauce principal o tributarios, comprendiendo la clasificación de los sistemas de drenaje (Romero, et al., 2015 pág. 28).

- a) Densidad de drenaje: es aquel que permite tener un mejor conocimiento de la complejidad y desarrollo del sistema hidrográfico (Zhicay, 2020 pág. 28).
- b) Relación de bifurcación: se le define como la relación entre el número de los cauces de cualquier orden (Nu) y el número de cauces de orden (u) del siguiente orden superior.
- c) Orden de la red hídrica: aquí nos indica el grado de ramificación de la cuenca, donde se maneja el orden de las corrientes. Mientras mayor sea el número de orden, mayor es el potencial erosivo, mayor el transporte de sedimentos y por ende mayor también la escorrentía directa que otra cuenca de igual área, se puede determinar que cuanto más alto es el orden de la cuenca mayor es su grado de desarrollo fluvial (Demetrio, 2016; citado en Zhicay, 2020, pág. 29).
- d) Tiempo de concentración: se lo define como el tiempo mínimo necesario para que todo el sistema se encuentre aportando agua de escorrentía de forma simultánea al punto de salida, se encuentra determinado por el tiempo que tarda una gota de agua que cae en el punto hidrológicamente más lejano de la cuenca hasta que llegue al punto de cierre de esta (Zhicay, 2020 pág. 30). Para calcular el tiempo de concentración de la cuenca, existen varias ecuaciones que nos permiten determinarlo, la fórmula utilizada para su cálculo fue la de Kiripich.

2.1.4. Caracterización de cuencas hidrográficas

Según (Fernández, 2012; citado en Villatoro, 2019, págs.29-30) nos dice que la caracterización de las cuencas hidrográficas es el proceso de planificación, manejo y gestión de cuencas, siendo así el inventario detallado de los recursos y las condiciones biofísicas, socioeconómicas y ambientales de la cuenca y sus interrelaciones. Esta caracterización se encuentra dirigida fundamentalmente a cuantificar las variables que tipifican a la cuenca con el fin de establecer las posibilidades y limitaciones de sus recursos naturales.

La caracterización de cuencas hidrográficas cumple tres funciones fundamentales que son:

1. Describir y tipificar las características principales de la cuenca,

2. Servir de información básica para definir y cuantificar el conjunto de indicadores que sirvan de línea base para el seguimiento, monitoreo y evaluación de los resultados o impactos de los planes, proyectos, manejo y gestión de las cuencas hidrográficas,
3. Sirve de base para el diagnóstico de las cuencas, donde se identificarán y priorizarán los principales problemas de la misma, donde se identifican sus causas, consecuencias y soluciones, determinando así las potencialidades y oportunidades de la cuenca (Fernandez, 2012, pág.16).

2.1.5. Esguerrimiento superficial

El esguerrimiento superficial es toda agua proveniente de la lluvia, ya que circula por la superficie y se encuentra en los cauces, teniendo como función de las características topográficas, geológicas, climáticas y de vegetación de la cuenca hidrográfica, este esguerrimiento da lugar a las crecidas o avenidas que se llegan a manifestar por el cambio brusco del nivel del agua en los cauces de los ríos, quebradas, microcuencas y cuencas (AMSCALL, 2012).

2.1.6. Método número de curva

El método de número de curva es aquel modelo empírico que tiene como objetivo calcular la precipitación neta o esguerrentía que es generada por una tormenta, fue desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) (MORALES, 2020 pág. 36).

Para utilizar este método se requiere conocer la retención máxima potencial de agua del suelo, misma que se le define como aquella cantidad de agua que contendrá un suelo a su capacidad de campo hoy en condiciones naturales, se debe tener en cuenta las condiciones de drenaje, que influyen sobre el retardo en la evacuación del agua gravitacional que ocupa los macro poros del suelo y precipitación para estimar el esguerrimiento superficial con precisión aceptable (MORALES, 2020 pág. 36).

Teniendo la siguiente fórmula:

Ecuación 1

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P + 4I_a)}$$

Donde:

Q: es el esguerrimiento (mm)

P: es la precipitación (mm)

S: es el potencial máximo de la retención (mm)

I_a: es la abstracción inicial

Ecuación 2

$$I_a = 0,2S$$

Donde, si:

$P > 0,2S$ = se produce escurrimiento

$P \leq 0,2S$ = no se produce escurrimiento

S depende del tipo de suelo, uso de suelo, condición hidrológica y condición de humedad antecedente (AMC), y se determinó la siguiente fórmula:

Ecuación 3

$$S = 254 * \left(\frac{100}{CN}\right) - 1$$

Donde:

CN: es el número de curva de escurrimiento, cuyo valor depende del tipo de suelo, cobertura vegetal, pendiente del terreno y humedad del suelo antecedente.

El Servicio de Conservación de Suelos (SCS) generó tablas para determinar el Número de curva en el uso forestal del suelo, donde cada CN describe numéricamente una combinación específica de suelo, uso de suelo y tratamiento, la cual denominaron complejo hidrológico suelo – cobertura (MORALES, 2020 pág. 38).

La Condición Hidrológica indica aquella posibilidad de la cubierta vegetal o uso de suelo para generar escurrimiento, para bosques se determina cualitativamente de la siguiente manera (MORALES, 2020 pág. 40).

Tabla 2-1: Condición hidrológica para bosques

Condición hidrológica	Cobertura
Buena	Se encuentra protegido con pasto, con alta cantidad de humus vegetal y muchos arbustos cubriendo la superficie.
Media	Tiene algunos arbustos, moderada cantidad de humus vegetal y pastos.
Pobre	Son bosques regularmente quemado con pocos arbustos y poco humus vegetal.

Fuente: McCuen, 2005

Realizado por: Morales, Sergio, 2020 pág. 40

El Grupo Hidrológico se clasifica en cuatro grupos de suelo, que se encuentran definidos por su potencial de generar escurrimiento con base en su velocidad de infiltración (I) y su velocidad de transmisión (flujo horizontal, T) cuando están mojados. El Servicio de Conservación de Suelos (SCS) determinó la clasificación con base al estudio de más de 4000 tipos de suelo, cuya identificación se realiza con las letras A, B, C y D (MORALES, 2020 pág. 41).

Tabla 2-2: Clasificación y características de grupos hidrológicos del SCS

GH	Textura	Características
A	Arenoso; arenoso-franco; franco-arenoso	Su potencial de escurrimiento es bajo, tienen altas capacidades de infiltración cuando están completamente húmedos, principalmente arenas y gravas muy bien ordenadas, son suelos con alta transmisión de agua, siendo suelos muy permeables.
B	Franco-limoso; franco; limoso	Son suelos con capacidades de infiltración moderadas cuando están completamente húmedos, principalmente suelos medianamente profundos y drenados, con textura de sus agregados variando entre moderada y muy fina, tiene velocidades medias de transmisión de agua.
C	Franco-arcilloso-arenoso; franco-arcilloso-limoso; franco-arcilloso	Estos son suelos con capacidad de infiltración baja cuando se encuentran completamente húmedos, principalmente con suelos que contienen una capa que impide el movimiento hacia abajo o suelos con textura fina o moderadamente fina, estos tienen baja transmisión de agua.
D	Arcilloso-arenoso; arcilloso-limoso; arcilloso	Son suelos con capacidades de infiltración muy baja cuando están completamente húmedos, estos se expanden significativamente cuando se moja, son arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos, tienen una transmisión de agua muy baja, siendo suelos impermeables.

Fuente: McCuen, 2005

Realizado por: Morales, Sergio, 2020 pág. 41

Cuando se conoce el grupo hidrológico y la cobertura vegetal del área en estudio, hay que tomar en cuenta la condición de humedad del suelo previo a la precipitación. Se define por tres condiciones básicas, considerando el contenido de humedad del suelo, determinadas en base a una lluvia dentro de los 5 a 10 días previos, se denomina seca (I) si es menor a 12,5 mm; media (II) si la precipitación fue entre 12,7 a 38,1 mm; y húmeda (III) con valores mayores a 38,1 mm. Una vez definida la condición de humedad en la que se encuentra el suelo se puede utilizar la

siguiente tabla (ANEXO E), en donde se expresa el Número de curva correspondiente para la condición I y II respectivamente (Gaspari, et al., 2013 pág. 72).

Las cuencas hidrográficas pueden presentar suelos y coberturas vegetales no uniformes en todo su territorio, es debido a eso que para asignar un solo Número de curva para toda la cuenca se debe tener un valor de N_c medio ponderado mediante la aplicación de la siguiente fórmula (Gaspari, et al., 2013 pág. 74).

2.1.7. Antecedentes de las inundaciones en el cantón Guano

En el cantón Guano, provincia de Chimborazo el 11 de diciembre de 2021 se presentó un aluvión debido a las fuertes lluvias, esto se produjo en las quebradas del páramo Igualata desbordando así el río Guano, provocando que las calles del cantón se inunden, siendo los barrios La Merced, La Dolorosa del Cementerio, Magdalena, Santa Anita, Central, San Pedro, La Inmaculada, María de Los Ángeles, Espíritu Santo, La Dolorosa del Centro y Santa Teresita los más afectados del cantón (Primicias, 2021).

Según Héctor Cruz, habitante del cantón Guano, visiblemente consternado por lo sucedido, manifestó que siempre que llueve por las partes altas del cantón, aquella agua baja por la quebrada de San Sebastián, desbordando todo hacia las calles céntricas de la ciudad (Diario El Universo, 2021).

El director de Ambiente y Riesgo del Municipio Wilmer Tingo, dijo que 6 500 de 9 000 habitantes tuvieron afectaciones en sus viviendas tras el aluvión en Guano (Primicias, 2021).



Ilustración 2-1: Limpieza del cantón Guano.

Fuente: Diario El Universo, 2021

2.1.8. Modelación hidrológica

La modelación hidrológica es una simulación de la realidad, de aquellos procesos y eventos hidrológicos que suceden y transcurren en un determinado espacio o cuenca hidrográfica, desde un inicio los modelos desempeñan un papel importante en muchas áreas de la hidrología, la aplicación de estos es muy común en la prevención de la alarma temprana de riesgos inundaciones, al gestión y planificación de cuencas en la agricultura, en el diseño de infraestructura como plantas de tratamiento de agua (Bedient, Huber y Vieux, 2008; citados en Arteaga, 2017: pág.10).

2.1.8.1. Modelo HEC-HMS

El Sistema de Modelación Hidrológico (HEC-HMS) es un software que está diseñado para la simulación de procesos hidrológicos completos, este programa incluye muchos procedimientos tradicionales de análisis hidrológicos, como infiltración de eventos, hidrogramas y hietogramas de unidades, también incluye lo procedimientos necesarios para la simulación continua, evapotranspiración, la humedad del suelo, la simulación de escorrentía y perdidas por infiltración (Angulo, et al., 2018 pág. 56).

2.1.9. Diagnóstico por componentes

2.1.9.1. Caracterización biofísica

Relieve

a) Geomorfología:

El cantón Guano al encontrarse entre los tres grandes volcanes como el Chimborazo, El Altar y Tungurahua, presenta una geología de formaciones volcánicas como: Cangahua, Pisayambo, Riobamba, encontrándose influenciado por fallas técnicas a lo ancho, en el centro del cantón y al este a lo largo del mismo y en la parte noroeste (PDYOT, 2021 pág. 1).

Clima

En el Ecuador la caracterización del clima es sumamente compleja, debido a que se encuentra influenciada por la cordillera de los Andes y cercanía al Océano Pacífico, ya que estas determinan las condiciones climáticas generales del país, siendo así la relación de la variación del clima y la distribución de la vegetación (PDYOT, 2021 pág. 2).

a) Precipitación

De acuerdo con (Hidalgo Proaño, 2012), citado por (PDYOT, 2021 págs. 2-3) nos dicen que los valores característicos de precipitación de los pisos bioclimáticos existen alrededor de 600 a 1800 mm de precipitación anual. Los cambios de precipitación se deben a la presencia de las corrientes del Niño y de la Niña, ya que la corriente del Niño tiende a disminuir y la corriente de la Niña aumenta las precipitaciones, donde se le considera que es una de las razones por lo que se ve los cambios de las precipitaciones de este lugar.

Recurso hídrico

a) Cuencas hidrográficas

En el cantón Guano se encuentra la Microcuenca hidrográfica del río Guano y es considerada una de las más importantes, de la misma forma esta microcuenca pertenece a la Subcuenca del río Chambo, que forma parte de la demarcación hidrográfica del Pastaza (PDYOT, 2021 pág. 6).

Según (Cevallos, 2018, pág.7) nos dice que este río tiene su origen en las faldas del Chimborazo y por diferentes drenajes hidrográficos tales como las quebradas: Cascajal, Chuquipogio, Abras, Puluchaca, Patulú, Llio, Bazacón, Alacao, Chacón, Igualata, teniendo un recorrido aproximado de 30.05 km el cual desemboca en el río Chambo. Abasteciendo al recurso hídrico al cantón Guano, ya que pasa por las parroquias de San Isidro, El Rosario, La Matriz, San Gerardo, teniendo un área de 390,7 km.

b) Calidad de agua del río Guano

Es un factor que influye claramente en el bienestar de los seres humanos y en la salud de los ecosistemas, donde se le considera que la calidad del agua desde la perspectiva de su gestión, definiéndose así que el agua es de calidad cuando al ser utilizada no provoca daños (Cevallos, 2015; citado por Cabrera Alvarez, 2020, pág.11).

Para determinar el índice de la calidad del agua del río Guano, se estableció 10 muestras en donde se analizaron diferentes parámetros físico - químicos y biológicos. En los diferentes puntos de muestreo, se observa la variación del índice de la calidad del agua, donde se puede encontrar en el primer punto no existe una alteración antrópica considerable; a partir del punto 2 al 4 presenta una calidad poco contaminada, ya que esto se debe porque en las zonas existen actividades agrícolas y ganaderas; a partir del punto 5 al 10 se ve que la calidad del agua es contaminada, debido que en estos puntos se descargan aguas negras y grises de la urbe de Guano y otras actividades que se desarrollan en el cantón (Cevallos, 2015; citado en Cabrera Alvarez, 2020, pág.11).

Edafología

Para el estudio del análisis del suelo rural del cantón Guano, se parte de la descripción de varios elementos que nos permitan identificar la aptitud del uso de la tierra, refiriéndose así a la capacidad que tiene está para su aprovechamiento bajo la categoría o tipo de utilización, desde el punto de la producción agropecuaria o forestal (PDYOT, 2021 pág. 12).

a) Orden de suelos (taxonomía)

Actualmente en el Ecuador dispone de cartografía temática de suelos, donde se va utilizando el Sistema Norteamericano del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), Claves para la Taxonomía de Suelos, se ha realizado la clasificación de los suelos la cual ha llegado al nivel de subordinados (PDYOT, 2021 pág. 13).

Tabla 2-3: Clasificación de los suelos por orden taxonómico

Orden taxonómico de suelos	Características
Andisoles	<p>Estos suelos son generalmente negros que se desarrollan a partir de depósitos volcánicos o también de materiales piroclásticos, teniendo poca o moderada evolución, cubren el 56% del total del territorio cantonal, corresponde a 26.196 ha, ubicándose en la zona alta del cantón en las parroquias San Andrés, San Isidro de Patulú, Valparaíso, Ilapo, San José del Chazo y Santa Fe de Galán.</p> <p>Los andisoles sufren en rejuvenecimiento frecuente ya que se enriquecen con los materiales nutricionales orgánicos, tienen buena estructura, por lo tanto, tienen un buen drenaje y buena retención de humedad, si se encuentran cerca de volcanes su textura es gruesa, pero si están alejados la textura es más fina como limoso o franco limoso.</p>
Entisoles	<p>Se caracterizan por ser los de más baja evolución, debido a que hay muy poca o ninguna evidencia de formación de horizontes edafogénicos, debido porque su tiempo de desarrollo ha sido muy corto o lento, encontrándose así fuertes pendientes que aceleran los procesos de erosión o en áreas susceptibles a inundaciones, apareciendo en zonas de barrancos con aluviones constantes que no permiten el desarrollo en profundidad.</p> <p>Estos suelos ocupan una superficie de 11.609 ha, representando así un 25% del territorio cantonal, situándose una gran parte de ellos en pendientes fuertes.</p>
Inceptisoles	<p>Son suelos jóvenes que están empezando a manifestar el desarrollo de los horizontes pues son ligeramente más desarrollados que los entisoles, apareciendo suelos con uno o más horizontes, aquí se puede encontrar propiedades físicas y químicas muy variables. En el cantón estos suelos ocupan 2.504 ha, que representan el 5% del área.</p>
Molisoles	<p>Su principal característica es la existencia de un horizonte superficial rico en materia orgánica, color oscuro y con otras excelentes propiedades físicas favorables para el desarrollo radicular, desarrollándose con gran variedad de regímenes climáticos desde seco a muy húmedo y de cálidos a muy fríos.</p> <p>En estos suelos se presentan una vegetación de pastizal, aunque también se les encuentra bajo vegetación forestal, ocupando un área de 2.732 ha, representando así un 6% del territorio cantonal.</p>

Fuente: PDYOT, 2021, págs. 13-14.

Realizado por: Uquillas Saltos, Joselyne, 2023.

b) Cobertura y uso del suelo

La cobertura son aquellos cuerpos naturales o artificiales que cubren la superficie del suelo, haciendo referencia al aspecto morfológico del suelo, comprendiendo los aspectos que hacen parte del recubrimiento de la superficie terrestre, de origen natural o cultural (PDYOT, 2021 pág. 47).

Los cambios en la cubierta y uso del suelo son cada vez más relevantes para analizar los elementos de interacción, entre las sociedades humanas y los ecosistemas terrestres que sirven de soporte donde se ha identificado 13 clasificaciones, el cantón Guano tiene una superficie total de 46.522,87 ha, el mayor porcentaje con el 24,19% con 11256,08 ha en pastizal, el 23,21% mosaico agropecuario, el 12,06% (2680,79 ha) plantación forestal, el 4,50% (2091,27 ha) vegetación arbustiva, el 3,78% (1759,85 ha) erial, el 1,91% (890 ha) glaciario, el 1,76% (816,86 ha) área poblada, el 0,25% (114,42 ha) infraestructura antrópica, el 0,25% (115,15 ha) cuerpos de agua (PDYOT, 2021 pág. 48).

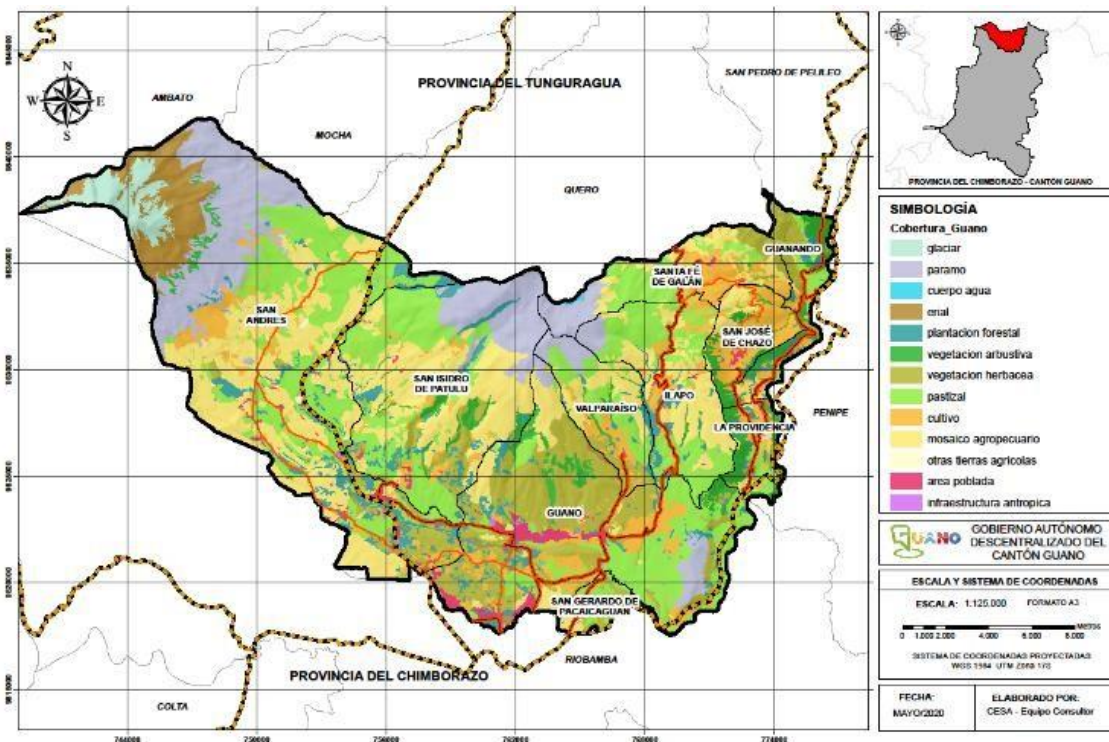


Ilustración 2-2: Cobertura y uso del suelo del cantón Guano.

Fuente: PDYOT-2021, pág. 49

Realizado por: Equipo Consultor, 2020

- c) Desarrollo de las variables para definir las clases de capacidad de uso del suelo.

Erosión: es aquella pérdida actual del suelo, debido que es provocada por la escorrentía superficial y la acción de viento, esta ocurre por malas prácticas de manejo de la tierra y potencial según el grado de inclinación de la pendiente (PDYOT, 2021 pág. 16).

Pendientes: aquí se refiere al grado de inclinación de los terrenos con relación a la horizontalidad, donde a mayor inclinación será mayor valor la pendiente, siendo así un factor importante porque nos permite identificar aspectos afines a la topografía y relieve, además de los procesos de formación y adaptación del suelo (PDYOT, 2021 págs. 16-17).

Humedad: es la cantidad de vapor de agua que se haya en el aire, donde puede ser expresada en forma absoluta, diciéndole así grado de humedad (PDYOT, 2021 pág. 30).

Componente biótico

- a) Biodiversidad

La biodiversidad es aquella variabilidad genética dentro de poblaciones de seres vivos, diversidad de especies, heterogeneidad de los hábitats, el cantón Guano cuenta con una importante reserva ecológica, que de a poco va desapareciendo por el avance de la frontera agrícola, tomando en cuenta que la mayor zona del páramo del cantón se ubica por encima de los 3600 m.s.n.m (PDYOT, 2021 pág. 40).

- Flora

El Ecuador tiene un 10% de todas las especies de plantas que hay en el planeta, la mayor cantidad crece en la cordillera de los Andes en la zona noroccidental, en el cantón Guano se encuentra una gran variedad de plantas endémicas e implementadas, entre las especies vegetales tenemos una especie en procesos de extinción, que se encuentra en estado silvestre catalogada como una especie vulnerable que es la Chuquiragua, debido que es una especie nativa del ecosistema del páramo que cuenta con propiedades medicinales a igual que especies faunística propias de la zona que han desaparecido por la presencia del ser humano (PDYOT, 2021 pág. 41).

- Fauna

En el Ecuador cuenta con el 8% de las especies de animales y el 18% de las aves del planeta, tiene cerca del 15% del total de especies endémicas de aves en el mundo, las cuales habitan en los Andes (PDYOT, 2021 pág. 42).

b) Amenazas, riesgos y vulnerabilidad

- Amenazas hidrometeorológicas

Inundaciones: son aquellos caudales que se encuentran por encima de lo normal, aquí se dan dos tipos de inundaciones que son: por desbordamiento y súbitas, las inundaciones por desbordamiento pueden ser lentas o en llanura y se producen en los terrenos alledaños de los ríos y quebradas sucediendo normalmente en las temporadas invernales cuando los ríos aumentan sus caudales (PDYOT, 2021 pág. 5).

Las inundaciones causadas por los desbordamientos de los ríos o por las fuertes precipitaciones se dan en dos parroquias la una es la parroquia de San Andrés con 510,42 ha, correspondiéndole a un porcentaje de 3.11%, luego le sigue la parroquia de Guano con 363,46 ha, con un porcentaje de 3,89% (PDYOT, 2021 pág. 6).

2.1.9.2. Caracterización asentamientos humanos

Componente asentamientos humanos, movilidad, energía y telecomunicaciones

a) Servicios públicos o servicios básicos

En el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) en el Art. 55, literal d) establece que es Competencia exclusiva del gobierno autónomo descentralizado municipal, el prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley (PDYOT, 2021 pág. 79).

b) Agua para consumo humano

En el cantón Guano, el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal se encarga de proveer el servicio básico de agua potable a través de la Jefatura de Agua Potable y Alcantarillado. El 58,1% de las viviendas (6620 viv.), se abastecía de agua a través de la Red Pública, en tanto que un 41,9% (4771 viv.) se servía del agua de pozos, ríos, vertientes, carro repartidor, agua lluvia, etc (PDYOT, 2021 págs. 79-80).

c) Alcantarillado

Se ha considerado viviendas servidas aquellas que están conectadas a la red pública de alcantarillado y aquellas conectadas a pozo séptico, considerándose como una forma adecuada de eliminación de aguas servidas; mientras tanto las viviendas conectadas a pozo ciego, que descargan al río o quebrada, que tienen letrina, o no tienen, son viviendas que suman al déficit de este servicio y que contribuyen a los problemas de contaminación del agua y suelo (PDYOT, 2021 pág. 90).

En el último Censo de Población y Vivienda 2010 realizado por el INEC, el 50,2% de las viviendas del cantón disponen de una forma adecuada de eliminación de aguas servidas, sabiendo así que la mitad de estas conexiones a pozo séptico, deben tener una limpieza periódica para evitar su colapso. Por otra parte, tenemos que el 49,8% de viviendas en el cantón no disponen de una forma adecuada de evacuación de aguas servidas (PDYOT, 2021 pág. 91).

El actual sistema de alcantarillado del cantón Guano tiene problemas en la recolección, conducción, tratamiento y disposición final de las aguas servidas; en las descargas, tanto domésticas como industriales se las realiza directamente al río o quebradas, incluso las descargas industriales en su mayoría sin previo tratamiento, sabiendo así que el agua del río es usada para regar las parcelas agrícolas (PDYOT, 2021 pág. 92).

d) Desechos sólidos

La información proporcionada por el INEC del Censo de Población y Vivienda 2010, en el cantón Guano el 26,4% de la población dispone de servicios de recolección de basura mientras tanto que un 73,6% carecen de este servicio, los desechos sólidos recolectados son llevados a los sitios de disposición final que es en la parroquia Valparaíso, si bien ha incrementado la cobertura de

recolección de la basura en varios sectores del cantón, resulta insuficiente pues tienen el servicio una vez por semana (PDYOT, 2021 págs. 94-95).

e) Telecomunicaciones

Los servicios de telecomunicaciones comprenden los servicios de teléfono convencional, celular, internet y televisión por cable, los resultados obtenidos en el Censo de Población y Vivienda del 2010, dice que existen 3295 viviendas que disponen de servicio telefónico, siendo un 28.7% de viviendas del cantón, el 49,9% registran la existencia de teléfono celular, el 2,5% registran disponibilidad de internet, el 9,4% la disponibilidad de computadora y el 2,1% el servicio de televisión por cable (PDYOT, 2021 pág. 105).

f) Energía

La energía eléctrica del cantón depende del Sistema Nacional Interconectado, área de concesión de la Empresa Eléctrica Riobamba S.A. (EERSA), abasteciendo de energía eléctrica a todo el sector, la cobertura de energía en el cantón es un promedio de 93,02%, mientras que el 6,98% estaría desatendido tomando en cuenta tanto el área urbana y rural, por lo tanto se puede notar que a pesar de que existen asentamientos humanos dispersos en especial en la zona rural, la cobertura de la red permite brindar un servicio a la mayor parte de la población (PDYOT, 2021 págs. 106-107).

El porcentaje de focos ahorradores frente al total de focos se entiende que es de 64,7% corresponde a la primera categoría mencionada, las redes de distribución a 13.800 voltios, en forma monofásica, bifásica y trifásica, tenido así una longitud de 295,4 km de redes monofásicas, 4,75 km de redes bifásica y 78.6 km de trifásicas (PDYOT, 2021 págs. 106-107).

Componente socio cultural

a) Análisis demográfico

De acuerdo con los datos obtenidos del Censo de Población y Vivienda, efectuado por el Instituto Ecuatoriano de Estadística y Censo (INEC año 2010), dice que el cantón Guano cuenta con 42851 habitantes, de los cuales 20495 que son el 47,83% son hombres y 22356 que son el 52,17% son mujeres (PDYOT, 2021 pág. 109).

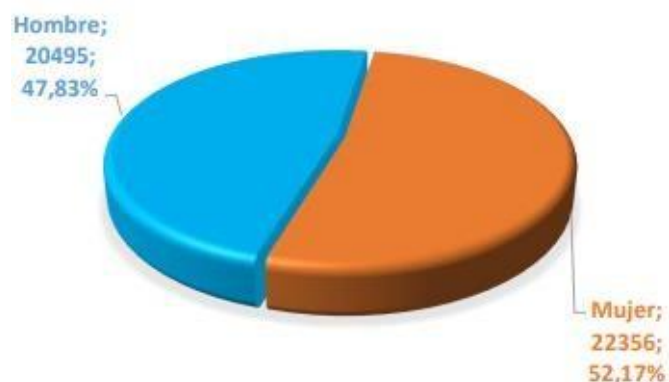


Ilustración 2-3: Porcentaje de la población total del cantón Guano

Fuente: PDYOT, 2021, pág. 109

b) Población urbana y rural

La población urbana del cantón corresponde a 7758 habitantes lo que representa el 18,10% de la población total, de los cuales 3725 son hombre y 4033 son mujeres; mientras tanto que la población rural del cantón es de 35093 habitantes que representa el 81,90% de la población, de los cuales 16770 son hombre y 18323 son mujeres (PDYOT, 2021 págs. 109-110).

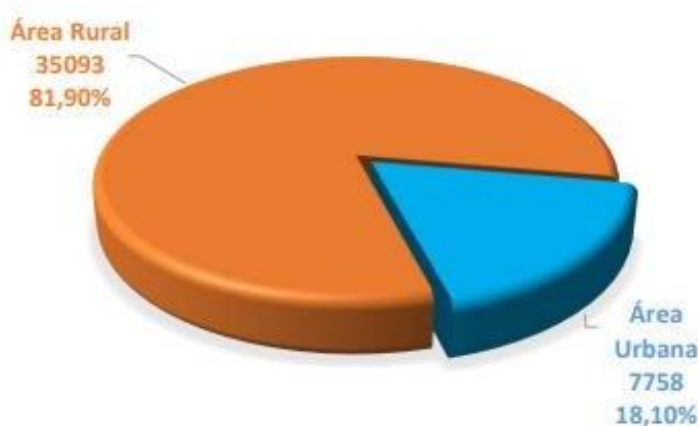


Ilustración 2-4: Porcentaje de la población urbana y rural.

Fuente: PDYOT, 2021, pág. 110

Tabla 2-4: Población urbana y rural según su sexo.

Sexo	Área Urbana y Rural				
	Área Urbana	Porcentaje	Área Rural	Porcentaje	Total
Hombre	3725	48,01	16770	47,79	20495
Mujer	4033	51,99	18323	52,21	22356
Total	7758	18,10	35093	81,90	42851

Fuente: PDYOT, 2021, pág. 110

Realizado por: Equipo Técnico CESA, 2020

c) Población total por parroquias

La concentración de la población por parroquias, entre las más grandes de acuerdo a su población se tiene que el 38,55% que son 16517 personas de la población se localizan en la parroquia Guano, tanto urbano como rural, mientras tanto el 31,46% que son 13481 personas están en la parroquia San Andrés y el 11,07 que son 4744 personas están en San Isidro de Patulú; mientras tanto que las más pequeñas están en Guanando con el 0,80% que son 341 personas y finalmente Valparaíso con el 0,94 que son 404 personas (PDYOT, 2021 pág. 111).

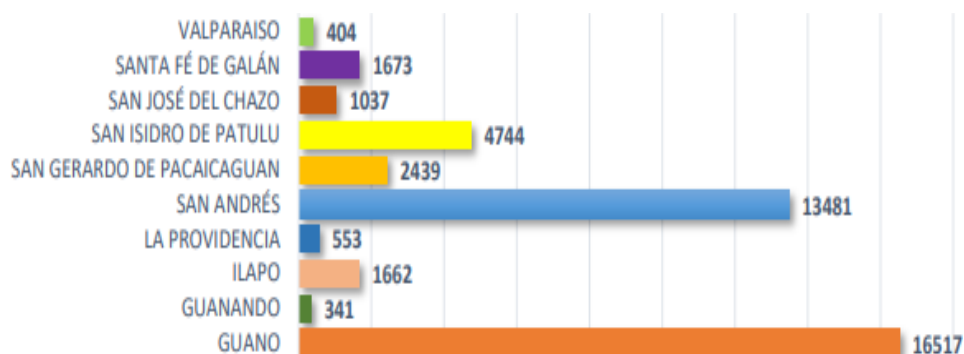


Ilustración 2-5: Población total por parroquias.

Fuente: PDYOT, 2021, pág. 112

Tabla 2-5: Población total por parroquias y según el sexo

Parroquia	Población Según el Sexo				Total	Porcentaje
	Hombre	Porcentaje	Mujer	Porcentaje		
Guano	7823	47,36	8694	52,64	16517	38,55
Guanando	183	53,67	158	46,33	341	0,80
Ilapo	810	48,74	852	51,26	1662	3,88
La Providencia	267	48,28	286	51,72	553	1,29
San Andrés	6477	48,05	7004	51,95	13481	31,46
San Gerardo de Pacaicaguán	1106	45,35	1333	54,65	2439	5,69
San Isidro de Patulú	2301	48,50	2443	51,50	4744	11,07
San José del Chazo	495	47,13	542	52,27	1037	2,42
Santa Fé de Galán	822	49,13	851	50,87	1673	3,90
Valparaíso	211	52,23	193	47,77	404	0,94
Total	20495	47,83	22356	52,17	42851	100

Fuente: PDYOT, 2021, pág.112

Realizado por: Equipo Técnico CESA, 2020

2.1.9.3. Caracterización socioeconómica

Componente económico productivo

a) Principales actividades económicas productivas del territorio

Las principales actividades económicas son agrícolas, ganaderas, de silvicultura y pesca, donde se representa por el 44%, siguiéndole así las industrias manufactureras con el 15%, el comercio con el 10% y la construcción con el 9%, otras actividades que intensifican la actividad económica cantonal teniendo porcentajes inferiores al 7% son el transporte, administración pública y defensa; actividades de los hogares como empleadores, enseñanzas, entre otras (CABRERA, y otros, 2021, pág. 158).

Tabla 2-6: Principales actividades económicas

DETALLE	CANTIDAD	%
Agricultura, silvicultura, caza y pesca	7.736	44%
Manufactura	2.670	15%
Comercio al por mayor y menor	1.678	10%
Construcción	1.535	9%
Sector público	1.150	7%
Transporte y almacenamiento	695	4%
Administración pública y defensa	549	3%
Actividades de los hogares como empleadores	505	3%
Actividades de alojamiento y servicios de comidas	303	2%
Otras actividades de servicios	285	2%
Actividades de la atención de la salud humana	153	1%
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	107	1%
Actividades profesionales, científicas y técnicas	105	1%
Información y comunicación	63	0%
Artes, entretenimiento y recreación	38	0%
Distribución de agua, alcantarillado y gestión de desechos	25	0%
Explotación de minas y canteras	19	0%
Actividades inmobiliarias	2	0%
Actividades de organizaciones y órganos extraterritoriales	1	0%
Total	17.219	100%

Fuente: DYOT, 2021, pág. 158

Realizado por: Equipo Técnico CESA, 2020

El GAD Parroquial de San Isidro, busca impulsar proyectos productivos para fortalecer la producción-comercialización del maíz en la zona baja, la papa y leche en la zona alta, donde se proponen promover la imagen de la parroquia a través de la comercialización de los productos “Canasta”, teniendo el apoyo de la Unidad de Emprendimientos del Municipio que se encuentran en proceso de introducir nuevos cultivos, como el Arándano, además del impulso a la agroecología para la seguridad alimentaria del hogar con huertos familiares.

En la parroquia de San Isidro, para el turismo disponen de 1400 ha de páramo de diversidad de 60 especies entre la flora y fauna.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Área de estudio

La microcuenca de la quebrada San Sebastián se extiende sobre el cerro Igualata pertenece a la comunidad de Asaco Grande, ubicada en las parroquias Guano y San Isidro, cantón Guano. Al Norte limita con la provincia de Tungurahua; al Sur y Oeste la parroquia San Andrés; al Este las parroquias Santa Fe de Galán, Ilapo y Valparaiso.

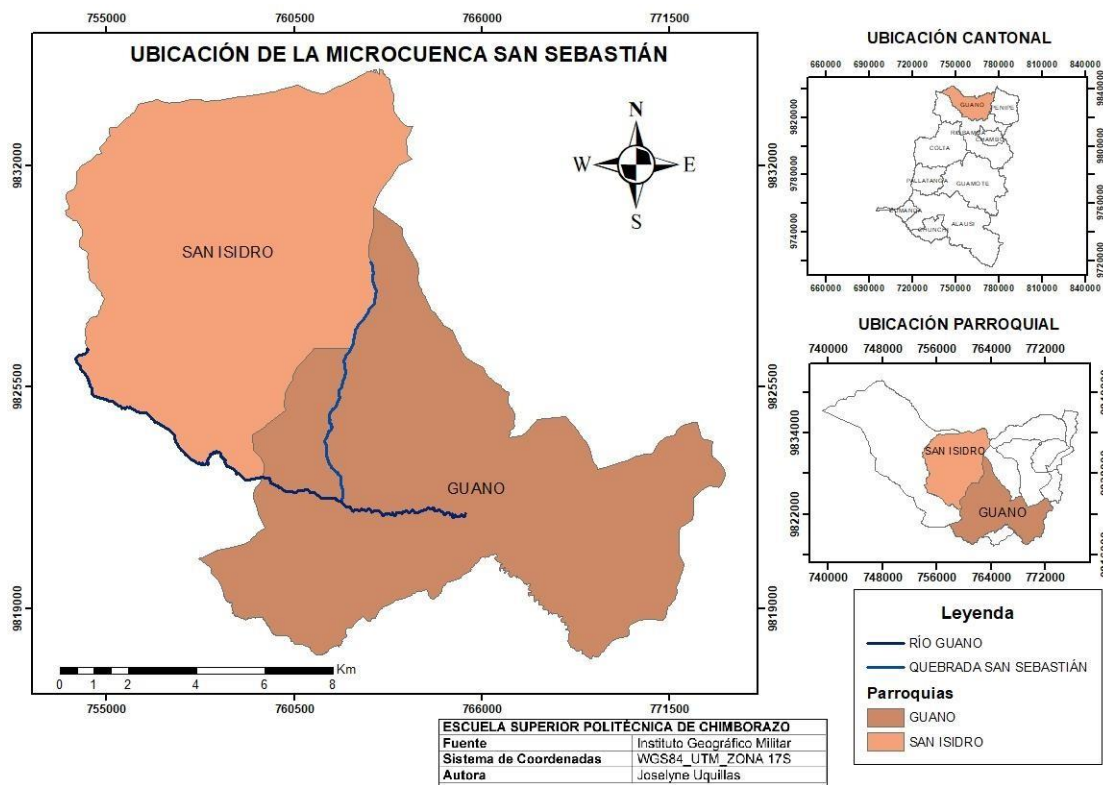


Ilustración 3-1: Mapa de ubicación geográfica de la Microcuenca San Sebastián.

Realizado por: Uquillas, Joselyne, 2023.

3.2. Enfoque de investigación

La presente investigación tiene un enfoque de estudio mixto (cuantitativo y cualitativo), ya que, en el cuantitativo se basa en la recopilación y análisis de datos numéricos, mientras que en el cualitativo se centra en comprender el significado y análisis de contenido.

3.3. Diseño de investigación

El diseño de investigación utilizado para el desarrollo de este trabajo fue el de campo, ya que se realizó la caracterización de la microcuenca San Sebastián, afluente del río Guano, del cantón Guano, provincia de Chimborazo.

El actual Trabajo de Integración Curricular es no Experimental, debido a la presencia y observación de acontecimientos y fenómenos naturales, sin la intervención o manipulación de las variables independientes que después se analizaron. Esta investigación no tiene condiciones, ni estímulos a los que se exponen los sujetos de estudio, ya que mediante este modelo se categoriza, conceptualiza, comunidades o hechos que ocurrieron sin la intervención del investigador.

Las intervenciones en el presente trabajo de campo son Transversal, debido que se analizó datos sobre el estado actual de la microcuenca San Sebastián, afluente del río Guano de una o varias variables en un periodo de tiempo. El estudio transversal es un tipo de investigación observacional, donde se seleccionará una serie de variables sobre una determinada población de muestra.

3.4. Tipo de estudio

El tipo de estudio de este trabajo fue de campo la cual consistió en la caracterización de la microcuenca San Sebastián afluente del río Guano, del cantón Guano, provincia de Chimborazo.

3.5. Técnicas e instrumentos de investigación

Para el presente trabajo de integración curricular se utilizó los diferentes softwares para la ejecución de esta investigación y equipos que fueron necesarios para obtener los resultados de este trabajo.

Tabla 3-1: Materiales y equipos utilizados en la metodología.

Materiales	Equipos
Libreta de apuntes	Computadora, celular
Lápiz	GPS Status
Mapas de inundaciones de Guano	Impresora
	Cámara
	Software ArcGis, QGis y HEC-HMS

Realizado por: Uquillas, Joselyne, 2023.

3.6. Metodología Aplicada

3.6.1. Delimitación de la microcuenca San Sebastián.

Para el cumplimiento del primer objetivo la delimitación de la microcuenca San Sebastián, se recopiló información secundaria y de la salida de campo, donde se realizó la selección del área de estudio.

A través del software ArcGis 10.5, se procesó el shapefile de curvas de nivel y ríos descargados de la página web del Instituto Geográfico Militar (IGM) (<https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/descargas/cartografia-de-libre-acceso/registro/>) con Datum WGS 1984 UTM_ZONA 17S, de esta información se generó el Modelo de Elevación Digital (MDE) de 30m de resolución espacial.

Mediante la extensión ArcSwat, se delimitó la microcuenca del río San Sebastián, a partir del MDE generado en el paso anterior. Como subproductos se obtuvo los ráster de dirección de flujo, acumulación de flujo y red de drenaje.

El ArcSwat es aquella herramienta que predice el impacto de las prácticas de manejo del suelo en la generación de agua, sedimentos y producción de sustancias agrícolas en cuencas hidrográficas, permitiendo conocer la dinámica hídrica de estas bajo diversos escenarios actuales y futuros.

Las ventajas y desventajas de utilizar esta herramienta es que cuenta con documentación detallada para su funcionamiento, trabaja con una interfaz gráfica de ArcGis, haciendo más fácil su manejo y visualización de la información; las desventajas del ArcSwat hay que descargarla ya que es una extensión del Swat, la falta de información puede generar restricciones en el análisis de los resultados obtenidos en el modelo, además las suposiciones de datos de entrada en el modelo pueden generar errores en los resultados de las predicciones.

Toda la información generada automáticamente fue corroborada a campo.

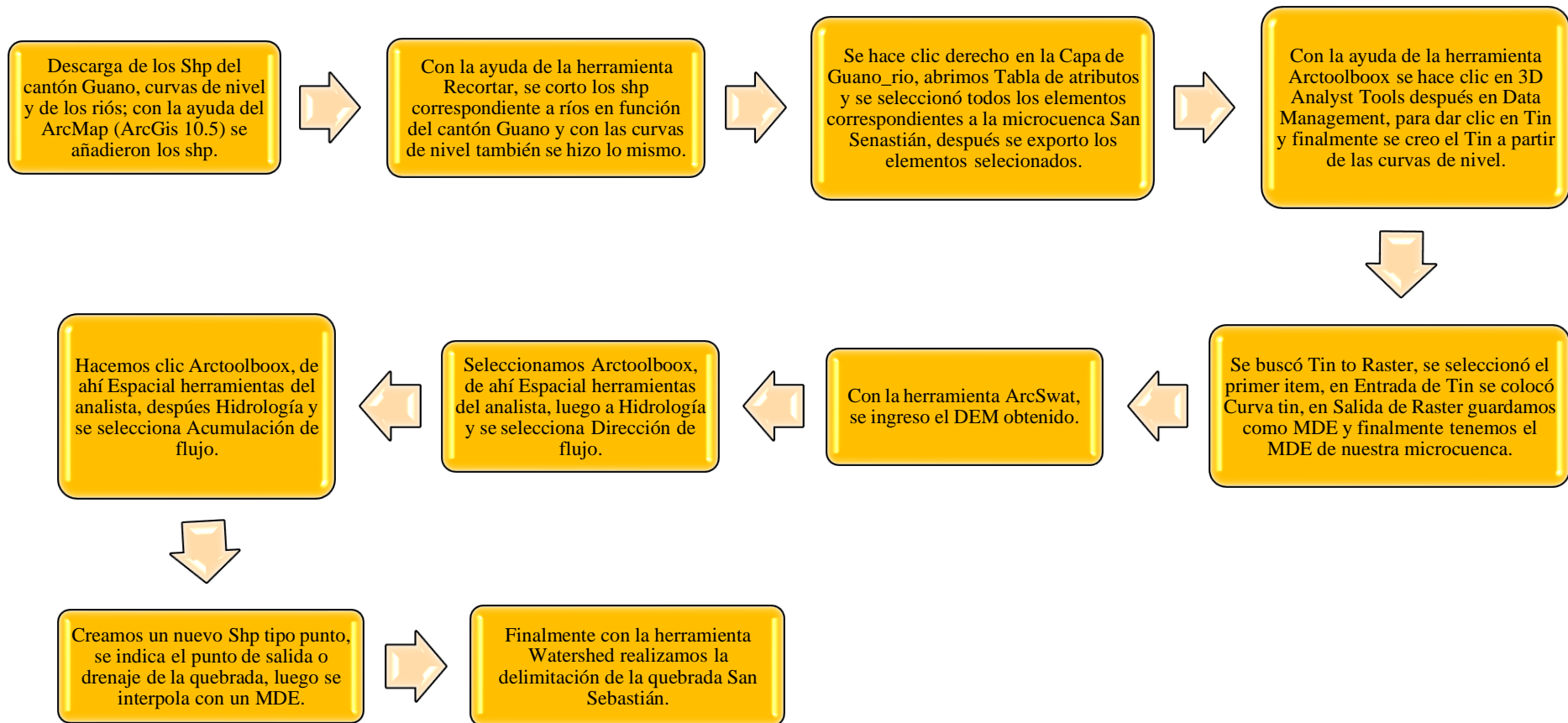


Ilustración 3-2: Diagrama de procesos para la delimitación de la microcuenca San Sebastián.

Realizado por: Uquillas, Joselyne, 2023.

3.6.2. Descripción morfométrica.

Para determinar los parámetros morfométricos de la microcuenca San Sebastián, se realizó la recopilación y análisis de la información secundaria obtenida, con el modelo de elevación digital (MDE), así también para obtener la unidad hidrográfica definida, se contó con la ayuda del ArcGis 10.5 y las hojas de cálculo (Excel), para conocer los parámetros morfométricos.

3.6.2.1. Parámetros de Forma

a) Área de la cuenca: se le representa con la letra (A), es aquella superficie en proyección horizontal, que se encuentra delimitada por la divisoria de aguas, siendo definida por la línea imaginaria formada por los puntos de nivel topográfico más alto, que separa una determinada área de una superficie más extensa (Verdugo Cardenas, 2017, pág.11).

Tabla 3-2: Clasificación propuesta para el tamaño de las cuencas

Tamaño de la cuenca (km ²)	Descripción
< 25	Muy pequeña
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia-Pequeña
500 a 2500	Intermedia-Grande
2500 a 5000	Grande
> 5000	Muy grande

Fuente: Jiménez, Materón, 1986

Realizado por: Reyes et al., 2014

b) Perímetro de la cuenca: es aquel que se calcula a partir de la medición de la longitud de la línea divisoria de aguas de la cuenca hidrográfica (Corradine, 2017, pág.6).

c) Longitud de la cuenca: la longitud se define como la distancia horizontal desde la desembocadura o estación de aforo, hasta otro punto aguas arriba donde la tendencia general del río principal corta la línea principal de contorno de la cuenca, expresándola así en kilómetros (Brieva, 2018, pág. 21)

d) Ancho de la cuenca: se le define como la relación entre el área y la longitud de la cuenca. Su fórmula es:

Ecuación 4

$$B = \frac{A}{L}$$

Donde:

B: ancho de la cuenca (adimensional)

L: longitud de la cuenca (km)

A: área de la cuenca (km²)

a) Coeficiente de Gravelius: también conocido como el índice de compacidad, es aquel que compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, donde su círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en estudio, es la razón entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de esa circunferencia (Brieva, 2018, pág. 21). Su fórmula es:

Ecuación 5

$$I_c = \frac{P}{P_0} = \frac{P}{2 * \sqrt{\pi * A}} = 0,282 \left(\frac{P}{\sqrt{A}} \right)$$

Donde:

Ic: índice de Gravelius (adimensional)

P: perímetro de la cuenca (km)

A: área de la cuenca (km²)

Tabla 3-3: Clasificación del coeficiente de Compacidad

Ic	Clasificación	Interpretación
1 a 1,25	Casi redonda a oval-redonda	Alta tendencia a inundaciones
1,25 a 1,5	Oval redonda a oval-alargada	Mediana tendencia a inundaciones
1,5 a 1,75	Oval alargada a alargada	Baja tendencia a inundaciones
> 1,75	Alargada	Cuencas propensas a la conservación

Fuente: Villela e Matos, 1975

Realizado por: Cerignoni & Rodrigues, 2015, pág. 23

b) Factor de forma: fue definido por Horton, donde la relación entre el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca, siendo este factor de formar adimensional (Brieva, 2018 pág. 21). Su fórmula es:

Ecuación 6

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

K_f : factor de forma de la cuenca (adimensional)

L: longitud de la cuenca (km)

A: área de la cuenca (km²)

Tabla 3-4: Relación forma Horton

Valores aproximados	Forma de la cuenca
< 0,22	Muy alargada
0,22 a 0,30	Alargada
0,30 a 0,37	Ligeramente alargada
0,37 a 0,45	Ni alargada, ni achatada
0,45 a 0,60	Ligeramente achatada
0,60 a 0,80	Achatada
0,80 a 1,20	Muy achatada
> 1,20	Rodeando el desagüe

Fuente: Strahler, 1957

Realizado por: Brieva, Carlos, 2018 pág. 22

c) Relación de elongación: es aquella relación entre el diámetro de un círculo (D) de área igual a la cuenca y la longitud de la cuenca (L). Para los valores de R_e inferiores a 1, implicará formas alargadas, pero si los valores próximos a 1 determinaran a una cuenca con una forma redonda (Zhicay, 2020 pág. 25).

Sus fórmulas son:

Ecuación 7

$$R_e = 1,1284 * \frac{\sqrt{A}}{L}$$

Donde:

R_e : relación de elongación de la cuenca (adimensional)

A: área de la cuenca (km²)

L: longitud de la cuenca (km)

d) Relación de circularidad: conocido también como radio de circularidad, siendo el cociente entre el área de la cuenca (A) y la del círculo cuyo perímetro (P) es igual. Su fórmula es:

Ecuación 8

$$R_{ci} = \frac{4\pi A}{P^2}$$

Donde:

R_{ci} : relación de circularidad de la cuenca (adimensional)

A: área de la cuenca (km²)

P: perímetro de la cuenca (km)

e) Índice de alargamiento: fue propuesto por Horton, este índice relaciona la longitud de la cuenca con su ancho que es perpendicular a la dimensión anterior, siendo este índice adimensional (Zhicay, 2020, pág. 24).

Ecuación 9

$$I_a = \frac{L}{An}$$

Donde:

Ia: índice de alargamiento (adimensional)

An: ancho de la cuenca (km)

L: longitud de la cuenca (km)

Tabla 3-5: Clasificación del índice de alargamiento

Rangos de Ia	Clases de alargamiento
0 a 1,4	Poco alargada
1,5 a 2,8	Moderadamente alargada
> 2,90	Muy alargada

Fuente: Cañibano et al, 2016

Realizado por: Zhicay, Jairo, 2020 pág. 24

3.6.2.2. Parámetros de Relieve

a) Pendiente de la cuenca: la pendiente es la variación de la inclinación de la cuenca, este parámetro es importante para definir el comportamiento de la cuenca hidrográfica respecto al desplazamiento de las capas de suelo, debido a que, en zonas de altas pendientes, se presentan con mayor frecuencia los problemas de erosión mientras que en regiones planas aparecen principalmente los problemas de drenaje y sedimentación (Consortio, 2018, pág. 51).

Tabla 3-6: Clasificación de las cuencas de acuerdo con la pendiente según la FAO

Pendiente media (%)	Tipo de relieve
0 a 0,2	Plano
0,2 a 0.5	Nivel
0,5 a 1,0	Cercano al nivel
1,0 a 2,0	Muy ligeramente inclinado
2 a 5	Ligeramente inclinado
5 a 10	Inclinado
10 a 15	Fuertemente inclinado
15 a 30	Moderadamente escarpado
30 a 60	Escarpado
> 60	Muy escarpado

Fuente: FAO, 2009 P. 12

b) Curva hipsométrica: es aquella representación gráfica de la variación de altitud que se presenta en una cuenca y se obtiene a partir de un plano topográfico, tomando los valores del área en porcentaje que están por debajo de una determinada altura (Zhicay, 2020 pág. 26).

En las cuencas hidrográficas se pueden presentar diferentes curvas hipsométricas debido a su evolución (edad del río), que permite definir características fisiográficas que son:

- Cuencas con ríos jóvenes: estos presentan gran potencial erosivo,
- Cuencas con ríos maduros: aquí se encuentran los ríos en estado de equilibrio,
- Cuencas con ríos viejos: son aquellos sedimentarios (Aguilar, et al., 2018 pág. 77).

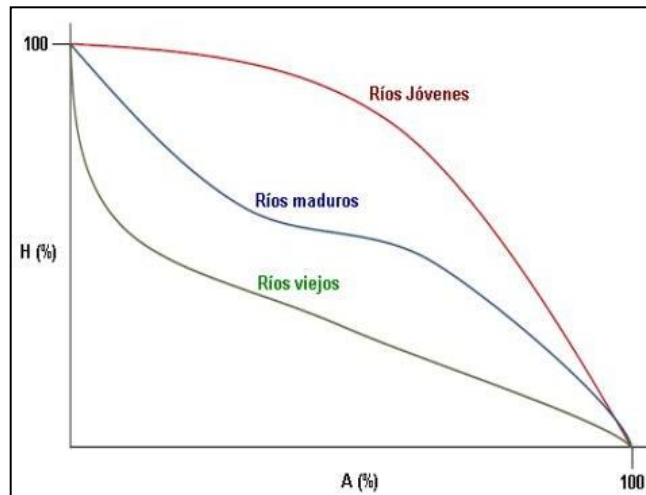


Ilustración 3-3: Tipo de curva hipsométrica

Fuente: Aguilar y Naranjo, 2018

Realizado por: Zhicay, Jairo, 2020 pág. 26

3.6.2.3. Parámetros de Drenaje

a) Densidad de drenaje: es aquel que permite tener un mejor conocimiento de la complejidad y desarrollo del sistema hidrográfico (Zhicay, 2020, pág. 28). Su fórmula es:

Ecuación 10

$$D_d = \frac{L_t}{A}$$

Donde:

L: longitud de las corrientes efímeras, intermitentes y perennes de la cuenca (km).

A: área de la cuenca (km²)

Tabla 3-7: Factores de densidad de drenaje de las cuencas

Densidad de drenaje	Categoría	Interpretación
< 1	Baja	Baja la escorrentía y aumenta la infiltración
1 a 2	Moderada	Tendencia media de escorrentía
2 a 3	Alta	Alta tendencia a fluir ya las inundaciones
> 3	Muy alta	Alta tendencia a la escorrentía, ya la erosión

Fuente: Cerignoni & Rodríguez, 2015

Realizado por: Zhicay, Jairo, 2020 pág. 26

b) Relación de bifurcación: se le define como la relación entre el número de los cauces de cualquier orden (Nu) y el número de cauces de orden (u) del siguiente orden superior. Su fórmula es:

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}}$$

Donde:

Rb: relación de bifurcación

Nu: número total de cauces de orden U

U: número de orden de cauce

c) Orden de la red hídrica: aquí nos indica el grado de ramificación de la cuenca, donde se maneja el orden de las corrientes. Mientras mayor sea el número de orden, mayor es el potencial erosivo, mayor el transporte de sedimentos y por ende mayor también la esorrentía directa que otra cuenca de igual área, se puede determinar que cuanto más alto es el orden de la cuenca mayor es su grado de desarrollo fluvial (Demetrio, 2016; citado en Zhicay, 2020, pág. 29).

Tabla 3-8: Tipo de orden de corriente

Rangos de órdenes	Tipo
1 a 2	Bajo
2,1 a 4	Medio
4,1 a 6	Alto

Fuente: Rizo et al., 2011

Realizado por: Zhicay, Jairo, 2020 pág. 30

d) Tiempo de concentración: se lo define como el tiempo mínimo necesario para que todo el sistema se encuentre aportando agua de esorrentía de forma simultánea al punto de salida, se encuentra determinado por el tiempo que tarda una gota de agua que cae en el punto hidrológicamente más lejano de la cuenca hasta que llegue al punto de cierre de esta (Zhicay, 2020 pág. 30).

Para calcular el tiempo de concentración de la cuenca, existen varias ecuaciones que nos permiten determinarlo, la fórmula utilizada para su cálculo fue la de Kiripich:

$$T_c = 0,06628 \left(\frac{L}{S^{0,5}} \right)^{0,77}$$

Donde:

T_c: tiempo de concentración de la cuenca (horas)

L: longitud del cauce principal (km)

S: pendiente entre las elevaciones máximas y mínimas (pendiente total) del cauce principal de la cuenca (m/m).

3.6.3. Caracterización de la microcuenca San Sebastián a partir de la información biofísica.

Para realizar la caracterización de la microcuenca San Sebastián, se empleó el software ArcGis, a partir de los Shapefile de Cobertura y uso de suelo, como también de Taxonomía de suelos, obtenidos de la página web del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE).

Del proceso anterior se generó los Shapefile de Taxonomía donde se caracterizó los tipos de suelo que se encuentran en la zona de estudio (inceptisol y entisol) y el de cobertura y uso de suelo se hizo el mismo procedimiento y se determinó: el área poblada, páramo, mosaico agropecuario, plantación forestal; después se une los dos mapas para sacar el mapa de Grupo hidrológico.

Luego de a ver elaborado el mapa del grupo hidrológico, dándole clic derecho en abrir tabla de atributos se crea un nuevo campo para colorar el valor del Número de curva (NC) y finalmente se realizó el mapa del número de curva.

Mediante visitas de campo se definió y corroboró las principales coberturas y uso de suelo, así como su descripción geomorfológica del área de estudio donde se observa la distribución geográfica de los grupos de suelo y sus características a nivel de horizontes, son negros que se identifican por ser húmedos y oscuros, teniendo suelos inceptisoles y entisoles; con relieves montañosos; finalmente tienen pendientes fuertes (>40 a 90%) teniendo así problemas de erosión y deslizamientos más frecuentes.

Con la ayuda del software QGIS, a través de la herramienta Abrir tabla de atributos, se creó un Campo nuevo, agregando así los campos respectivos de Número de Curva, Coeficiente de escurrimiento y el Coeficiente de infiltración para la obtención del valor correspondiente, utilizando las Ecuaciones 1, 2 y 3; luego se generó los diferentes mapas, haciendo clic derecho nos vamos a Propiedades, nos salió una nueva ventana, nos dirigimos a Categorizado, en Valor seleccionamos los diferentes campos (NC, Q y S).

La zonificación del riesgo de erosión se obtuvo mediante el cruzamiento de los mapas de Número de Curva y el de Pendientes, previamente elaborados, una vez obtenido el mapa, se identificarán las diferentes clases de riesgos de erosión aplicando la Tabla 15-3. Siendo para MB: muy bajo, B: bajo, M: medio, A: alto, MA: muy alto (Gaspari, et al., 2013 pág. 133).

Tabla 3-9: Riesgo de Erosión en clases según rangos de NC y rangos de pendiente

		Rango Número de Curva (NC)		
		<60	60-80	>80
Pendiente (%)	0-3	MB	MB	B
	3-12	MB	B	M
	12-18	B	M	M
	18-24	M	A	MA
	24-30	A	A	MA
	>30	MA	MA	MA

Realizado por: Gaspari, et al., 2013 pág. 133

3.6.3.1. Cálculo del escurrimiento superficial.

Para el cálculo del escurrimiento superficial se determinó primero el número de curva lo primero que se debe tener en cuenta es la condición de humedad del suelo de los 5 días antes del evento, ya que con la ayuda de la Tabla de atributos del ArcGis, con la herramienta Add field, se agregó el campo respectivo para la obtención del valor del número de curva y el área, luego se realizó la multiplicación correspondiente entre el área y el número de curva, donde se utilizó la correspondiente fórmula para la obtención del valor de NC medio ponderado:

Ecuación 13

$$NC_p = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n A_i NC_i$$

Donde:

A: área total de la cuenca (9,292 Km²)

A_i: área del polígono correspondiente al NC_i

NC_i: número de curva del polígono

n: número de polígonos de diferentes NC

$$\sum_{i=1}^n A_i NC_i = 633$$

Reemplazamos en la fórmula:

$$NC_p = \frac{1}{9,292} * 633$$

Luego de obtener el número de curva ponderado, con la ayuda del software HEC-HMS 4.3 se realizó la simulación hidrológica de la microcuenca San Sebastián, ingresando los Shapefile de Limite y de la Red hídrica, con la ayuda de las herramientas de Paired data manager, Meteorologic model manager y Control specifications manager, en cada uno de estos se fue colocando los valores correspondientes para tener una correcta simulación del área de estudio. El programa nos pidió crear tres elementos, Subbasin, Reach y Sink con sus respectivas conexiones, se colocó el Área de la microcuenca, NC, Lag time, Length, Slope, Manning's n y otros parámetros morfométricos. También se colocó el intervalo de tiempo, la precipitación desde que inicio la lluvia hasta la hora que finalizo.

CAPÍTULO IV

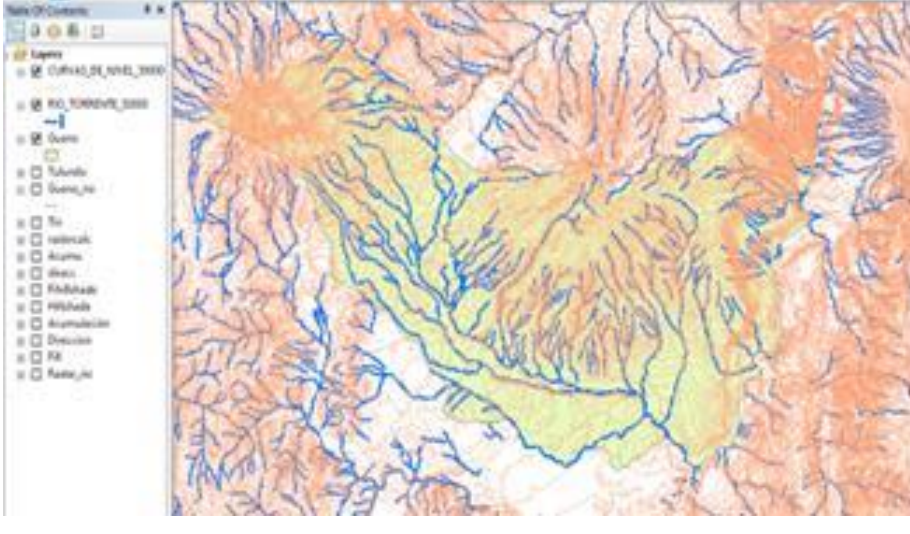
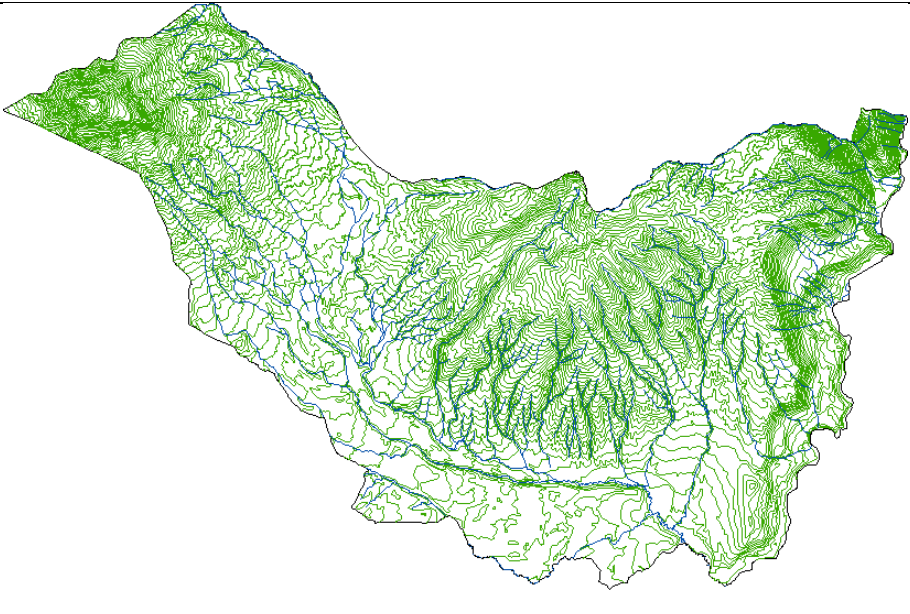
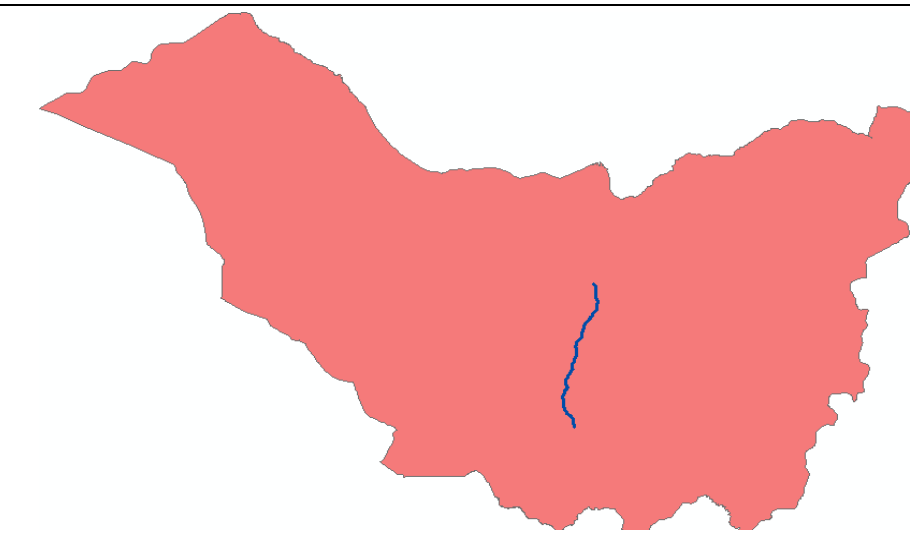
4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

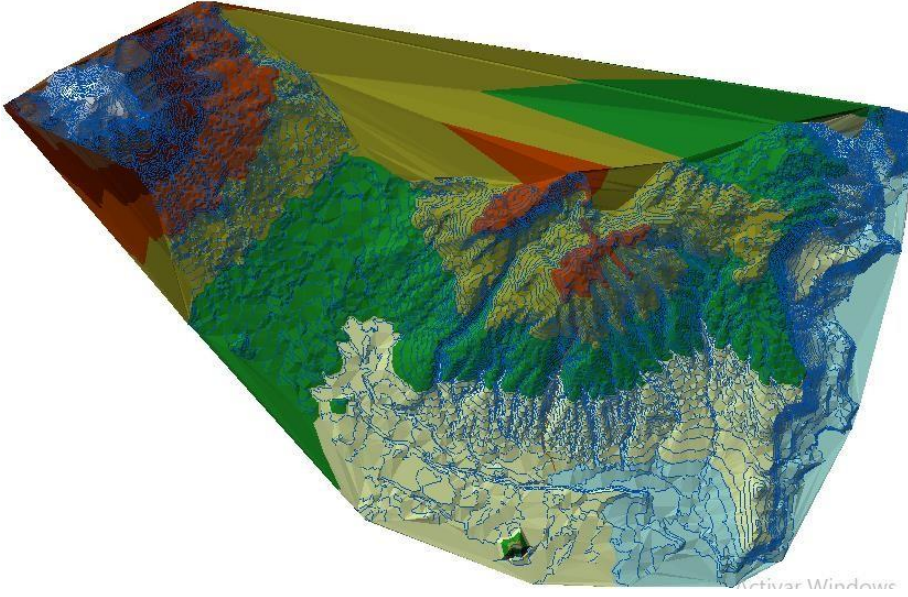

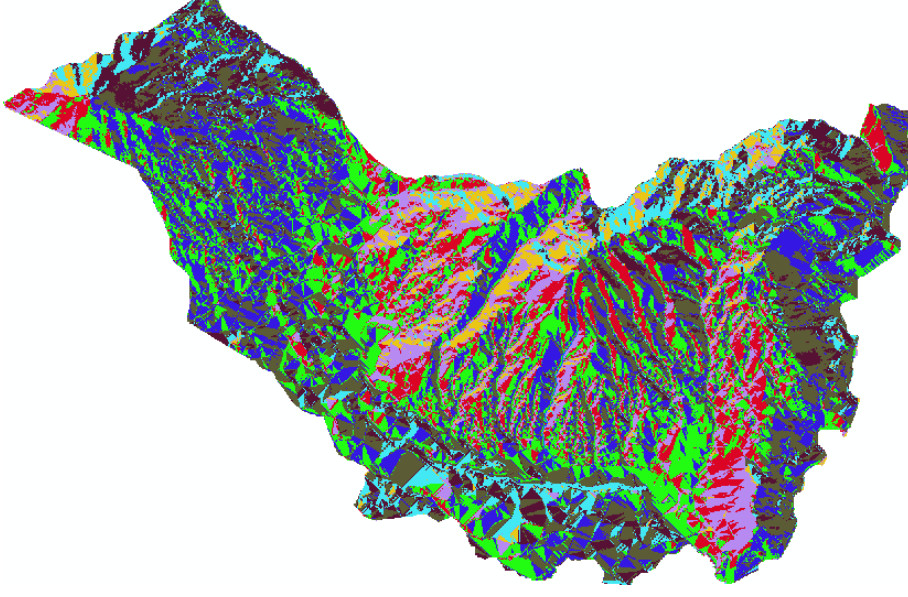
4.1. Procesamiento, análisis e interpretación de resultados

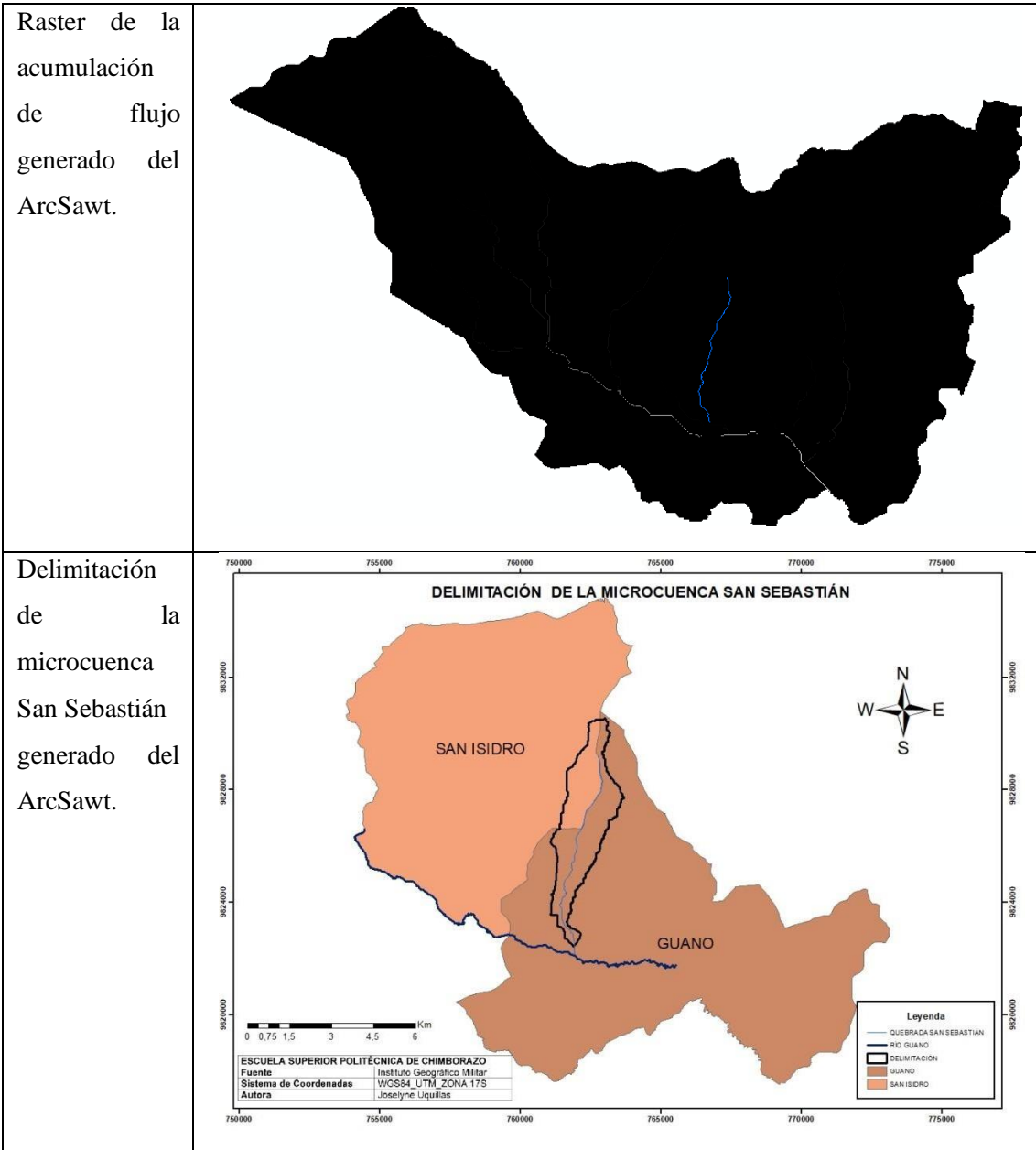
4.1.1. *Delimitación de la microcuenca San Sebastián.*

La microcuenca de la quebrada San Sebastián está localizada en el Cerro Igualata, en las parroquias Guano y San Isidro, cantón Guano, provincia de Chimborazo, tiene un área de 9,292 km², dentro de las coordenadas WGS84 -1,560876S.; -78, 642296° y es conocida como quebrada Tulundo.

Tabla 4-1: Resultados obtenidos de la delimitación de la microcuenca San Sebastián.

Resultados	
Descarga de los Shapefile del cantón Guano, curvas de nivel y ríos.	 A screenshot of a GIS software interface. On the left, there is a legend with several layers listed, including 'Rios', 'Curvas de nivel', and 'Guano'. The main map area displays a topographic map with a network of blue lines representing rivers and brown/orange contour lines representing elevation curves.
Recorte de los Shapefile.	 A map showing a watershed boundary. The boundary is outlined in green. Inside the boundary, there is a network of blue lines representing rivers and brown contour lines representing elevation curves.
Exportación de la quebrada San Sebastián.	 A map showing a watershed boundary. The boundary is filled with a solid red color. A single blue line representing a river is visible within the boundary.

<p>Tin del cantón Guano.</p>	
<p>MDE del cantón Guano.</p>	
<p>Ráster de la dirección de flujo generado del ArcSawt.</p>	



Realizado por: Uquillas, Joselyne, 2023.

4.1.2. Descripción morfométrica.

4.1.2.1. Parámetros de Forma

En la **Tabla 4-2**, se muestra los resultados de los parámetros de forma calculados para la microcuenca de la quebrada San Sebastián.

Tabla 4-2: Parámetros de forma del área de estudio

Parámetro	Resultados	Unidad
Área de la cuenca	9,292	km ²
Perímetro de la cuenca	23,737	km
Longitud de la cuenca	8,176	km
Ancho de la cuenca	1,137	km

Realizado por: Uquillas, Joselyne, 2023.

La microcuenca San Sebastián tiene un área de 9,292km², de acuerdo con la Tabla 3-2 (clasificación propuesta para el tamaño de las cuencas) establecida por Reyes et al. (2014) se considera como una microcuenca “muy pequeña”. El perímetro de la microcuenca es 23,737km, siendo importante el cálculo de éste para la obtención de los demás parámetros. La longitud de la microcuenca es de 8,176km y el ancho es de 1,137km se entiende que la microcuenca en estudio es alargada.

El coeficiente de Gravelius fue de 2,196, propio de una microcuenca deforma “alargada” siendo considerada por Gerignoni & Rodríguez (2015), como una cuenca propensa a la conservación del medio ambiente (Ver Tabla 3-3). El factor de forma de la microcuenca es de 0,139 afirmando así que es “muy alargada” según la clasificación de Strahler (Ver Tabla 3-4). El valor calculado de la relación de elongación de la microcuenca es de 0,532 teniendo así un valor inferior a 1 se determinó que el área de estudio tiene una forma “alargada”. La relación de circularidad es de 0,207 y finalmente el índice de alargamiento es de 3,634 se determinó según Cañibano et al., (2016) su clasificación en general tiende a caracterizar a la microcuenca como “muy alargada” (Ver Tabla 3-5), en la siguiente **Tabla 4-3** se presenta un resumen de los resultados obtenidos del área de estudio.

Tabla 4-3: Parámetros de forma de la microcuenca San Sebastián

Parámetro	Resultados	Unidad	Clasificación
Factor de forma	0,139	Adimensional	Muy alargada
Coeficiente de Gravelius	2,196	Adimensional	Alargada
Relación de elongación	0.532	Adimensional	Alargada
Relación de circularidad	0,207	Adimensional	
Índice de alargamiento	3,634	Adimensional	Muy alargada

Realizado por: Uquillas, Joselyne, 2023.

4.1.2.2. Parámetros de Relieve

La pendiente media de la microcuenca es de 0,025%, la pendiente media del cauce principal es de 17,013% de tipo “moderada” con respecto a los rangos de la pendiente media para un cauce.

Tabla 4-4: Resumen de parámetros de relieve de la microcuenca San Sebastián

Parámetro	Resultados	Unidad	Clasificación
Pendiente media de la microcuenca	0,025	%	Plano
Pendiente media del cauce principal	17,013	%	Moderada

Realizado por: Uquillas, Joselyne, 2023.

La curva hipsométrica de la microcuenca San Sebastián se puede observar en la **Ilustración 4-5**, comparando con las curvas propuesta por Strahler (Ver Ilustración 3-3) según Aguilar, et al. (2018 p.77) esta curva es característica de una cuenca que representa a un río maduro, encontrándose así en una etapa intermedia, considerando que es una microcuenca en estado de equilibrio representando una actividad erosiva media.

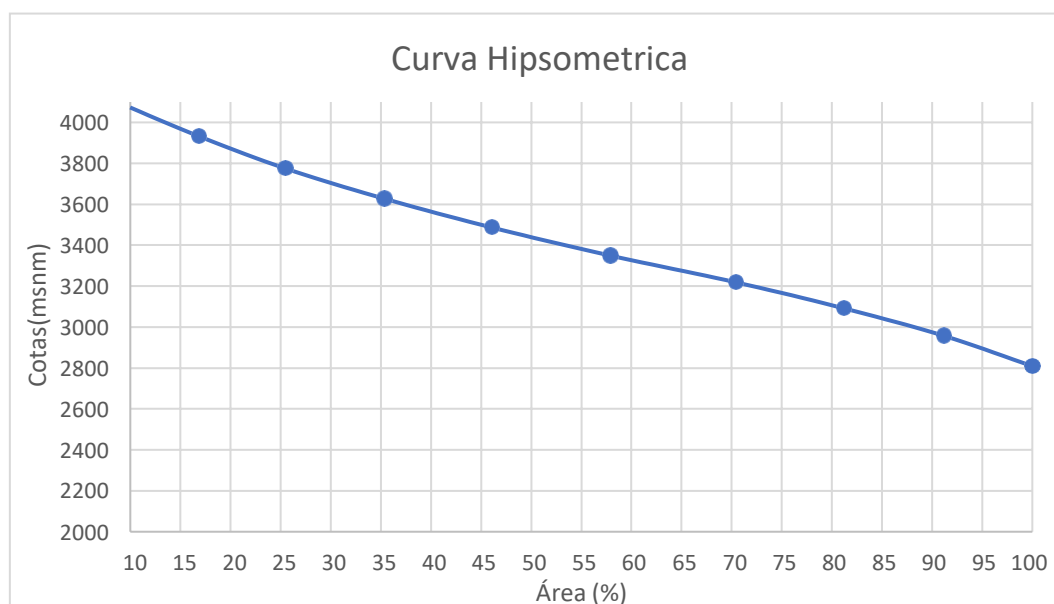


Ilustración 4-1: Curva hipsométrica de la microcuenca San Sebastián

Realizado por: Uquillas, Joselyne, 2023.

4.1.2.3. Parámetros de Drenaje

La microcuenca San Sebastián tiene una densidad de drenaje de 0,879 km de río por km², cuyo valor se encuentra en la categoría “baja”, indicando así que tiene una baja escorrentía y aumenta la infiltración como se puede ver en la Tabla 3-7 presentada por Cerignoni & Rodriguez (2015). El valor de la relación de bifurcación es de 0,667 siendo un valor adimensional.

Tabla 4-5: Resumen de los parámetros de drenaje de la microcuenca San Sebastián

Parámetros	Resultados	Unidad	Clasificación
Densidad de drenaje	0,879	km/km ²	Baja
Relación de bifurcación	0,667	Adimensional	
Orden de la red hídrica	2	Adimensional	Bajo
Tiempo de concentración	1,272	Horas	Moderado

Realizado por: Uquillas, Joselyne, 2023.

La estructura de la red hídrica para la microcuenca es de orden “2” **Ilustración 4-2**, lo cual, con respecto a la clasificación del tipo de corriente se determina un grado de bifurcación “baja” (Ver Tabla 3-8), según Demetrio (2016); citado en Zhicay (2020, p. 29) indica que al existir un menor grado de corriente la estructura de la cuenca será menos definida y menor será la red. Finalmente, el tiempo de concentración estimado por la fórmula de Kiripich se obtiene un valor de 1,272 horas (76,32 minutos), según Baldeon (2016) este tiempo es “moderado”, ya que corresponde al lapso entre el final de la lluvia y el momento en que concluye el escurrimiento superficial de la microcuenca.

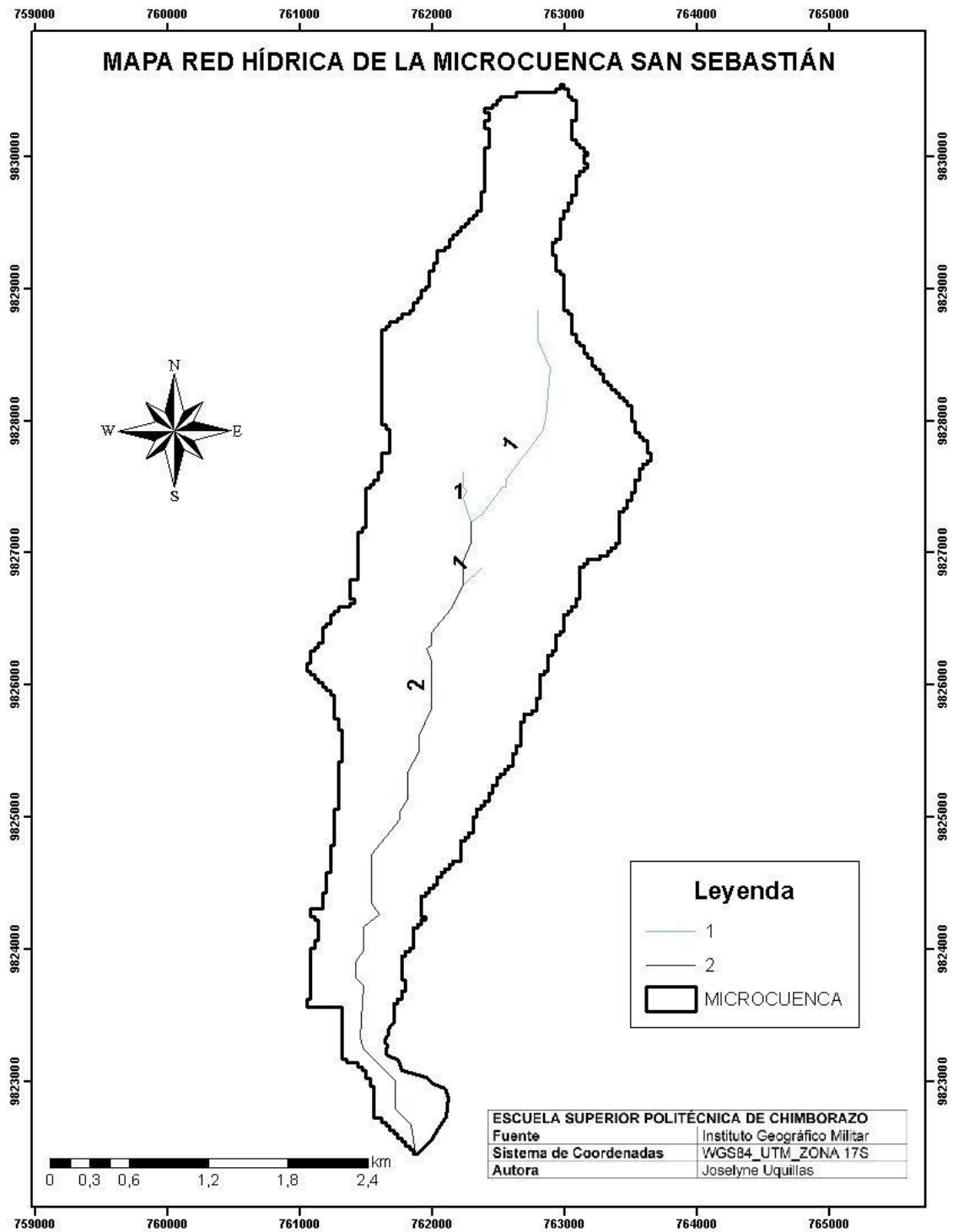


Ilustración 4-2: Clasificación de corrientes por orden (Strahler).

Realizado por: Uquillas, Joselyne, 2023.

4.1.3. Caracterización de la microcuenca San Sebastián a partir de la información biofísica.

A partir de la metodología utilizada se obtuvo el mapa de Cobertura y uso de suelo de la microcuenca San Sebastián (**Ilustración 4-3**), con la ayuda del ArcGis 10.5, en la zona alta del área de estudio se encuentra el páramo con un porcentaje de 5,8%, teniendo como características suelos negros que se identifican por ser húmedos y oscuros; en la parte media se observó un mosaico agropecuario con un área de 38%, plantación forestal posee un valor de 5,2% y vegetación arbustiva tiene un porcentaje de 11,3%, teniendo como particularidad fertilidad muy variable, sus suelos son negros y turbosos; en la parte baja de la zona de estudio se vio un mosaico agropecuario con un área de 38% y en la zona poblada tiene 1,3%, teniendo suelos fértiles para cultivos, zonas de pastoreo y expansión urbana.

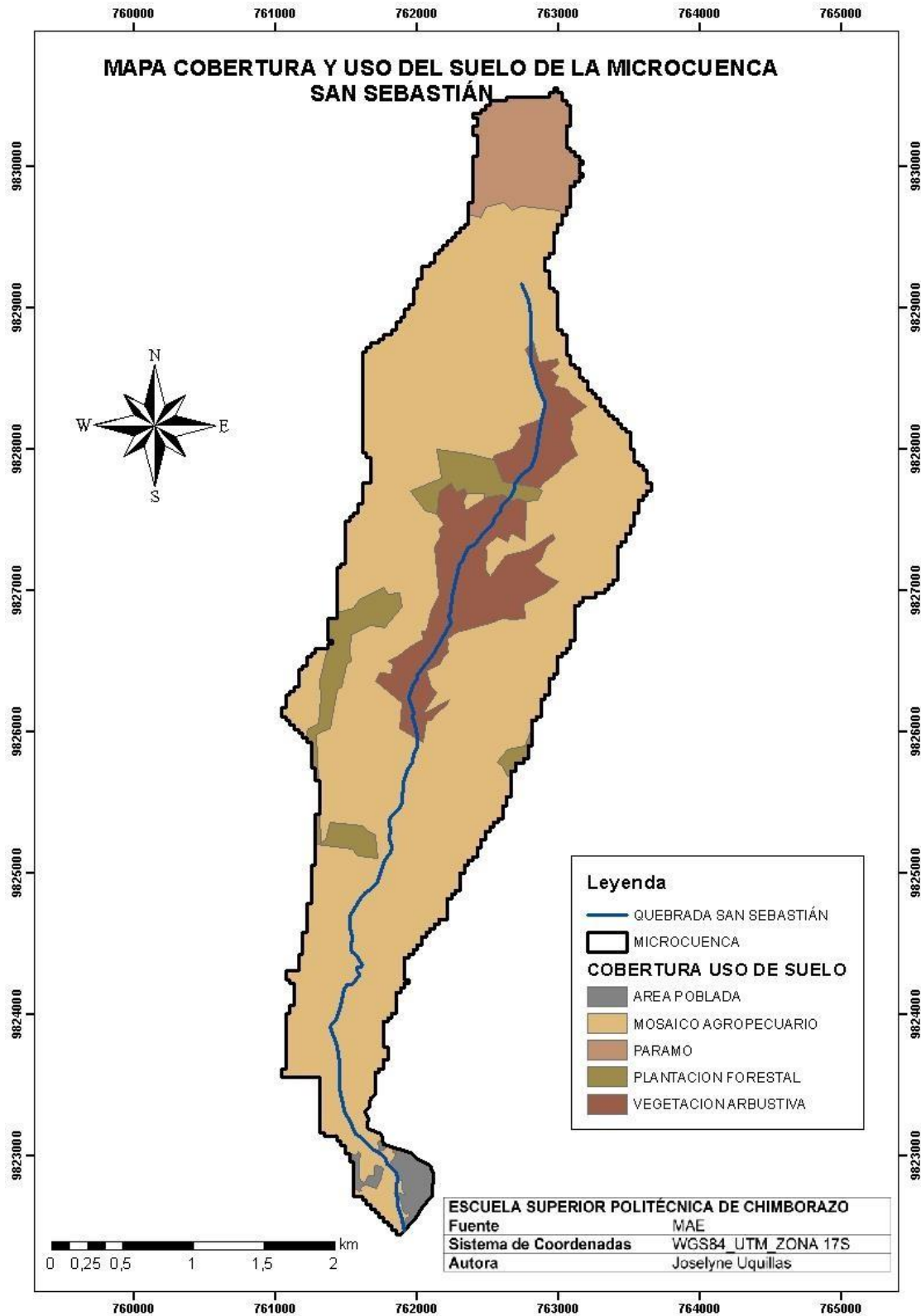


Ilustración 4-3: Mapa de la cobertura y uso del suelo

Realizado por: Uquillas, Joselyne, 2023.

En la parte alta de la microcuenca San Sebastián (**Ilustración 4-4**) se pudo observar que el uso del suelo cuenta con una variación de cultivos como plantaciones forestales y vegetación arbustiva, debido a que es una zona altamente húmeda y los pobladores tienen mayor uso del suelo y acceso al recurso hídrico del páramo en esta parte, ya que no hay influencia de urbanización, según Carrasco Ronquillo, et al. (2016 p. 11) dice que los suelos de los páramos tienen como función retener el agua, es un almacén de carbono, siendo un potencial de productividad agrícola de forma sostenible y sustentable.



Ilustración 4-4: Zona alta de la microcuenca San Sebastián.

Realizado por: Uquillas, Joselyne, 2022.

En la parte media de la microcuenca San Sebastián (**Ilustración 4-5**) se observó que el uso del suelo tiene una variación de mosaico agropecuario el PDYOT (2021 p. 49) dice que en sus suelos existe una explotación intensiva, razón por la cual se cultiva gran variedad de hortalizas, maíz y frutas; plantaciones forestales y vegetación arbustiva, teniendo suelos negros, turbosos y franco-arenosos, localizando así plantas endémicas del páramo ecuatoriano.



Ilustración 4-5: Parte media de la microcuenca San Sebastián.

Realizado por: Tenorio, Britany, 2022

En la parte baja de la microcuenca San Sebastián (**Ilustración 4-6**) se identificó en las salidas de campo que es un suelo franco-arenoso, en esta parte se observó que el suelo es utilizado para el área poblada como la expansión en la construcción de viviendas incluso sobre las orillas de la quebrada, del mismo modo en mosaico agropecuario va teniendo un crecimiento en los diferentes cultivos y zonas de pastoreo, para el PDYOT (2021 p. 49) las parroquias rurales carecen de un límite urbano legal determinado con ordenanza, lo cual dificulta el control en el uso y ocupación del suelo como del recurso hídrico.



Ilustración 4-6: Expansión de la zona urbana, pastoreo y cultivo en la parte baja del área de estudio.

Realizado por: Uquillas, Joselyne, 2022.

A partir de la metodología utilizada se obtuvo el mapa de Taxonomía de la microcuenca San Sebastián (**Ilustración 4-7**), con la ayuda del ArcGis 10.5, en la zona alta y media se puede observar suelos Inceptisoles son característicos de esta zona ya que son suelos jóvenes, según el PDYOT (2021 p. 14) dice que son suelos desde mal drenados a bien drenados, con texturas arenosas a arcillosas, teniendo un pH de ligeramente ácidos a ligeramente alcalinos, con saturación de bases mayor o menor a 60%; en la parte media y baja hay suelos Entisoles, suelen aparecer en zonas con aluviones, tienen un desarrollo muy corto o muy lento, su relieve es montañoso.

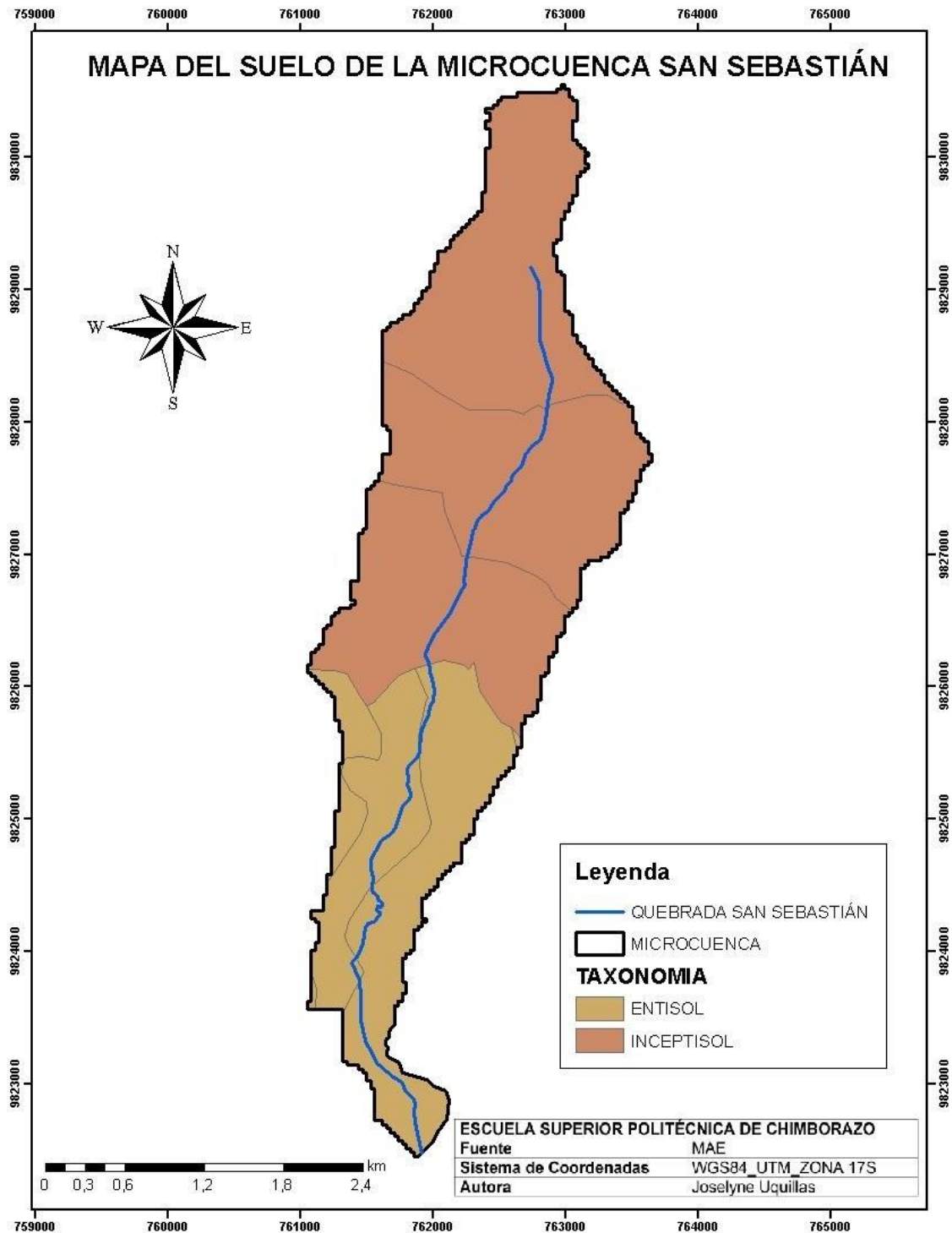


Ilustración 4-7: Mapa de taxonomía de la microcuenca San Sebastián

Realizado por: Uquillas, Joselyne, 2022.

De la unión del mapa de Cobertura uso de suelo y Taxonomía de la microcuenca San Sebastián salió como resultado el mapa del Grupo hidrológico (**Ilustración 4-8**) ya que tienen influencia en el escurrimiento, se observó dos tipos de grupos hidrológicos: el grupo A se encuentra en la parte media y baja de la microcuenca, tiene como características suelos arenosos, para Morales (2020 p.41) son suelos franco-arenoso (Ver Tabla 2-2), teniendo así un escurrimiento bajo, siendo muy

permeables; grupo B se visualiza en la parte alta y media del área de estudio, además son suelos franco-limoso y limoso, con capacidades de infiltración moderada.

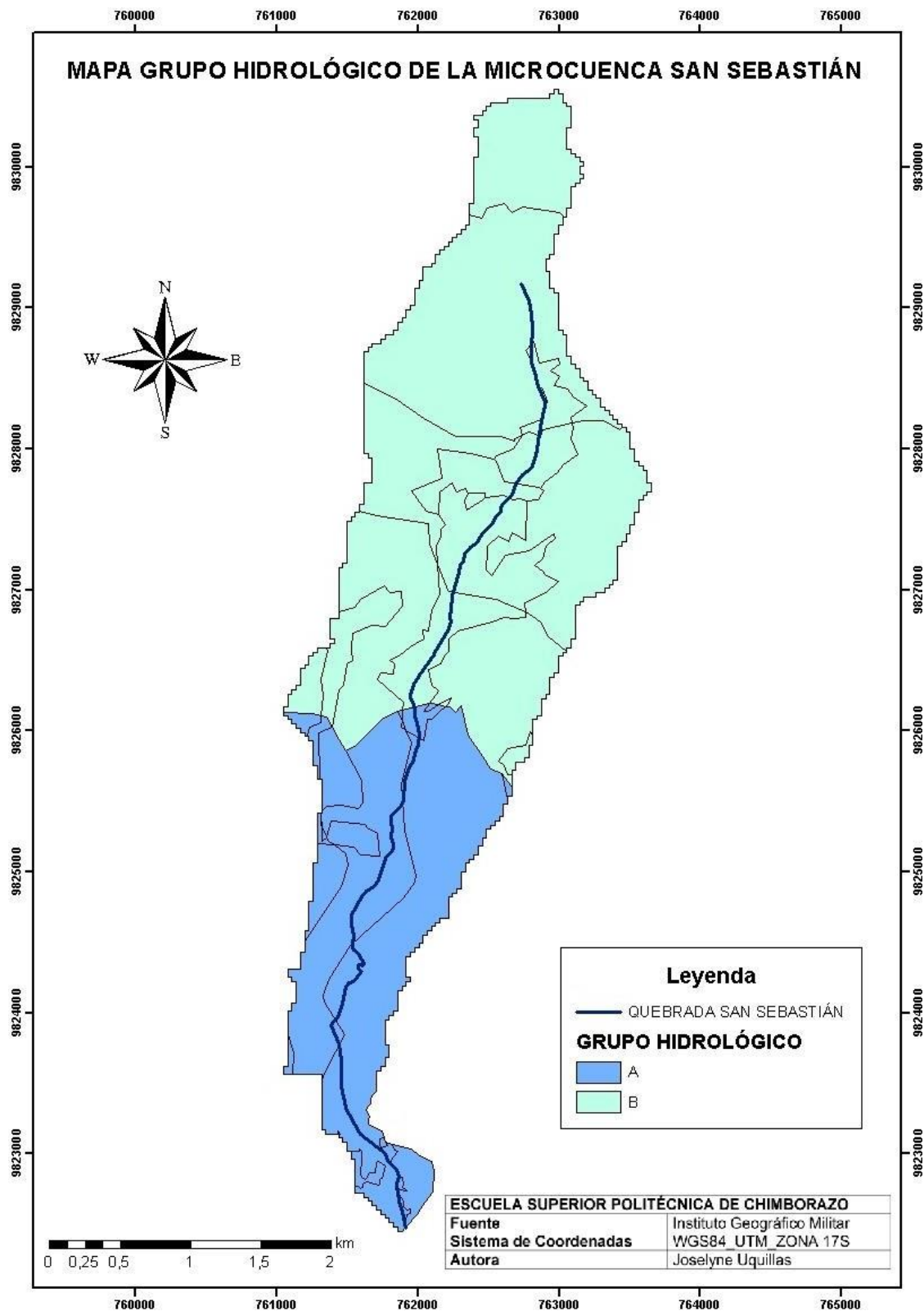


Ilustración 4-8: Mapa del Grupo hidrológico de la zona de estudio.

Realizado por: Uquillas, Joselyne, 2023.

4.1.3.1. Cálculo del escurrimiento superficial.

De la unión de los mapas Grupo hidrológico y Cobertura uso de suelo de la microcuenca San Sebastián se obtuvo el mapa de Número de curva (**Ilustración 4-9**), según para Gaspari, et al. (2013 p.72) define que existe tres condiciones básicas, considerando el contenido de humedad del suelo, denominada seca (I) si es menor a 12,5 mm, media (II) si la precipitación fue entre 12,7 a 38,1 mm y húmeda (III) con valores mayores a 38,1 mm; tomando en cuenta la condición de la humedad del suelo previo a la precipitación generada por la tormenta. Para realizar la caracterización de la microcuenca a partir de la información biofísica se obtuvo como resultado la precipitación de 5 días previos al evento teniendo un valor de 15,4 mm, siendo una condición de humedad II.

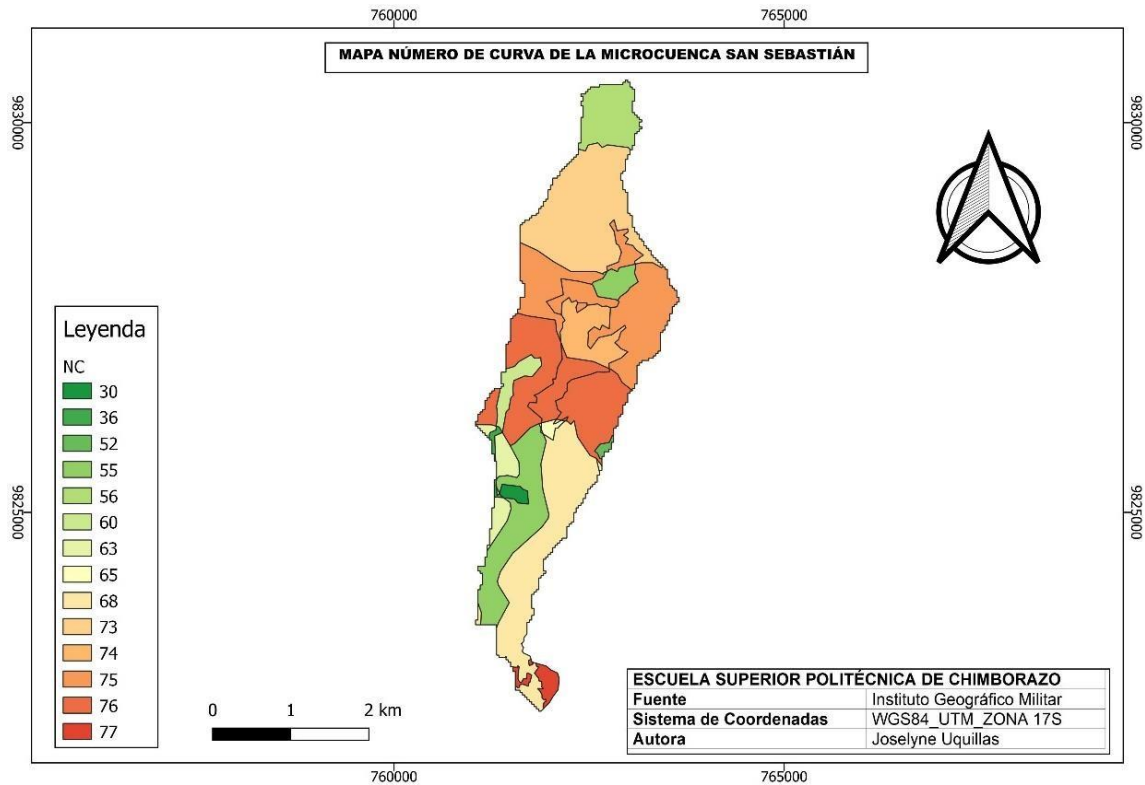


Ilustración 4-9: Mapa número de curva.

Realizado por: Uquillas, Joselyne, 2023.

En el mapa de Coeficiente de infiltración de la microcuenca San Sebastián (**Ilustración 4-10**), se determinó que en la parte alta hay mayor infiltración de 592,667 mm hasta 451,556 mm, entonces se puede decir que en esta zona existe mayor absorción del suelo, evitando que existan desbordamientos de la microcuenca; en la parte media y baja hay una infiltración de 234,462 mm hasta 207,818 mm, existiendo poca retención de agua caída en el suelo. En la parte alta, media y baja hay una media-baja infiltración de 199,571 mm hasta 119,529 mm. En la parte alta y media

existe poca infiltración de 93,945 mm hasta 80,211 mm. Finalmente en la zona baja no existe una infiltración ya que tiene un valor de 75,870 mm, determinando así que puede existir una crecida del agua, provocando nuevas inundaciones en el área de estudio.

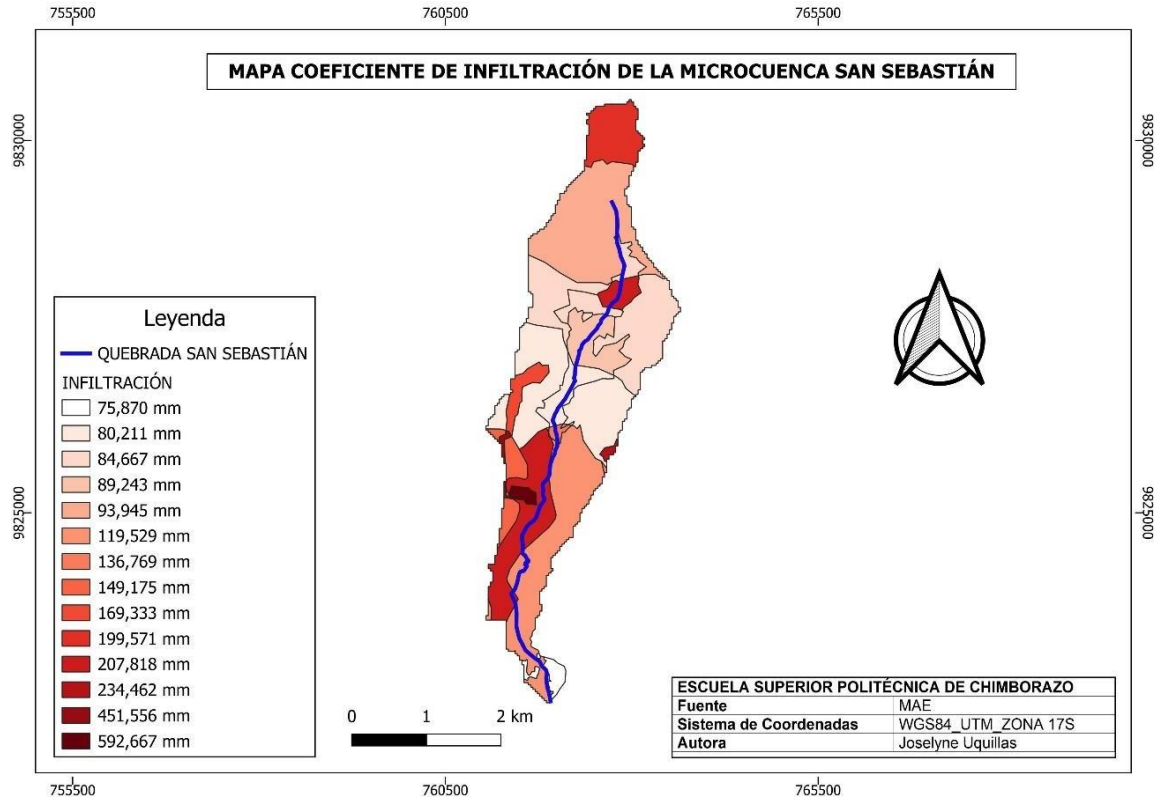


Ilustración 4-10: Coeficiente de infiltración de la microcuenca San Sebastián generado en QGIS. Realizado por: Uquillas, Joselyne, 2023.

De los resultados de QGIS, se obtuvieron los mapas de Escurrimiento y el de Riesgo de Erosión de la microcuenca San Sebastián (**Ilustraciones 4-11 y 4-12**), en la parte media-baja de la microcuenca se produce un alto escurrimiento de 25,597 mm, teniendo una mayor probabilidad a que exista un nuevo aluvión, su cobertura siendo de mosaico agropecuario, plantación forestal, con una pendiente de 17%-31% según la FAO (2009) es considerada moderadamente escarpada. Se observó en la parte alta, media y baja un valor de 18,597 mm siendo un escurrimiento medio-alto, con una apariencia a que exista un desbordamiento de la quebrada, asumiendo una cobertura de páramo, mosaico agropecuario y vegetación arbustiva, siendo considerada como pendiente moderadamente escarpada. Por otro lado, en la parte baja de la zona de estudio hay valores de 7,955 mm a 4,863 mm, con poco escurrimiento y con una posibilidad media a nuevas inundaciones, tomando una cobertura de mosaico agropecuario y vegetación arbustiva, de pendiente escarpada. En la parte media-alta se ve un escurrimiento medio-bajo de 3,933 mm a 2,610 mm; además la cobertura es de mosaico agropecuario, con pendiente escarpada. En cambio,

en la parte alta de la microcuenca se ve un bajo escurrimiento de 1,542 mm hasta 1,018 mm; por otra parte, su cobertura es vegetación arbustiva siendo característica de esta zona, tiene una pendiente escarpada. Finalmente, en la parte baja del área de estudio hay poco escurrimiento de 0,864 mm; en esta zona la cobertura es el área poblada, teniendo como pendiente moderadamente escarpada.

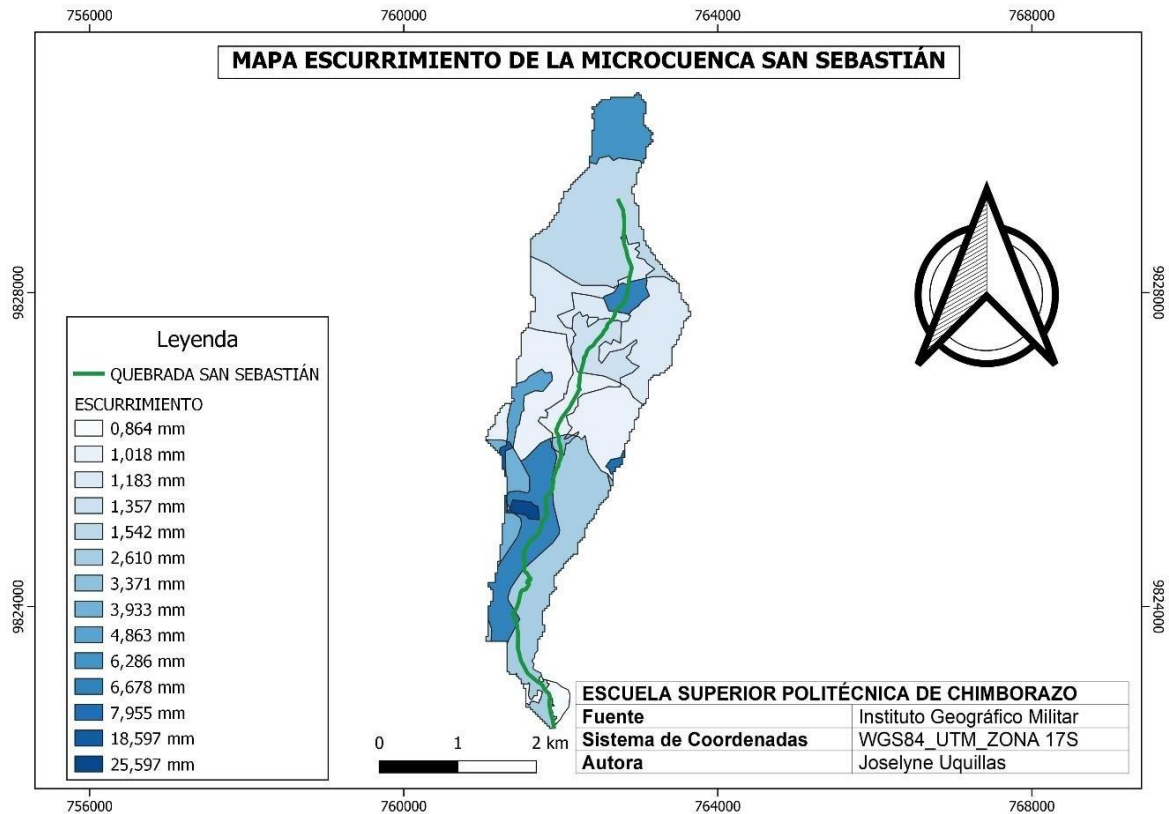


Ilustración 4-11: Mapa del escurrimiento de la microcuenca San Sebastián generado en QGIS

Realizado por: Uquillas, Joselyne, 2023.

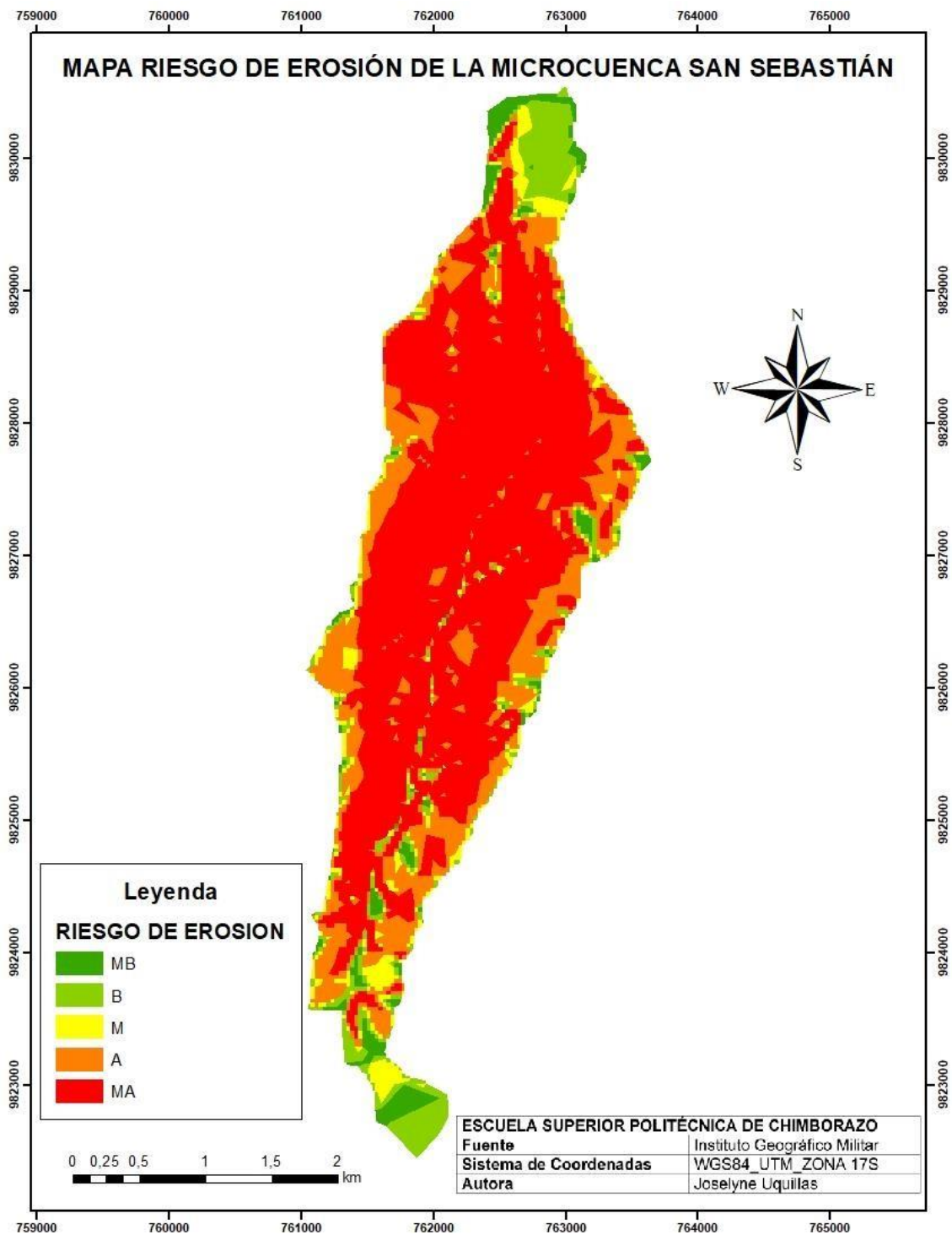


Ilustración 4-12: Mapa de riesgo de erosión hídrica superficial

Realizado por: Uquillas, Joselyne, 2023.

Los resultados obtenidos en la modelación hidrológica del HEC-HMS 4.3 (**Ilustración 4-13**), según Angulo, et al. (2018 p. 56), nos dice que tiene como utilidad la simulación hidrológica de eventos a partir de condiciones extremas producidas por las lluvias; se obtuvo la Faja pluviométrica (ANEXO G) de la Estación Meteorológica de la ESPOCH del 11 de diciembre del 2021, fecha del evento, hay que considerar la humedad antecedente de la microcuenca fue de 21,6

mm (precipitación acumula de los 10 días previos al evento). El hietograma muestra en azul la precipitación neta de la microcuenca San Sebastián, teniendo un valor de 2,5 mm, mientras que en color rojo se muestra la precipitación que infiltra durante el desarrollo del evento de precipitación, que tuvo una duración desde las 16:00 H hasta las 20:00 H de la zona de estudio, teniendo un valor de 2,25 mm, mientras que el Hidrograma de crecidas a partir de las 16:00 Horas hasta las 20:00 H su pico de descarga más alto fue de 0,3 m³/s,

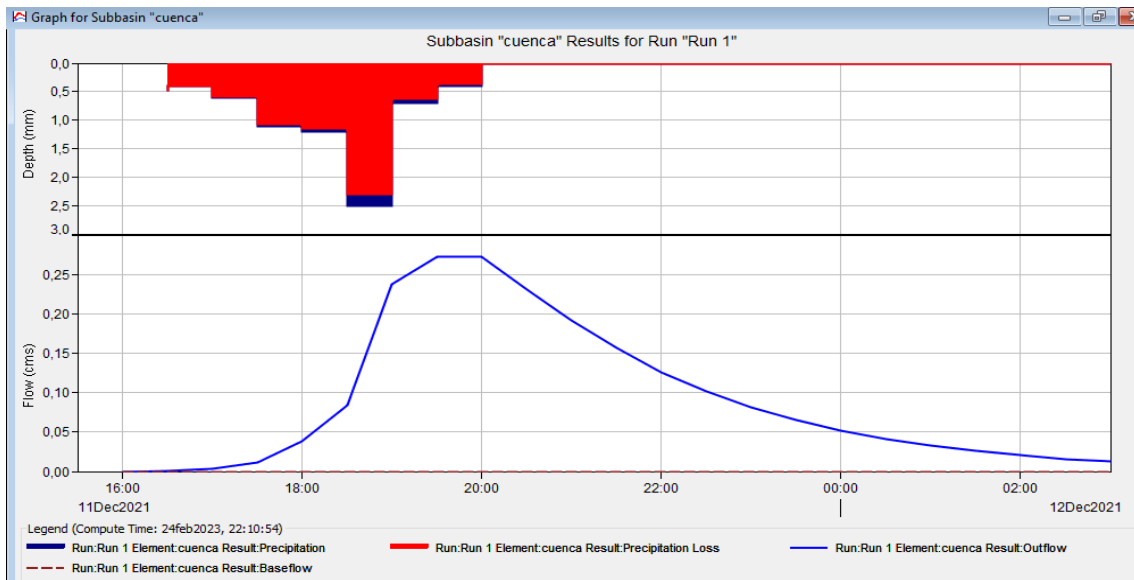


Ilustración 4-13: Hietograma e hidrograma de la microcuenca San Sebastián

Realizado por: Uquillas, Joselyne, 2023.

En la **Ilustración 4-14** nos muestra un resumen de los resultados obtenidos en la modelización, se pudo determinar que a partir de las 20:00 del 11 de diciembre del 2021, la descarga máxima fue de 0,3 m³/s; teniendo un volumen de precipitación de 7,40 mm; con un volumen de pérdida de 6,99 mm; viendo así exceso de volumen de 0,41 mm; obteniendo un volumen de escorrentía directa, de flujo base y de descarga de 0,40 mm.

Computed Results			
Peak Discharge:	0.3 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	11dic2021, 20:00
Precipitation Volume:	7.40 (MM)	Direct Runoff Volume:	0.40 (MM)
Loss Volume:	6.99 (MM)	Baseflow Volume:	0.00 (MM)
Excess Volume:	0.41 (MM)	Discharge Volume:	0.40 (MM)

Ilustración 4-14: Resumen de los resultados obtenidos del programa HEC-HMS de la microcuenca

Realizado por: Uquillas, Joselyne, 2023.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El uso de información proveniente de satélites combinado con datos reales a través de Sistemas de Información Geográfica permitió la delimitación y caracterización espacial de la microcuenca San Sebastián, llegando a las siguientes conclusiones:

A partir de la caracterización morfométrica se determinó que la microcuenca, tiene un área de 9,292 km², es de forma alargada, propensa a la conservación y baja susceptibilidad a crecidas, con un tiempo de concentración moderado debido a su baja densidad de drenaje y valores de pendiente que varía entre plana y muy escarpada. Del análisis de la curva hipsométrica se determinó que la microcuenca se encuentra en una etapa de desarrollo intermedia, caracterizándose como un río maduro, con generación de sedimentos en la parte alta que se acumula en la zona baja.

De las modelizaciones realizadas para calcular el escurrimiento de la microcuenca a partir de información biofísica, se determinó que en la parte alta de la microcuenca se ve un escurrimiento medio, con cobertura de vegetación arbustiva de pendiente escarpada. En la parte media se produce un escurrimiento alto; teniendo una cobertura de mosaico agropecuario, plantación forestal con pendiente moderadamente escarpada a escarpada. En la parte baja se genera poco escurrimiento; y existe una cobertura de mosaico agropecuario, vegetación arbustiva y área poblada, con una pendiente escarpada.

Los resultados obtenidos en la modelización con el software HEC-HMS, para las condiciones meteorológicas registradas por la estación ESPOCH, el día del desastre ambiental del 11 de diciembre de 2021, nos permitió monitorear la respuesta de la microcuenca a través del caudal de salida del afluente del río Guano, registrándose un incremento del caudal desde las 16:00 hasta las 20:00, después de este tiempo se observa una disminución en el caudal de salida; el valor máximo de 0,3 m³/s se registra a 4 horas de empezar la precipitación. Esta herramienta permite simular la respuesta de la microcuenca ante escenarios de excesiva precipitación y poder pronosticar posibles afectaciones y tiempo de respuesta de la población ante posibles desastres ambientales relacionados.

5.2. Recomendaciones

Esta investigación permite zonificar la erosión hídrica superficial, de acuerdo con el nivel de riesgo que presenta, relacionándolo con la cobertura vegetal y/o uso de suelo y la pendiente.

Se recomienda tomar de base este presente estudio para la implementación de medidas de gestión y manejo de la microcuenca, para el aprovechamiento sostenible del recurso hídrico.

Socializar los resultados de esta investigación ante las instituciones encargadas de gestionar el territorio y así prevenir nuevos desastres.

GLOSARIO

Afluente: es aquel curso de agua que desemboca en otro río más importante en donde se une en un lugar llamado confluencia, el río de menor importancia es considerado afluente ya sea por su caudal, longitud o superficie de su cuenca (Garay y Agüero 2018, pág.23).

Aluvión: es un tipo de movimiento brusco de tierra mezclada con agua, donde se caracteriza por sus flujos rápidos y violentos capaces de arrastrar rocas y otros materiales que descienden por una quebrada, microcuenca o lecho de río, a siendo así que las corrientes fluyen rápidamente por una quebrada destruyendo todo a su paso con poca advertencia (ONEMI 2021).

Caudal: es llamado así el volumen de agua que pasa por una determinada sección transversal en la unidad de tiempo, generalmente se expresan en m³/s o litros por segundo (ICC 2017, pág.15).

Ciclo Hidrológico: es aquella sucesión de fases por las que pasa el agua en su movimiento de la atmósfera a la tierra y en su retorno a la misma, siendo la evaporación del agua del suelo, mar y aguas continentales, condensación del agua en forma de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o en masas de agua (ICC 2017, pág.15).

Cuencas Hidrográficas: es aquella área fisiográfica debidamente delimitada en donde las aguas superficiales y subterráneas, vierten a una red natural mediante uno o varios cauces de caudal continuo o intermitente, que confluyen a su vez en un curso mayor que desemboca o puede llegar a desembocar en un río principal, siendo un depósito natural de agua, en un pantano o directamente en el mar (Gómez Alfredo 2020, pág.5).

Hidrometeorológica: es aquella que estudia las fases atmosférica y terrestre del ciclo hidrológico y especialmente de sus interrelaciones (IDEAM 2019, pág.143).

INAHMI: es el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, siendo la entidad técnico – científica responsable en el Ecuador de la generación y difusión de la información hidrometeorológica que sirva de sustento para la formulación y evaluación de los planes de desarrollo nacionales y locales, la realización de investigación propia o por parte de otros actores, aplicada a la vida cotidiana de los habitantes y los sectores estratégicos de la economía; apoyado en personal especializado y en una adecuada utilización de las nuevas tecnologías de la automatización, información y comunicación (INAHMI 2019).

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR AZA, Jessica Carolina; & NARANJO SANDOVAL, Lisseth Gabriela.

Elaborado de la base de información hidrometeorológico de la cuenca del río Guayas para el procesamiento con el modelo hydraccess ante inundaciones (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Central del Ecuador, Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemáticas, Ingeniería Civil. Quito-Ecuador. 2018. pp. 1-155.

2. AMSCALL. *Escurrimiento* [blog]. [Consulta: 09 de julio 2023]. Disponible en:

<https://hidropluviales.com/2012/11/28/agua-de-lluvia-2/#:~:text=fondo%20de%20cauce.-,Escurrimiento,de%20vegetaci%C3%B3n%20de%20la%20cuenca>

3. ANGULO, Mario; & SAAVEDRA, Oliver. “Modelación hidrológica de la cuenca Maylenco

utilizando HEC-HMS”. *Universidad Privada Bolivia*. [en línea], 2018, (Bolivia) 18 (1), pp. 53-67. [Consulta: 12 de enero 2023] ISSN 2518-4431. Disponible en: file:///C:/Users/alexp/Downloads/admin,+Gestor_a+de+la+revista,+169-914-1-CE.pdf

4. ASAMBLEA NACIONAL DEL ECUADOR. *Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua*. Quito-Ecuador: Registro Oficial Suplemento 483, 2015.

5. BARBOSA CASTILLO, Elgar; & CHICHIPLE, Miguel Enrique; & SALAS LOPÉZ, Rolando. “Comparación de los MDE ASTER y SRTM en el análisis morfológico de la cuenca del Utcubamba (Perú)”. *Artículo original*. [en línea], 2017, (Perú) 3 (1), pp. 86-98. [Consulta: 12

de enero 2023] ISSN 2520-0119. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/334720535_Comparacion_de_los_MDE_ASTER_y_SRTM_en_el_analisis_morfometrico_de_la_cuenca_del_Utcubamba_Peru

6. BRIEVA, Carlos. *Caracterización y análisis multidisciplinario de la información hidrológicas de cuencas*. San Rafael-Argentina. INTA EEA Rama Caída, 2018, p 21.

7. CARRASCO RONQUILLO, Miguel Ángel, & PADILLA CEBALLOS, Alex Danilo.

Propuesta de conservación del páramo de la comunidad Pichán central, parroquia San Isidro, cantón Guano. (Trabajo de Titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Ingeniería Biotecnología Ambiental. Riobamba-Ecuador. 2016. pp. 1-44 [Consulta: 11 de noviembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4933/1/236T0196.pdf>

- 8. CONSORCIO POMCA QUINDIO.** *Caraterización de la cuenca del río la Vieja.* [en línea]. Bogotá-Colombia: POMCA, 2018. [Consulta: 10 de diciembre 2022]. Disponible en: https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/2020-02/Documento_General_POMCA_LaVieja.pdf
- 9. CÓRDOVA, Manuel.** *Parámetros geomorfológicos de cuencas hidrográficas* [en línea]. [Consulta: 09 de junio de 2023]. Disponible en: https://www.prontubeam.com/articulos/articulos.php?Id_articulo=26
- 10. ESPER ANGILLIERS, María Yanina et al.** *Morfometría de cuencas como base en la evaluación de la susceptibilidad/peligrosidad por aluviones, caso de estudio: Cuenca del río del agua, San Juan, Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina.* [en línea], 2016, (Argentina) 73 (4), pp. 513-519. [Consulta: 12 de enero 2023]. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/raga/v73n4/v73n4a05.pdf>
- 11. GARAY, Domingo Dolores; & AGÜERO, Juan Nicolás Gabriel.** “*Delimitación Hidrográfica y Caracterización Morfométrica de la Cuenca del Río Anzulón*” [en línea]. La Rioja-Argentina: Ediciones INTA, 2018. [Consulta: 16 de enero 2023]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/442656489/inta-delimitacion-y-caracterizacion-de-la-cuenca-del-rio-anzulon-1#>
- 12. GASPARI J, Fernanda et al.** *Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas* [en línea]. Buenos Aires-Argentina: Editorial de la Universidad de La Plata, 2013. [Consulta: 2 de febrero 2023]. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/27877>
- 13. GÓMEZ GARZÓN, Alfredo.** *Caracterización de una cuenca: principios y métodos* [blog]. [Consulta: 16 de enero 2023]. Disponible en: <https://www.riego.mx/files/webinars/webinar04.pdf>
- 14. IBÁÑEZ, Sara; & MORENO, Héctor; & GISBERT, Juan.** *Morfología de las cuencas hidrográficas.* [en línea], pp. 2-12. [Consulta: 09 de junio 2023]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10782/Morfolog%C3%ADa%20de%20una%20cuenca.pdf>
- 15. JUÁREZ, Ivan et al.** “*Aportes del análisis de las características morfométricas de la cuenca hidrográfica del arroyo Santa Bárbara para el diagnóstico ambiental*”. *Sedici* [en línea], 2017, pp. 351-354. [Consulta: 26 de enero 2023]. INSS 978-987-575-171-2. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/78039>

16. LÓPEZ ULLAURI, Xavier Estuardo; & PATIÑO RAMÓN, Daysi Maribel. Aplicación de modelos hidrológicos de las microcuencas del Área de Bosque y Vegetación Protector Aguarongo con enfoque al cambio climático [en línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana. 2017. pp. 30-90. [Consulta: 31 de enero 2023]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14909>

17. LUX CARDONA, B. “Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas”. *Maestría en Energía y Ambiente* [en línea], 2012, pp. 1-8. [Consulta: 22 de abril 2022]. Disponible en: <https://core.ac.uk/reader/35294551>

18. MORALES DALAZAR, Sergio. Verificación de aplicabilidad del método de curvas numéricas para estimar escorrentía superficial en la microcuenca Zoquiapan, Estado de México [en línea] (Trabajo de titulación) (Licenciatura) Colegio de postgraduados. 2020. pp. 50-78. [Consulta: 31 de enero 2023]. Disponible en: <http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/4242>

19. PDYOT. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Guano*. Guano-Ecuador: CESA, 2021, pp. 21-156.

20. ROMERO CRUZ, Bartolo. “Análisis morfométrico de la cuenca hidrográfica del río Cuale, Jalisco, Mexico”. *Investigación y ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* [en línea], 2015, Mexico 64, pp. 26-34. [Consulta: 15 de febrero 2023]. ISSN 1665-4412. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/66784/Documento_completo_.pdf?sequence=1&isAllowed=y

21. SACOTO MOLINA, Diana Monserrat. Estrategias para la recuperación de quebradas en centros de ciudades andinas, caso de estudio: Azogues-Ecuador [En línea] (trabajo de titulación). (Maestría) Universidad de Cuenca. 2017. pp. 70-189. [Consulta: 22 de abril 2023]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/28051>

22. VÁSCONEZ, Mishell et al. *Cuencas hidrográficas* [en línea]. Quito-Ecuador: Abya-Yala, 2019. [Consulta: 15 de julio 2022]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19038/1/Cuencas%20hidrogr%C3%A1ficas.pdf>

23. VERDUGO CÁRDENAS, Marcos. Análisis morfométrico de las microcuencas a las que pertenece el Bosque y Vegetación Protectora Aguarongo (BVPA), influencia en el comportamiento hidrológico [En línea] (trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana. 2017. pp. 48-91. [Consulta: 31 de julio 2023]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14381>

24. ZHICAY LOMBAIDA, Jairo Israel. Caracterización morfométrica y estudio hidrológico de la microcuenca del río San Francisco, cantón Gualaceo [en línea] (trabajo de titulación). Universidad Politécnica Salesiana. 2020. pp. 39-95. [Consulta: 2 de junio 2023]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18364>

25. XINQIANG, Niu, et al. *Plan Nacional de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de las cuencas y microcuencas hidrográficas de Ecuador* [en línea]. CISPDR, 2016. [Consulta: 20 de mayo 2023]. Disponible en: <http://suia.ambiente.gob.ec/files/MEMORIA%20PLAN%20NACIONAL%20DEL%20AGUA.pdf>

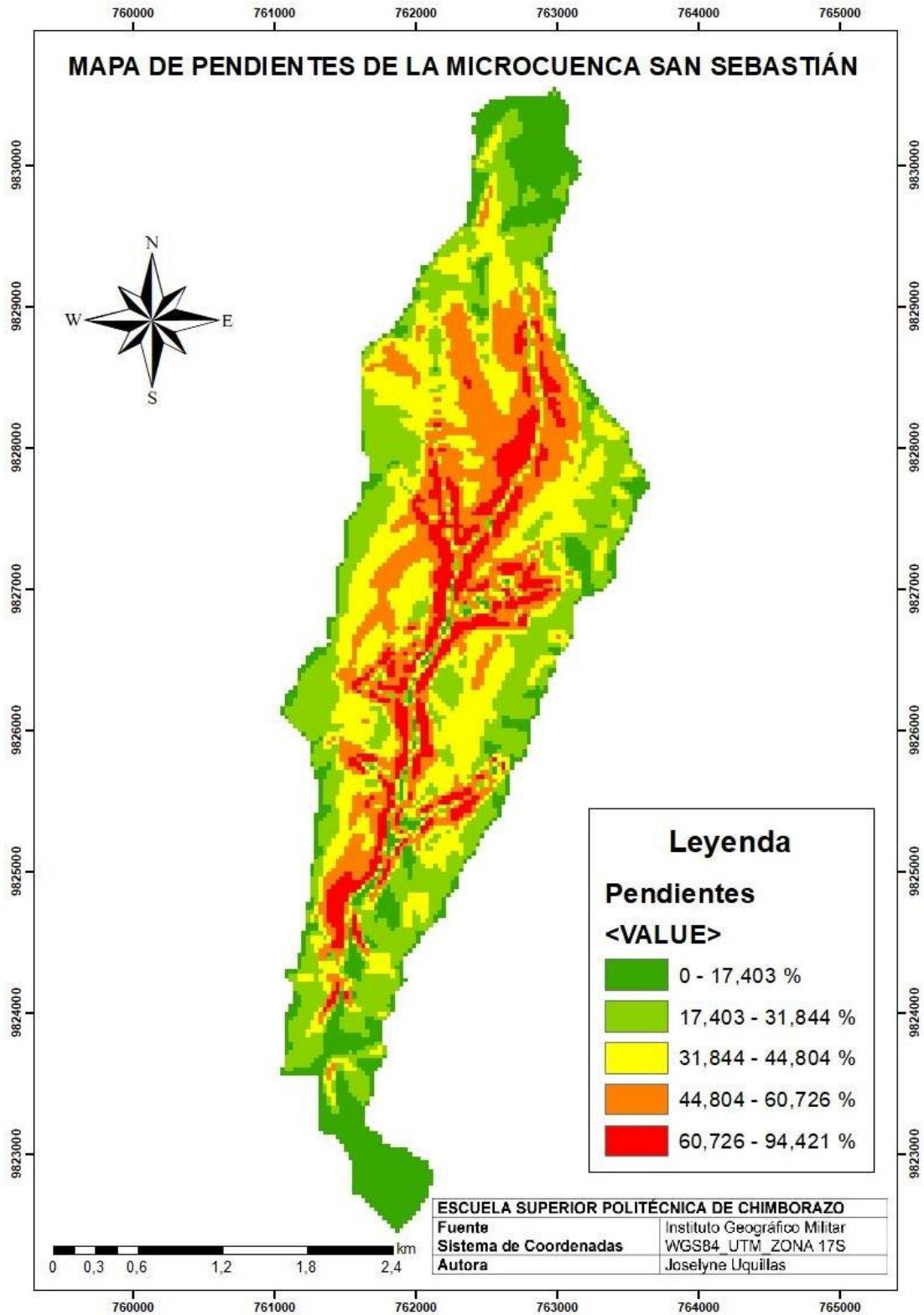


ANEXOS

ANEXO A: SALIDA DE CAMPO A LA ZONA DE ESTUDIO.



ANEXO B: MAPA DE PENDIENTES DE LA MICROCUENCA SAN SEBASTIÁN.



ANEXO C: FOTOGRAFÍAS DE LA MICROCUENCA SAN SEBASTIÁN DE SU PARTE ALTA, MEDIA Y BAJA.



Fuente: Salida de Campo 2022

Fotografías: Peña. Juan Carlos, 2022

ANEXO D: USO DEL SUELO DE LA MICROCUENCA SAN SEBASTIÁN.



Fuente: Salida de Campo 2022

Fotografías: Uquillas, Joselyne, 2022

ANEXO E: TABLA DE CONVERSIÓN DEL NÚMERO DE CURVA DE LA CONDICIÓN II A LAS CONDICIONES I Y III.

Número de curva en la condición	Número de curva correspondientes a las condiciones	
	I	III
100	100	100
95	87	99
90	78	98
85	70	97
80	63	94
75	57	91
70	51	87
65	45	83
60	40	79
55	35	75
50	31	70
45	27	65
40	23	60
35	19	55
30	15	50
25	12	45
20	9	39
15	7	33
10	4	26
5	2	17
0	0	0

ANEXO F: TABLA DE VALORES DE COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING PARA LA UTILIZACIÓN DE HEC-HMS.

Descripción de la corriente	Mínimo	Normal	Máximo
A Cauces naturales			
A.1 Cursos secundarios (ancho de la superficie libre en crecida < 30 m)			
A.1.1 Cursos en planicies			
- Limpios, rectos, sin fallas ni pozos	0,025	0,030	0,033
- Rectos con algunas piedras y pastos	0,030	0,035	0,040
- Limpios con meandros, con algunos pozos y bancos	0,033	0,040	0,045
- Meandros con algunas piedras y pastos	0,035	0,045	0,050
- Meandros con muchas piedras	0,045	0,050	0,060
- Tramos sucios, con pastos y pozos profundos	0,050	0,070	0,080
- Tramo con mucho pasto, pozos profundos y cauce en crecida con muchos arbustos y matorral	0,075	0,100	0,150
A.1.2 Cursos montañosos, carentes de vegetación en el fondo, laderas con pendientes pronunciadas y árboles y arbustos en las laderas que se sumergen en niveles de crecida			
- Cauce de grava, cantos rodados y algunas rocas	0,030	0,040	0,050
- Cauce de cantos rodados, con grandes rocas	0,040	0,050	0,070
A.2 Cursos en planicies inundadas			
A.2.1 Zonas de pastos, sin arbustos			
- Pasto corto	0,025	0,030	0,035
- Pasto alto	0,030	0,035	0,050
A.2.2 Zonas cultivadas			
- Sin cultivo	0,020	0,030	0,030
- Cultivos sembrados en línea en fase de madurez fisiológica	0,025	0,035	0,045
- Cultivos sembrados a voleo en fase de madurez fisiológica	0,030	0,040	0,050
A.2.3 Zonas arbustivas			
- Escasos arbustos y pasto abundante	0,035	0,050	0,070
- Pequeños árboles y arbustos sin follaje (parada invernal)	0,035	0,050	0,060
- Pequeños árboles y arbustos con follaje (fase vegetativa)	0,040	0,060	0,080
- Arbustos medianos a densos durante la parada invernal	0,045	0,070	0,110
- Arbustos medianos a densos durante la fase vegetativa	0,070	0,100	0,160
A.2.4 Zonas arbóreas			
- Sauces densos, temporada invernal	0,110	0,150	0,200
- Terreno claro con ramas sin brotes	0,030	0,040	0,050
- Terreno claro con ramas con gran crecimiento de brotes	0,050	0,060	0,080
- Zonas de explotación maderera con árboles caídos, poco crecimiento en las zonas bajas y nivel de inundación por debajo de las ramas	0,080	0,100	0,120
- Zonas de explotación maderera con árboles caídos, poco crecimiento en las zonas bajas y nivel de inundación que alcanza a las ramas	0,100	0,120	0,160
A.3 Cursos importantes (ancho de la superficie libre en crecida > 30 m)			
En este caso, los valores del coeficiente <i>n</i> son inferiores a los correspondientes de cauces secundarios análogos, ya que los bancos ofrecen una resistencia efectiva menor,			
- Sección regular sin rocas ni arbustos	0,025		0,060
- Sección irregular y rugosa	0,035		0,100

ANEXO G: FAJA PLUVIOMÉTRICA OBTENIDA DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA ESPOCH DEL DÍA 11 DE DICIEMBRE DEL 2021.





epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 11 / 12 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: JOSELYNE VIVIANA UQUILLAS SALTOS
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: RECURSOS NATURALES
Carrera: RECURSOS NATURALES RENOVABLES
Título a optar: INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
f. Analista de Biblioteca responsable: Lcdo. Holger Ramos, MSc.

2008-DBRA-UPT-2023

