



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

**PROPUESTA DE MANEJO Y CONSERVACIÓN PARA LA**  
**MICROCUCENCA DEL RÍO ILLANGAMA, CANTÓN GUARANDA**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR:**

**AUGUSTO JAVIER VITERI URBANO**

Riobamba – Ecuador

2023



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

**PROPUESTA DE MANEJO Y CONSERVACIÓN PARA LA  
MICROCUEENCA DEL RÍO ILLANGAMA, CANTÓN GUARANDA**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR: AUGUSTO JAVIER VITERI URBANO**

**DIRECTORA: ING. PAULINA FERNANDA BOLAÑOS LOGROÑO**

Riobamba - Ecuador

2023

© 2023, Augusto Javier Viteri Urbano

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

Yo, Augusto Javier Viteri Urbano, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 28 de junio de 2023


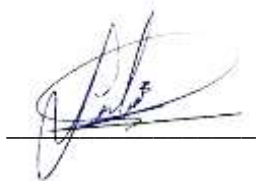

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, overlapping loops and lines, representing the name Augusto Javier Viteri Urbano.

**Augusto Javier Viteri Urbano**

**020249647-7**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; tipo: Proyecto de Investigación, **PROPUESTA DE MANEJO Y CONSERVACIÓN PARA LA MICROCUENCA DEL RÍO ILLANGAMA, CANTÓN GUARANDA**, realizado por el señor: **AUGUSTO JAVIER VITERI URBANO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dr. Bolivar Edmundo Flores Humanante <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023-06-28
Ing. Paulina Fernanda Bolaños Logroño, Mgs <b>DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		2023-06-28
Ing. Juan Carlos González García, Mgs <b>ASESOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		2023-06-28

## **DEDICATORIA**

A mi abuelita y madre querida, con infinito agradecimiento por todo el amor, cariño y apoyo incondicional que me han brindado a lo largo de mi existencia. Sus palabras de aliento y su presencia constante han sido mi motor en los momentos más difíciles de mi vida. Sin ustedes, este logro no habría sido posible. A mis familiares y amigos, cuyo apoyo y estímulo han sido pilares fundamentales en este arduo camino. La confianza que han tenido en mis capacidades me ha impulsado a superar obstáculos y alcanzar mis metas.

Augusto

## **AGRADECIMIENTO**

En este momento de culminación y logro, deseo expresar mi profundo agradecimiento a todas aquellas personas que han sido parte fundamental en mi trayectoria académica y personal. En primer lugar, quiero dirigir mi gratitud a Dios, quien me ha otorgado salud y fortaleza inquebrantable. A mi querida madre y a mi abuelita, les agradezco desde lo más profundo de mi corazón. Su presencia incondicional y el amor infinito han sido el motor para poder seguir adelante en los momentos de dificultad. Asimismo, quiero reconocer y agradecer a la ingeniera Paulina Bolaños por su invaluable apoyo y conocimientos. Su dedicación y orientación han sido fundamentales para mi crecimiento académico. A mis familiares y amigos, quiero expresar mi gratitud por creer en mí y por ser pilares de apoyo en todo momento. Su confianza y ánimo constante han sido un impulso invaluable.

Augusto

## ÍNDICE DE CONTENIDO

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

### CAPÍTULO I

1.	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1	Planteamiento del problema.....	2
1.2	Limitaciones y delimitaciones.....	2
1.3	Problema general de investigación.....	2
1.4	Problemas específicos de investigación.....	3
1.5	Objetivos de la investigación.....	3
1.5.1	<i>Objetivo general</i> .....	3
1.5.2	<i>Objetivos específicos</i> .....	3
1.6	Justificación.....	3
1.6.1	<i>Justificación teórica</i> .....	3
1.6.2	<i>Justificación metodológica</i> .....	4
1.6.3	<i>Justificación práctica</i> .....	4
1.7	Hipótesis.....	4

### CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO.....	5
2.1	Antecedentes de investigación.....	5
2.2	Referencias teóricas.....	6
2.2.1	<i>Agua potable</i> .....	6
2.2.2	<i>Cuenca hidrográfica y cuenca hidrológica</i> .....	6
2.2.3	<i>Partes de la cuenca hidrográfica</i> .....	7
2.2.4	<i>Morfometría de la cuenca</i> .....	8
2.2.5	<i>Sistemas de información geográfica</i> .....	8



2.2.6	<i>Gestión del Agua</i> .....	9
2.2.7	<i>Gestión integral del recurso hídrico</i> .....	10
2.2.8	<i>La cuenca hidrográfica como unidad de planificación</i> .....	10
2.2.9	<i>Manejo y conservación de los recursos naturales</i> .....	11
2.2.10	<i>Restauración ecológica</i> .....	12
2.2.10.1	<i>Beneficios de la restauración ecológica</i> .....	13
2.2.10.2	<i>Técnicas de restauración ecológica</i> .....	13
2.2.11	<b>Base legal</b> .....	15
2.2.11.1	<i>Cosntitución de la República del Ecuador</i> .....	15
2.2.11.2	<i>Código Orgánico del Ambiente</i> .....	16
2.2.11.3	<i>Código Orgánico de Organización Territorial</i> .....	16

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	17
3.1	<b>Enfoque de investigación</b> .....	17
3.2	<b>Nivel de investigación</b> .....	17
3.3	<b>Diseño de investigación</b> .....	18
3.3.1	<i>Según la manipulación o no de la variable independiente</i> .....	18
3.3.2	<i>Según las intervenciones en el trabajo de campo</i> .....	18
3.4	<b>Tipo de estudio</b> .....	18
3.5	<b>Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra</b> .....	19
3.6	<b>Métodos, técnicas e instrumentos de investigación</b> .....	19

### CAPÍTULO IV

4.	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	26
4.1	<b>Identificar las características morfométricas de la microcuenca del Río Illangama</b> .....	26
4.2	<b>Caracterizar el medio físico y coberturas del suelo de la microcuenca del Río Illangama</b> .....	31
4.2.1	<i>Agua</i> .....	31
4.2.2	<i>Déficit hídrico</i> .....	31
4.2.3	<i>Contaminación del agua</i> .....	31
4.2.4	<i>Clima</i> .....	34
4.2.4.1	<i>Temperatura</i> .....	35

4.2.4.2	<i>Humedad relativa</i> .....	36
4.2.4.3	<i>Heliofanía</i> .....	37
4.2.4.4	<i>Nubosidad</i> .....	37
4.2.5	<i>Ecosistemas</i> .....	37
4.2.5.1	<i>Ecosistemas en conservación de fuentes hídricas</i> .....	38
4.3	<b>Establecer perímetros de protección de la microcuenca del Río Illangama que permitan el aprovechamiento sostenible del recurso hídrico</b> .....	39

## CAPÍTULO V

5.	<b>MARCO PROPOSITIVO</b> .....	41
5.1	<b>Propuesta</b> .....	41
5.1.1	<i>Proponer estrategias de conservación para la microcuenca del Río Illangama</i> .....	41
5.1.2	<i>Desarrollo de la estrategia de conservación para la microcuenca del Río Illangama</i> .....	43
5.1.2.1	<i>Mapeo de actores</i> .....	43
5.1.2.2	<i>Servicios ecosistémicos</i> .....	44
5.1.2.3	<i>Plantas nativas para reforestación en la zona de intervención de la microcuenca del Río Illangama</i> .....	44
5.1.2.4	<i>Pastos utilizados comúnmente en la zona de intervención de la microcuenca del Río Illangama</i> .....	47

## CAPÍTULO VI

6.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	50
6.1	<b>Conclusiones</b> .....	50
6.2	<b>Recomendaciones</b> .....	50

## GLOSARIO

## BIBLIOGRAFÍA

## ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 4-1:</b> Resultados del muestreo de agua superficial .....	33
<b>Tabla 4-2:</b> Conformidad de resultados con base los límites permisibles de la normativa ambiental vigente.....	33
<b>Tabla 4-3:</b> Clima del cantón Guaranda .....	34
<b>Tabla 4-4:</b> Estación meteorológica Laguacoto.....	35
<b>Tabla 4-5:</b> Datos de temperatura- estación meteorológica Laguacoto.....	35
<b>Tabla 4-6:</b> Datos de precipitación- estación meteorológica Laguacoto .....	36
<b>Tabla 4-7:</b> Datos de humedad relativa- estación meteorológica Laguacoto .....	36
<b>Tabla 4-8:</b> Datos de heliofanía- estación meteorológica Laguacoto .....	37
<b>Tabla 4-9:</b> Datos de nubosidad- estación meteorológica Laguacoto.....	37
<b>Tabla 4-10:</b> Ecosistemas de conservación del cantón Guaranda.....	38
<b>Tabla 5-1:</b> Plan de manejo y conservación para la microcuenca del Río Illangama.....	41
<b>Tabla 5-2:</b> Mapeo de actores .....	43
<b>Tabla 5-3:</b> Servicios ecosistémicos de la microcuenca del Río Illangama .....	44
<b>Tabla 5-4:</b> Flora representativa en la zona de la microcuenca del Río Illangama.....	45
<b>Tabla 5-5:</b> Pastos representativos en la zona de la microcuenca del Río Illangama .....	47

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b> Partes de la cuenca hidrográfica .....	7
<b>Ilustración 2-2:</b> Puntos a considerar para la gestión del agua.....	9
<b>Ilustración 2-3:</b> Principales componentes de la gestión integral del recurso hídrico .....	10
<b>Ilustración 2-4:</b> Alternativas de manejo y conservación de los recursos naturales .....	11
<b>Ilustración 2-5:</b> Puntos a considerar para la gestión del agua.....	14
<b>Ilustración 2-6:</b> Clasificación de sistemas silvopastoriles .....	15
<b>Ilustración 3-1:</b> Agregar campo en tabla de atributos .....	20
<b>Ilustración 3-2:</b> Cálculo de área.....	20
<b>Ilustración 3-3:</b> Cálculo de perímetro.....	20
<b>Ilustración 3-4:</b> Cálculo de pendiente.....	22
<b>Ilustración 3-5:</b> Cálculo de pendiente media.....	23
<b>Ilustración 3-6:</b> Cálculo de pendiente media y tablas de resultados.....	23
<b>Ilustración 3-7:</b> Buffer – Zona de influencia .....	24
<b>Ilustración 4-1:</b> Ubicación de la microcuenca de estudio.....	26
<b>Ilustración 4-2:</b> Cálculo de la pendiente media .....	30
<b>Ilustración 4-3:</b> Mapa de pendientes .....	30
<b>Ilustración 4-4:</b> Contaminación del agua en la provincia Bolívar .....	32
<b>Ilustración 4-5:</b> Perímetro de protección Río Principal de la Microcuenca del Río Illangama .	40
<b>Ilustración 5-1:</b> Usos de suelo Microcuenca del Río Illangama.....	40
<b>Ilustración 5-2:</b> Ejemplo de sistemas silvopastoriles.....	49

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** TOMA DE MUESTRAS

**ANEXO B:** RESULTADO DE ANÁLISIS DE AGUA EN LABORATORIO

## RESUMEN

Debido a la presión y esparcimiento de suelos para beneficiar la producción agropecuaria, se ha visto complicado las áreas de protección y páramos, en específico el área correspondiente a la microcuenca del río Illangama, la cual no posee estudios y datos que sirvan como respaldo para proponer proyectos que identifiquen las principales medidas y acciones a tener en consideración para su protección. Es así que, el objetivo de la presente investigación fue “Diseñar un plan de manejo y conservación para la microcuenca del Río Illangama”. La metodología que se empleó tuvo un enfoque cuali-cuantitativo, la investigación fue exploratoria, descriptiva y no experimental. Se usó la revisión bibliográfica para determinar el medio físico de la zona de estudio; se utilizó la imagen satelital Landsat 7 de la zona y con los Sistemas de Información Geográfica (ArcGIS) se calculó el perímetro de protección de la microcuenca y conjuntamente parámetros como el área, perímetro, longitud de la cuenca, ancho de la cuenca, factor de forma de Horton, coeficiente de compacidad, relación de elongación, altura, elevación y pendiente. Como principales resultados se diseñó un plan de manejo y conservación para la microcuenca, se determinó un excedente de cloruros en la zona alta y media, se delimitó el perímetro de protección hídrica siendo de 100 m alrededor del río principal, otra estrategia es la creación de un mecanismo financiero de conservación. Concluyendo que, la población que se asienta en la zona de estudio vive del campo, de la agricultura y ganadería por ello la importancia de conservar el recurso hídrico con técnicas de reforestación como la forestería análoga y la implementación de sistemas silvopastoriles con especies nativas del sector. Estas estrategias son amigables con el ambiente y al mismo tiempo ayuda en el sustento económico de las familias.

**Palabras clave:** <CONSERVACIÓN>, <ESTRATEGIAS>, <ILLANGAMA>, <MICROCUCENCA>, <MORFOMÉTRICAS>.

1542-DBRA-UPT-2023



## **ABSTRACT**

Due to the pressure and spreading of soils to benefit agricultural production, the protection areas and paramos have been complicated, specifically the area corresponding to the Illangama River micro-basin, which does not have studies and data that serve as support to propose projects that identify the main measures and actions to be taken into consideration for its protection. This research aimed to design a management and conservation plan for the Illangama River micro-watershed. This research has a qualitative-quantitative approach; the research was exploratory, descriptive, and non-experimental. The bibliographic review was used to determine the physical environment of the study area; the Landsat 7 satellite image of the area was used with the Geographic Information Systems (ArcGIS). The protection perimeter of the micro-basin and joint parameters such as area, perimeter, basin length, basin width, Horton shape factor, compactness coefficient, elongation ratio, height, elevation and slope were calculated. As main results, a management and conservation plan for the micro-basin was designed, a surplus of chlorides was determined in the upper and middle zones, the perimeter of water protection was delimited, being 100 m around the main river, another strategy is the creation of a financial conservation mechanism. It is concluded that the population that settles in the study area lives in the countryside, agriculture, and livestock; therefore, it is vital to conserve water resources with reforestation techniques such as analogue forestry and implement silvopastoral systems with native species of the sector. These strategies are friendly to the environment and, at the same time, help in the economic support of families.

**Keywords:** <CONSERVATION>, <STRATEGIES>, <ILLANGAMA>, <MICRO-BASIN>, <MORPHOMETRIC>.



Ing. Paul Obregón. Mgs

0601927122

## **INTRODUCCIÓN**

La microcuenca del Río Illangama se encuentra situada en la provincia Bolívar, cantón Guaranda, su altitud es de alrededor de 2800 msnm a 4500 msnm, con frecuentes temperaturas de 6°C a 12°C y precipitaciones que fluctúan entre 1000 mm/año y 2000 mm/año. Por otro lado, la población que reside en el área se dedica especialmente a actividades agrícolas, siendo esta su fuente de economía (García 2022).

Debido a los cambios de uso de suelo y al aligerado crecimiento de la población y con ella, las necesidades de la misma, se hace cada vez más importante emplear de manera beneficiosa estrategias de manejo y conservación de las fuentes hídricas. Cabe mencionar lo indicado en el objetivo 6 de la agenda 2030 y sus objetivos de desarrollo sostenible, donde en una de sus metas se menciona que se debe lograr el universal acceso y equitativo al agua potable para la sociedad, considerando el uso eficiente del recurso y asegurando el abastecimiento del mismo, es por ello que, la presente investigación se enmarca en mencionado objetivo (Naciones Unidas 2018).

El presente estudio exterioriza su utilidad, debido a que, para su desarrollo se tomará en consideración la metodología de Planificación y Gestión Integral de los Recursos Hídricos propuesta por CESA Ecuador y, la Guía Técnica para la delimitación de áreas de protección hídrica expuesta por SENAGUA, claramente teniendo en consideración los ejes de acción apropiados para la zona de estudio.



# CAPÍTULO I

## 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 Planteamiento del problema

El incremento poblacional deriva en una mayor expansión de la ocupación del territorio y mayor demanda recurso hídrico. Por ello, existe la preocupación en la zona alta de la microcuenca del río Illangama, ya que, es donde nace el agua y se da su captación. De igual manera, en las zonas media y baja, debido a la contaminación del recurso. Cabe indicar que, en el cantón Guaranda, la responsabilidad de administrar o gestionar adecuadamente los recursos hídricos se encuentra dispersa, fraccionada y desprovista de mecanismos de coordinación intersectorial.

En este contexto se plantea: ¿De qué manera favorece la adecuada propuesta de manejo y conservación de la zona de la microcuenca del Río Illangama perteneciente al Cantón Guaranda?

### 1.2 Limitaciones y delimitaciones

El presente estudio se circunscribe en el área de la microcuenca del río Illangama, la cual posee una superficie de 118,2 km<sup>2</sup> (González et al., 2017). La propuesta de manejo y conservación se enfocó en la zona alta, media y baja de la misma, ya que, posee desde ecosistemas de páramo hasta cultivos agropecuarios en la zona baja en los 2800 msnm aproximadamente. El estudio no presenta limitaciones, debido a que cuenta con el talento humano y herramientas necesarias para poder realizar la investigación.

### 1.3 Problema general de investigación

Ecuador en los últimos decenios ha pasado por cambios en cuanto a su cobertura vegetal y uso de suelo, esto innegablemente se ha visto manifestado en pequeñas provincias como es Bolívar, donde se está localizada la microcuenca del Río Illangama (García, 2022). Cabe indicar que, en la Provincia Bolívar perennemente ha concurrido la presión y el esparcimiento de suelos para beneficiar la producción agropecuaria, evidentemente, complicando las áreas de protección y páramos. Estos cultivos en las zonas altas, hacen que por un periodo de tiempo la capa de vegetación se esfume, pues, el suelo es primeramente arado para poder realizar a la siembra (GADM Guaranda, 2020).

Estudios de análisis de vulnerabilidad ambiental y física realizados en la Región Andina Ecuatoriana, concretamente en la microcuenca del río Illangama, demostraron el deterioro en la productividad de los cultivos y la calidad de los suelos, debido al manejo inadecuado del suelo, sequías, fuertes precipitaciones, pendientes pronunciadas y frecuentes períodos de descanso (Barrera et al., 2020).

#### **1.4 Problemas específicos de investigación**

El cantón Guaranda no cuenta con estudios y datos que sirvan como respaldo para proponer proyectos que identifiquen las principales medidas y acciones a tener en consideración y poder posteriormente implementarlas conforme al manejo sostenible de la microcuenca del río Illangama. La escasa voluntad política para la gestión de microcuencas deriva en la reducción del recurso hídrico para satisfacer demandas progresivas de la población.

#### **1.5 Objetivos de la investigación**

##### ***1.5.1 Objetivo general***

- Diseñar un plan de manejo y conservación para la microcuenca del Río Illangama.

##### ***1.5.2 Objetivos específicos***

- Identificar las características morfométricas de la microcuenca del Río Illangama.
- Caracterizar el medio físico y coberturas del suelo de la microcuenca del Río Illangama.
- Establecer perímetros de protección de la microcuenca del Río Illangama que permitan el aprovechamiento sostenible del recurso hídrico.
- Proponer estrategias de conservación para la microcuenca del Río Illangama.

#### **1.6 Justificación**

##### ***1.6.1 Justificación teórica***

Debido al aumento apresurado de la población y derivado de ello, las actividades y necesidades de la misma, se hace cada vez más significativo aplicar de manera adecuada estrategias de manejo y conservación de las microcuencas de nuestro país. Es así que, la importancia de la presente investigación recae, por un lado, en dar cumplimiento con lo que se estipula en el objetivo 6 de la agenda 2030 y sus objetivos de desarrollo sostenible, donde en una de sus metas se menciona

que se debe lograr el acceso de universal y equitativo al agua potable para la población, considerando el uso eficiente del recurso; por ello, es vital la conservación de la microcuenca del Río Illangama, ya que, es una de las principales fuentes abastecedoras de agua para el cantón Guaranda. Las técnicas de restauración de ecosistemas son fundamentales para las áreas vulnerables al efecto del cambio climático, por lo cual, a través de un adecuado análisis, se establece la técnica apropiada.

### ***1.6.2 Justificación metodológica***

La presente investigación es factible por el hecho de contar con los recursos humanos, técnicos y materiales precisos para realizar el estudio, ya que, contienen una integración de información fiable de lo que corresponde a la microcuenca del río Illangama. De igual manera, se presenta la metodología adecuada de manejo y conservación del recurso hídrico tomando en consideración los ejes de acción apropiados para la zona de estudio. Los principales beneficiarios serán los pobladores del cantón Guaranda. Además, para efectuar un adecuado perímetro de protección se tomará en consideración la Guía técnica para la delimitación de áreas de protección hídrica expuesta en el año 2018 por SENAGUA y los criterios técnicos del autor.

### ***1.6.3 Justificación práctica***

El manejo de la información geográfica de la microcuenca en estudio se realizó con apoyo del programa ArcGIS 10.4. Por otro lado, es importante mencionar que el alcance la investigación es dejar asentada una propuesta de manejo y conservación para la microcuenca del río Illangama. En este sentido, es valioso que los entes encargados de la gestión del recurso hídrico puedan tener un documento técnico y de investigación el cual permita guiar los procesos de gestión de mencionado recurso.

## **1.7 Hipótesis**

La propuesta de manejo y conservación de la microcuenca del río Illangama promueve el uso sostenible de los recursos naturales en el cantón Guaranda.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de investigación

La escasez del recurso hídrico se ha tornado en una amenaza trascendental para la seguridad alimentaria, los ecosistemas naturales y la salud humana. Es así que, en el estudio realizado por Monar et al. (2016) se menciona que, el caudal de agua de la microcuenca en estudio es de 149,03 l/s en la parte alta, en la parte media es de 503,98 l/s, mientras que, en la parte baja es de 424,82 l/s. El primer acrecentamiento de caudal del recurso de 354,95 l/s se da principalmente a la unión de afluentes en la trayectoria principal de la microcuenca, mientras que, la disminución del mismo en la parte baja se debe al desarrollo de diversas actividades como: uso agrícola, pecuario, doméstico, etc.

Según el estudio de Cacoango (2014), la microcuenca del río Illangama se encuentra aledaña a los páramos cercanos al Arenal, los cuales en varias circunstancias han sido utilizados como terreno de camino para la crianza de ganado bovino y ovino. Estos suelos quedan sin cohesión interna, una vez que se degrada la capa natural de cobertura vegetal herbácea. Es así que, los suelos se encontrarían mayormente expuestos a fenómenos eólicos, lo que causa el rápido decapado de las capas superficiales. Además, se indica que, la parte alta de la microcuenca se constituye principalmente por páramo y zonas erosionadas por los vientos, mientras que, en la parte media está la frontera agrícola.

Por otro lado, se menciona que, en la zona rural del cantón Guaranda se dedican principalmente a la producción de materia prima, sector ganadero (leche), artesanías, sector agrícola y elaboración de tejidos y artesanías como canastas de paja de páramo y cabuya (GADM Guaranda, 2020). La microcuenca del río Illangama cuenta con varias especies nativas arbóreas y arbustivas, conocidas en sus nombres comunes como: yagual, quishuar, arrayan, chuquiragua, aliso, mortiño, pumamaqui, chilca, matico, piquil, higuierón, laurel, balsa, paja de páramo y platuquero. También están presentes especies introducidas como el pino (Monar et al., 2016).

La microcuenca en estudio se encuentra ubicada en el cantón Guaranda, provincia Bolívar, en la sierra centro del Ecuador. Las prácticas cotidianas que se realizaban hace décadas en las riberas de la microcuenca, como es la pesca, elaboración de melcochas, sitio de reunión de amigos y familiares, se han ido perdiendo, ya que, actualmente, existe una contaminación del recurso hídrico debido a las actividades humanas (Guerrón y Terán, 2014). Además, es en este cantón es donde

se desarrolla la mayor producción agrícola y ganadera que aporta a la provincia Bolívar, asimismo, posee la mayor área urbana de mencionada provincia (Torres, 2016).

## **2.2 Referencias teóricas**

### **2.2.1 *Agua potable***

Agua potable se designa al agua que puede ser consumida sin prohibición, esto debido a su buena calidad, la cual no representa un riesgo para la salud. Dicha expresión se emplea al agua que cumple con las normas de calidad decretadas por las autoridades locales e internacionales. Según lo indica las guías de la Organización Mundial de la Salud, se indica que, el agua es potable si los componentes del mismo no suponen riesgo para la salud del consumidor si éste se bebe el agua durante toda su vida (SAGUAPAC, 2022).

La ración de los recursos hídricos que puede ser destinada para la satisfacción o el consumo humano, es más insuficiente cada vez, tanto cuantitativamente como cualitativamente. De esta manera, el agua empieza a establecer un reto mundial para el siglo XXI, ya sea en términos abastecimiento del acceso al agua potable y saneamiento para la población del mundo, como también de la gestión de los recursos de agua disponibles (Mirassou, 2019).

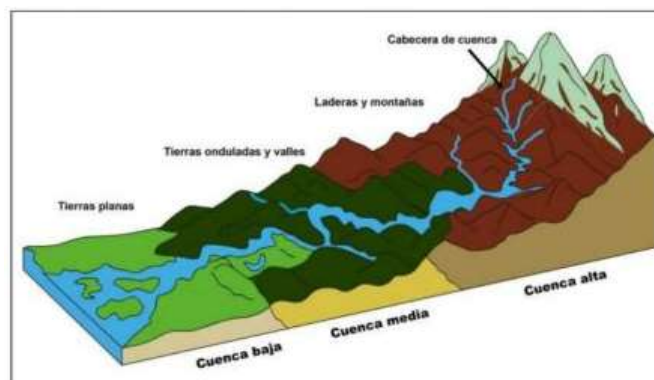
### **2.2.2 *Cuenca hidrográfica y cuenca hidrológica***

La cuenca hidrográfica hace reseña a la definición geográfica procedente de ella, es el límite o contorno de dicha cuenca, la cual drena el agua en un punto usual primariamente teniendo en consideración las aguas superficiales. En una cuenca hidrográfica los límites son determinados a través de una línea divisoria de aguas o también denominada *divortium aquarum*. Mencionada línea se abre paso por la parte más alta de las colinas, de esta manera, establece la zona que concentra el agua hacia un río principal ya sea por escorrentía en el caso del agua superficial y mediante flujo subsuperficial en el caso de aguas subterráneas. Por otro lado, la cuenca hidrológica posee una definición más integral, la cual concibe a la cuenca como una unidad para la gestión que se efectúa dentro de la cuenca hidrográfica e incluye características hidrogeológicas del área de estudio (Amendaño, 2018).

### 2.2.3 Partes de la cuenca hidrográfica

Las partes de la cuenca hidrográfica son alta, media y baja:

- **Parte alta:** La cuenca alta es aquella que posee altitudes mayores a 3000 msnm, incluso, en ciertos casos llegan a los 6500 msnm. Es normal que en esta área se presenten nevados. Es distinguida como la cabecera de la cuenca, en ella se agrupa gran cantidad del recurso hídrico, siendo el mismo abundante y de buena calidad, por ello, es de importancia su conservación y adecuado manejo. Partiendo de esta zona alta, mana el agua hacia la zona media y baja, ya sea de manera superficial o subterránea. La topografía de esta zona es principalmente accidentada con alto potencial erosivo y escarpado. Anualmente, el promedio de precipitaciones va desde los 800 a 1600 mm/año (Vásquez et al., 2016).
- **Parte media:** La cuenca media es aquella que posee altitudes que fluctúan entre los 800 msnm hasta los 3000 msnm. Con esta parte de la cuenca la escorrentía del agua es la función que primariamente se relaciona. Asimismo, en esta área se encuentran los valles interandinos, los cuales tienen como característica su clima benigno y variado. En la parte media de la cuenca se encuentran instituidas diferentes ciudades y se desenvuelve gran parte de las actividades económicas. La precipitación anual está entre los 100 y 800 mm/año (Vásquez et al., 2016).
- **Parte baja:** La cuenca baja es aquella que posee altitudes que varían desde el nivel del mar hasta conseguir los 800 msnm. Es alto el potencial de aguas subterráneas en esta área. En esta sección de la cuenca se hallan los valles costeros donde se desenvuelve la actividad agropecuaria, igualmente cuenta con gran cuantía de asentamientos humanos. Además, al año la precipitación promedio es menor a 100 mm (Vásquez et al., 2016).



**Ilustración 2-1:** Partes de la cuenca hidrográfica

**Fuente:** Vásquez et al., 2016

#### **2.2.4 Morfometría de la cuenca**

Los parámetros morfométricos más conocidos son:

- Área de la cuenca (A) (km<sup>2</sup>): es la superficie que favorece con la escorrentía superficial y se encuentra definida por las divisorias de agua. Acorde a su tamaño se encasillan en cuencas pequeñas, aquellas con áreas menores a 250 km<sup>2</sup>, cuencas medias entre 250 y 2.500 km<sup>2</sup> y cuencas grandes las que poseen áreas mayores a los 2.500 km<sup>2</sup> (Díaz et al., 2017).
- Perímetro (P) (km): es la medición de la línea circundante de la cuenca hidrográfica, por medio de la divisoria de aguas topográficas (Díaz et al., 2017).
- Longitud Axial (La) (km). es la distancia que existe entre el punto más lejano de la cuenca y la desembocadura. Es el mismo eje de la cuenca (Díaz et al., 2017).
- Longitud del curso principal (L) (km). es la distancia que se mide desde el punto más apartado del curso colector (de mayor orden) de la cuenca hasta donde desemboca la misma (Camino et al., 2018).
- Longitud total del drenaje (Ln) (km). se define como la sumatoria de longitudes de la totalidad de los cursos de agua que drenan en una cuenca explícita (Camino et al., 2018).
- Ancho promedio (Ap) (km). Es la relación que existe entre la superficie de la cuenca (A) y la longitud axial (La) (Camino et al., 2018).

#### **2.2.5 Sistemas de información geográfica**

Un Sistema de Información Geográfica o GIS (Geographical Information System) es una indispensable herramienta para el tratamiento de datos espaciales, ya que, permite analizarlos y representarlos de diferentes formas. Un SIG permite efectuar varias operaciones como:

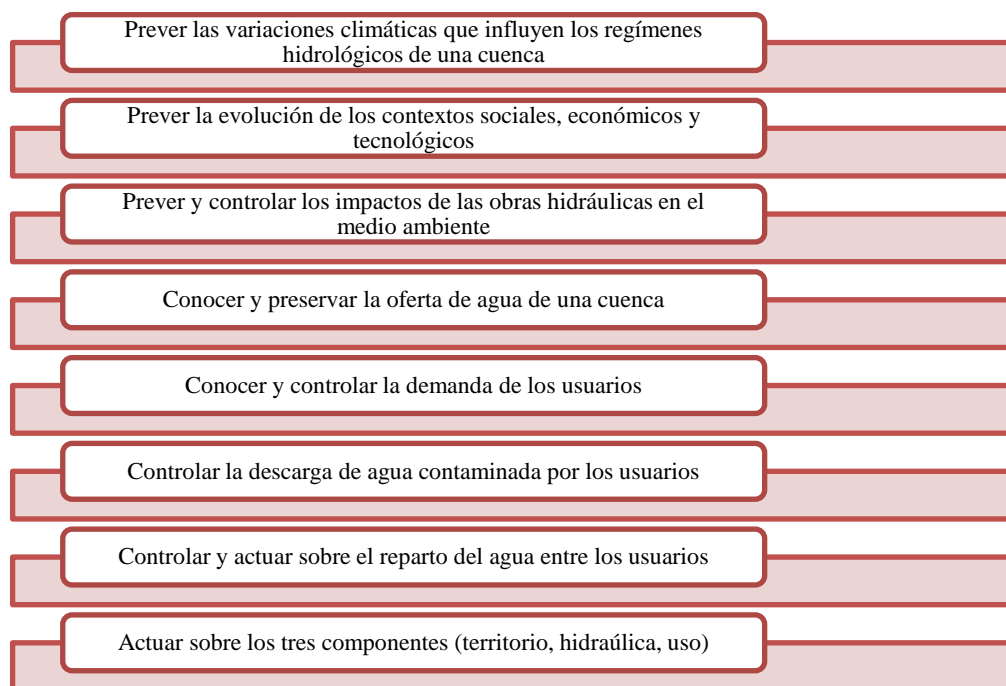
- De manera general, permite la lectura, edición, almacenamiento y gestión de los datos espaciales.
- Realizar análisis de datos espaciales ya sean simples o complejos.
- Generar resultados como son mapas, gráficos, informes, etc (GEOInnova, 2021).

Los SIG integran diversos tipos de capas de datos que manipulan la ubicación espacial. Poseen un componente geográfico la gran mayoría de los datos. Los datos SIG contienen atributos, imágenes y mapas base emparentados a hojas de cálculo y tablas. Además, se puede crear mapas, siendo estos, el geográfico contenedor para las capas de datos y análisis con los que el autor desee

trabajar. Los mapas SIG se pueden compartir fácilmente y son accesibles para todos. Por último, permite el análisis espacial de la información, dicho análisis es importante para efectuar evaluaciones en términos de adecuación y capacidad, valorar y predecir, dilucidar y comprender, y mucho más, brindando perspectivas nuevas al conocimiento y ayudando a la toma de decisiones (AEROTERRA, 2022).

### 2.2.6 Gestión del agua

Existen tres primordiales elementos que deben considerarse en la gestión del agua, como primer elemento está el territorio, el cual representa a la cuenca hidrográfica; el segundo elemento es la hidráulica, misma que permite manejar el vínculo entre el territorio y el ambiente; y, como tercer punto se encuentra los distintos usos del agua. Esos mencionados elementos están relacionados estrechamente. La gestión del agua radica entonces en mantener en armonía dichas relaciones y poder actuar sobre la cuenca o subcuenca o microcuenca, las obras y los usos (CESA Ecuador, 2016). En este contexto, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se menciona que, para que se logre una adecuada gestión del agua es importante que las entidades y autoridades a cargo tengan presente:



**Ilustración 2-2:** Puntos a considerar para la gestión del agua

Fuente: CESA Ecuador 2016

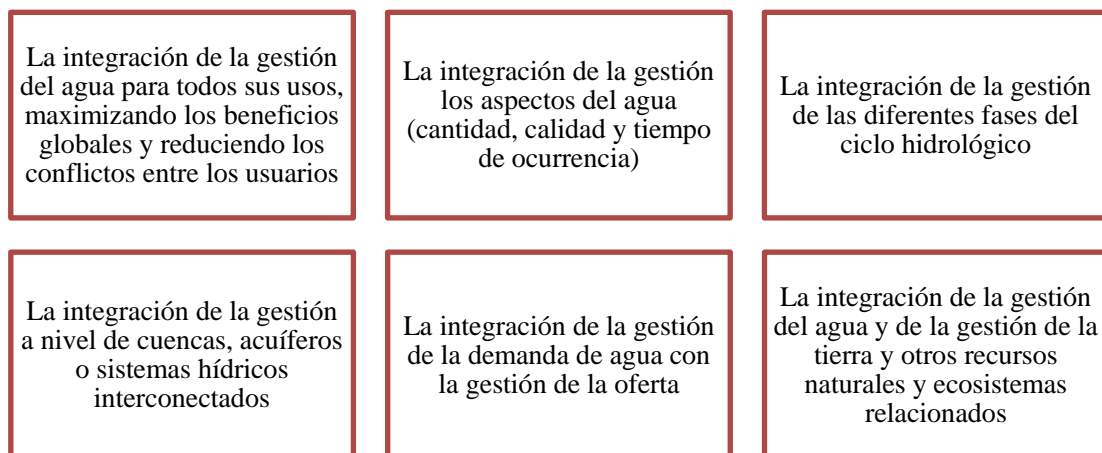
Realizado por: Viteri A., 2022



### 2.2.7 *Gestión integral del recurso hídrico*

Es importante primeramente señalar que, la cuenca hidrográfica tiene que ser comprendida como una básica unidad para el análisis ambiental, puesto que permite el conocimiento y evaluación de sus diferentes mecanismos y los procesos e interacciones que en ella se generan (Moreira et al., 2020). De tal manera que, según lo indica Jiménez & Benegas (2019), el propósito del manejo integral de cuencas es suscitar el uso y la gestión conveniente de los recursos naturales, indagando un equilibrio entre equidad, crecimiento económico, sostenibilidad integral y el mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad.

Para Barrera & Hernández (2017), el manejo integral de los recursos hídricos es un proceso que origina la gestión y el desarrollo sistematizado de la tierra, el agua, los recursos naturales que se relacionen, todo ello con la finalidad de maximizar el bienestar económico y social de forma equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de vitales ecosistemas. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**2-3 se señala los principales postulados del manejo integral del recurso hídrico son los siguientes:



**Ilustración 2-3:** Principales componentes de la gestión integral del recurso hídrico

**Fuente:** Barrera & Hernández, 2017

**Realizado por:** Viteri A., 2022

### 2.2.8 *La cuenca hidrográfica como unidad de planificación*

Las cuencas hidrográficas son el sostén de la vida de las comunidades y su población, además, son el territorio cotidiano de diversos componentes del desarrollo de muchos países. No obstante, la interrelación de factores como, el aumento apresurado de la sociedad, la pobreza, los modelos de desarrollo, el interés económico, los intereses sectoriales, el incumplimiento o abandono de

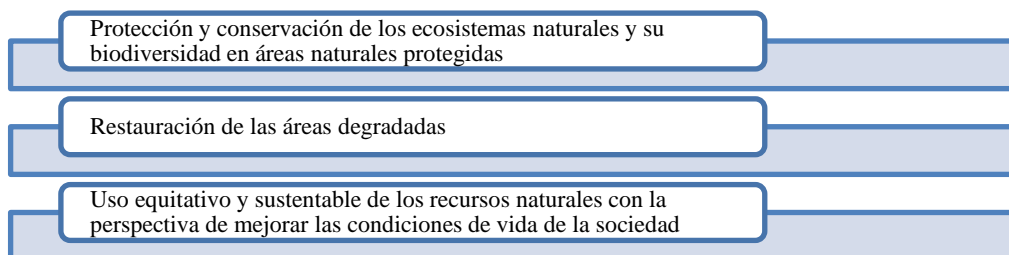
normativas y políticas, la escases de conocimiento, de empoderamiento y de capacidad de gestión desafía a los gobiernos a la problemática y enfrenta de la degradación apresurada de sus recursos naturales y a la merma o a la afectación de servicios ecosistémico (Jiménez y Benegas, 2019).

Para Moreira et al. (2020), el adoptar a la cuenca hidrográfica como unidad de planificación es de afirmación divulgada en varias áreas de las ciencias, y esta deliberación es de aprobación universal. La cuenca hidrográfica compone un sistema natural espacialmente bien definido, se conforma por un conjunto de áreas topográficamente drenadas por un curso de agua principal y sus afluentes, es aquí donde las interacciones, por lo menos, físicas, se encuentran integradas y, consecuentemente, es más fácil su interpretación. Básicamente, el grado de importancia de la cuenca hidrográfica como unidad de planificación y gestión está dada por ser la natural unidad geográfica con condiciones bastante concretas y propias, como son:

- Independencia relativa.
- Contornos naturales bien concretos.
- Dinámica funcional establecida por el intercambio de materia y energía.

### 2.2.9 Manejo y conservación de los recursos naturales

La definición de manejo de recursos naturales surge con el vocablo de la sustentabilidad; la cual nació del informe Nuestro futuro común, mismo que fue realizado por la entonces comisionada de la Organización de las Naciones Unidas, Gro Harlem Bruntland. En dicho documento se contextualiza a la sustentabilidad como una pericia de uso de los recursos naturales que responda por la complacencia de las presentes generaciones sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones en manera equitativa. Tienen que verse estas necesidades desde la adecuada gestión de los recursos naturales, así como también de una conexión argumental, de economía política, del pensamiento geográfico y de la evaluación hacia la conservación de los sistemas ambientales (López y Chan, 2017). Las alternativas más importantes para contrarrestar la creciente destrucción de los recursos naturales, son:



**Ilustración 2-4:** Alternativas de manejo y conservación de los recursos naturales

Fuente: López y Chan 2017

Realizado por: Viteri A., 2022

Por otro lado, el manejo y conservación de recursos hídricos concierne la planeación, aprovechamiento y distribución de bienes acuíferos en un ecosistema determinado, con el fin de conseguir una equitativa asignación del recurso, la cual permita preservar y conservar el ambiente natural, sustentar actividades recreativas y facilitar el desarrollo económico. Las prácticas de manejo y conservación de recursos hídricos aportan estrategias encaminadas a disminuir las inundaciones, proteger la calidad y cantidad de agua, prevenir la erosión y mitigar el impacto de la sequía (Comisión para la Cooperación Ambiental, 2022).

### **2.2.10 Restauración ecológica**

La restauración ecológica es un proceso a través del cual se suscita la recuperación de un ecosistema que se ha visto dañado, degradado o devastado. No obstante, se fundamenta la restauración ecológica en la congregación de ida y vuelta entre tecnología y ciencia. Para ser ecológica, la mencionada restauración ecológica, tiene que ser holística. Es decir, en la actualidad no se puede diseñar un programa de restauración, como una intervención únicamente desde el medio biofísico, sino más bien se debe componer también con la socioeconomía, en específico con la demanda de servicios ecosistémicos, con la cultura, como dato histórico (Ministerio de Agricultura y Pesca Alimentación y Medio Ambiente, 2017).

La restauración ecológica facilita herramientas técnicas y conceptuales desde de las cuales se pueden instituir estrategias de restauración para lograr el éxito de esta práctica. Cabe destacar que, cada ecosistema o área a restaurar tiene su peculiaridad, su historia de perturbación y por tanto de recuperación muy particular de acuerdo a la intensidad, tipo y frecuencia de la perturbación. Consecuentemente, no existen universales estrategias exitosas. Solamente existen técnicas, que pueden ser usadas de forma suplementaria en el espacio y tiempo, que deben ser evaluadas con la finalidad de determinar cuáles pueden conformar las estrategias más ciertas y efectivas para la recuperación de un ecosistema determinado acorde a la particularidad de la perturbación que lo afectó (Rodríguez y Leiton, 2020).

Conforme lo indica la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, se continúan ejecutando esfuerzos tanto políticos, como progresos tecnológicos, de esta forma, se desarrolla medidas encaminadas a restringir y disminuir las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI) y tener una mejora en los sumideros de los mismos. En el sentido, de estas medidas de mitigación frente al cambio climático, la restauración ecológica puede ayudar la captura de carbono en los ecosistemas. Así mismo, el agua es un agente esencial en estas acciones, ya sea en cuencas, cursos de agua, laderas o sistemas litorales (Ministerio de Agricultura y Pesca Alimentación y Medio Ambiente, 2017).

### *2.2.10.1 Beneficios de la restauración ecológica*

La restauración ecológica forja además de los beneficios del medio físico, otros beneficios sociales que se derivan de la conservación de la biodiversidad. Se señala que la conservación de la biodiversidad tiene secuelas directas sobre el arraigo de la población al territorio y sobre la estructura social, hasta el punto que, al establecer de manera correcta áreas de conservación, se acrecienta la cooperación entre partes de la misma comunidad con positivos efectos sobre la cohesión social. De la misma manera, permite el regreso de valores estéticos, culturales, religiosos, emocionales o que contengan usos históricos de los ecosistemas por parte de las personas que poblaron un área determinada. La restauración de dichos valores, que afectan claramente a la percepción de las personas y a su bienestar, benefician la vinculación de la sociedad con el entorno y son, en la mayoría de los casos, la base del triunfo de los proyectos de restauración (Ministerio de Agricultura y Pesca Alimentación y Medio Ambiente, 2017).

La restauración ecológica representa también los siguientes beneficios:

1. Promueve la conectividad funcional y espacial entre áreas naturales y semi-naturales
2. Mejora la permeabilidad
3. Reduce la fragmentación
4. Contribuye al adecuado funcionamiento de los ecosistemas y al suministro de servicios ecosistémicos
5. Aviva la conexión entre naturaleza y sociedad mediante la implicación de grupos de interés, enlazando el mundo rural y urbano
6. Contribuye a la adaptación al cambio climático y su mitigación
7. Disminuye la vulnerabilidad y agranda la resiliencia en relación a los desastres naturales como el fuego, la sequía y la erosión costera
8. Protege los paisajes tradicionales y el patrimonio cultural (Ministerio de Agricultura y Pesca Alimentación y Medio Ambiente, 2017).

### *2.2.10.2 Técnicas de restauración ecológica*

Son numerosos y variados los métodos para efectuar la recuperación de un ecosistema a través de la restauración. Es por ello que, se hace necesario el conocimiento del ecosistema de referencia, mismo que es un característico modelo de un ecosistema específico que dirige o instituye la meta del proyecto de restauración; esto procede como cimiento a la hora de recuperar las áreas degradadas y permite la identificación de las especies nativas, propicias para la recuperación de estas áreas e introducirlas, si las mismas están no están presentes (Segui, 2019).

En cuestiones sencillas, la restauración implica prescindir o modificar una determinada alteración, para permitir que los procesos ecológicos por sí solos se recuperen. Sin embargo, en casos más complejos, la restauración implica la reintroducción de especies nativas que se podrían haber perdido por diferentes causas y también del control, eliminación o sustitución, en la medida de lo posible, de especies exóticas. En los dos casos, el objetivo de la restauración ecológica es forjar o facilitar la continuación de procesos que regresarán el ecosistema a la trayectoria anhelada (Seguí, 2019). Algunas de las técnicas más utilizadas para restauración son:

1. **Forestería análoga:** La forestería análoga es una herramienta de la restauración ecológica para el sustentáculo de vida del planeta. Usa los bosques naturales como pautas para crear paisajes estables ecológicamente y socioeconómicamente productivos. Los enfoques más importantes de esta técnica son:

**Imitar bosques naturales:** procura el establecimiento de ecosistemas con estructuras y funciones ecológicas idénticas a la vegetación original clímax (maduro) o sub-clímax; es decir, un ecosistema análogo.

**Sucesión ecológica:** crea crear ecosistemas estables dominados por árboles. Frecuentemente se aplica a la restauración de tierras agrícolas degradadas o pastos

**Ecología del paisaje:** se aplica con el propósito de conservar la biodiversidad, examinando los patrones del uso de la tierra y biogeográficos de un paisaje, ejemplo: corredores ecológicos

#### **Ilustración 2-5:** Puntos a considerar para la gestión del agua

**Fuente:** Red Internacional de Forestería Análoga 2022

**Realizado por:** Viteri A., 2022

2. **Sistema silvopastoril:** Permiten la conservación de la fertilidad de los suelos, a discrepancia con la ganadería convencional extensiva que incita la erosión y pérdida de y nutrientes del suelo. Este tipo de sistema consiste en la incorporación de árboles y/o arbustos forrajeros en suelos que son atareadas por pastos para la crianza de bovinos. Esta actividad simboliza una opción de producción y conservación. Ayuda a intensificar la ganadería y a redimir tierras que pueden ser dedicadas a la conservación de bosques (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2022). La clasificación de los sistemas silvopastoriles es:

**Bancos forrajeros:** es un área en el rancho en donde se siembran y cultivan árboles o arbustos en bloques compactos de alta densidad. Su propósito es maximizar la producción de biomasa de alta calidad nutritiva para la suplementación animal en la época de seca.

**Árboles o arbustos dispersos en el proterero:** brinda mayor confort a los animales. La sombra de los árboles mejora el microclima. Los animales están más cómodos y dedican más tiempo al consumo de alimento. Además, mejora la fertilidad del suelo con el aporte de materia orgánica

**Cercas vivas:** se establecen linderos. Mejora la conectividad entre parches de bosque fragmentado. Sirve de refugio, descanso y anidación a aves y mamíferos migratorios

**Cortinas rompevientos:** Los árboles sembrados en hileras también contribuyen a la protección al suelo por medio de su sistema radicular. Disminuyen la velocidad del viento y del agua y contribuyen a diversificar la producción del terreno

### **Ilustración 2-6:** Clasificación de sistemas silvopastoriles

**Fuente:** Alianza México REDD+ 2015

**Realizado por:** Viteri A., 2022

## **2.2.11 Base legal**

### *2.2.11.1 Constitución de la República del Ecuador*

Art. 3.- Son deberes primordiales del Estado:

5. Planear el desarrollo nacional, suprimir la pobreza, suscitar el desarrollo sustentable y la redistribución imparcial de los recursos y la riqueza, para acceder al buen vivir (Asamblea Nacional, 2008, p. 9)

Art. 10.- Las personas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos son titulares y gozarán de los derechos garantizados en la Constitución y en los instrumentos internacionales. La naturaleza será sujeto de aquellos derechos que le reconozca la Constitución (Constitución de La República Del Ecuador, 2008, p. 11)

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados (Constitución de La República Del Ecuador, 2008, p. 13)

Art. 57.- Se reconoce y garantizará a las comunidades, comunas, pueblos y nacionalidades indígenas, de conformidad con la Constitución y con los pactos, declaraciones, convenios y demás internacionales instrumentos de derechos humanos, los siguientes derechos colectivos. 8. Conservar y suscitar sus prácticas de manejo de la biodiversidad y de su entorno natural (Constitución de La República Del Ecuador, 2008, p. 26)

Art. 395.- La Constitución registra los siguientes principios ambientales: 1. El Estado responderá por un modelo sustentable de desarrollo, respetuoso de la diversidad cultural y ambientalmente equilibrado, que guarde la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y afirme la complacencia de las necesidades de las generaciones presentes y futuras. 2. Las políticas de gestión ambiental se emplearán de forma transversal y serán de forzoso cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el espacio nacional (Constitución de La República Del Ecuador, 2008, p. 119).

#### *2.2.11.2 Código Orgánico del Ambiente*

Art. 3.- Fines. Son fines de este Código: 4. Instituir, realizar y estimular los mecanismos e instrumentos para el uso sostenible, la conservación y restauración de los ecosistemas, biodiversidad y sus componentes, Patrimonio Forestal Nacional, , patrimonio genético servicios ambientales, recursos naturales y zona marino costera (Código Orgánico del Ambiente, 2017, p. 11).

#### *2.2.11.3 Código Orgánico de Organización Territorial*

El Código Orgánico de Organización Territorial (COOTAD) en su artículo 132. Ejercicio de la competencia de gestión de cuencas hidrográficas.-

Los gobiernos autónomos descentralizados regionales, en coherencia con todos los niveles de gobierno, realizarán el plan de manejo de cuencas, subcuencas y microcuencas, en sus concernientes circunscripciones territoriales.

Se garantizará un retorno económico fijado técnicamente, en beneficio de los gobiernos autónomos descentralizados de las circunscripciones territoriales de donde provengan los recursos hídricos, con la finalidad de mantener, conservar y recuperar la cuenca hidrográfica.

Se prohíbe la adopción de cualquier modelo de gestión que suponga algún tipo de privatización del agua; además, se fortalecerán las alianzas público comunitarias para la cogestión de las cuencas hidrográficas (Código Orgánico de Organización Territorial, 2010).

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Enfoque de investigación

El enfoque de investigación es cuali-cuantitativo. Donde, el enfoque cualitativo es aquel que usa la recolección y análisis de la información de diversas bases de datos, para de esta manera afinar las preguntas de investigación o revelar interrogantes nuevas en el proceso de interpretación (Hernández Sampieri, 2014). De este modo, a través de mencionado enfoque se recolecta información pertinente mediante la utilización de Sistemas de Información Geográfica, visualizando así la realidad que acontece en la microcuenca del Río Illangama.

Por otro lado, el enfoque cuantitativo, es aquel que considera que el conocimiento debe ser objetivo, y que este se forja en base a un proceso deductivo a través del análisis de datos, estableciendo pautas que determinen el comportamiento del objeto de estudio (Hernández Sampieri, 2014). En este sentido, dicho enfoque se ha utilizado en diversas ecuaciones para dar acatamiento a los objetivos planteados dentro de la zona de estudio.

Además, según el objeto, la investigación es aplicada, puesto que, es aquella que da solución a problemas prácticos, partiendo de la generación de conocimiento (Lozada, 2017). De esta manera, en la presente investigación se expone una propuesta, que es una estrategia de conservación para la microcuenca del Río Illangama.

#### 3.2 Nivel de investigación

Según el nivel de investigación, el presente estudio es descriptivo. Según lo señala Nicomedes (2018), un estudio descriptivo instituye e informa los modos de ser de los objetos para de esta forma llegar a tomar decisiones o acciones correctivas, con la finalidad de formular propuestas de progreso y mejora del objeto de estudio. Además, se apoya en la recopilación de información y datos de interés como son propiedades, características, dimensiones o aspectos tanto de personas como de agentes y establecimientos de los procesos sociales.

Es así que, mediante la investigación descriptiva se define las características de importancia y relevancia de la microcuenca del Río Illangama, utilizadas para llevar a cabo los objetivos de la investigación. Se describe la naturaleza, el estado o los atributos de los elementos de la zona de interés.



### **3.3 Diseño de investigación**

#### ***3.3.1 Según la manipulación o no de la variable independiente***

Según la manipulación de variables es no experimental, pues, no se realiza la manipulación premeditada de variables, más bien se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos. Es decir, se trata de investigaciones en las que no se efectúan variaciones de manera intencional de la variable independiente para ver su secuela sobre otras variables (Hernandez, 2017).

De este modo, en dicho estudio no experimental no se genera alguna situación arbitraria, sino que se visualizan y analizan situaciones ya existentes, no inducidas intencionalmente por el investigador.

#### ***3.3.2 Según las intervenciones en el trabajo de campo***

Según la intervención en el trabajo de campo el estudio es transversal, debido a que existe una recolección de información y datos en un único momento y cuyo propósito es la descripción de las variables de estudio y analizar su incidencia e interrelación en un momento y lugar dado, en este contexto, en la microcuenca del Río Illangama. (Hernandez, 2017).

### **3.4 Tipo de estudio**

En el presente estudio se emplea esencialmente la investigación documental. Esta investigación trabaja con varios recursos, entre ellos se encuentran libros y artículos en los que se muestran técnicas y herramientas idóneas para cada caso, señalando también las redes de computación que hace posible que el investigador posea información y datos para efectuar su estudio (Hernández, 2017). De esta manera, se ha recolectado información pertinente mediante una revisión bibliográfica. Los datos bibliográficos son los que también dieron sustento a la presente investigación.

### 3.5 Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra

La población se precisa como el agregado de todos los casos que coinciden con especificaciones explícitas. Las poblaciones deben ubicarse visiblemente por sus características de contenido, lugar y tiempo (Hernández, 2017). En este sentido, el universo o la población que se ha determinado para esta investigación es la microcuenca del Río Illangama.

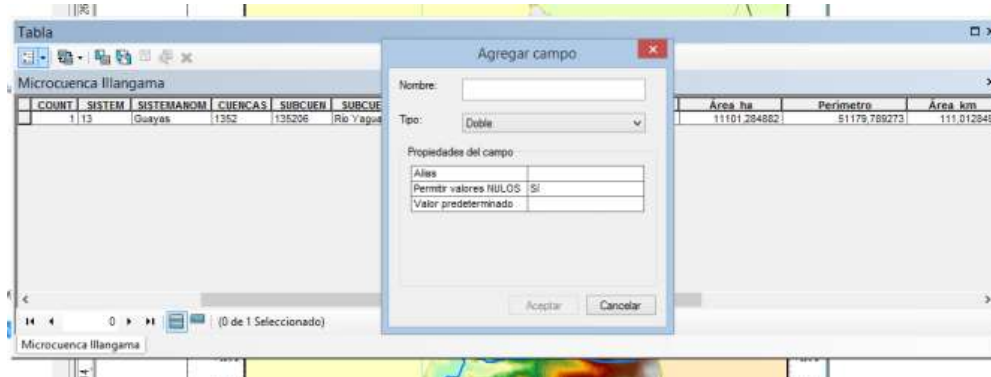
Se trabajó con el muestreo no probabilístico por conveniencia, el cual según Hernández (2017) indica que es un método de muestreo no probabilístico además de ser no aleatorio, mismo que es usado para crear muestras acorde a la facilidad de acceso del investigador. La muestra, al ser una parte representativa de la población y, para fines del presente estudio se ha optado por utilizar el muestreo antes mencionado. De esta manera se trabaja con toda la microcuenca del río Illangama.

### 3.6 Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

Para la recolección de información se utiliza la técnica bibliográfica documental, donde se investiga fuentes primarias y secundarias de información. También se emplea la técnica de observación directa.

Para el cumplimiento del primer objetivo específico se utiliza Sistemas de Información Geográfica, específicamente ArcGIS en su versión 10.4.1. ArcGIS es un completo sistema, el cual contiene una serie de programas de software y herramientas, los cuales permiten la recopilación, organización, administración, análisis, compartida y distribución de información geográfica (ESRI, 2022). En mencionado programa se calcula los diferentes parámetros necesarios para la investigación como son: área, perímetro, longitud de la cuenca, ancho de la cuenca, factor de forma de Horton, coeficiente de compacidad, relación de elongación, altura y elevación, pendiente.

El área de la microcuenca del Río Illangama fue calculado en ArcGIS, se abre la tabla de atributos de la microcuenca, se da un clic en opciones de tabla, agregar campo, se coloca el nombre del campo, en este caso, “área”, y en tipo se coloca “doble”, como se observa en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Posteriormente, se procesa a su cálculo, se hace clic en el campo creado recientemente y se coloca la opción calcular geometría, se coloca las coordenadas correspondientes a la zona de estudio y se escoge la unidad de medida, en este caso es hectáreas, como se visualiza en la Ilustración 3-2.



**Ilustración 3-1:** Agregar campo en tabla de atributos

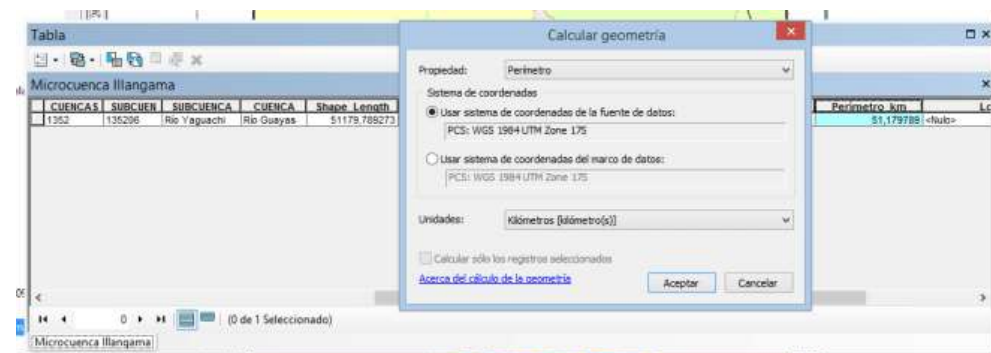
Fuente: ArcGIS 10.4.1



**Ilustración 3-2:** Cálculo de área

Fuente: ArcGIS 10.4.1

Para el cálculo del perímetro, al igual que para el cálculo del área, se debe crear abrir la tabla de atributos de la microcuenca y crear un nuevo campo denominado perímetro. Con la calculadora de geometría escoger la opción deseada y las unidades, como se exhibe en Ilustración 3-3.



**Ilustración 3-3:** Cálculo de perímetro

Fuente: ArcGIS 10.4.1

Por otro lado, para determinar la longitud de la microcuenca se toma en consideración la desembocadura de la cuenca y el punto más alto de la misma, la medición se realiza con ayuda

de la herramienta “medir” del programa utilizado. En cuanto a los parámetros como son el ancho de la cuenca, factor de forma de Horton, coeficiente de compacidad y relación de elongación, se calculan mediante diversas ecuaciones, las cuales se describen a continuación:

#### **Ecuación 1 Ancho de la cuenca**

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

Donde:

An: ancho de la cuenca

A: Área

L: Longitud del cauce principal

#### **Ecuación 2 Factor de forma de Horton**

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

Donde:

K<sub>f</sub>: Factor de forma de Horton

A: Área

L: Longitud del cauce principal

#### **Ecuación 3 Coeficiente de compacidad**

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

Donde:

K<sub>c</sub>: Coeficiente de compacidad

A: Área

P: Perímetro

#### **Ecuación 4 Relación de elongación**

$$R_e = 1,128 \frac{\sqrt{A}}{L}$$

Donde:

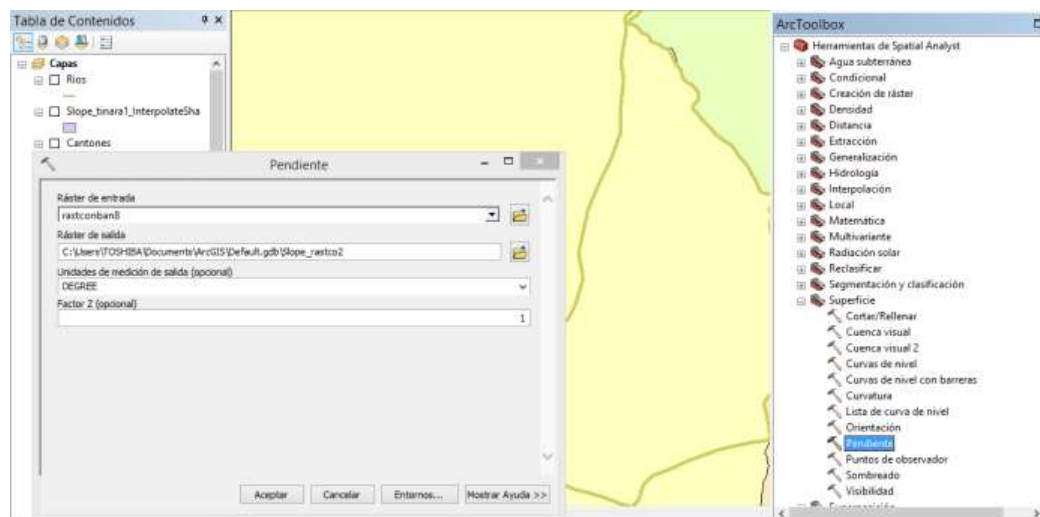
Re: Relación de elongación

A: Área

L: Longitud del cauce principal

Para determinar la elevación de la microcuenca se toma en cuenta el shape de curvas de nivel y se realiza un recorte con el contorno de la zona de estudio. Se procede a crear un TIN, el cual es una capa de datos geográficos digitales, para ello se coloca el ArcToolBox, herramientas de análisis 3D, administración de datos, TIN, crear TIN. Posteriormente, se crea el modelo digital de elevación con los siguientes pasos, se coloca nuevamente en ArcToolBox, herramientas de análisis 3D, conversión, de TIN, TIN a Ráster. Finalmente se modifica los colores para mejor visualización.

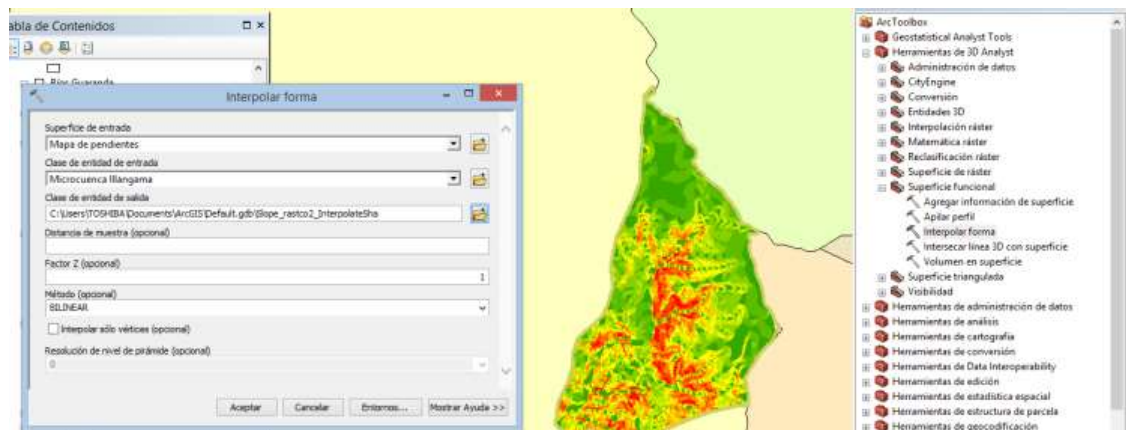
En cuanto a la determinación de la pendiente de la cuenca. Se coloca en ArcToolBox, herramientas de análisis espacial, superficie, pendiente. En la ventana que se abre se debe ingresar el Ráster creado anteriormente, como se visualiza en Ilustración 3-4. Después se realiza una reclasificación, se coloca nuevamente en ArcToolBox, herramientas de análisis espacial, reclasificar, reclasificación. En la ventana que se abre se ingresa el archivo recientemente creado (Slope\_rastco). Se realiza la reclasificación con 5 clases.



**Ilustración 3-4:** Cálculo de pendiente

Fuente: ArcGIS 10.4.1

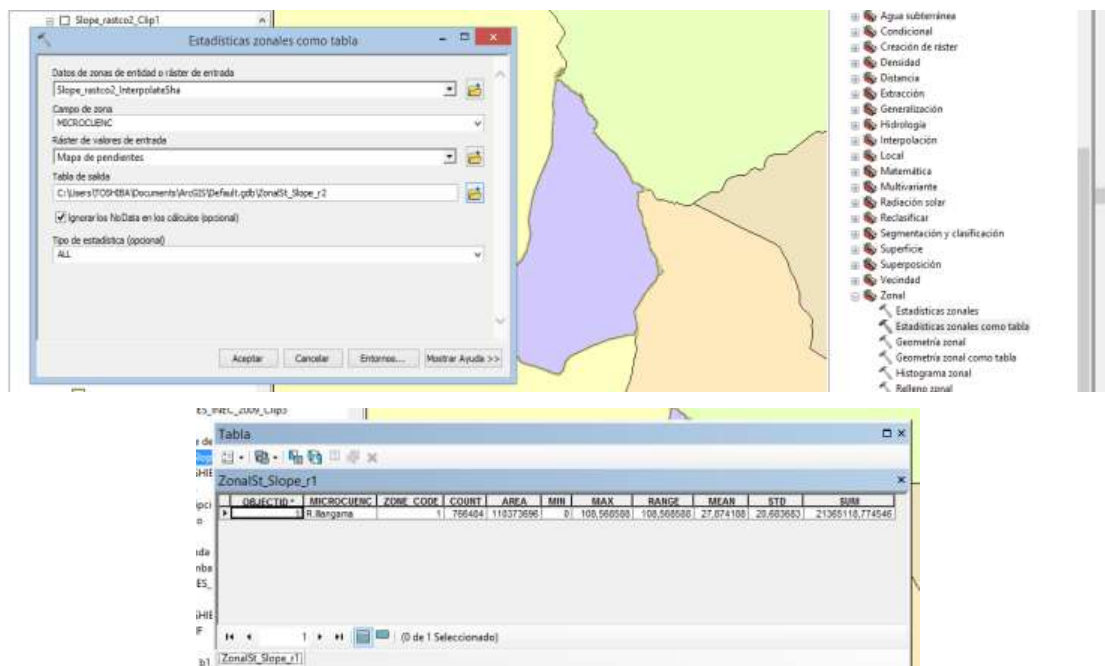
Seguidamente para tener el dato de la pendiente media de la microcuenca del Río Illangama, se interpola el mapa de pendientes, se selecciona la opción de Herramienta de análisis tridimensional, superficie funcional, interpolar forma. Seguidamente, herramienta Análisis espacial de datos, opción zonal. Como se visualiza en la Ilustración 3-5.



**Ilustración 3-5:** Cálculo de pendiente media

Fuente: ArcGIS 10.4.1

Se ubica nuevamente en ArcToolBox, herramienta Análisis espacial de datos, opción zonal, estadísticos zonales como tabla. En la primera opción de datos de entrada se coloca la interpolación realizada en el paso anterior y en el tercer campo se coloca el mapa de pendientes, de esta manera, se genera una tabla con los datos de la pendiente de la cuenca. Como se observa en la Ilustración 3-6.



**Ilustración 3-6:** Cálculo de pendiente media y tablas de resultados

Fuente: ArcGIS 10.4.1

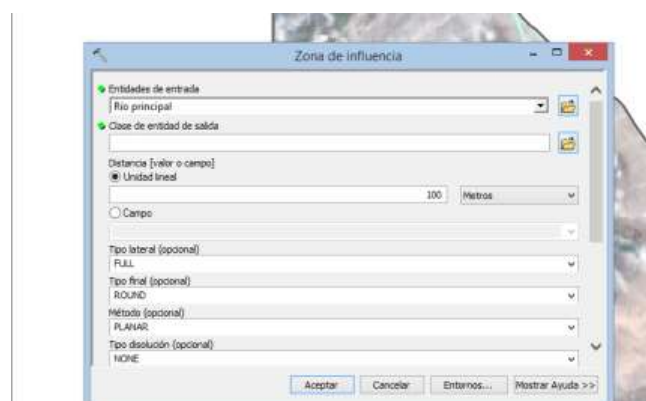
Para el segundo objetivo específico se realiza la recolección de información bibliográfica documental del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia Bolívar y del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Guaranda y datos del Instituto Nacional de

Meteorología e Hidrología, con los cuales se obtuvo información del medio físico. Dentro del medio físico constan parámetros de interés como el agua, déficit hídrico, contaminación del agua, clima, temperatura, precipitación, humedad relativa, heliofanía, nubosidad y los diferentes ecosistemas de la zona de estudio.

Para tener un resultado más eficiente se realizó análisis de las aguas correspondiente a la zona alta, media y baja de microcuenca del Río Illangama. Estos análisis se efectuaron en el laboratorio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, donde se obtuvieron los resultados para color, pH, conductividad, turbiedad, cloruros, dureza, calcio, alcalinidad y fosfatos.

Además, para identificar las coberturas de suelo se utiliza los Sistemas de Información Geográfica, ArcGIS en su versión 10.4.1, de esta forma, se delimita la zona de estudio y se colocan los shap es de uso y cobertura de suelo.

Para el cumplimiento del tercer objetivo específico, se delimita la zona de influencia de la microcuenca mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica; para ello se estableció un buffer o también denominado zona de influencia, para así determinar las zonas de interés y realizar un contraste con una imagen satelital Landsat 7 descargada del portal web del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). El buffer utilizado es de 100 metros de anchura medidos de forma horizontal a partir del cauce principal, pues, así lo establece el Reglamento ley recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua. La determinación del buffer para la microcuenca en estudio se exhibe en la Ilustración 3-7. Así mismo, se toma en consideración la Guía Técnica para la delimitación de áreas de protección hídrica expuesta por SENAGUA.



**Ilustración 3-7:** Buffer – Zona de influencia

Fuente: ArcGIS 10.4.1

Finalmente, para el cuarto objetivo específico de proponer estrategias de conservación para la microcuenca del Río Illangama, se efectúa un análisis crítico de la información realizada para

posteriormente tener una priorización de zonas a conservar. De esta manera, se establecen zonas de restauración y conservación de páramos y bosques nativos de la microcuenca del Río Illangama para establecer adecuadas estrategias.

Conforme a lo realizado se posee información de las características morfométricas de la microcuenca en estudio, las características del medio físico y sus coberturas del suelo. Se conoce que el perímetro de zonas de protección hídrica, según la normativa es de 100 metros. Conforme a lo conocido se procede a establecer estrategias de conservación y protección.

Una de las estrategias es la creación de un mecanismo financiero de conservación, pues, se conoce que la población que se asienta en la zona de estudio vive del campo, de la agricultura y ganadería, por lo tanto, es necesario proponer estrategias que sean amigables con el ambiente pero que al mismo tiempo no les retire el sustento económico a las familias.

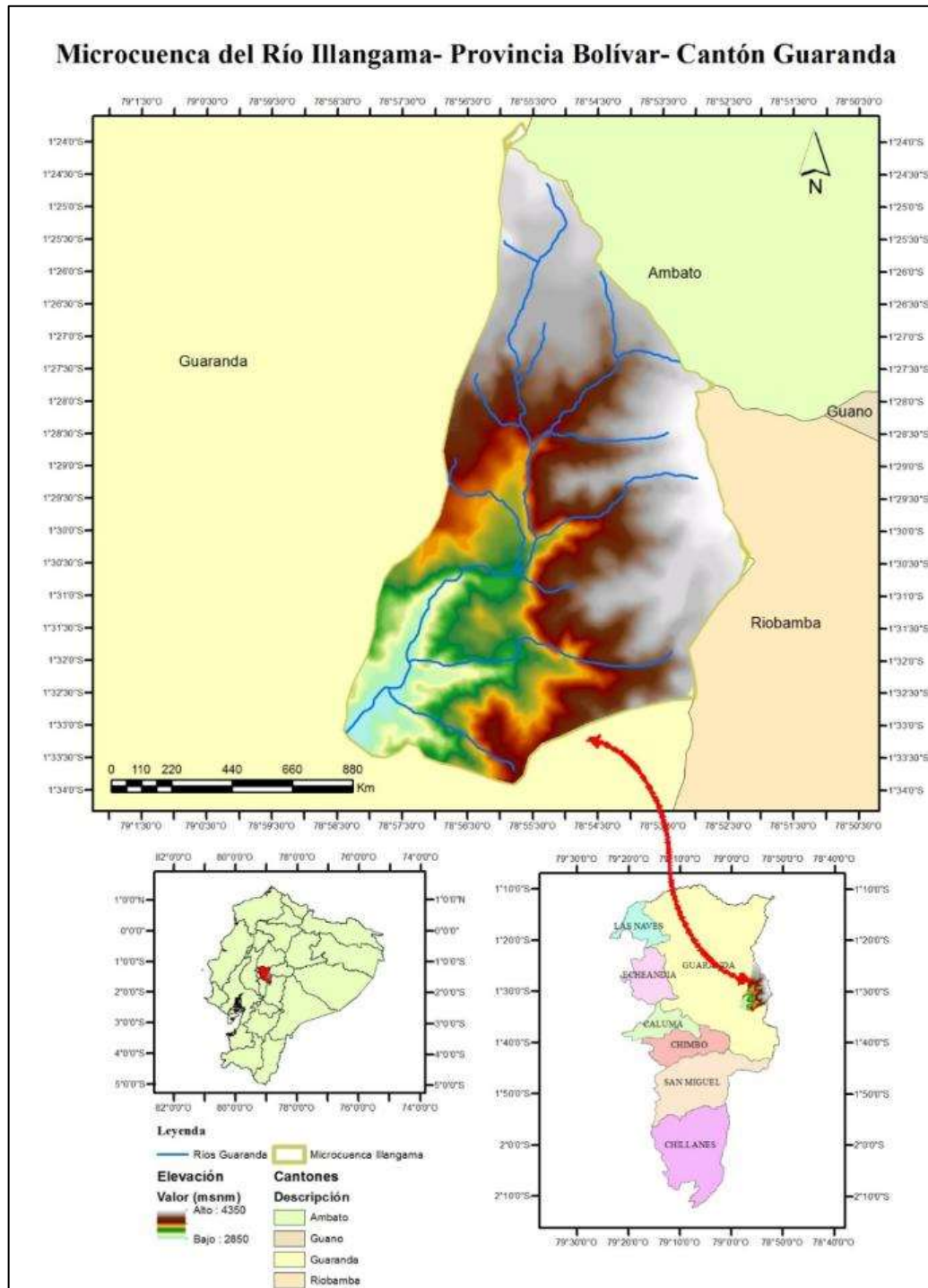
Con el financiamiento que se pueda generar de los contribuyentes que se acojan al mecanismo financiero de conservación de la microcuenca del Río Illangama, se puede ir generando las actividades propuestas.



## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Identificar las características morfométricas de la microcuenca del Río Illangama



**Ilustración 4-1:** Ubicación de la microcuenca de estudio

Realizado por: Viteri A., 2022

En la Ilustración 4-1 se exhibe la ubicación de la microcuenca del río Illangama, perteneciente a la provincia Bolívar, cantón Guaranda. Igualmente, se indican sus ríos principales y la elevación que posee la microcuenca, la cual va desde los 2850 hasta los 4350 msnm. A continuación, se describen sus parámetros morfométricos:

### **Área (A)**

El área de la microcuenca del río Illangama es de 111,01 km<sup>2</sup>. El área ha sido calculada por medio de la calculadora de geometría del programa ArcGIS. El procedimiento para el cálculo se puede visualizar en el capítulo de metodología Ilustración 3-2.

La delimitación del área de la microcuenca en estudio es fundamental para su análisis territorial, puesto que, se considera a dicha área como una unidad de territorio de planificación y adecuado manejo de sus recursos naturales (Garay y Gabriel, 2018).

### **Perímetro (P)**

El perímetro de la microcuenca del río Illangama es de 51,17 km. El perímetro ha sido calculado por medio de la calculadora de geometría del programa ArcGIS. El cálculo del perímetro se visualiza en la Ilustración 3-3.

La distancia de la línea divisoria es el perímetro de la microcuenca, mientras que, la superficie que encierra mencionada línea es el área. Es por ello que, el perímetro de la microcuenca hidrográfica es un parámetro sustancial, debido a que es la conexión con el área y puede ayudar a demarcar la forma de la microcuenca, que, en este contexto, es alargada.

### **Longitud de la cuenca (L)**

La longitud de la cuenca tiene relación con la distancia horizontal entre la desembocadura de la cuenca y el punto más alto donde generalmente se encuentra la línea de corte de contorno de la cuenca. En este sentido, la longitud de la microcuenca del río Illangama es de 18,06 km. Mencionado dato se obtuvo de manera semiautomática a través de la herramienta “medir línea” en el programa ArcGIS 10.4.

### **Ancho de la cuenca (An)**

El ancho de la cuenca relaciona el área (A) y la longitud de la cuenca o cauce principal (L). Como se expresa en la **Ecuación 1** Ancho de la cuenca, detallada en la metodología:

$$An = \frac{111,01 \text{ km}^2}{18,06 \text{ km}}$$
$$An = 6,14 \text{ km}$$

### **Factor de forma de Horton (K<sub>f</sub>)**

El factor de forma de Horton es la relación existente entre el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca. Se expresa a en la **Ecuación 2** Factor de forma de Horton, detallada en la metodología:

$$K_f = \frac{111,01 \text{ km}^2}{(18,06)^2}$$
$$K_f = 0,34$$

Un factor de forma que supere a la unidad (1) suministra el grado de achatamiento de la microcuenca o de un río principal corto que, consiguientemente, presentará predisposiciones a concentrar el escurrimiento de una lluvia aguda constituyendo fácilmente magnas crecidas (Horton, 1945).

La forma de la microcuenca en estudio tiene forma alargada, es por ello que, el escurrimiento resultante de una lluvia sobre una cuenca de forma alargada, no se agrupa tan velozmente, como en una cuenca de forma redonda. Este detalle concuerda con la relación del Factor de forma de Horton 0,34.

### **Coefficiente de compacidad (K<sub>c</sub>)**

El coeficiente de compacidad hace una comparación de la forma de la cuenca en relación a una circunferencia, donde su círculo inscrito posee la misma área de la cuenca hidrográfica en estudio. Se calcula mediante la

**Ecuación 3** Coeficiente de compacidad, expresada en metodología.

$$K_c = 1,37$$

De acuerdo al coeficiente de compacidad de 1,37 se señala que, la microcuenca del río Illangama tiene una forma de Oval redonda a Oval oblonga. Debido a que las cuencas que están en el rango de 1,25 a 1,50 poseen esta forma.

### **Relación de elongación (Re)**

La relación de elongación se define de la siguiente forma, cuando el valor de la relación se aproxima a la unidad quiere decir que la cuenca es muy plana y circular, mientras que, cuando la cuenca es plana con partes accidentales, la relación de elongación se encuentra entre 0.5 y 0.8. Se expresa a través de la

**Ecuación 4** Relación de elongación.

$$R_e = 1,128 \frac{\sqrt{111,01 \text{ km}^2}}{18,06 \text{ km}}$$
$$R_e = 0,65$$

### **Elevación**

La elevación de la microcuenca del río Illangama va desde los 2850 msnm en su cota menos alta hasta los 4350 msnm en su cota más alta.

Mediante el modelo digital de elevación descrito en el capítulo de metodología, se permitió la descripción de la altura del terreno en relación con el nivel medio del mar. Esta representación refleja el relieve a través de valores numéricos, los cuales simbolizan la cota más alta y más baja de la microcuenca del Río Illangama.

### **Pendiente**

Para la determinación de la pendiente de la microcuenca, se realizó mediante Sistemas de Información Geográfica, es decir ArcGIS 10.4.1. Es así que, se utilizó la herramienta Análisis espacial de datos, opción pendiente. Posteriormente se interpoló el mapa de pendientes, se seleccionó la opción de Herramienta de análisis tridimensional, superficie funcional, interpolar forma. Seguidamente, herramienta Análisis espacial de datos, opción zonal. Es así que, la pendiente media de la microcuenca del río Illangama es de 27,87 %. Se observa la pendiente media en la Ilustración 4-2.

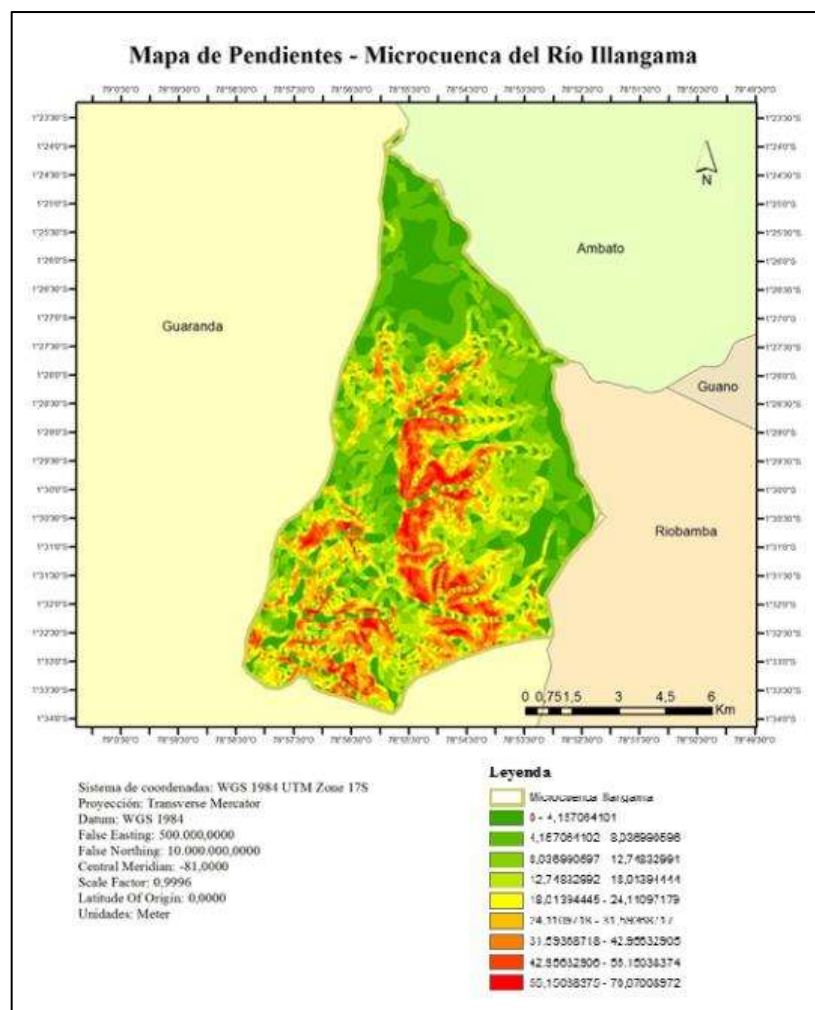
OBJECTID*	MICROCUENC	ZONE CODE	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM
1	R.Illangama	1	766484	110373696	0	108,568588	108,568588	27,874188	20,683683	21365118,774546

**Ilustración 4-2:** Cálculo de la pendiente media

Realizado por: Viteri A., 2022

Así mismo, se realizó un mapa de pendientes de la microcuenca del Río Illangama, donde se puede visualizar en la Ilustración 4-3 que en la zona de estudio sus pendientes llegan hasta los 70 grados en la zona media.

Cabe mencionar que, con el aumento de la pendiente se aumenta también la velocidad del agua por la red hidrográfica, lo que hace más susceptible a la microcuenca a procesos de resorción y al arrastre de sedimentos (Garay y Gabriel, 2018).



**Ilustración 4-3:** Mapa de pendientes

Realizado por: Viteri A., 2022

## **4.2 Caracterizar el medio físico y coberturas del suelo de la microcuenca del Río Illangama**

### **4.2.1 Agua**

Según lo menciona el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Provincial de Bolívar, el sistema hídrico de la Provincia en estudio, evacúa sus aguas en el sistema macro de la cuenca del río Guayas. La generación de recursos hídricos es vital y estratégica, puesto que, entre el 30 y 40% del agua que recibe el río Guayas, proviene del sistema hídrico de Bolívar, siendo 36.572 m<sup>3</sup> (GADP Bolívar, 2021).

Así mismo, cabe destacar que, en la provincia de Bolívar se ha concesionado el caudal preciso para cada cantón y cada tipo de uso respectivamente. Es así que, en lo que respecta al cantón de Guaranda se estableció un caudal de 7367,485 l/s, el cual beneficia a 209.221 individuos, mismo que representa el 27,67% del total concesionado y beneficia al 51,45% del total de población de la provincia. Además, en los últimos cinco años ha alcanzado un total de 90 concesiones de agua, asistiendo a una población presente de 13.552 habitantes, con un promedio de caudal de 0,223 l/s (GADM Guaranda, 2020).

### **4.2.2 Déficit hídrico**

En cuanto al déficit hídrico, se ha encontrado que, durante el transcurso del año en el cantón Guaranda, el pico más alto se encuentra en el mes de septiembre. Dicho mes, representa al verano en este periodo del año, donde se ha podido determinar varias secuelas, siendo estas: incendios forestales y sequía debido a la escases de agua (GADM Guaranda, 2020).

Por otro lado, en los meses entre enero a mayo no se ha identificado déficit hídrico, mismo que se acrecienta desde el mes de junio con su máximo punto en el mes de septiembre, con desplome fuerte al mes de octubre y asumiendo un ligero aumento en el mes de diciembre. Se evidencia una disminución de caudal durante la época de verano del 10 al 15 % en los meses de junio, julio y agosto (GADM Guaranda, 2020).

### **4.2.3 Contaminación del agua**

Las fuentes de abastecimiento del líquido vital que suministran al cantón Guaranda están compuestas por el afloramiento de aguas subterráneas situadas en el flanco occidental del volcán Chimborazo, ubicada en la zona de páramo. En este contexto, las fuentes de agua del sector del

arenal son superficiales y no poseen contaminación derivada de metales pesados u otro tipo de contaminantes peligrosos, sin embargo, existe contaminación debido a los animales como las vicuñas y otros sedimentos (GADP Bolívar, 2021). Por otra parte, la contaminación del agua mayormente se da por las diversas actividades del ser humano, evidenciando los siguientes:

Aguas servidas de población con alcantarillado, sin sistema de tratamiento de aguas, mismas que son descargadas al Río Guaranda



Basura arrojada a ríos y quebradas



Desechos de origen industrial principalmente en la parroquia Salinas



Poca conciencia ambiental de la población, lo cual provoca deforestación, pérdida de cobertura vegetal y avance de la frontera agrícola



No existe protección de las fuentes hídricas



#### **Ilustración 4-4:** Contaminación del agua en la provincia Bolívar

**Fuente:** GADP Bolívar 2021

**Realizado por:** Viteri A., 2022

En este punto, para determinar si existe o no contaminación del agua en el área de estudio, se realizó el análisis de color, pH, conductividad, turbiedad, cloruros, dureza, calcio, alcalinidad y fosfatos. Las muestras fueron tomadas en la zona alta que corresponde al arenal, la zona media en la comunidad llamada Illangama y en la zona baja que representa a la comunidad denominada Tingo.

A continuación, en la Tabla 4-1 se presenta los resultados de la cuantificación de la muestra de agua superficial de la microcuenca del Río Illangama conforme a los parámetros definidos para el análisis de laboratorio.

**Tabla 4-1:** Resultados del muestreo de agua superficial

Parámetros	Unidades	Resultados		
		Zonas		
		Zona alta	Zona media	Zona baja
Color	Und. Pt/Co	40	10	24
pH	-	6.27	7.32	7.57
Conductividad	mSiems/cm	149.4	152.7	180.3
Turbiedad	NTU	2.7	2.7	4.5
Cloruros	mg/L	5.672	5.672	8.5
Dureza	mg/L	104	80	88
Calcio	mg/L	22.4	22.4	25.6
Alcalinidad	mg/L	100	90	110
Fosfatos	mg/L	0.23	0.22	0.19

Fuente: Laboratorio ESPOCH

Realizado por: Viteri A., 2022

En la Tabla 4-1 se efectúa un cotejo con los límites máximos permisibles estipulados en la Tabla 9 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, del Anexo 1 del TULSMA, Acuerdo Ministerial N° 097-A, referente a la Norma de Calidad Ambiental. Los valores que se presentan en el documento exhiben un código de colores para confirmar su cumplimiento o incumplimiento conforme a los límites máximos permisibles de la normativa ambiental de referencia.

- Verde: Cumplimiento
- Rojo: Incumplimiento

**Tabla 4-2:** Conformidad de resultados con base los límites permisibles de la normativa ambiental vigente

Parámetros	Unidades	Resultados			Conformidad	Límite máximo permisible (LMP)
		Zonas				
		Zona alta	Zona media	Zona baja		
Color	Und. Pt/Co	40	10	24	N/A	N/A
pH	-	6.27	7.32	7.57	100%	6-9
Conductividad	mSiems/cm	149.4	152.7	180.3	N/A	N/A
Turbiedad	NTU	2.7	2.7	4.5	N/A	N/A
Cloruros	mg/L	5.672	5.672	8.5	33.3%	1000
Dureza	mg/L	104	80	88	N/A	N/A
Calcio	mg/L	22.4	22.4	25.6	N/A	N/A
Alcalinidad	mg/L	100	90	110	N/A	N/A
Fosfatos	mg/L	0.23	0.22	0.19	100%	10

Fuente: Laboratorio ESPOCH, Acuerdo Ministerial 097 A- Tabla 9.

Realizado por: Viteri A., 2022



Dentro de la normativa vigente los parámetros pH y fosfatos cumplieron al 100% con los LMP dentro del Anexo 1 – Tabla 9. Sin embargo, los cloruros sobrepasaron el LMP en especial en la zona alta y media de la microcuenca, la zona baja estuvo conforme a los LMP, obteniendo de este modo una conformidad de 33,3%. Los parámetros restantes como color, conductividad, turbiedad, dureza, calcio y alcalinidad, no aplica, debido a que no se encuentran en la tabla referente a los cuerpos de agua dulce de la normativa ambiental.

Cabe mencionar que, un contenido excelso de cloruros (Cl) puede ocasionar daños en las líneas de conducción o estructuras metálicas y afectar el crecimiento vegetal. Muchas veces se puede presentar un aumento esporádico del contenido en cloruros en el agua superficial como secuela de contaminaciones procedente de la orina del ser humano o de los animales, ya que, poseen como promedio 5g/l de ión Cl (Secretaría de Economía, 2011). En este contexto, los dos puntos que sobrepasaron los LMP se debería a la presencia de orina de animales del sector, especialmente de las vicuñas, ya que, el excedente se presentó en la zona alta y media de la microcuenca.

#### 4.2.4 *Clima*

En el cantón Guaranda se ha encontrado diferentes tipos de climas que son propios de su sitio y con características particulares para cada zona climática, las cuales se indican a continuación en la Tabla 4-3.

**Tabla 4-3:** Clima del cantón Guaranda

Zonas Climáticas	Características			
	Tipo	Temperatura	Régimen de lluvia	Precipitación
Ecuatorial de Alta Montana	<10°C	Bimodal	500 a 1.200 mm	Zonas noreste de: Guaranda, San Simón, San Lorenzo, Salinas y Simiatug
Ecuatorial meso térmico Seco	12-14 °C	Bimodal	500 a 750mm	San Simón, Santa Fé
Ecuatorial Meso térmico semi húmedo	12 a 16 °C	Bimodal	750 a 1.750 mm	Centro oeste de: San Lorenzo, Guaranda, Santa Fé, Julio Moreno, San Simón, Salinas y Simiatug, este de Facundo Vela
Tropical Mega térmico húmedo	18 – 24°C	Bimodal Unimodal	1.750 – 2500 mm	Facundo Vela, y este de San Luis de Pambil; oeste de Salinas
Mega térmico lluvioso	22 –26°C	Unimodal	2.000 – 3.000 mm	San Luis de Pambil y Oeste de Salinas.

Fuente: GADM Guaranda 2020

Realizado por: Viteri A., 2022

La variedad de climas que se puede encontrar en el cantón Guaranda precisa también las precipitaciones, donde se ha identificado que, en los climas tropicales, hay un aumento de las lluvias. Aquello puede ser observado en las parroquias de Facundo Vela, oeste de Salinas y este de San Luis de Pambil. Dada la diversidad de climas, se ha posible la producción de víveres que son propios de dichos lugares, otorgando a todo el cantón de multiplicidad de productos.

Del mismo modo, se presenta en la Tabla 4-4 datos del anuario meteorológico de la estación Laguacoto, misma que se ubica en los predios de la Universidad Estatal de Bolívar. Dicha estación es la más cercana al lugar de estudio.

**Tabla 4-4:** Estación meteorológica Laguacoto

<b>Estación Laguacoto código M-1107</b>						
<b>Nombre</b>	<b>Código</b>	<b>Administración</b>	<b>Tipo</b>	<b>Longitud (w)</b>	<b>Latitud (n)</b>	<b>Altitud (msnm)</b>
Laguacoto	M-1107	INAMHI	CP	13652	785954	2622

Fuente: INAMHI 2017

Realizado por: Viteri A., 2022

#### 4.2.4.1 *Temperatura*

El análisis de la temperatura se ha realizado basándose en los datos del anuario meteorológico de la estación Laguacoto (M-1107) del INAHMI, mismo que se exhibe en la Tabla 4-5. Estableciendo que, la temperatura en la zona de estudio tiene leves variaciones en el transcurso del año, es así que, su temperatura promedio para el año 2017 fue de 14,6°C. Esta información se equilibra con lo señalado en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Guaranda donde se señala que las temperaturas en dicho cantón fluctúan entre los 7 y 22 °C, obteniendo un promedio de 14,5 °C (GADM Guaranda, 2020).

**Tabla 4-5:** Datos de temperatura- estación meteorológica Laguacoto

<b>Estación Laguacoto código M-1107 temperatura (°C)</b>													
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Media</b>
2017	14,1	14,2	14,6	14,3	14,3	14,5	14,5	14,6	14,8	15,0	15,1	14,8	14,6

Fuente: INAMHI 2017

Realizado por: Viteri A., 2022

### **Precipitación**

Para la presente investigación se ha utilizado los datos meteorológicos de la estación Laguacoto código M-1107, como se indica en la Tabla 4-6, estableciendo que, los meses de mayor

precipitación son febrero, marzo, abril y mayo, mientras que, el mes más seco es junio. Así mismo, se ha determinado el promedio anual, obteniendo un dato de 483,3 mm y se presentada en la Tabla 4-6.

**Tabla 4-6:** Datos de precipitación- estación meteorológica Laguacoto

Estación Laguacoto código M-1107 precipitación (mm)													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
2017	24,8	123,5	66,3	63,8	122,2	0,0	3,5	11,3	3,5	33,4	4,0	27,0	483,3

Fuente: INAMHI 2017

Realizado por: Viteri A., 2022

De igual manera, el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Guaranda señala que, es característico de la sierra ecuatorial presentar el período lluvioso aproximadamente a partir de noviembre hasta abril. Por otro lado, se menciona que, la precipitación media anual en las zonas altas del cantón Guaranda está entre los 600 a 2000 mm, por otro lado, en las zonas bajas, es decir, el subtrópico, existen valores mayores, entre los 2000 a 2700 mm al año (GADM Guaranda, 2020).

#### 4.2.4.2 Humedad relativa

La humedad relativa manifiesta el porcentaje de vapor que se encuentra disuelto en un volumen de aire en razón del vapor que se requiera para saturarlo (Tejada et al., 2018). Se establece por la relación existente entre la tensión del vapor presente y la tensión del vapor saturado a cierta temperatura, multiplicado por 100 y mencionado en porcentaje; cabe destacar que, a mayor relación, mayor porcentaje de humedad en la atmósfera. Es sustancial conocer la humedad relativa, ya que, la cantidad de vapor de agua que contiene un explícito volumen de aire tiene relación con las precipitaciones (INAHMI, 2018).

En este sentido, según se indica en Tabla 4-7, el valor promedio de Humedad Relativa obtenido en el año 2017 es de 63%, siendo el valor máximo presentado en el mes de mayo con 68%, mientras que, el menor valor corresponde al mes de noviembre con 61%.

**Tabla 4-7:** Datos de humedad relativa- estación meteorológica Laguacoto

Estación Laguacoto código M-1107 humedad (%)													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
2017	66	65	63	64	68	63	64	62	62	62	61	62	63

Fuente: INAMHI 2017

Realizado por: Viteri A., 2022

#### 4.2.4.3 Heliofanía

La heliofanía se define como la cantidad de brillo solar. Para realizar su medición se usa como instrumento el heliógrafo, el cual ayuda a reconocer y registra el tiempo en que se absorbe directamente radiación solar. Cabe mencionar que, la insolación usualmente supera las 1000 horas en la región interandina del Ecuador, salvo en los lugares con mayor cantidad de lluvia (Baruquinzuiga, 2019).

En este contexto, en la Tabla 4-8 se indica los datos de heliofanía recabados de la estación Laguacoto, Obteniendo como promedio anal 1807,2 horas. Siendo el mes con menor exposición en febrero con 91,7 horas, mientras que, el mes de junio es el que presenta una cantidad mayor, con 227,6 horas.

**Tabla 4-8:** Datos de heliofanía- estación meteorológica Laguacoto

Estación Laguacoto código M-1107 heliofanía													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
2017	148,1	91,7	95,9	150,9	95,6	227,6	218,3	203,8	112,7	132,2	190,5	139,9	1807,2

Fuente: INAMHI 2017

Realizado por: Viteri A., 2022

#### 4.2.4.4 Nubosidad

La nubosidad se define como una variable de la atmósfera, misma que es sustancial en el conocimiento de la predicción meteorológica de una determinada región. Son indicadores del estado de la atmósfera, en el cual son revelados procesos físicos (Portillo, 2021). En la Tabla 4-9 se presenta los datos registrados en la estación meteorológica Laguacoto.

**Tabla 4-9:** Datos de nubosidad- estación meteorológica Laguacoto

Estación Laguacoto código M-1107 nubosidad													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
2017	6	7	6	5	7	4	4	4	4	5	4	5	5

Fuente: INAMHI 2017

Realizado por: Viteri A., 2022

#### 4.2.5 Ecosistemas

Comúnmente, el ecosistema es definido como un complejo que se forma por todos los componentes vivos, ya sean estos los animales, plantas o microorganismos, además de no vivos, como el clima y el suelo. Estos componentes interactúan entre sí como unidad funcional en lugar

explícito. De la misma manera, cada elemento favorece a mantener la productividad general del ecosistema y su salud (Naciones Unidas, 2022).

Según lo indica el GADM Guaranda (2020), en la provincia Bolívar se cuenta con 15 tipos de ecosistemas. En lo que respecta al territorio cantonal de Guaranda se han podido identificar 13 ecosistemas, estos son:

- Arbustal siempre verde montano del norte de los Andes
- Arbustal siempre verde y herbazal del páramo
- Bosque siempre verde del páramo
- Bosque siempre verde montano alto de Cordillera Occidental de los Andes
- Bosque siempre verde montano bajo de Cordillera Occidental de los Andes
- Bosque siempre verde montano de Cordillera Occidental de los Andes
- Bosque siempre verde piemontano de Cordillera Occidental de los Andes
- Herbazal de páramo
- Herbazal húmedo montano alto superior del páramo
- Herbazal húmedo subnival del páramo
- Herbazal inundable del páramo
- Herbazal ultrahúmedo subnival del páramo
- Herbazal y arbustal siempre verde subnival del páramo

#### 4.2.5.1 Ecosistemas en conservación de fuentes hídricas

En el cantón Guaranda se han establecido dos ecosistemas de importancia ambiental para la conservación de fuentes de agua, mismos que han sido establecido acorde a sus particularidades ambientales y de acuerdo a los servicios ambientales que ofrece, como la provisión de agua y alimentos, regulación de clima y emisiones. Mencionados ecosistemas se indican en la Tabla 4-10.

**Tabla 4-10:** Ecosistemas de conservación del cantón Guaranda

<b>Ecosistemas de conservación</b>	<b>Total Has</b>	<b>Porcentaje</b>
Bosque Siempre Verde del Páramo	158	16%
Herbazal de páramo	844	84%
<b>Total</b>	<b>1002</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica 2022a

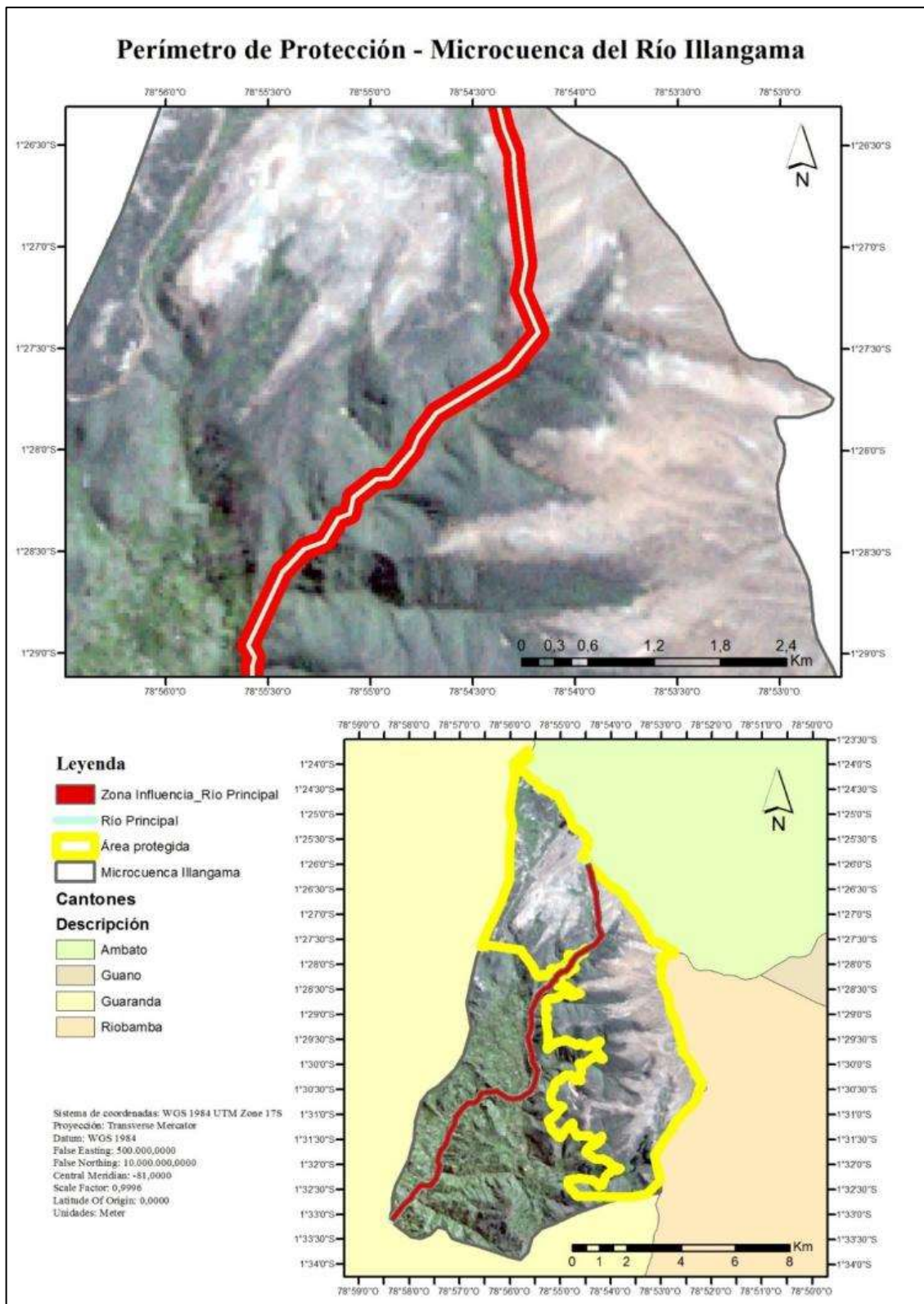
**Realizado por:** Viteri A., 2022

#### **4.3 Establecer perímetros de protección de la microcuenca del Río Illangama que permitan el aprovechamiento sostenible del recurso hídrico**

El establecimiento de perímetros de protección para la microcuenca del Río Illangama implica la delimitación del área de influencia y la priorización de la principal fuente de agua misma que es usada por la cabecera cantonal, Guaranda y sus parroquias, en donde se reúne la mayor parte de la urbe.

La longitud del río principal de la microcuenca del Río Illangama es de 18,06 km, para determinar el perímetro de protección de esta zona, se ha tomado en consideración lo indicado en el Reglamento Ley Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua. En este contexto, mediante un *buffer* se ha delimitado la zona de protección hídrica, siendo la misma de 100 metros de anchura medidos alrededor de río principal, como se visualiza en Ilustración 4-5. Es importante señalar que, para este punto se ha utilizado la imagen satelital Landsat 7 del portal web del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), para de esta manera, poder tener una mejor visualización de la zona de estudio.

Además, una vez identificada y delimitada el área de protección hídrica, se debe proceder a un adecuado proceso de participación o socialización con los poseionarios o titulares de los terrenos donde se encuentra la zona.



**Ilustración 4-5:** Perímetro de protección Río Principal de la Microcuenca del Río Illangama

Realizado por: Viteri A., 2022

## CAPÍTULO V

### 5. MARCO PROPOSITIVO

#### 5.1 Propuesta

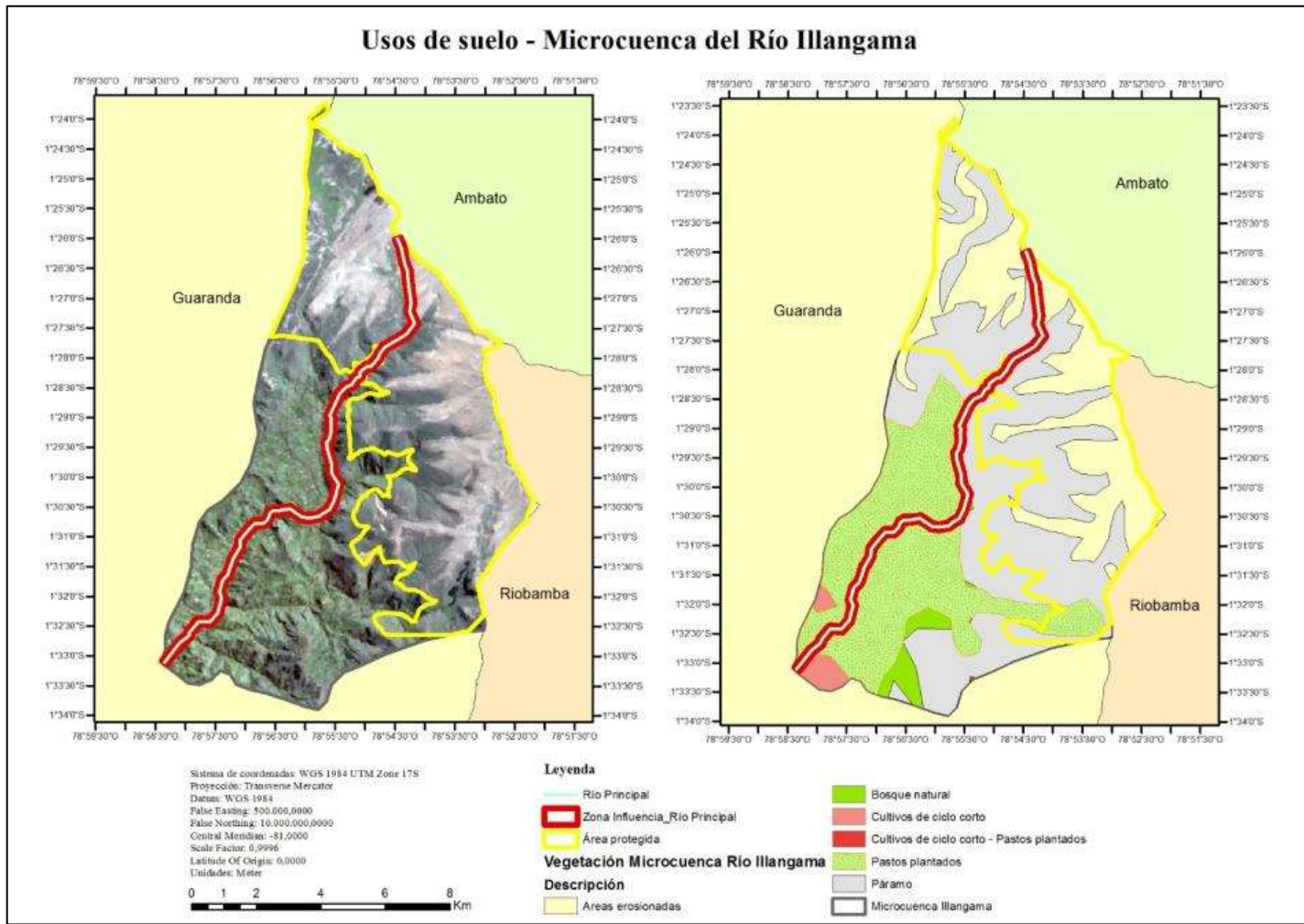
##### *5.1.1 Proponer estrategias de conservación para la microcuenca del Río Illangama*

El agua al ser un componente integrador y fundamental para la vida, debe ser el eje en base al cual se instituya la planificación en el territorio. La microcuenca del Río Illangama posee diferentes usos de suelo, como se exhibe en la Ilustración 5-1; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, es por ello que, la estrategia para su conservación debe ser diferenciada. Mencionada microcuenca posee zona de páramo, área erosionada, bosque natural, cultivos de ciclo corto y pastos plantados. En la zona alta del lugar de estudio está presente el área protegida Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, misma que se demarca con un límite rojo. Por otro lado, la superficie restante pertenece a titulares individuales. De este modo, para el presente estudio identifica dos zonas, la de conservación e intervenida.

Cabe mencionar que, en la Ilustración 5-1 se ha realizado un contraste con una imagen satelital Landsat 7, de este modo se tiene mayor exposición de la zona de estudio. Así mismo, se puede visualizar que en la imagen satelital está presente el área erosionada, el páramo y la vegetación existente, así como se exhibe en las capas de usos de suelo.

En cuanto a la zona de conservación, es importante señalar que, al pertenecer es sector noreste de la microcuenca del Río Illangama al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), ya existe un plan gerencial que abarca la protección de toda la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo. Acotando que, la zona de páramo y de área erosionada es aquella zona de la microcuenca que pertenece al SNAP. Por otro lado, en la zona intervenida se encuentra los cultivos de ciclo corto, bosque nativo y pastos cultivados. Se mencionan a continuación, en Ilustración 5-1, las estrategias para la protección de la zona intervenida de la microcuenca de estudio.





**Ilustración 5-1:** Usos de suelo Microcuenca del Río Illangama

Realizado por: Viteri A., 2022

**Tabla 5-1:** Plan de manejo y conservación para la microcuenca del Río Illangama

<b>Plan de manejo y conservación para la microcuenca del Río Illangama</b>				
<b>Objetivo:</b> Establecer estrategias de conservación para la microcuenca del Río Illangama				
<b>Actividad</b>	<b>Sub actividades</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medios de Verificación</b>	<b>Resultados esperados</b>
1. Propuesta de creación de un mecanismo financiero de conservación de fuentes de agua para el cantón Guaranda	Mapeo de actores (contribuyentes y beneficiarios) de la zona de influencia de la microcuenca del río Illangama.	Nombre del actor	Lista de actores involucrados	Listado de contribuyentes y beneficiarios del mecanismo financiero de conservación
	Análisis de los servicios ecosistémicos de brinda la microcuenca del río Illangama.	Lista de servicios ecosistémicos	Fotografías	Lista de servicios ecosistémicos considerando la planificación territorial actividades productivas
2. Establecimiento de un programa comunitario de restauración con técnicas de forestería análoga en remanentes de bosque alto andino	Procesos comunitarios de reforestación en zonas de remanente de bosque alto andino con especies nativas que mejoren la cobertura vegetal.	Km intervenidos	Registro de participantes en la siembra # de plantas nativas. Registro fotográfico	Área intervenida de reforestación en parches de bosques nativos con plantas de la zona
	Efectuar procesos comunitarios de producción de plantas nativas por medio de viveros de altura para aumentar la cobertura vegetal.	Vivero de altura creado	Registros de talleres Registros de salidas de campo	Identificación del sitio adecuado dentro de las comunidades de la zona de influencia para el establecimiento del vivero de altura. Construcción de vivero de altura donde se produzcan plantas nativas para reforestación y comercialización (piquil, yagual, romerillo)

	Mingas de limpieza en zona de protección hídrica	Número de mingas realizadas	Registro de participantes, convocatorias	18,06 km pertenecientes al río principal de la microcuenca del Río Illangama en adecuadas condiciones, sin desechos.
	Trabajos de reposición de plantas exóticas en riveras de los ríos o quebradas y en las fuentes de agua	Numero de fuentes de agua recuperadas	Registro de participantes # de plantas nativas sembradas Registro fotográfico.	Áreas recuperadas, riberas del río principal reforestadas.
3. Implementación de sistemas silvopastoriles, ubicados en zonas con pastos plantados	Animar el uso de plantas forestales (arbustos y árboles), mediante sistemas silvopastoriles en zonas de pastizales para la mejora de paisaje y cobertura vegetal	Km intervenidos	Registros de participantes Registro fotográfico	Creación se sistemas silvopastoriles en la zona media y baja de la microcuenca del Río Illangama. Se realiza una interacción de especies de árboles (piquil, yagual, romerillo) y pastos (avena, pasto azul, ray grass, trigo, alfalfa).
	Capacitación sobre la productividad y resiliencia de los sistemas silvopastoriles en zonas intervenidas	Numero de capacitaciones	Registro de participantes	Conciencia ambiental en los propietarios de las zonas de intervención sobre la importancia de conservar las áreas naturales de una forma equilibrada de acuerdo a las actividades agropecuarias y ganaderas que se realizan, fomentando la organización y el desarrollo sustentable

Realizado por: Viteri A., 2022

## 5.1.2 Desarrollo de la estrategia de conservación para la microcuenca del Río Illangama

### 5.1.2.1 Mapeo de actores

El Mapeo de actores es una técnica que va a permitir la identificación de las personas, instituciones u organizaciones que se consideran trascendentales para la planeación y diseño de un mecanismo financiero de conservación de fuentes de agua para el cantón Guaranda.

**Tabla 5-2:** Mapeo de actores

<b>Nombre del actor</b>	<b>Rol a desempeñar</b>
Comunidades de páramo	Beneficiario
Cuenca baja del Illangama _ cantón Guaranda	Beneficiario
Juntas Administradoras de Riego	Contribuyente
Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda	Contribuyente
Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica	Contribuyente
Ministerio de Agricultura y Ganadería	Contribuyente
Organizaciones no Gubernamentales	Contribuyente

Realizado por: Viteri A., 2022

Los actores identificados deberán impulsar la estrategia de mecanismos financieros de conservación de fuentes de agua, previamente se debe ejecutar una socialización de las actividades a realizar para la conservación y restauración de ecosistemas, mismas que han sido propuestas en la Tabla 5-2. Con el apoyo económico de los actores identificados en la como contribuyentes, se podrá realizar las acciones propuestas.

Cabe mencionar que, como parte de un actor contribuyente importante, el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica, tiene su programa Socio Bosque -Conservación, el cual hasta el año 2017 tenía un total de 4.285,8 hectáreas de conservación correspondientes a la Provincia Bolívar, mismo que posee una inversión de US\$ 122.214,09. Se cataloga este actor como un potencial aporte económico para la zona de estudio.

### 5.1.2.2 Servicios ecosistémicos

Es importante iniciar mencionando que, la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo cubre una superficie de 58.560,00 hectáreas y se localiza en los límites de las provincias de Bolívar, Chimborazo y Tungurahua, considerando que a la provincia Bolívar le pertenece un total de 13.546,06 hectáreas (23.13%) (Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, 2022b). La microcuenca del río Illangama posee una variedad de especies de flora nativa, las cuales ayudan a la conservación de los recursos, siendo estas el romerillo, yagual, piquil, helecho, achupalla y paja de páramo.

**Tabla 5-3:** Servicios ecosistémicos de la microcuenca del Río Illangama




Servicio ecosistémico	Función
Regulación del ciclo hidrológico	Permite asegurar una provisión del recurso hídrico en época seca mediante el desarrollo de la capacidad para la retención de agua de los ecosistemas naturales que almacenan agua lluvia y también ayudan a controlar y regular los caudales en épocas de crecida
Aprovisionamiento de agua	Asegura la disponibilidad de agua en diferentes fuentes que son usadas para diferentes fines y que permiten el desarrollo de las actividades humanas en un espacio definido.
Calidad de agua	La protección de los bosques y la vegetación natural tiene la capacidad de absorción de varios contaminantes y los almacena en sus tejidos, la cual sirve como una barrera protectora que advierte el ingreso de los contaminantes a las cuencas, lo cual se traduce como ahorro en costos para tratamientos de agua para que las poblaciones humanas no se vean afectadas por la mala calidad de agua




Realizado por: Viteri A., 2022

### 5.1.2.3 Plantas nativas para reforestación en la zona de intervención de la microcuenca del Río Illangama

En la Tabla 5-4 se puede visualizar las principales plantas nativas dentro de la zona de estudio. Con dichas plantas se puede realizar la reforestación, ya que, son propias del lugar, de esta manera cumpliendo con el programa de reforestación en zonas de remanente de bosque alto andino con especies nativas para que mejoren la cobertura vegetal.

**Tabla 5-4:** Flora representativa en la zona de la microcuenca del Río Illangama

Flora representativa en la zona de la microcuenca del Río Illangama		
Nombre común	Nombre científico	Descripción
Romerillo	<i>Bidens pilosa</i>	<p>Es una hierba anual, Es una especie de hábito de crecimiento sub-arbustivo, es decir de 1,5 a 2,0 m de altura. Posee propiedades en beneficio del sistema digestivo, piel y mucosas (EcuRed, 2022b).</p> 
Yagual	<i>Polylepis spp</i>	<p>El yagual es el único componente arborecente se desarrolla creando fragmentos de bosques a una altura considerable, se acopla bien en climas fríos. Su tronco es retorcido y se encuentra cubierto por una corteza café-rojiza, que se despega en láminas delgadas (Cazorla, 2022).</p> 
Piquil	<i>Gynoxys acostae</i>	<p>Es un árbol que se desarrolla en quebradas junto a los bordes de los riachuelos. Es pequeño, mide alrededor de 3 a 4 metros (BioWeb, 2022).</p> 

Helecho	<i>Diplazium caudatum</i>	<p>El esporofito de un helecho se compone de tallo, raíces y hojas, pero lo que ordinariamente se ve a simple vista únicamente son las hojas, puesto que tanto las raíces como el tallo están enterrado en el suelo o sustrato (Cazorla, 2022).</p> 
Achupalla	<i>Puya Hamata</i>	<p>Es una planta se desarrolla en la parte alta de la sierra del Ecuador, comúnmente desde la bocana de la selva, desde los 3200 a 3850 msnm. Tiene cerca de 3 metros de altura (Acosta, 2021).</p> 
Gaja de páramo	<i>Calamagrostis effusa</i>	<p>Posee tallos erectos, redondeados, herbáceos, los rizomas cortos. Ausentes estipulas. Con sus hojas se fabrican esteras, canastos y otras artesanías (iNaturalist, 2022).</p> 

Fuente: GADM Guaranda 2020



Realizado por: Viteri A., 2022






5.1.2.4 *Pastos utilizados comúnmente en la zona de intervención de la microcuenca del Río Ilaangama*

Así mismo, se presenta en la Tabla 5-5 los pastos que usualmente son plantados en la zona media y baja de la microcuenca del Río Illangama.

**Tabla 5-5:** Pastos representativos en la zona de la microcuenca del Río Illangama

<b>Pastos representativos en la zona de la microcuenca del Río Illangama</b>		
<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Descripción</b>
Avena	<i>Avena sativa</i>	<p>La avena es un cereal habitualmente cultivado en zonas templadas alrededor del mundo. Esta planta posee un tallo de 40 a 150 cm de altura y las hojas son lanceoladas, alternas y planas. Es necesario lugares húmedos para su desarrollo (EcuRed, 2022a).</p> 
Pasto azul	<i>Dactylis glomerata</i>	<p>Posee raíces profundas, es perenne, de desarrollo robusto, matas propias en matorros, muchos tallos, hojas plegadas, vainas ceñidas y tallos florales que miden hasta 1.3 m. Es usado para pastoreo de rotación o continuo ensilaje, heno (González, 2017).</p> 



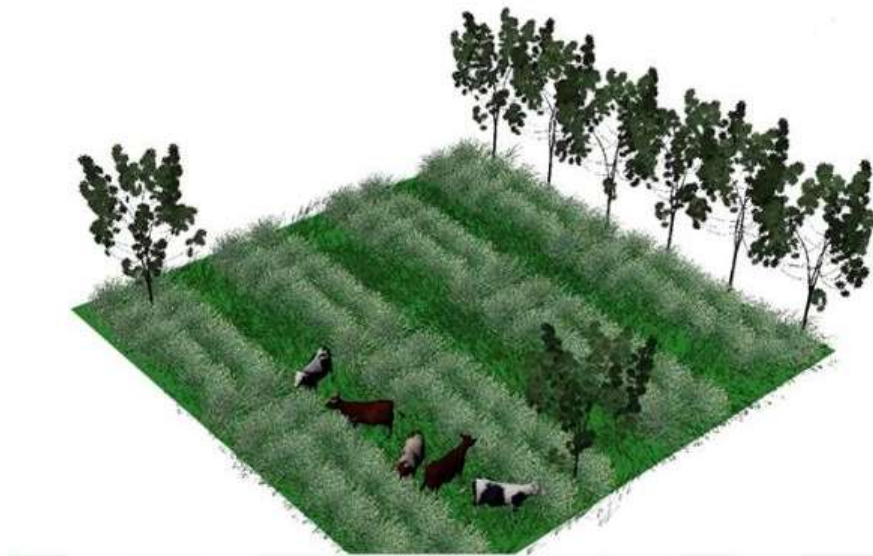
Ray Grass	<i>Lolium multiflorum</i>	<p>Este tipo de pasto posee un crecimiento erecto con buena producción de macollos, tiene desarrollo fácil y rápido establecimiento. Mide alrededor de 25 a 40 centímetros de altura, sus tallos son cilíndricos con exuberantes hojas de color verde oscuro (Castillo, 2016).</p> 
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>	<p>Es una planta perenne de aproximadamente 10 a 80 cm, herbácea, de pilosidad versátil. Sus hojas son trifoliadas, folíolos obovados estrechos, poseen un margen aserrado en su extremo y estípulas subenteras. Es tolerante al calor y muy resistente a la sequía, además, suele soportar bajas temperaturas (Universidad Pública de Navarra, 2020).</p> 
Trigo	<i>Triticum spp</i>	<p>El trigo es una planta gramínea anual, pertenece a la familia del césped, posee espigas donde de sus granos molidos se obtiene la harina. Este cereal es uno más utilizados en la elaboración de alimentos (EcuRed, 2020).</p> 

Fuente: GADM Guaranda 2020

Realizado por: Viteri A., 2022

De este modo, conociendo los pastos y las plantas nativas que se encuentra en la zona de estudio, es posible realizar las prácticas de restauración y sistemas silvopastoriles. Siendo dichos sistemas donde se utiliza un adecuado uso de suelo y manejo de ganado, promoviendo la siembra de árboles, arbustos y pastos en un mismo sistema. Es así que, se establece una relación ecológica y al mismo tiempo económica entre los diversos componentes. La importancia de los sistemas silvopastoriles se ve manifestada en el beneficio que posee el elemento arbóreo sobre el medio ambiente y las actividades ganaderas.

De este modo, en el sistema silvopastoril debe interactuar en un mismo espacio y tiempo una varias especies de varios estratos. Así se menciona que, en el estrato herbáceo se pueden plantar gramíneas forrajeras propias del lugar (avena, pasto azul, ray grass, alfalfa, trigo), en este contexto, la microcuenca del Río Illangama El segundo estrato de vegetación posee arbustos árboles nativos (piquil, yagual, romerillo) en el perímetro y divisiones de los potreros, los cuales están esparcidos o en líneas (Lara, 2021). Un ejemplo de mencionados sistemas se visualiza en la Ilustración 5-2.



**Ilustración 5-2:** Ejemplo de sistemas silvopastoriles

Fuente: Lara 2021

## CAPÍTULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

- Se diseñó un plan de manejo y conservación para la microcuenca del Río Illangama el cual comprende dos actividades principales y seis subactividades. El plan se concentra en la reforestación con especies nativas en remanentes de bosque que posee la microcuenca del Río Illangama y en la creación de sistemas silvopastoriles, los cuales aporten al cuidado del ambiente y al mismo tiempo a la economía de los habitantes.
- Se identificó las características morfométricas de la microcuenca del Río Illangama, siendo su área de 111,01 km<sup>2</sup>, perímetro de 51,17 km, longitud del cauce principal de 18,06 km, ancho de la microcuenca de 6,14 km. Su elevación se encuentra entre los 2850 y 4350 msnm, mientras que, la pendiente media de la microcuenca es de 27,87%.
- Se caracterizó el medio físico y coberturas del suelo de la microcuenca del Río Illangama, indicando que el recurso hídrico proveniente de la microcuenca en estudio, es vertido al macro sistema de la cuenca del río Guayas. Septiembre es el mes con mayor déficit hídrico en el sector. Su temperatura varía entre 7 y 22 °C, posee una precipitación de 600 a 2000 mm. Los ecosistemas presentes son bosque Siempre verde del páramo y herbazal de páramo.
- Se estableció mediante un *buffer* el perímetro de protección de 100 metros circundante a la longitud del río principal de la microcuenca del Río Illangama, mismo que permitirá el aprovechamiento sostenible del recurso hídrico. De esta manera, se pudo establecer los ejes de acción, definiendo lineamientos a seguir, donde en el territorio de estudio identificado como área de influencia, se debe condicionar sus usos y actividades que puedan realizarse, con la finalidad de proteger la zona de recarga hídrica de la microcuenca en estudio.

#### 6.2 Recomendaciones

- Poner en prácticas las estrategias indicadas en la presente tesis, haciendo convenios con instituciones públicas, privadas o ONG, para de esta manera obtener fondos económicos para su ejecución.

- Fomentar la implementación de sistemas silvopastoriles en la parte media y baja de la microcuenca del Río Illangama, ya que, el sobrepastoreo puede acelerar la erosión del suelo. Estos sistemas al mismo tiempo ayudarán a mejorar la economía de las familias de la zona.
- Proponer un pago determinado de incentivos al productor ganadero por la generación de servicios ambientales y el benéfico el impacto social que proporciona un sistema silvopastoril.

## **GLOSARIO**

**SNAP:** Sistema Nacional de Áreas Protegidas

**SENAGUA:** Secretaría Nacional del Agua

**PDOT:** Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial

**Morfometría:** Es el estudio de las variables de superficie de relieve; permite conocer las características físicas que posee la cuenca, permitiendo de este modo, la realización de comparaciones entre varias cuencas (Villegas 2022).

## **BIBLIOGRAFÍA**

**ACOSTA, M.** "Achupalla". *Instituto Misael Acosta Solís*. 2021.

**AEROTERRA.** "¿Qué es SIG?". *ESRI*. 2022.

**ALIANZA MÉXICO REDD+.** *Sistemas silvopastoriles y buenas prácticas para la ganadería sostenible en Oaxaca*. S.l.: s.n. 2015.

**AMENDAÑO, Erika.** *Propuesta de gestión del recurso hídrico de la vertiente La Merced para el desarrollo sostenible, provincia de Pichincha, cantón Mejía, parroquia Cutuglagua*. S.l.: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 2018.

**ASAMBLEA NACIONAL.** *Constitución de la República del Ecuador*. 2008. Ecuador: Asamblea Nacional. 2008. Decreto Legislativo 0. Registro Oficial 449.

**BARRERA, Andrea & HERNÁNDEZ, Aura.** *Manejo integral del recurso hídrico para el abastecimiento de agua potable en el corregimiento de Emaús, Bolívar*. S.l.: Universidad de Cartagena. 2017.

**BARRERA, V. et al.** "Prácticas de agricultura de conservación que promueven la productividad y sostenibilidad del sistema de producción papa-pastos en la microcuenca del río Illangama, Ecuador". . S.l.: 2020. Boletín Divulgativo No. 448.

**BARUQUINZUIGA, Karen.** "Heliofanía". *Hábitar, biófera y antropía*. 2019.

**BIOWEB.** "Gynoxys acostae". *PUCE*. 2022.

**CACOANGO, Juan.** *Modelamiento De La Microcuenca Del Río Illangama Con La Utilización Del Modelo Hidrológico Soil And Water Assessment Tool "Swat"*. Bolívar. S.l.: Universidad Central del Ecuador. 2014.

**CAMINO, M. et al.** "Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina)". *Revista Universitaria de Geografía*, vol. 27, no. 1, (2018).

**CASTILLO, H.** "Cultive Pasto Rye Grass Para La Alimentación Del Ganado En La Época Invernal En El Norte Y Centro De Tamaulipas" . . S.l.: 2016.

**CAZORLA, P.** *Elaboración De Una Guía Etnobotánica Y Fitoquímica De Plantas Medicinales De Las Parroquias: Nulti, Paccha, Quingeo, Santa Ana, Tarqui, Turi, El Valle Del Cantón Cuenca Ecuador.* S.l.: Universidad Politécnica Salesiana. 2022.

**CESA ECUADOR.** *Aportes a la planificación para la gestión integral de los recursos hídricos.* S.l.: Imprefepp. 2016.

**CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL.** *Código Orgánico de Organización Territorial.* 2010. S.l.: s.n. 2010. Ley 0. Registro Oficial Suplemento 303.

**CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE.** *Código Orgánico del Ambiente.* 2017. S.l.: s.n. 2017. Ley 0. Registro Oficial Suplemento 983.

**COMISIÓN PARA LA COOPERACIÓN AMBIENTAL.** "Manejo de Recursos Hídricos". *Buenas prácticas de manejo de pastizales.* 2022.

**DÍAZ, R. et al.** "Aspectos morfométricos de cuencas subtropicales del Noroeste de Argentina". *Acta geológica lilloana*, vol. 21, no. 1, (2017).

**ECURED.** "Trigo". . 2020.

**ECURED.** "Avena sativa". . S.l.: 2022a.

**ECURED.** "Romerillo". *EcuRed.* 2022b.

**ESRI.** "¿Qué es ArcGIS?". *ArcGIS Resources.* 2022.

**GADM GUARANDA.** "Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2020 - 2025". . S.l.: 2020.

**GADP BOLÍVAR.** "Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2021 - 2025". . S.l.: 2021.

**GARAY, D. & GABRIEL, J.** "Delimitación Hidrográfica y Caracterización Morfométrica de la Cuenca del Río Anzulón". *INTA EEA La Rioja.* 2018.

**GARCÍA, Cristina.** *Análisis Multitemporal De La Dinámica De Uso De Suelo Y Cobertura Vegetal En La Microcuenca Del Río Illangama*. S.l.: Universidad Técnica de Ambato. 2022.

**GEOINNOVA.** "¿Qué es un SIG, GIS o Sistema de Información Geográfica?". . 2021.

**GONZÁLEZ, K.** "Pasto Azul (*Dactylis glomerata*)". *ZooVet*. 2017.

**, M. et al.** "Valoración económica de los bienes y servicios ambientales en la microcuenca del río Illangama". *Revista Ecuatoriana de Investigaciones Agropecuarias*, vol. 2, no. 1, (2017), pp. 1-7.

**GUERRÓN, A. & TERÁN, S.** "Guaranda: lugares y memorias.". . Quito: 2014.

**HERNANDEZ, Roberto.** *Metodología de la Investigación*. S.l.: s.n. 2017.

**HERNÁNDEZ, Roberto.** *Metodología de la Investigación*. S.l.: s.n. 2017.

**HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto.** *Metodología de la Investigación*. Sexta. S.l.: McGRAW-HILL. 2014.

**HORTON, R.** "Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology". *GSA Bulletin*, vol. 56, no. 3, (1945), pp. 275–370.

**INAHMI.** "Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología". . S.l.: 2018.

**INAMHI.** "Anuario Meteorológico". . S.l.: 2017.

**INATURALIST.** "Paja de páramo". *iNaturalist*. 2022.

**JIMÉNEZ, Francisco & BENEGAS, Laura.** "Experiencias y contribuciones del CATIE al manejo y gestión de cuencas hidrográficas en América tropical". *Revista de Ciencias Ambientales*, vol. 53, no. 1, (2019).

**LARA, Cesar.** "Sistemas silvopastoriles y la ganadería". *BioZoo*. 2021.

**LÓPEZ, L. & CHAN, J.** "Marco conceptual del manejo de recursos naturales". *Revista*



*Latinoamericana de Recursos Naturales*, vol. 12, no. 1, (2017), pp. 27-35.

**LOZADA, J.** "Investigación Aplicada Definición, Propiedad Intelectual e Industria". *CienciAmérica*, vol. 3, no. 1, (2017), pp. 47-50.

**MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA.** "Sistemas silvopastoriles: una opción para el manejo sostenible de la ganadería en la Amazonía". *Ministerio de Agricultura y Ganadería*. 2022.

**MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE.** *Bases científico-técnicas para la Estrategia estatal de infraestructura verde y de la conectividad y restauración ecológicas*. Madrid: s.n. 2017. ISBN NIPO: 013-17-187-X.

**MINISTERIO DEL AMBIENTE AGUA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA.** "Mapa Interactivo". *MAATE*. 2022a.

**MINISTERIO DEL AMBIENTE AGUA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA.** "Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, 26 años de protección.". *MAATE*. 2022b.

**MIRASSOU, Susana.** *La Gestión Integral de los Recursos Hídricos: Aportes a un desarrollo conceptual para la gobernabilidad del agua*. S.l.: FLACSO. 2019.

**MONAR, Nelson et al.** "Calidad del agua de la microcuenca del río Illangama cantón Guaranda, Provincia Bolívar-Ecuador". *Talentos*, vol. 3, no. 1, (2016), pp. 42-51.

**MOREIRA, Adalto et al.** "Manejo integrado de cuencas hidrográficas: posibilidades y avances en los análisis de uso y cobertura de la tierra". *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, vol. 29, no. 1, (2020).

**NACIONES UNIDAS.** "Los ecosistemas dentro del ciclo mundial del agua". *Crónicas ONU*. 2022.

**NICOMEDES, Estaba.** "Tipos de investigación". *USDG*, (2018).

**PORTILLO, Germán.** "Nubosidad". *Meteorología en Red*. 2021.

**RED INTERNACIONAL DE FORESTERÍA ANÁLOGA.** "Analog Forestry". *IAFN RIFA*. 2022.

**RODRÍGUEZ, J. & LEITON, M.** "Estrategias de restauración para el páramo de frailejones perturbado por incendios en el norte de Ecuador". *Ecosistemas*, vol. 29, no. 3, (2020).

**SAGUAPAC.** "¿Cómo se define el agua potable?". *Saguapac Agua para todos*. 2022.

**SECRETARÍA DE ECONOMÍA.** "Análisis de agua - determinación de cloruros totales en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba (cancela a la nmx-aa-073-1981)". . S.l.: 2011.

**SEGUI, Nayda.** *Técnicas de restauración en Zonas Áridas de Mendoza: Supervivencia y crecimiento de plantines de Prosopis flexuosa y Prosopis chilensis con distinta época de trasplante y procedencia*. S.l.: Universidad Nacional de Cuyo. 2019.

**TEJADA, Adalberto et al.** *La humedad en la atmósfera Bases físicas, instrumentos y aplicaciones*. S.l.: Universidad de Colima. 2018. ISBN 978-607-8549-50-4.

**TORRES, Anita.** *Influencia de las políticas gubernamentales en la competitividad territorial. Caso Provincia Bolívar período 2006-2014*. S.l.: s.n. 2016.

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA.** "familia Leguminosae, Medicago sativa L.: alfalfa, mielga". . 2020.

**VÁSQUEZ, A. et al.** *Manejo y gestión de cuencas hidrográficas*. 1. S.l.: Universidad Nacional Agraria La Molina. 2016.

**VILLEGAS, C.** "Análisis Morfométrico de una cuenca". . 2022.



## ANEXOS

### ANEXO A: TOMA DE MUESTRAS



## ANEXO B: RESULTADO DE ANÁLISIS DE AGUA EN LABORATORIO



**ESPOCH**

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

Facultad de Ciencias, Carrera de Ingeniería Ambiental

### INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Fecha: 12 de mayo del 2023

Análisis solicitado por: Sr. Augusto Viteri

Tipo de muestras: Aguas superficial dulce, Río Illangama

Localidad: El arenal

### TRABAJO DE TESIS: TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR

#### Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Color	Und. Pt/Co	2120-C	40
pH	-	4500-H-B	6.27
Conductividad	$\mu$ Siems/cm	2510-B	149.4
Turbiedad	NTU	2130-B	2.7
Cloruros	mg/L	4500Cl-B	5.672
Dureza	mg/L	2340-C	104
Calcio	mg/L	3500-D	22.4
Alcalinidad	mg/L	2320-B	100
Fosfatos	mg/L	4500-P-D	0.23

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.  
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.



**ESPOCH**

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

Facultad de Ciencias, Carrera de Ingeniería Ambiental

**INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS**

Fecha: 12 de mayo del 2023

Análisis solicitado por: Sr. Augusto Viteri

Tipo de muestras: Aguas superficial dulce: Río Illangama

Localidad: Comunidad Illangama-Bolivar

**TRABAJO DE TESIS: TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR**

**Análisis Químico**

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Color	Und. Pt/Co	2120-C	10
pH	-	4500-H-B	7.32
Conductividad	$\mu$ Siems/cm	2510-B	152.7
Turbiedad	NTU	2130-B	2.7
Cloruros	mg/L	4500Cl-B	5.672
Dureza	mg/L	2340-C	80
Calcio	mg/L	3500-D	22.4
Alcalinidad	mg/L	2320-B	90
Fosfatos	mg/L	4500-P-D	0.22

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.

RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.





**ESPOCH**

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

Facultad de Ciencias, Carrera de Ingeniería Ambiental

### INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Fecha: 12 de mayo del 2023

Análisis solicitado por: Sr. Augusto Viteri

Tipo de muestras: Aguas superficial dulce, Río Illangama

Localidad: Comunidad Tingo-Bolivar

### TRABAJO DE TESIS: TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR

#### Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Color	Und. Pt/Co	2120-C	24
pH	-	4500-H-B	7.57
Conductividad	$\mu$ Siems/cm	2510-B	180.3
Turbiedad	NTU	2130-B	4.5
Cloruros	mg/L	4500Cl-B	8.5
Dureza	mg/L	2340-C	88
Calcio	mg/L	3500-D	25.6
Alcalinidad	mg/L	2320-B	110
Fosfatos	mg/L	4500-P-D	0.19

Observaciones:

Atentamente:

Dra. Gina Álvarez R.  
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.



esPOCH

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:** 10 / 08 / 2023

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Augusto Javier Viteri Urbano
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Ingeniería Ambiental
<b>Título a optar:</b> Ingeniero Ambiental
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

1542-DBRA-UPT-2023

