



Universidad  
Nacional  
**de Loja**

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES  
RENOVABLES



CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN  
DEL MEDIO AMBIENTE

“CARACTERIZACIÓN DE LA MICROCUENCA CRUCITA COMO FUENTE DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO”

TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE: INGENIERA EN MANEJO Y  
CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

Autora:

Karla Yadyra Montaña Viñan

Directora:

Ing. Johana Cristina Muñoz Chamba Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2019

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
**FACULTAD AGROPECUARIA Y RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**CARRERA DE INGENIERIA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO**  
**AMBIENTE**

## **CERTIFICACIÓN**

Ing. Johana Cristina Muñoz Chamba Mg. Sc.

**DIRECTORA DE TESIS**

En calidad de directora de la tesis titulada: “**CARACTERIZACIÓN DE LA MICROCUENCA CRUCITA COMO FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO**”, de autoría de la Srta. **KARLA YADYRA MONTAÑO VIÑÁN** con cédula de identidad N° 1900746643, egresada de la carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, ha sido dirigida, revisada y desarrollada dentro del cronograma aprobado, por tal razón autorizó su presentación y publicación.

Loja, 22 de noviembre del 2019

Atentamente,



.....  
**Ing. Johana Cristina Muñoz Chamba**  
**DIRECTORA DE TESIS**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
**FACULTAD AGROPECUARIA Y RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**CARRERA DE INGENIERIA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO**  
**AMBIENTE**

Ing. Aurita Giovanna Gonzaga Figueroa Ph. D  
**PRESIDENTA DEL TRIBUNAL CALIFICADOR DE LA TESIS**

**CERTIFICA:**

En calidad de Presidenta del Tribunal de Calificación de la Tesis titulada **“CARACTERIZACIÓN DE LA MICROCUENCA CRUCITA COMO FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO”** de autoría de la señorita egresada de la carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente **KARLA YADYRA MONTAÑO VIÑÁN** con cédula de identidad N° 1900746643, se informa que ha sido revisada e incorporada todas las observaciones realizadas por el Tribunal Calificador, y luego de su revisión se ha procedido a la respectiva calificación.

Por tanto autorizo la versión final de la tesis y la entrega oficial para su sustentación pública.

Loja, 22 de noviembre del 2019

Atentamente,

Ing. Aurita Giovanna Gonzaga Figueroa Ph. D  
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

Ing. Aníbal Eduardo González González, Mg. Sc.  
VOCAL DEL TRIBUNAL

Blgo. Xavier Alejandro Rojas Ruilova, Mg. Sc.  
VOCAL DEL TRIBUNAL

  
.....  
  
.....  
  
.....

## AUTORÍA

Yo, Karla Yadyra Montaña Viñan declaro ser autora del presente trabajo de investigación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, a la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

**Autora:** Karla Yadyra Montaña Viñan

**Firma:**



**Cédula:** 1900746643

**Fecha:**Loja, 27 de noviembre del 2019

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DE LA AUTORA PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

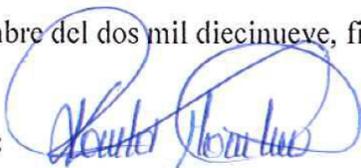
Yo, Karla Yadyra Montaña Viñan declaro ser autora de la presente tesis titulada: **“CARACTERIZACIÓN DE LA MICROCUENCA CRUCITA COMO FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO”**, como requisito para optar el grado de: Ingeniera en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, autorizo al sistema bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad Nacional de Loja, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior con los cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constatación de esta autorización, en la ciudad de Loja, a veinte seis días del mes de noviembre del dos mil diecinueve, firma la autora.

Firma:



**Autora:** Karla Yadyra Montaña Viñan

**Número de cédula:** 1900746643

**Dirección:** Loja, Ciudadela Electricista

**Correo electrónico:** kymontanov @ unl.edu.ec

**Teléfono:** 0989931897

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Directora de tesis:** Ing. Johana Cristina Muñoz Chamba, Mg. Sc.

**Tribunal de grado:** Ing. Aurita Giovanna Gonzaga Figueroa Ph. D                      Presidenta

Ing. Aníbal Eduardo González González, Mg. Sc.                      Vocal

Blgo. Xavier Alejandro Rojas Ruilova, Mg. Sc                      Vocal

## AGRADECIMIENTO

*Expreso mi más sincero agradecimiento a quienes hicieron posible y contribuyeron para que este trabajo de investigación sea posible.*

*A Dios, quien me ha sabido guiar y brindarme las fuerzas necesarias para cumplir con este objetivo.*

*A la Ing. Johanna Muñoz, directora del presente trabajo de investigación, por todo el tiempo, paciencia y esfuerzo brindado. Por su capacidad para guiarme, sin duda sus conocimientos han sido un aporte invaluable para culminar con éxito el presente trabajo.*

*Al Fondo Regional del Agua –FORAGUA, y a todo su equipo técnico por abrirme las puertas en su prestigiosa institución. Por apoyarme técnica y humanísticamente; por brindarme las facilidades para que se desarrolle con éxito este proyecto de tesis.*

*De manera especial al Ing. Aníbal González quien supo guiarme en el desarrollo de estudio con su amplio conocimiento en el tema.*

*A los docentes de la carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente por impartirme tan valiosos conocimientos, que han contribuido a mi formación profesional.*

*Finalmente, expreso un infinito y profundo agradecimiento a mis padres, abuelitos y familia que me ha apoyado moral y físicamente en todo momento y con toda intensidad.*

*Gracias por haber sido fuente constante de soporte y cariño.*

*Gracias por todo el apoyo brindado, por siempre acompañarme y motivarme a seguir adelante.*

*Con cariño*  
**Karla Yadyra Montaña Viñan**

## **DEDICATORIA**

*Dedico el presente trabajo de investigación y todo el esfuerzo que he puesto en él a mis queridos padres Martha Viñan Torres y Jesús Montaña Espinoza, por haberme regalado el mejor tesoro que pude existir “Mi formación profesional”*

*A mis hermanos Ramiro, Carlos y Gabriela, por el apoyo que siempre me han brindado.*

*Este logro también es de ustedes.*

*Muchas gracias*

***Karla Yadyra Montaña Viñan***

## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pág.
PORTADA -----	i
CERTIFICACIÓN -----	ii
APROBACIÓN-----	iii
AUTORÍA -----	iv
CARTA DE AUTORIZACIÓN-----	v
AGRADECIMIENTO -----	vi
DEDICATORIA -----	vii
ÍNDICE GENERAL-----	viii
ÍNDICE DE TABLAS-----	xii
ÍNDICE DE CUADROS -----	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS-----	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS -----	xiv
RESUMEN -----	xvi
<b>1. INTRODUCCIÓN -----</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA -----</b>	<b>3</b>
2.1. Recurso Hídrico-----	3
2.2. Ciclo Hidrológico-----	4
2.2.1.Precipitación -----	5
2.2.2.Escorrentía -----	6
2.2.3.Estimación del caudal líquido mediante métodos directos e indirectos -----	7
2.2.3.1. Métodos directos-----	7
2.2.3.2. Métodos indirectos -----	7
2.3. Cuenca Hidrográfica -----	9

2.3.1. Características Físicas y Morfométricas de la Cuenca-----	11
2.3.2. Parámetros Asociados a la Forma de una Cuenca -----	12
2.3.2.1. Área o magnitud de la cuenca -----	12
2.3.2.2. Perímetro de la cuenca -----	12
2.3.2.3. Longitud del cauce principal-----	12
2.3.2.4. Coeficiente de compacidad de Gravelius ( $Kc$ ) -----	13
2.3.2.5. Parámetros de relieve -----	13
2.3.2.6. Curva Hipsométrica -----	13
2.4. Manejo Integral de una Cuenca Hidrográfica-----	14
2.4.1. Zonificación Ambiental -----	15
2.4.2. Diagnóstico-----	15
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS -----</b>	<b>18</b>
3.1. Ubicación del Área de Estudio-----	18
3.2. Métodos -----	19
3.2.1. Diagnóstico Biofísico de la microcuenca Crucita como Fuente de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano en la Parroquia Panguintza-----	19
3.2.1.1. Componentes Abióticos-----	20
3.2.1.1.1. Morfometría de la microcuenca Crucita -----	20
3.2.1.1.2. Calidad del Agua-----	20
3.2.1.1.3. Suelo-----	21
3.2.1.1.4. Clima -----	21
3.2.1.2. Componente Biótico-----	22
3.2.1.2.1. Flora-----	22
3.2.1.2.2. Fauna-----	23
3.2.1.3. Componente Socioeconómico -----	24

3.3. Estimación de la Oferta y Demanda de Agua para Consumo Humano de la ciudad de Panguintza -----	24
3.3.1. Estimación de la oferta hídrica para consumo humano -----	24
3.3.1.1. Estaciones consideradas -----	24
3.3.1.2. Análisis de la Información -----	24
3.3.1.2.1. Estandarización -----	25
3.3.1.2.2. Análisis de la confiabilidad (doble masa) -----	25
3.3.1.2.3. Estimación de la precipitación media mensual -----	25
3.3.2. Ecurrimientos medios -----	26
3.3.3. Estimación de la Demanda -----	26
3.3.4. Zonificación Ambiental de la microcuena Crucita como Fuente de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano en la Parroquia Panguintza -----	27
<b>4. RESULTADOS -----</b>	<b>29</b>
4.1. Diagnóstico de los Recursos Biofísicos de la microcuena Crucita. -----	29
4.1.1. Componentes Abióticos -----	29
4.1.1.1. Descripción morfométrica de la microcuena -----	29
4.1.1.2. Calidad del agua -----	30
4.1.1.3. Suelo -----	32
4.1.1.3.1. <i>Pendiente media la microcuena Crucita</i> -----	32
4.1.1.4. Características climáticas -----	34
4.1.2. Componente Biótico -----	34
4.1.2.1. <i>Flora</i> -----	34
4.1.2.2. Fauna -----	37
4.1.3. Diagnóstico Socioeconómico -----	40
4.2. Estimación de la oferta y demanda de agua para consumo humano en la ciudad de Panguintza -----	42

4.2.1. Estimación de la oferta hídrica para consumo humano -----	42
4.2.1.1. Estaciones consideradas -----	42
4.2.1.2. Análisis de la Información-----	42
4.2.1.2.1. Estandarización de la información.-----	42
4.2.1.2.2. Análisis de la confiabilidad (doble masa) -----	42
4.2.1.2.3. Estimación de la precipitación media mensual -----	43
4.2.2. Esgurrimientos medios -----	45
4.2.3. Estimación de la Demanda-----	47
4.3. Zonificación Ambiental de la Microcuenca Crucita como Fuente de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano de la Parroquia Panguintza.-----	48
4.3.1. Zonificación-----	51
<b>5. DISCUSIÓN-----</b>	<b>56</b>
5.1. Diagnostico biofísico de la microcuenca Crucita -----	56
5.2. Estimación de la oferta y demanda, para la parroquia Panguintza-----	57
5.3. Zonificación de la microcuenca Crucita-----	58
<b>6. CONCLUSIONES-----</b>	<b>60</b>
<b>7. RECOMENDACIONES -----</b>	<b>61</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA -----</b>	<b>62</b>
<b>9. ANEXOS -----</b>	<b>67</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Amenazas a funciones de ecosistemas relacionados al agua debido a actividades humanas. -----	10
<b>Tabla 2.</b> Formas de la cuenca de acuerdo al índice de compacidad -----	13
<b>Tabla 3.</b> Componentes que interactúan o están en combinación en una cuenca hidrográfica. ---	16
<b>Tabla 4.</b> Métodos para el cálculo del análisis morfométrico de la microcuenca Crucita. -----	20
<b>Tabla 5.</b> Parámetros que se tomaran en cuenta consideración para los análisis Físicos-Químicos y Microbiológicos para considerar la calidad del agua en la zona de captación de agua. -----	21
<b>Tabla 6.</b> Estaciones pluviométricas consideradas en un periodo del 2000 al 2015.-----	25
<b>Tabla 7.</b> Parámetros morfométricos de la microcuenca Crucita. -----	29
<b>Tabla 8.</b> Resultados de los análisis de la calidad de agua en la microcuenca Crucita.-----	31
<b>Tabla 9.</b> Área de la pendiente de la microcuenca Crucita.-----	33
<b>Tabla 10.</b> Área de la cobertura vegetal de la microcuenca Crucita. -----	35
<b>Tabla 11.</b> Diez principales especies vegetales del área interés hídrico en la microcuenca Crucita. -----	35
<b>Tabla 12.</b> Especies de la microcuenca Crucita en el estrato arbustivo. -----	36
<b>Tabla 13.</b> Especies de la microcuenca Crucita presente en el estrato herbáceo.-----	36
<b>Tabla 14.</b> Especies de la microcuenca Crucita que se encuentran en la lista roja de la IUCN. -	37
<b>Tabla 15.</b> Lista de mamíferos en la microcuenca Crucita.-----	37
<b>Tabla 16.</b> Lista de aves en la microcuenca Crucita. -----	38
<b>Tabla 17.</b> Lista de la herpetofauna de la microcuenca Crucita. -----	39
<b>Tabla 18.</b> Precipitaciones medias mensuales por el método de las isoyetas.-----	45
<b>Tabla 19.</b> Caudal medio mensual por el método del polinomio ecológico (l/s). -----	45
<b>Tabla 20.</b> Aforos realizados en la quebrada Crucita, en el sitio de captación de agua. -----	45
<b>Tabla 21.</b> Consumo anual de las categorías de consumo de agua en la Parroquia gPanguintza. -	47
<b>Tabla 22.</b> Oferta y demanda en la Parroquia Panguintza.-----	48
<b>Tabla 23.</b> Área de la capacidad de uso de suelo en la microcuenca Crucita.-----	49
<b>Tabla 24.</b> Área del conflicto de uso de suelo en la microcuenca Crucita. -----	51
<b>Tabla 25.</b> Área de la zonificación en la microcuenca Crucita. -----	53
<b>Tabla 26.</b> Áreas del análisis multicriterio de la microcuenca Crucita. -----	55

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Características geomorfológicas de la cuenca (m)-----	8
<b>Cuadro 2.</b> Características de regulación natural de la cuenca (n).-----	8
<b>Cuadro 3.</b> Coeficiente ecológico (k).-----	9
<b>Cuadro 4.</b> Cuadro de doble entrada para el manejo de cuencas -----	28
<b>Cuadro 5.</b> Conflicto de uso de suelo-----	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Modelo de curvas hipsométricas del ciclo de erosión -----	14
<b>Figura 2.</b> Mapa de ubicación de la microcuenca Crucita -----	18
<b>Figura 3.</b> Mapa base del área de interés hídrica de la microcuenca Crucita -----	19
<b>Figura 4.</b> Curva hipsométrica de la microcuenca Crucita.-----	30
<b>Figura 5.</b> Mapa de pendientes de la microcuenca Crucita. -----	33
<b>Figura 6.</b> Mapa de cobertura vegetal de la microcuenca Crucita -----	34
<b>Figura 7.</b> Análisis de doble masa para la estación de Yantzaza.-----	43
<b>Figura 8.</b> Precipitación media de la microcuenca crucita por el método de las isoyetas. -----	44
<b>Figura 9.</b> Estimación de la oferta por medio del polinomio ecológico y aforos. -----	46
<b>Figura 10.</b> Curva de duración general -----	47
<b>Figura 11.</b> Oferta y demanda hídrica anual en la Parroquia Panguintza. -----	48
<b>Figura 12.</b> Mapa de capacidad de uso de suelo en la microcuenca Crucita. -----	49
<b>Figura 13.</b> Mapa de conflicto de uso de suelo en la microcuenca Crucita. -----	50
<b>Figura 14.</b> Mapa de zonificación de la microcuenca Crucita.-----	53
<b>Figura 15.</b> Mapa de análisis multicriterio de la microcuenca Crucita.-----	55

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Especies en el estrato arbóreo. ....	67
<b>Anexo 2.</b> Homogenización de la estación de Yantzaza (M190), en base las estaciones meteorológicas de: El Panguí, San Francisco y Paquisha.....	68
<b>Anexo 3.</b> Polígono de influencia de las estaciones de influencia en la microcuenca Crucita .....	69
<b>Anexo 4.</b> Tabla de análisis de consistencia por el método de doble masa. ....	70
<b>Anexo 5.</b> Factor de corrección de la estación de Yantzaza (M0190). ....	71
<b>Anexo 6.</b> Aforos en la microcuenca Crucita.....	71
<b>Anexo 7.</b> Consumo de agua potable en m <sup>3</sup> en la parroquia Panguintza en el año 2018. ....	72
<b>Anexo 8.</b> Consumo de agua potable mensual en m <sup>3</sup> en la parroquia Panguintza.....	73
<b>Anexo 9.</b> Toma de muestras de la calidad de agua en la microcuenca Crucita. ....	74
<b>Anexo 10.</b> Muestreo de flora y fauna en la microcuenca Crucita .....	75
<b>Anexo 11.</b> Identificación de especies de flora. ....	76
<b>Anexo 12.</b> Encuesta aplicada a los propietarios de los terrenos en el área de interés hídrica de la microcuenca Crucita. ....	77
<b>Anexo 13.</b> Encuesta aplicada a familias de influencia directa de la microcuenca Crucita.....	80

**CARACTERIZACIÓN DE LA MICROCUENCA  
CRUCITA COMO FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE  
AGUA PARA CONSUMO HUMANO**

## RESUMEN

El recurso agua es imprescindible para garantizar la calidad de vida del ser humano, ya que su falta y contaminación provoca situaciones de riesgo para la salud de las comunidades y/o usuarios. Es por ello que la protección de cuencas, microcuencas y vertientes constituye una de las preocupaciones más sensibles a nivel nacional, pues uno de los problemas más difíciles de afrontar es el constante deterioro de los recursos naturales por causas como: expansión de las redes de abastecimiento, el crecimiento de las zonas urbanas y rurales, el aumento en la producción agropecuaria, la mala gestión pública y los bajos costos del agua, todos estos factores explican el deterioro del recurso hídrico y el efecto que tienen sobre la cantidad y calidad del recurso agua, ello justifica la relevancia de la adopción y fortalecimiento de políticas públicas dirigidas a conservar las fuentes hídricas especialmente cuando su uso se establece para el consumo humano.

La aplicación de políticas ambientales y de conservación requieren de herramientas para la toma de decisiones basadas en criterios científicos, para ello se realizó la caracterización de la microcuenca Crucita por ser considerada como fuente de abastecimiento de agua para consumo humano, lo que se realizó a través de un diagnóstico biofísico que permitió adquirir información base del sitio, seguido de una estimación en la oferta que se la realizó mediante el método del polinomio ecológico y aforos en la microcuenca, que luego se contrastó con la cantidad de agua que consume la Parroquia de Panguintza. Se definió una zonificación ambiental basada en criterios de contraste a través de sistemas de información geográfica, las actividades sugeridas en cada zona responden a la realidad de los recursos naturales disponibles en la microcuenca y su ejecución se orienta para asegurar la protección y conservación del recurso hídrico.

El análisis multicriterio coincide con la zonificación planteada y define como de prioridad alta tanto a la zona de conservación como la de protección. La caracterización de la microcuenca, evidencia que estos instrumentos permitirán orientar la gestión y asegurar el recurso hídrico para futuras generaciones, siempre y cuando las decisiones de gobernabilidad se vean reflejadas en instrumentos de gestión acorde a la realidad del sitio de estudio y con el compromiso de los usuarios y pobladores en general.

**Palabras clave:** agua para consumo humano, oferta y demanda, sistemas de información geográfica, zonificación.

## SUMMARY

The water resource is essential to identify the quality of life of the human being, as their lack and pollution cause dangerous situations for the health of communities and / or users. Consequently watershed protection, watersheds and springs is one of the most sensitive concerns at the national level, as one of the most difficult problems to face is the constant danger of natural causes such as expansion of supply networks the growth of urban and rural areas, increasing agricultural production, poor governance and costs low in the water, all these factors explain the risk of water resources and the effect on the quantity and quality of the resource water.

Implementing environmental policies and conservation tools for decision-making based on scientific criteria for this characterization of Crucita microcuenca is by being considered as a source of water supply for human consumption, which is done through a biophysical diagnosis obtained based information site, followed by a change in supply that is performed by the method of ecological polynomial and gaged microwatershed, then contrasted with the amount of water consumed Parish Panguintza. Environmental zoning based on criteria defined contrast through GIS.

The multicriteria analysis matches the defined zoning and raised as high priority as well as the conservation area as protection. The characterization of the watershed, evidence that these instruments implement management and ensure water resources for future generations, as long as the decisions of governance are reflected in management tools according to the reality of the study site and the commitment of users and people in general.

**Keywords:** water for human consumption, supply and demand, geographic information systems, zoning.



## 1. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso y elemento vital para el desarrollo de las actividades humanas y de los procesos naturales. El aprovechamiento y gestión del recurso hídrico depende de estas actividades, las cuales tienen un efecto en los atributos de la calidad y cantidad de agua (González, 2011). El acceso a este importante recurso se ha vuelto crítico debido al deterioro de las cuencas hidrográficas, contaminación de las aguas superficiales y el incremento de población (Cruz & Rivera, 2016), por lo cual, su protección y conservación es vital, sin embargo los seres humanos se empeñan en degradar y usar ineficazmente este recurso natural, ya sea por falta de conocimiento, inconciencia o por ser un recurso finito del que se dispone libre e ilimitadamente (CONAGUA, 2010).

Pacheco (2016), menciona que el agua usada para satisfacer las necesidades vitales es menos del 0.01 %, en el mundo, por ello son cada vez más los lugares que registran una presión creciente sobre el recurso hídrico al aumentar la población, con ella la contaminación del agua y demanda de agua (CONAGUA, 2010). De esta manera el recurso agua se ve afectado por factores: el natural, que se evidencia de manera global en el cambio climático debido a que se da en cuencas hidrográficas, las cuales en la actualidad han experimentado un incremento de la escorrentía y que luego del 2050 se producirá un descenso rápido de los caudales (Villanueva, 2011); y, el antrópico, que indica la escala mundial en la cual el recurso hídrico se ve afectado por los megaproyectos de desarrollo urbano e industrial no planificados, la deforestación y el cambio en el uso del suelo (Mendoza et al., 2018).

A esta problemática se suma, la mala gestión pública, y los bajos costos del agua que también son factores que explican su deterioro, lo que ha acrecentado la demanda por agua, con sus consecuencias en la calidad (Delgado, 2015). Con respecto a la cantidad de los recursos hídricos la amazonia ecuatoriana, presenta gran cantidad para abastecimiento de agua potable (Sucosñañay, 2016), a pesar de ello, esta región no está exenta de la problemática ambiental global que experimenta el agua.

El cantón Centinela del Cóndor, se caracteriza por la riqueza hídrica que posee, en este sentido el Gobierno Autónomo Descentralizado como parte de sus competencias estipuladas en el numeral 4 del Art. 264 de la Constitución del Ecuador señala: “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible para todos”, reconociendo en la Constitución de la República del Ecuador, al agua como “patrimonio nacional estratégico y de uso público, inalienable, imprescriptible,

inembargable y esencial para la vida; y es, al mismo tiempo, derecho humano fundamental e irrenunciable” (Constitución, 2008).

El GAD del Cantón Centinela del Cóndor al ser constituyente del Fideicomiso, Fondo Regional del Agua (FORAGUA), contempla en su planificación el criterio hidrológico, con el propósito de proteger y conservar los servicios ambientales (FORAGUA, 2011), sin embargo no todas las parroquias que forman parte de la jurisdicción del cantón cuentan con información relacionada al estado de las fuentes de agua consideradas de prioridad para el consumo de agua potable. Un ejemplo de ello es la parroquia Panguintza, que cuenta con información limitada sobre la situación actual de la microcuenca Crucita, la cual está sirviendo para proveer agua a toda la parroquia.

Los principales problemas relacionados con el recurso hídrico se atribuyen a la ampliación de la frontera agrícola, deforestación en la parte alta de las microcuencas, explotación de madera y, presencia de ganadería sin control, actividades económicas impulsadas por los pobladores de la parroquia (GAD Parroquial de Panguintza, 2014), ello demuestra, la necesidad de caracterizar los recursos que posee la microcuenca para generar información del área de interés hídrico de la microcuenca Crucita y así tomar medidas que aseguren la cantidad y calidad del recurso, para lo cual se ha formulado los siguientes objetivos.

### **Objetivo general**

Aplicar herramientas técnicas que mejoren la gestión de la calidad y cantidad del agua captada en la microcuenca Crucita para abastecimiento de consumo humano en la parroquia Panguintza.

### **Objetivos específicos**

- Realizar un diagnóstico biofísico de la microcuenca Crucita como fuente de abastecimiento de agua para consumo humano en la Parroquia Panguintza
- Estimar la oferta y demanda de agua para consumo humano de la ciudad de Panguintza.
- Plantear la zonificación ambiental de la microcuenca Crucita como fuente de abastecimiento de agua para consumo humano en la Parroquia Panguintza.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

Para un mayor entendimiento de la presente investigación, es necesario definir la base teórica de cada uno de los factores que intervienen como son, el recurso hídrico, ciclo hidrológico, cuenca hidrográfica, parámetros morfométricos, servicios que brinda, manejo integral de Cuencas Hidrográficas, diagnóstico biofísico y los usos que debe tener estos sitios para asegurar la conservación y protección de la microcuenca Crucita.

### **2.1. Recurso Hídrico**

El recurso hídrico es básico para el mantenimiento de los ecosistemas, los cuales a su vez, son un prerrequisito para la regeneración de este recurso vital en los diferentes procesos físicos y biológicos, tanto en el uso y consumo humano, como en la producción agrícola, pecuaria, forestal e industrial (Azpilcueta, Pedroza, Sanchez, Salcedo, & Trejo, 2017).

El presente estudio valora el recurso hídrico para satisfacer las necesidades humanas, el cual en Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente menciona que el agua para consumo humano y uso doméstico es el que se obtiene de cuerpos de agua superficiales o subterráneas, y que luego de ser tratada será empleada por individuos o comunidades en actividades como: bebida y preparación de alimentos para consumo humano, el cual satisface las necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios. Del mismo modo la Organización Mundial de la Salud (2006), afirma que la cantidad mínima suficiente para cubrir las necesidades básicas es 100 litros de agua por persona al día.

A nivel mundial el 97,5 % del agua en la tierra se encuentra en los océanos y mares de agua salada, únicamente el restante 2,5 % es agua dulce. Del total de agua dulce, el 69 % se encuentra en los polos y en las cumbres de las montañas más altas en un estado sólido. El 30 % del agua dulce, se encuentra en la humedad del suelo y en los acuíferos profundos, y, solo el 1 % del agua dulce en el mundo escurre por las cuencas hidrográficas en forma de arroyos y ríos posteriormente se deposita en lagos, lagunas y en otros cuerpos superficiales de agua (JUMAPAM, 2017).

En el caso de Ecuador, la sociedad enfrenta un enorme desafío: las funciones de ecosistemas que sustentan toda forma de vida, incluida la provisión de servicios que benefician la economía humana, van en descenso; no obstante, la población humana y su consumo de agua siguen creciendo, llevando a niveles exorbitantes la demanda de agua, alimento y bienes (Cadme, Ramos,

González, & García, 2018). Así mismo (FAO, 2013), mencionan que el líquido vital se encuentra bajo una presión constante debido al aumento de la demanda y a la disminución de la disponibilidad del agua.

El agua de los ríos ha jugado un papel importante durante la evolución de las sociedades humanas. Debido a que, desde una perspectiva hidrológica desempeñan un papel medular en el ciclo global del agua entre el mar, el aire y la tierra; junto con los acuíferos subterráneos acumulan precipitación y escurrimiento hacia el mar que, a su vez, continúa el ciclo y regresa la humedad a la tierra por medio de la atmósfera. Este ciclo renueva constantemente el abasto limitado de agua en los continentes y, por tanto, sustenta toda la vida sobre la tierra (Postel & Richter, 2010). (Postel & Richter, 2010)

Las cuencas hidrográficas son las principales formas terrestres dentro del ciclo hidrológico que captan y almacenan el agua proveniente de las precipitaciones, en estas unidades interactúa el agua con los recursos naturales, en el cual se da un proceso permanente y dinámico en el cual se da su regulación (CONAGUA, 2010).

Se necesita la interacción de los componentes oferta y demanda para mantener un equilibrio en el consumo de la población, no obstante la cantidad ofertada está en función de la lluvia generada mediante el ciclo hidrológico y la cantidad de agua sustraída se refiere la cantidad de agua consumida por la población González, (2011). De este modo es inevitable conocer el ciclo del agua en la tierra para comprender la interacción con el medio ambiente y evaluar la cantidad disponible para consumo humano (CONAGUA, 2010).

## **2.2. Ciclo Hidrológico**

Se denomina ciclo hidrológico al constante movimiento del agua en la naturaleza, mediante procesos de: evaporación, precipitaciones en forma de escorrentía superficial y subterránea, transpiración, infiltración, así como también los cambios entre sus diferentes estados: sólido, líquido, y gaseoso (Ordoñez, 2011).

El entendimiento de la hidrología es importante debido a que se sitúa en cuencas hidrográficas que abastecen agua para diferentes usos como el de consumo humano, y por lo tanto la calidad y cantidad del rendimiento hídrico se vuelve crítico (Gaspari, Rodríguez, Senisterra, Delgado, & Besteiro, 2013).

A continuación, se detallan por separado los distintos procesos que intervienen en el ciclo hidrológico. Cabe recalcar que se destaca únicamente los procesos que guardan una estrecha relación con oferta y demanda.

### **2.2.1. Precipitación**

La precipitación es la liberación de agua en la atmósfera hacia la superficie de la tierra. Para la formación de precipitación se requiere la elevación de una masa de vapor a la atmósfera de tal manera que se enfríe y parte de su humedad se condense y posteriormente se precipite (Chow, Maidment, & Mays, 1994; Davie, 2008).

El estudio de las precipitaciones es básico para cuantificar los recursos hídricos, puesto que constituyen la principal entrada de agua a una cuenca.

En relación a su origen pueden distinguirse los siguientes tipos de precipitaciones:

- Las ciclónicas son las provocadas por los frentes asociados a una borrasca o ciclón. La mayor parte del volumen de precipitación recogido en una cuenca se debe a este tipo de precipitaciones.
- Las de convección se produce por el ascenso de bolsas de aire caliente.
- Las precipitaciones orográficas se presentan cuando masas de aire húmedo son obligadas a ascender al encontrar una barrera montañosa.

La altura de precipitación media de una zona o cuenca se da en base al conocimiento de los procesos de lluvia y escorrentía. De los métodos que existen para estimar la precipitación media, existen tres convencionales que se pueden utilizar: el Aritmético, el de Polígonos de Thiessen, y el de Isoyetas (Gonzalez, 2010). Se detalla el método de Polígonos de Thiessen y el de Isoyetas, los cuales fueron se usaron para determinar la precipitación media en la microcuenca Crucita, necesarios para determinar la oferta de agua. (Sanchez, 2018)

El método de Polígonos de Thiessen no presenta mayores complicaciones en su aplicación, puesto que consiste en unir mediante líneas rectas dibujadas en un plano de la cuenca, las estaciones más cercanas entre sí, con ello se forman triángulos (con ángulos menores a 90°) en cuyos vértices se encuentran las estaciones. Las líneas correspondientes a cada triángulo convergerán en un solo punto. Cada estación pluviométrica quedará rodeada por las líneas rectas trazadas, que forman los llamados Polígonos de Thiessen, y en algunos casos, en parte por la línea divisoria (Villon, 2002). El cálculo se lo realiza mediante un factor de ponderación que compensa la uniformidad en la distribución de los pluviómetros (Gonzalez, 2010). La principal falencia del

método radica en que sólo considera el posicionamiento de las estaciones y una superficie plana de influencia para cada una, sin considerar las diferencias topográficas que se pueden presentar. Además, asume que la precipitación de la estación es la misma de la zona que representa geoméricamente, lo cual no siempre es cierto.

El método de las Isoyetas determina las líneas de igual altura de precipitación. En todo el plano y después se calcula el área entre Isoyetas y se determina así la precipitación caída entre estas. Para ello es necesario disponer, además de las mediciones de precipitación en los períodos de interés y de las ubicaciones de los puntos de observación, las precipitaciones normales de cada estación, del material cartográfico correspondiente y de un conocimiento espacial y atmosférico lo más detallado posible de las áreas consideradas. Al incorporar factores de la zona y de las precipitaciones, debería ser el mejor de los cinco métodos, pero a la vez tiene un alto grado de subjetividad dado por la experiencia y acceso a la información que posea el técnico encargado de la construcción de estas curvas (Merizalde, 2013).

### **2.2.2. Escorrentía**

La escorrentía se define como el agua proveniente de la precipitación, que circula a una corriente para ser drenada hasta la salida de la cuenca. Esta circulación puede ocurrir sobre o bajo la superficie terrestre y a diferentes velocidades (Davie, 2008).

Montoya (2010), realizó una explicación de los diferentes escurrimientos, estableciendo que el escurrimiento superficial es el producto del agua de la precipitación que no infiltra y que escurre sobre la superficie del suelo y red de drenaje hasta la salida de la cuenca. Considera que su efecto sobre el escurrimiento total es “directo” y solo existirá durante una tormenta o inmediatamente después que haya terminado. Así mismo Gaspari *et al.*, (2009), indicó que el volumen total del escurrimiento y sus valores máximos están influenciados directa o indirectamente por factores de naturaleza climática, de naturaleza fisiográfica y de naturaleza humana, los mismos se pueden caracterizar de la siguiente manera:

- Factores climáticos: relacionado con la intensidad y duración de las precipitaciones que determinan el volumen total de agua escurrida en la cuenca, cuanto mayor intensidad más rápido el suelo cumple el proceso de infiltración y el exceso de lluvia producirá escorrentía superficial, las lluvias de baja intensidad y larga duración saturan la capacidad de retención del suelo. También está relacionada con la precipitación antecedente, ya que, estando el suelo húmedo debido a una lluvia anterior, es más rápido la generación de escorrentía.

- Factores fisiográficos: relacionados con las características físicas de la cuenca, que pueden ser, el área, forma, pendiente media de la cuenca, permeabilidad, geología, tipo de suelo, labores de cultivo, densidad de drenaje, entre otros.
- Factores humanos: relacionado con las actividades humanas, por ejemplo, obras hidráulicas construidas dentro de la cuenca como represas que al acumular agua reduce los caudales máximos de escorrentía superficial.

La escorrentía puede ser estimada a partir de la precipitación, lo cual significa restar de la lluvia caída, las pérdidas por infiltración, evapotranspiración, intercepción y almacenamiento superficial.

### **2.2.3. Estimación del caudal líquido mediante métodos directos e indirectos**

Para estimar el caudal líquido de la cuenca, se usó métodos directos y empíricos para contrastar la información obtenida.

#### **2.2.3.1. Métodos directos**

Es aquel que mide el caudal de forma directa con el río, mediante un conjunto de actividades hidrométricas que tiene como fin realizar el cálculo del caudal que escurre por una sección de un río en un momento determinado por:  $Q = v/s$ , donde  $v$  es la velocidad de la corriente y  $s$  es la sección que es atravesada por la corriente (Dussaubat & Vargas, 2005). A continuación, se describe el método utilizado en el presente estudio.

El aforo con correntómetro o molinete hidráulico es un instrumento de precisión que mide la velocidad del agua en puntos específicos de una sección determinada. Su construcción robusta permite realizar aforos en ríos de gran magnitud y de diferentes características (Pozo, 2011). El funcionamiento del molinete inicia con la inmersión del conjunto en la corriente de agua, una vez ubicado a una cierta profundidad, el rotor comienza a girar debido al empuje de la corriente. El número de giros resulta, naturalmente, proporcional a la velocidad del agua. Los accesorios hacen posible la colocación del rotor a la profundidad deseada, su alineación con la corriente y la posibilidad de contar los giros. La manera más común de contar los giros es por medio de un circuito eléctrico (Gonzalez, 2017).

#### **2.2.3.2. Métodos indirectos**

Son métodos que se aplican de manera empírica, es decir no es necesario tener contacto directo con el afluente entre ellos, se tiene: método del Polinomio Ecológico el cual sirve para determinar los caudales medios mensuales de una cuenca hidrográfica; y está fundamentado en las características geomorfológicas, ecológicas y de regulación natural de una cuenca, mediante la

adopción de ciertos coeficientes (parámetros hidrológicos) típico de la zona de estudio. Además se considera la relación de la evapotranspiración y la precipitación.

$$Q_i = k * A^n (0.70 * P_i + 0.29 * P_{i-1} + 0.001 * P_{i-2})^m \quad \text{Ec. 1.}$$

Donde,

$Q_i$  = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

A = Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

$P_i$  = Precipitación mensual del mes actual (mm)

$P_{i-1}$  = Precipitación mensual del mes anterior (mm)

$P_{i-2}$  = Precipitación del mes tras anterior (mm)

k, m, n = Coeficiente que dependen de las condiciones de las cuencas

Cuadro 1. Características geomorfológicas de la cuenca (m)

Área de drenaje < 1.0 km <sup>2</sup>	1.00
Terreno escarpado, pendiente > 50%	0.90
Terreno impermeable, empinado, A < 10 km <sup>2</sup>	0.80
Presencia de nevados, lagos y pantanos, páramos	0.70
Bosque, buena cubierta vegetal, pendiente < 25%	0.60
Topografía ondulada A < 100 km <sup>2</sup>	0.50
Topografía Plana	0.40
Cuencas muy grandes A < 1000 km <sup>2</sup>	0.30

Fuente: (González, 1997)

Cuadro 2. Características de regulación natural de la cuenca (n).

Selva – Llanura	1.00
Pie de cordillera	0.90
Montaña baja	0.80
Mesetas – valles interandinos	0.70
Montañas altas	0.60
Región sub andina	0.50
Región andina	0.40
Región nival	0.30

Fuente: (González, 1997)

Cuadro 3. Coeficiente ecológico (k).

Relación - evapotranspiración sobre la lluvia	Nieve	Tundra	Puna o paramo	Estepa	Monte	Bosque	Sabana	Línea Jungla
0.125	0.0058	0.0064	0.0070	0.0076	0.0082	0.0088	0.0094	0.0100
0.250	0.0052	0.0058	0.0064	0.0070	0.0076	0.0082	0.0088	0.0094
0.500	0.0046	0.0052	0.0058	0.0064	0.0070	0.0076	0.0082	0.0088
1.000	0.0040	0.0046	0.0052	0.0058	0.0064	0.0070	0.0076	0.0082
2.000		0.0040	0.0046	0.0052	0.0058	0.0064	0.0070	0.0076
4.000			0.0040	0.0046	0.0052	0.0058	0.0064	0.0070
8.000				0.0040	0.0046	0.0052	0.0058	0.0064
16.000					0.0040	0.0046	0.0052	0.0058
32.000							0.0046	0.0052
64.000								0.0046

Fuente: (González, 1997).

### 2.3. Cuenca Hidrográfica

Así como el ciclo hidrológico es necesario para que se den las precipitaciones en la cuenca. La cuenca es el escenario donde ocurre el ciclo hidrológico. Una cuenca hidrográfica es un territorio delimitado por la naturaleza, donde el escurrimiento de las aguas superficiales converge hacia un mismo cauce (Aguilar, 2017; Celleri, Bièvre, & Ochoa, 2012; Cruz, 2014). Además Aguirre (2011), manifiesta que cuenca hidrográfica es un sistema complejo y que uno de los servicios ambientales que brinda, está relacionado al recurso hídrico. Por ende para comprender, por qué es un sistema, se explica: existen entradas y salidas, por ejemplo, el ciclo hidrológico cuantifica la cantidad de agua que ingresa por medio de la precipitación y otras formas; y como salidas el caudal, la evapotranspiración, el flujo su subsuperficial y la percolación (Fattorelli & Fernández, 2011). Siendo la cuenca un elemento fundamental en la obtención de agua para atender las necesidades de los diferentes usuarios, a largo plazo (Ordoñez, 2011). Según el MAG-FOR (2000), una cuenca hidrográfica posee las siguientes características:

- Es un medio natural geográficamente bien definido, representa “fábrica natural” del elemento vital de la naturaleza, la sociedad y la economía, dado el rol que desempeñan las cuencas dentro del ciclo hidrológico de capturar y concentrar la oferta del agua precipitada.

- Es un medio biofísico complejo, compuesto por elementos: suelo, agua, flora, fauna, subsuelos y clima; que por la cantidad de interrelaciones e interacciones de dichos elementos se mantiene el equilibrio en la naturaleza.

Como subsistema económico la cuenca dispone de recursos que se combinan con técnicas diversas para producir bienes y servicios; es decir, en toda cuenca hidrográfica existe posibilidades de explotación o transformación de recursos (Sánchez, 2012).

En muchos casos solamente se advierte de la importancia de los servicios ecosistémicos que brinda la cuenca hidrográfica, sin embargo se encuentran en peligro de extinción o ya han desaparecido (Aguirre, 2011). El crecimiento demográfico local ha desempeñado una importante función en este fenómeno, para sostener a una población en constante crecimiento se han talado bosques en las tierras altas a fin de destinar los terrenos a la agricultura o el pastoreo; la explotación madera y leña han contribuido a la degradación de cuencas; la pérdida de la cubierta forestal ha incrementado la erosión río arriba y la sedimentación río abajo. Debido a estos cambios, muchas cuencas hidrográficas están perdiendo la capacidad de regular la escorrentía (FAO, 2010). De este modo en la tabla 1 se indica las amenazas a las que se encuentra expuesta una cuenca hidrográfica.

Tabla 1. Amenazas a funciones de ecosistemas relacionados al agua debido a actividades humanas.

<b>Actividad humana</b>	<b>Impacto en ecosistema hídrico</b>	<b>Funciones en peligro</b>
Crecimiento de población y de consumo	Aumenta la presión para desviar más agua y adquirir más tierra cultivable, aumenta contaminación del agua, lluvia ácida y el potencial de cambio climático	Todas las funciones de ecosistemas hídricos
Desarrollo de infraestructura (represas, diques, muelles fluviales, desvíos de ríos)	La pérdida de integridad de los ecosistemas altera la frecuencia y cantidad de caudales fluviales, la temperatura del agua, el transporte de nutrientes y sedimentos e impide las migraciones de peces	La cantidad y calidad del agua, hábitat, fertilidad de las llanuras inundables.
Conversión de la tierra y mala utilización.	Elimina componentes clave del medio ambiente hídrico; pérdida de funciones, integridad, hábitat y biodiversidad, impide la recarga natural.	Control natural de inundaciones, hábitat para peces y aves acuáticas, recreo, suministro de agua, cantidad y calidad de agua.

Cosechar y explotar en exceso	Agota los recursos vivos, funciones de los ecosistemas y biodiversidad (agotamiento de agua subterránea).	Producción de alimentos, deporte y pesca comercial, hábitat, suministro de agua y cantidad y calidad del agua
Introducción de especie exóticas	Elimina especies nativas, altera el ciclo de producción y nutrientes, pérdida de biodiversidad	Calidad del agua, pesca deportiva y comercial, hábitat de peces y vida silvestre, transporte
Emisiones de gases de efecto invernadero que inducen a cambio climático	Cambios climáticos potenciales en pautas de derrame debido a aumentos en la temperatura y cambios en los patrones de lluvias.	Suministro de agua, energía hídrica, transporte, hábitat de peces y vida silvestre, dilución de contaminación, control de inundaciones

Fuente: Aguirre (2011).

Para tal efecto, es necesario valorar una cuenca hidrográfica, puesto que en ella se centra los bienes y servicios ecosistémicos, los cuales promueven la conservación y vinculan lo económico con lo ambiental en forma efectiva, esto se entiende como una forma de conectar a los usuarios y proveedores de los bienes y servicios ecosistémicos. Incorporando los valores social, ambiental y económico para establecer sistemas de compensación que se reflejen en los costos de oportunidad de la conservación (Cotler, Galindo, González, Pineda, & Ríos, 2013).

### 2.3.1. Características Físicas y Morfométricas de la Cuenca

Estas características dependen de la morfología (forma, relieve, red de drenaje, etc.) estos elementos físicos proporcionan la posibilidad de conocer la variación en el espacio de los elementos del régimen hidrológico. Cada cuenca tiene una forma determinada que guarda relación con su comportamiento hidrológico (Carvajal Escobar, Barroso, & Reyes, 2015).

La morfología comprende el estudio de las formas superficiales, la cuenca hidrográfica funciona como un gran colector que recibe las precipitaciones y las transforma en escurrimientos, esta transferencia se realiza con pérdidas y es una función bastante compleja de numerosos factores, entre los que predominan el clima y el terreno en el cual se desarrollan los fenómenos hidrológicos. A la fecha se ha comprobado la influencia que determinados índices tienen en las respuestas hidrológicas de una cuenca y por ello son punto de partida de los análisis y determinaciones cuantitativas, entre tales parámetros cabe citar área de la cuenca, su forma, pendiente, elevación media, las características de su red de drenaje y las del cauce o colector principal (Lima, 2018).

### **2.3.2. Parámetros Asociados a la Forma de una Cuenca**

Son parámetros que da a conocer la forma de la cuenca en una forma geométrica (Fierro & Jiménez, 2011) la cual analiza el movimiento del agua y la respuesta de la cuenca mediante índices o coeficientes. La forma de una cuenca interviene de manera importante en las características del hidrograma de descarga de una determinada corriente, está claro que existe una fuerte determinación en la probabilística de una cuenca mediante sus parámetros y las características de la red de drenaje. La forma de la cuenca condiciona la velocidad del escurrimiento superficial el cual permite comparar la forma de la cuenca con figuras geométricas conocidas y la medición de los factores de forma de una cuenca permite comparar los resultados y conocer su compartimento hidrológico (Lux, 2016).

#### **2.3.2.1. Área o magnitud de la cuenca**

Es el área plana en proyección horizontal, encerrada por su divisoria o parte-aguas , fundamental para definir el potencial de generación de escurrimiento de la cuenca hidrográfica (Tucci, 2004).

Se calcula a través de la representación a escala, sobre un mapa topográfico, de la cuenca. Por tanto, la medida calculada no coincidirá con la medida real, ya que se tratará del área de la proyección en el plano horizontal de la superficie de la cuenca. Cuanto mayor sea el relieve, mayor será el error cometido en la medida de la superficie. De todas formas, ante la complejidad que comporta el cálculo de la superficie real y la magnitud del error que se comete, se acepta como medida, la superficie de su proyección (Salazar, 2014).

#### **2.3.2.2. Perímetro de la cuenca**

Por perímetro de cuenca se entiende a la longitud del contorno o divisoria de aguas del área de la cuenca siendo la distancia que habría que recorrer si se transitara por todos los filos que envuelven la cuenca, la misma que es delimitada por la divisoria de aguas que es una línea imaginaria que marca el límite entre ésta y las cuencas vecinas (Domingo & Agüero, 2018).

#### **2.3.2.3. Longitud del cauce principal**

Cauce principal de la cuenca hidrográfica es aquél que pasa por el punto de salida de la misma y el cual recibe el aporte de otros cauces, de menor envergadura los mismos que son denominados tributarios (Ibáñez, Moreno, & Gisbert, 2015). Además Beltrán (2010) define como la distancia

horizontal en kilómetros del río principal, la cual es la distancia entre el desagüe y el punto más lejano de la cuenca.

#### 2.3.2.4. *Coefficiente de compacidad de Gravelius (Kc)*

Es un coeficiente adimensional de forma, que muestra la relación entre el perímetro y área de la cuenca (Aliaga, Valdivia, & Ganahín, 2014) (Ver tabla 2).

$$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad \text{Ec.1}$$

Donde,

$K_c$  = Coeficiente de compacidad

P = Perímetro de la cuenca (km)

A = Área de la Cuenca (km)<sup>2</sup>

Tabla 2. Formas de la cuenca de acuerdo al índice de compacidad

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

Fuente: Campos (1992).

#### 2.3.2.5. *Parámetros de relieve*

A mayor pendiente, corresponderá una menor duración de concentración de las aguas de escorrentía en la red de drenaje y afluentes del cauce principal (Cruz et al., 2015)

#### 2.3.2.6. *Curva Hipsométrica*

Es una gráfica que proporciona información sintetizada de la relación entre la altitud y superficie de la cuenca (Gaspari et al., 2013), el cual permitirá caracterizar el relieve, obtenido en base a la altitud registradas en los MDE y complementado con la estimación de la superficie acumulada por cada cota (Lux, 2016).

La curva hipsométrica es de gran importancia, pues indica el estado de equilibrio dinámico de la cuenca (Gaspari et al., 2013). En la figura 1 se muestra tres curvas hipsométricas que tienen potenciales evolutivos distintos. En donde la curva A manifiesta un gran potencial erosivo, la curva B corresponde a una cuneca en equilibrio y la curva C es propia de una cuenca sedimentaria Oñate (2006). De este modo, estas curvas se asocian a las fases de vida de los ríos, fase de juventud para la cura A, fase de madurez para la curva b y fase de vejez con la curva C (Gaspari et al., 2013).

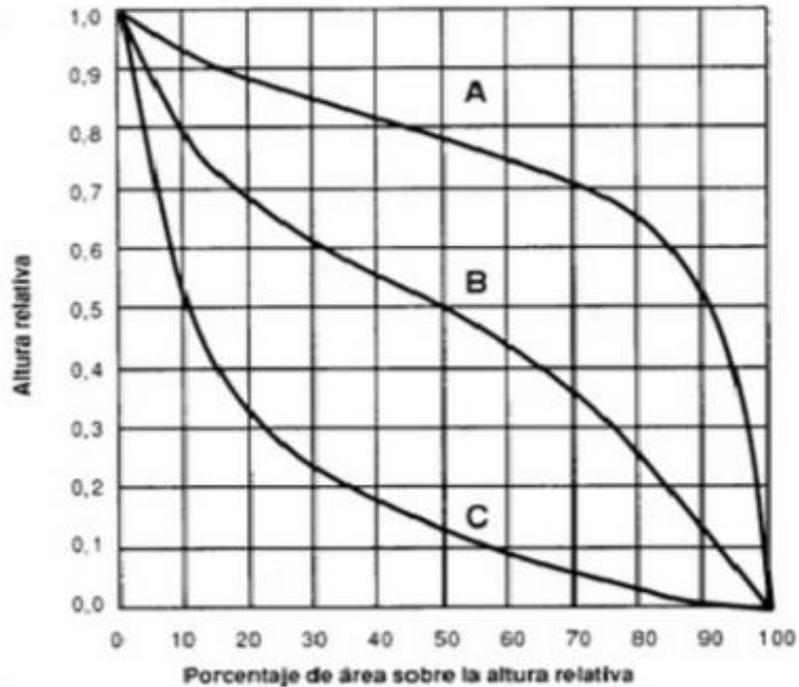


Figura 1. Modelo de curvas hipsométricas del ciclo de erosión

Fuente: Tomada de Gaspari et al., (2013).

#### 2.4. Manejo Integral de una Cuenca Hidrográfica

El manejo integral de cuenca hidrográfica (MICH) como un marco teórico, es una visión e interpretación particular del territorio. Más que una meta, implica un proceso para el estudio o gestión de la relación entre las personas y su entorno; sin embargo, promueve la flexibilidad, tanto en la teoría como en la práctica, que se ratifica en lo holístico, lo integral, reconociendo límites y áreas sobrepuestas (Musálem, Cámara, Laino, González, & Ramírez, 2014). Así mismo (Matus, Faustino, & Jiménez (2009). Definen al manejo integral de cuenca hidrográfica como un proceso interactivo de decisiones sobre los usos y modificaciones de los recursos naturales dentro de una cuenca. Este proceso provee la oportunidad de hacer un balance entre los diferentes usos que se le pueden dar a los recursos naturales y los impactos que éstos tienen para la sustentabilidad de los recursos.

De este modo el orden de una cuenca hidrográfica constituye una política y herramienta de carácter público que asume el estado y la sociedad para otorgarle direccionalidad a la estructura y dinámica territorial, que integra hechos y procesos de orden físico-natural, socioeconómico-cultural y político-institucional, en la búsqueda del desarrollo integral y sostenible. Si bien el orden

de una cuenca se ocupa de organizar de manera proyectada el territorio, la cuenca hidrográfica por constituir parte indisoluble de éste, es una unidad territorial especial su ordenación (Ovalles, 2008).

La relación entre población humana y entorno de la cuenca hidrográfica se desenvuelve en un amplio marco en el cual se dan procesos internos y externos a la cuenca, río arriba y río abajo, de orden micro y macro. Este marco depende en gran medida de políticas y leyes que a través de los tratados internacionales y nacionales reglamentan el uso de los recursos y servicios que brinda la cuenca hidrográfica (FAO, 2007).

Para ellos es necesario, tener una caracterización que consiste en la recolección de datos e información acerca de un territorio con la finalidad de establecer sus rasgos característicos, determinar su condición actual y planificar acciones sobre el mismo (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza UICN, 2009).

#### **2.4.1. Zonificación Ambiental**

Es un proceso de análisis geográfico, la cual integra información espacial con el propósito de identificar áreas que comparten elementos comunes y que sirven de base para la toma de decisiones de manejo, lo que permite establecer de manera clara las potencialidades, fragilidades y sensibilidad ambiental. Para generar la zonificación ambiental se contrasta la infraestructura ecológica ideal posible (IEIP) con la infraestructura ecológica actual (IEA), generando un mapa conformado por tres tipos (Márquez, 2017).

En la zonificación ambiental del área de estudio se definió tres áreas de orden, debido a la aptitud y al uso que se le desea dar a la microcuenca, los cuales son:

- Zona de conservación: Áreas que deben mantenerse como páramo, vegetación arbustiva, arbórea o cualquier cobertura natural que proteja la erosión, mantenga la vida silvestre y fuentes de agua. Son tierras con las más severas limitaciones; corresponden generalmente a pendientes superiores al 70 % (GAD Parroquial Panguintza, 2014).
- Zona de conversión de uso: Zonas con sobreuso del suelo, (uso actual agrícola y pecuario).
- Zona de protección: Áreas de protección DE :ríos, quebradas y áreas reforestadas (Chalan, Sánchez, & Jaramillo, 2017).

#### **2.4.2. Diagnóstico**

El diagnóstico del recurso hídrico en una microcuenca asocia factores económicos, sociales y naturales que convergen en la unidad hídrica; para un correcto diagnóstico se debe determinar los

parámetros morfométricos de una cuenca (Jiménez, 2017). Así mismo Figueras et al., (2011), define diagnóstico como la descripción del territorio en estudio, su organización, su extensión territorial, y aspectos relativos a las características morfométricas, clima, hidrología, geología, usos de los suelos, evaluación de la tierra, biodiversidad y recursos forestales.

Para ellos se realizó un diagnóstico biofísico en el sitio, el cual permitió conocer los elementos bióticos, abióticos y socioeconómicos que se interrelacionan en el medio natural, con el fin de orientar y establecer un patrón de orden dentro de la cuenca. Además de evaluar e interpretar el “estado o situación actual” de la cuenca, sus características, recursos naturales, problemas, potencialidades, limitantes y oportunidades (González, Olaya, & Tosse, 2014).

**- Variables del diagnóstico Biofísico**

González et al., (2014), mencionan que son múltiples los componentes que se encuentran interactuando en una cuenca hidrográfica y que necesitan considerarse para su diagnóstico y caracterización. No obstante según las particularidades de la cuenca y el criterio de autor se consideró los siguientes componentes. Ver tabla 3.

Tabla 3. Componentes que interactúan o están en combinación en una cuenca hidrográfica.

<b>Aspectos biofísicos</b>	
Localización	Límites, latitud y longitud, comunidades.
Fisiografía y relieve	Cordilleras, elevaciones, paisajes.
Morfometría	Superficies (ha), elevaciones (msnm), pendiente (%), longitud de los cursos de agua, pendiente de ríos, red de drenaje
Geología	Origen, procesos formación o cambios en el suelo
Suelos	Clasificación de los Suelos de la Cuenca, Usos actuales, capacidad de uso, áreas críticas por medio del uso de la tierra.
Clima	Precipitación, Temperatura.
Hidrología	Calidad de agua
Vegetación	Especies predominantes, zonas de explotación, deterioro, tipo de recursos, zonas potenciales (Tipos de bosques, especies, densidad, altura, diámetro, volumen, Fauna silvestre).
	Aspectos Socioeconómicos
Población	Densidad poblacional, distribución, tenencia de la tierra, presión de los recursos
Situación de la población	Organizaciones, servicios básicos, infraestructura, vivienda.
Economía	Actividades de trabajo, (madera, y cómo influyen sobre los recursos de la cuenca)
Situación institucional y legal	Apoyo de las autoridades, planes, programas, leyes de protección

Fuente: (González et al., 2014)

Todos estos componentes se encuentran en una interacción dinámica y armónica: son interdependientes, por tanto serán motivo básico de nuestra investigación el conocerlos. La zonificación ambiental se realiza con el propósito de proteger, conservar y asegurar la cantidad y calidad del recurso agua. De este modo conociendo ya el uso del suelo que presenta la microcuenca Crucita, y considerando que este es influenciado para la ocupación racional del suelo, es posible estimar las características de escurrimiento, potencial de infiltración, interceptación y evapotranspiración, los cuales ayudan a proponer instrumentos que mejoren la conservación en una cuenca hidrográfica (Arellano, 2016).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente apartado hace referencia a la ubicación del sitio donde se realizó el trabajo de investigación, así como la metodología utilizada para dar cumplimiento a cada uno de los objetivos.

#### 3.1. Ubicación del Área de Estudio

La investigación se realizó en la provincia de Zamora Chinchipe, cantón Centinela del Cóndor. La microcuenca Crucita se sitúa en la Parroquia Panguintza tiene una superficie de 0,39 km<sup>2</sup>, perteneciente a la demarcación hidrográfica de Santiago. La precipitación va desde los 2 000 a 3 000 mm. La temperatura del lugar oscila entre 22 – 28 °C, se ubica a una altitud entre los 1 220 – 1 597 m.s.n.m, entre las coordenadas UTM : 9 574 032 – 739 440 N, 9 572 639 – 740 486 S. Presenta un clima Tropical Megatérmico Húmedo con una humedad relativa > 90 % (GAD Parroquial de Panguintza, 2014). (Ver figura 2 y 3).

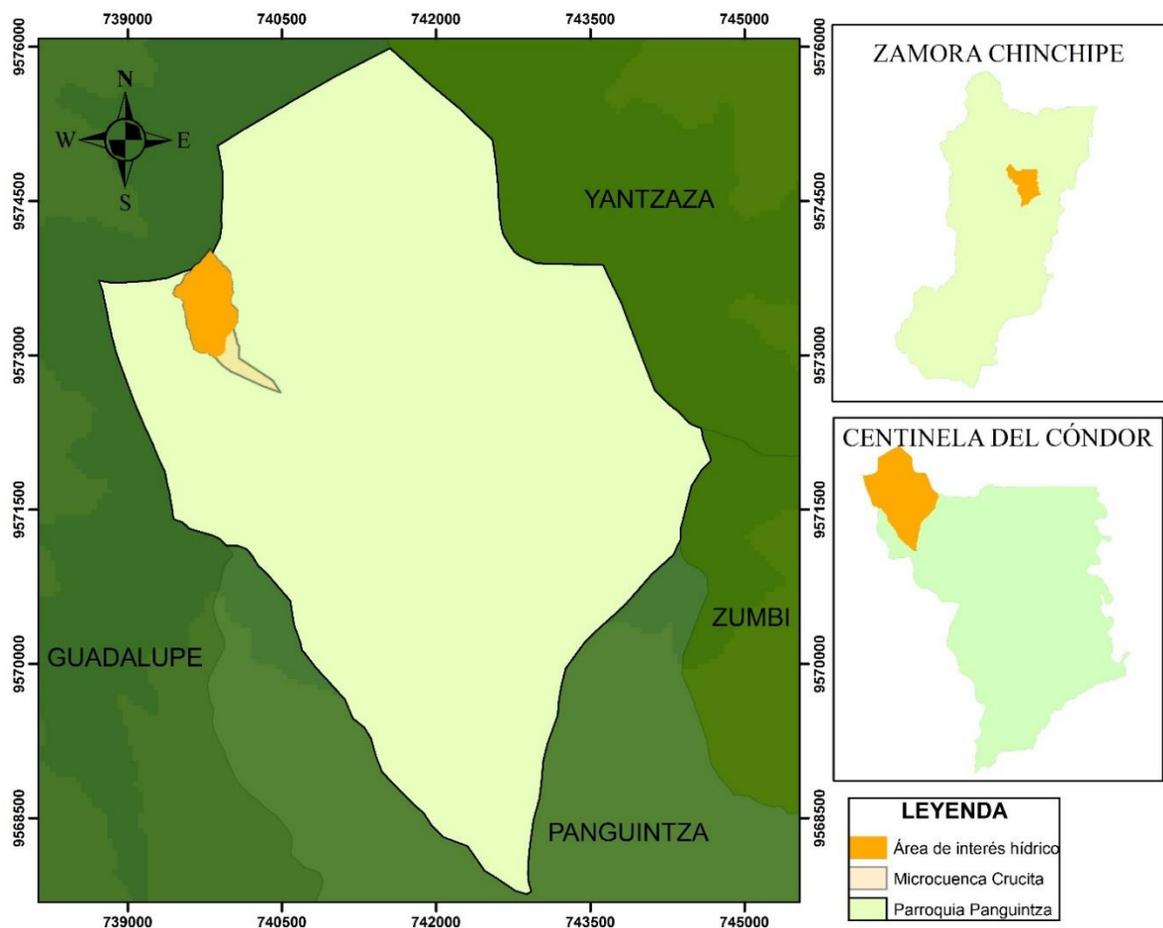


Figura 2. Mapa de ubicación de la microcuenca Crucita

Fuente: Elaboración propia.

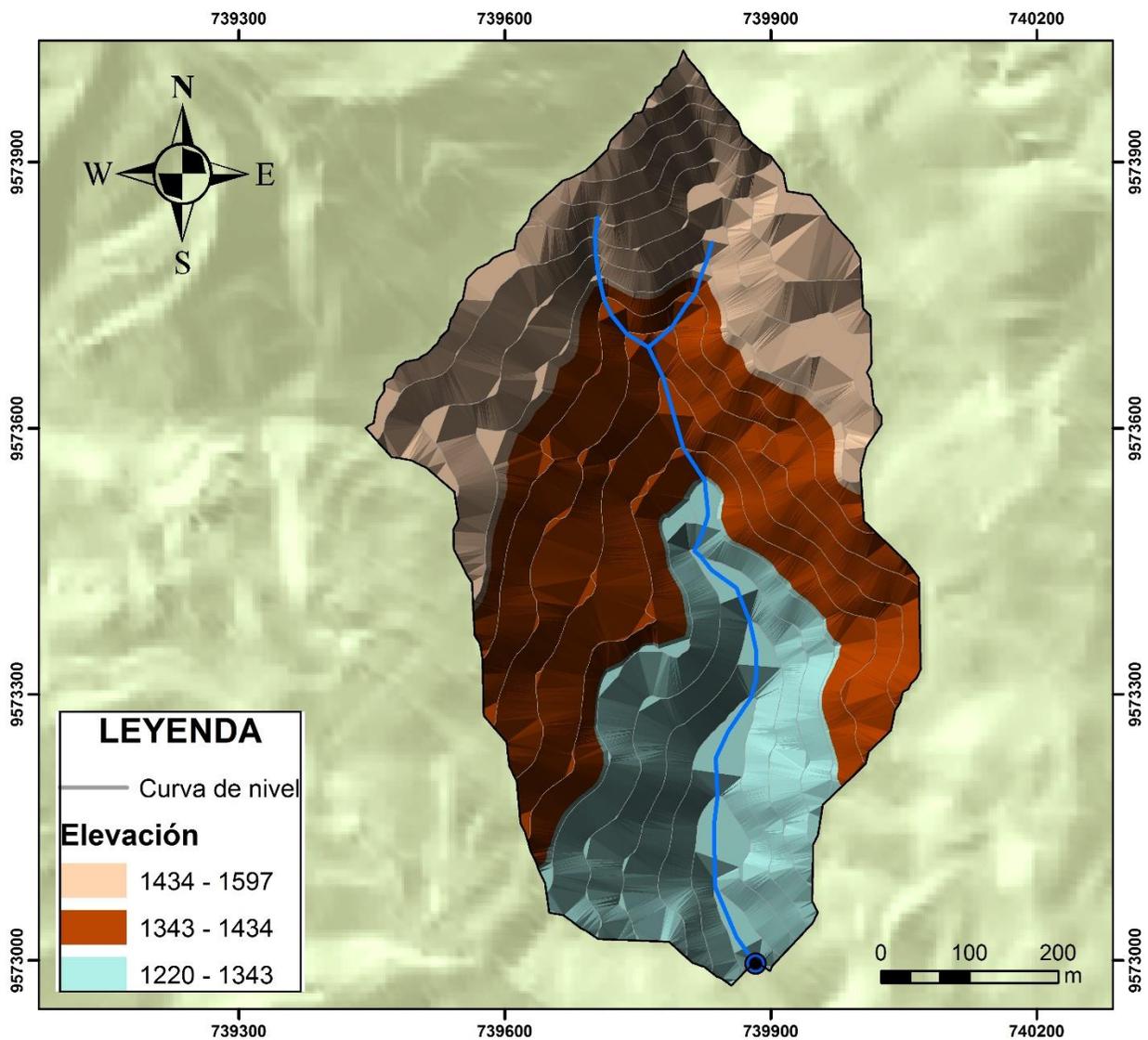


Figura 3. Mapa base del área de interés hídrica de la microcuenca Crucita

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2. Métodos

#### 3.2.1. Diagnóstico Biofísico de la microcuenca Crucita como Fuente de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano en la Parroquia Panguintza

Para el diagnóstico biofísico, de la microcuenca Crucita, se realizó la descripción de los componentes bióticos, abióticos y socioeconómicos, los cuales proporcionaron información base de la situación actual de las microcuenca.

### 3.2.1.1. Componentes Abióticos

#### 3.2.1.1.1. Morfometría de la microcuenca Crucita

Para el estudio morfométrico de la microcuenca, se usó el modelo digital de elevación (MDE) de 3 x 3 brindada por FORAGUA, al cual se lo procesó mediante el software libre QGIS 3.2. La delimitación y el área de interés hídrico de la microcuenca Crucita, se realizó considerando desde el punto de captación del recurso agua hacia la zona del parteaguas, es decir aguas arriba. Los parámetros morfométricos que se determinaron fueron: área, perímetro de la cuenca, coeficiente de compacidad ( $K_c$ ) altitud, pendiente de la red hídrica, longitud del cauce principal, curva hipsométrica. Los métodos para el cálculo de la morfometría se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. Métodos para el cálculo del análisis morfométrico de la microcuenca Crucita.

Morfología de la microcuenca		
Factor	Unidad	método del calculo
Área	km <sup>2</sup>	uso de SIG
Perímetro de la cuenca	km	uso de SIG
Coficiente de compacidad de Gravelius ( $K_c$ )	adimensional	$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$
Relación de Elongación	adimensional	SIG
Cota máxima	msnm	SIG
Cota mínima	msnm	SIG
Altitud media	msnm	SIG
Altitud más frecuente	msnm	SIG
Pendiente		
Pendiente promedio de la cuenca	%	SIG
De la red hídrica		
Longitud del curso principal	km	SIG
Orden de la red hídrica	UND	SIG
Longitud de la red hídrica	km	SIG
Pendiente promedio del cauce principal a	%	SIG

Fuente: Elaboración propia.

#### 3.2.1.1.2. Calidad del Agua

Para el análisis del agua se analizó tres muestras simples considerando los parámetros de la tabla 5, las cuales fueron llevadas al laboratorio físico - químico y microbiológico del cantón El Pangui. Las variables relacionadas con la calidad del agua se midieron de manera ex situ e in situ.

In situ, se muestreo la conductividad, pH, temperatura, y turbidez, cuyos resultados fueron comparados con los valores establecidos en el Acuerdo Ministerial (097), TULSMA y la Norma INEN 1108 relacionada a la calidad de agua para consumo humano.

Ex situ, se muestreo los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, los mismos que fueron determinados por los protocolos que establece la Norma INEN 6897.76. Los resultados fueron validados y contrastados con los realizados por el GAD Municipal mediante el laboratorio CIESSA (2018).

Tabla 5. Parámetros que se tomaran en cuenta consideración para los análisis Físicos-Químicos y Microbiológicos para considerar la calidad del agua en la zona de captación de agua.

<b>Parámetros*</b>	<b>NTE 1108</b>	<b>INEN</b>	<b>Acuerdo ministerial n° 097</b>
Nitritos (mg/l)		50	50
Nitratos (mg/l)		50	50
Coliformes totales (NMP/100 ml)		-	200
Coliformes fecales (NMP/100 ml)		<1,1	1000
pH		-	6-9
Herro (mg/l)		-	1
Sulfato SO4-2 (mg/l)		-	500
Color (UPC)		15	75
Turbidez (NTU)		5	100

Fuente (Baque et al., 2016)

### **3.2.1.1.3. Suelo**

Para el análisis de suelo se usó información de tipo vectorial y ráster del Instituto Geográfico Militar (IGM) disponibles en su plataforma virtual, con la cual se determinó la textura del suelo. Además se utilizó el MDE, para calcular factores de altura y pendiente, mediante la herramienta slope, utilizando los rangos establecidos por FAO (1980), con lo que se crearon los planos de ubicación, topografía, pendientes, tipo de cobertura vegetal, altitud, calculando las superficies de cada uno.

### **3.2.1.1.4. Clima**

Se recopiló información meteorológica de las estaciones de Yantzaza, Paquisha, San Francisco y El Pangui por ser estaciones circundantes al área de estudio y compartir características físicas, esto a razón de que en el área de estudio no se dispone de una estación climática.

Posteriormente se realizó el análisis estadístico y su interpretación para determinar la precipitación. La temperatura en el área del estudio se la obtuvo mediante información de isotermas media anual del INAMHI.

### 3.2.1.2. Componente Biótico

Para la descripción del componente biótico se realizó una evaluación ecológica rápida de flora y fauna en la microcuenca Crucita.

#### 3.2.1.2.1. Flora

Para analizar el factor flora se utilizó el QGIS 3.2, para obtener el tipo de cobertura vegetal en el área de estudio, mediante la digitalización de una ortofoto brindada por FORAGUA. En base al mapa de cobertura vegetal, se determinó los espacios en donde se realizó la evaluación ecológica rápida de la flora. Se realizaron dos transectos temporales, de 50 x 20 m (1 000 m<sup>2</sup>) para árboles, dentro de ellos se instaló una parcela de 5 x5 m (25 m<sup>2</sup>) para arbustos y, para la caracterización de las hierbas se instaló cinco parcelas pequeñas de 1x 1 m. (5 m<sup>2</sup>). Dichos transectos se ubicaron en áreas estratégicas del bosque.

La identificación botánica se realizó en campo, no obstante aquellas especies que no pudieron identificarse, fueron colectadas y llevadas al Herbario Reinaldo Espinosa de la Universidad Nacional de Loja para su identificación.

Con los datos recolectados en campo, se procedió al cálculo del índice de valor de importancia (IVI), mediante las siguientes ecuaciones.

$$IVI = \frac{\text{Frecuencia relativa} + \text{densidad relativa} + \text{dominancia relativa}}{3} \quad \{Ec: 3\}$$

**Donde:**

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Frecuencia de la ssp}}{\text{Frecuencia Total de la ssp}} \times 100 \quad \{Ec: 4\}$$

$$\text{Densidad Relativa} = \frac{\text{Nº de individuos de la ssp}}{\text{Nº total de individuos}} \times 100 \quad \{Ec: 5\}$$

$$\text{Dominancia Relativa} = \frac{\text{Dominancia de la ssp}}{\text{Dominancia de todas las ssp}} \times 100 \quad \{Ec: 6\}$$

Para conocer el grado de vulnerabilidad de las especies se revisó la lista rojas de especies amenazadas a través de la página oficial de la Unión Internacional de la Naturaleza – UICN <https://www.iucnredlist.org/>.

### **3.2.1.2.2. Fauna**

La evaluación ecológica rápida se realizó a los grupos más representativos como son mamíferos, aves, reptiles y anfibios presentes en la zona de estudio. Previo al trabajo de campo, se realizó una revisión bibliográfica de las especies que potencialmente pudieran estar presentes en la zona de estudio, utilizando como referencia plataformas digitales, bases de datos, publicaciones científicas y libros especializados. Con esta revisión, se elaboró una lista de chequeo, con la finalidad de corroborar la presencia de las especies previamente identificadas.

#### **a) Mamíferos**

La identificación de mamíferos se realizó a través de entrevistas semiestructuradas a los pobladores del sector, a quienes se les mostró una guía fotográfica del libro de mamíferos del Ecuador para definir las especies (Tirira, 2017), en base a la lista de chequeo previamente establecida.

#### **b) Aves**

Para el muestreo de la avifauna, se aplicó la metodología de puntos de observación, que consistió en observaciones durante 20 minutos a lo largo del cauce de la quebrada, en las primeras horas de la mañana (06:00 am). Además, se consideró realizar las observaciones, a lo largo de la gradiente altitudinal de la microcuenca Crucita con una distancia mínima de 500 m entre los puntos (Programa de Monitoreo de la Biodiversidad, 2014). Esta metodología se la aplicó durante dos días con la colaboración de un técnico especializado en identificación de avifauna, con esfuerzo de muestreo de 32 horas (dos personas).

#### **c) Herpetofauna**

El muestreo de anfibios y reptiles, se realizó utilizando la metodología de relevamiento por encuentro visual (Programa de Monitoreo de la Biodiversidad, 2014), que consistió en buscar la mayor cantidad de animales en todos los microhábitats posibles a lo largo de la quebrada. Esta metodología se llevó a cabo mediante un recorrido diurno de 11:00 a 13:00 y un recorrido nocturno de 19:00 a 21:00 en el lapso de dos días de muestreo.

Los datos de todos los grupos de fauna fueron revisados en la página oficial de la Unión Internacional de la Naturaleza- UICN <https://www.iucnredlist.org/> para conocer su estado de conservación y/o amenazada

### **3.2.1.3. Componente Socioeconómico**

Para obtener información de los aspectos socioeconómicos, se aplicó una encuesta semiestructurada a los tres propietarios de los terrenos en el área de interés hídrica de la microcuenca Crucita, con el propósito de evaluar la predisposición de establecer acuerdos de conservación en el área de interés hídrica. Así mismo se aplicó una encuesta semiestructurada a 10 familias por barrio ubicado en la zona de influencia directa, esto con el fin de obtener una idea general de las condiciones en que viven.

En la encuesta realizada los aspectos a considerar fueron: organización comunitaria, educación, servicios básicos, producción, y la situación legal, la cual se obtuvo mediante un encuentro informal con cada uno de los dueños del terreno en el área de interés hídrica.

### **3.3. Estimación de la Oferta y Demanda de Agua para Consumo Humano de la ciudad de Panguintza**

La estimación de la oferta hídrica en la microcuenca Crucita se la realizó en base a la precipitación y aplicación de métodos directos e indirectos, mientras que para la demanda se usó la cantidad de agua consumida en la planilla de agua en la Parroquia Panguintza.

#### **3.3.1. Estimación de la oferta hídrica para consumo humano**

Para estimar la oferta hídrica se consideró la precipitación media para lo cual se realizó lo siguiente:

##### **3.3.1.1. Estaciones consideradas**

Para asegurar una estadística del caudal en la microcuenca Crucita, se obtuvo las precipitaciones medias mensuales de los años 2000 al 2015, de la estación de Yantzaza (M0190), para ello se realizó la homogenización de sus valores, tomando en consideración los registros mensuales de las tres estaciones meteorológicas circundantes: Paquisha (M0506), Pangui (M0502) y San Francisco (M0503) Las cuales influyen directamente sobre la microcuenca, puesto que comparten similitud en sus características físicas, para lo cual se crearon los polígonos de Thiessen, usando el algoritmo *create polygon thiessen* en el software QGIS 3.2, el cual permitió establecer la estación que tiene mayor influencia en el área de estudio. (Ver anexo 3).

##### **3.3.1.2. Análisis de la Información**

El análisis de la información consistió en la estandarización, homogenización y validación de los datos de precipitación de la estación base.

### 3.3.1.2.1. Estandarización

Para realizar la estandarización y homogenización de los datos se recopiló datos de los anuarios meteorológicos del INAMHI, para lo cual se estructuró una base de dato de las cuatro estaciones: Yantzaza, Paquisha, San Francisco y El Pangui durante un periodo de 16 años en las estaciones que se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Estaciones pluviométricas consideradas en un periodo del 2000 al 2015.

Estación	Tipo- Código	Coordenadas UTM		Elevación (msnm)
		X	Y	
Yantzaza	Meteorológica M-0190	750748,4	9582482,2	830
El Pangui	Pluviométrica M-0502	767717,6	9598598,3	650
San - Francisco	Pluviométrica M-0503	714074,8	9561615,1	1620
Paquisha	Pluviométrica M-0506	758210,6	9564912, 8	820

Fuente: Anuarios meteorológicos del INAMHI (2015).

De la información obtenida se analizó que el periodo de datos este completa y que los valores correspondan a cada de una de las estaciones. Posteriormente se realizó el relleno de datos faltantes de las estaciones mediante el paquete estadístico climatol, el cual consiste en depurar series de datos y homogenizar mediante una comparación entre las series de estudio en base a una serie de referencia. (Ver anexo 2).

### 3.3.1.2.2. Análisis de la confiabilidad (doble masa)

Con la homogenización de la información en la estación base se desarrolló el análisis de consistencia a través del método de doble masa, el cual consistió en comparar las precipitaciones acumuladas anuales de la estación base (Yantzaza) y las medias acumuladas totales de las estaciones circundantes, en el cual se calculó el coeficiente de correlación para verificar la confiabilidad de los datos. Cuando esta correlación tiende acercarse uno la confiabilidad es mayor.

### 3.3.1.2.3. Estimación de la precipitación media mensual

La estimación de la precipitación media mensual de la microcuenca Crucita, se procesó a través del software QGIS 3.2, en el cual se usó el método de interpolación Kriging, del cual se obtuvo capas ráster de precipitación para cada uno de los meses de la serie estadística. Con el límite de la microcuenca se realizó una extracción por mascara, mostrando la precipitación media de cada mes.

Además los valores se usaron validar los valores de precipitación mensual mediante el coeficiente de corrección (ver anexo 5).

### 3.3.2. Esguimientos medios

Al no existir una estación hidrométrica, los caudales medios se los estimó mediante el método indirecto para lo cual se usó el método del polinomio ecológico, que considera la evapotranspiración potencial y la precipitación. Para lo cual se aplicó la ecuación 1. Los coeficientes k, m, n, fueron obtenidos de acuerdo a los cuadros 1, 2 y 3, que en forma ponderada simulan las condiciones de la microcuenca.

Mientras que para determinar el caudal por el método directo se ejecutó a través de aforos con el uso del molinete. Este dato se contrastó con el método empírico.

$$Q_i = k * A^n (0.70 * P_i + 0.29 * P_{i-1} + 0.001 * P_{i-2})^m \quad \text{Ec. 7.}$$

Donde,

$Q_i$  = Caudal ( $m^3/s$ )

A = Área de la cuenca ( $km^2$ )

$P_i$  = Precipitación mensual del mes actual (mm)

$P_{i-1}$  = Precipitación mensual del mes anterior (mm)

$P_{i-2}$  = Precipitación del mes tras anterior (mm)

K, m, n = Coeficiente que dependen de las condiciones de las cuencas

#### - Curva de duración general

La curva de duración general indica el porcentaje en el tiempo de ocurrencia, en que un caudal es determinado o igualado, y según este se conoce la cantidad de agua por unidad de tiempo para el consumo humano. Se lo elaboró en base a la estadística de caudales medios mensuales de los 12 meses, para lo cual se ordenó los caudales de forma ascendente, con el fin de agruparlos en intervalos y buscar el número de ocurrencia (N). Para luego ser expresado en porcentaje a una probabilidad del 80 %.

### 3.3.3. Estimación de la Demanda

Para la estimación de la demanda se recopiló información en el GAD de Centinela del Cóndor, en donde se recopiló información acerca de la cantidad de agua potable facturada en el año 2018, mediante la planilla del servicio de agua potable para la Parroquia de Panguintza (Ver anexo 8). Luego con la información obtenida y ligada entre sí, se realizó un análisis de la cantidad de agua

ofertada mediante el método del polinomio ecológico y la cantidad de agua utilizada en el año 2018.

### **3.3.4. Zonificación Ambiental de la microcuenca Crucita como Fuente de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano en la Parroquia Panguintza**

Para la zonificación ambiental se utilizó la información generada en los dos primeros objetivos con el fin de orientar la toma de decisiones del área de interés hídrico. La identificación y denominación de las zonas se realizó considerando los criterios del GAD Parroquial así como de la parte técnica de FORAGUA, quienes trabajan de forma articulada para la conservación de las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano. Las zonas se definieron, de acuerdo a la metodología de Chalan et al., (2017), misma que es usada por FORAGUA, en donde tiende a cambiar o disminuir áreas, debido a las aptitudes que presente el área de estudio. Para la presente investigación se aplicó tres zonas en su ordenación: zona de conservación, zona de conversión de uso y zona de protección.

Para iniciar con la zonificación ambiental de la microcuenca Crucita, se empezó con la denominada álgebra de mapas, que se encuentra en los sistemas de información geográfica la cual consistió en otorgar valores y pesos a distintas capas temáticas de información por medio de procesos matemáticos en el arc map. El cual se lo realizó de la siguiente manera:

a) En la zonificación ambiental se consideró el diagnóstico de la microcuenca, el cual se lo desarrollo en el objetivo uno, de este se tomó el mapa de pendientes y cobertura vegetal para realizar el contraste de estos mapas; mediante los sistemas de información geográfica (QGIS).

En la cual se procedió a elaborar el mapa de capacidad de uso de suelo, a través de información de profundidad de suelo y pendiente del suelo. Para obtener la profundidad de uso de suelo se tomó la información de IGM: para la pendiente se usó la herramienta slope y se la reclasificó en base a la FAO (1980). De igual modo se determinó la capacidad de uso de suelo relacionando la pendiente y cobertura vegetal tal como lo indica la metodología de la FAO (1992), esto se lo realizó en la álgebra de mapas, la cual consiste en otorgar valores y pesos a distintas capas temáticas de información tal cual se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4. Cuadro de doble entrada para el manejo de cuencas.

<b>Pendiente Profundidad</b>	<b>Suave 0-12%</b>	<b>Moderada 12-26%</b>	<b>Fuerte 26-36%</b>	<b>Muy Fuerte 36-46%</b>	<b>Acusada 46-57%</b>	<b>Muy Acusada &lt;57%</b>
Profundidad (P) > 90 cm	C1	C2	C3	C4	FT	F
Moderadamente Profundo (MP) 50-90 cm	C1	C2	C3	C4 P	FT FT	F
Poco Profundo (PC) 20-50 cm	C1	C2 P	C3 P	P	F	F
Muy poco profundo (MPP) <20 cm	C1 P	P	P	F	F	F

Fuente FAO (1992).

- b) Se determinó el mapa de conflicto de uso de suelo con información de la cobertura vegetal y con la capacidad de uso de suelo generado anteriormente. Información que se procesa en la algebra de mapas en base al cuadro 5 y de acuerdo a Chalan et al., (2017).

Cuadro 5. Conflicto de uso de suelo.

<b>Cobertura vegetal</b>	<b>Capacidad de uso</b>			
	Tierras Cultivables	Pasto	Silvopastoril	Forestal
Bosque	SU	SU	SU	UA
Cuerpos de Agua	NA	NA	NA	NA
Cultivos Asociados	UA	SB	UA	SB
Infraestructuras	NA	NA	NA	NA
Pasto	SU	UA	SB	SB
Pasto con vegetación arbustiva	SU	UA	UA	SB
Vegetación Arbustiva	SU	SU	SU	UA
Vías	NA	NA	NA	NA

Fuente: (Chalan et al., 2017)

- c) Simultáneamente se realizó un análisis multicriterio, para contrastar la zonificación ambiental. Se asignó un peso a la información de cobertura vegetal, pendiente de suelo y cuerpos de agua y así determinar las categorías de prioridad: baja, media y alta (Chalan et al., 2017). De este modo los valores se otorgaron de acuerdo a la aptitud del área de estudio, lo cual ayudó a verificar la información obtenida en la zonificación ambiental de la microcuenca Crucita.

## 4. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados que se han obtenido por cada uno de los objetivos.

### 4.1. Diagnóstico de los Recursos Biofísicos de la microcuenca Crucita.

#### 4.1.1. Componentes Abióticos

##### 4.1.1.1. Descripción morfométrica de la microcuenca

Las microcuenca Crucita, se caracteriza por ser, exorreica por su única salida, cuenta únicamente con un drenaje principal y dos tributarios. Tiene una superficie de 0,392 km<sup>2</sup> y un perímetro de 2,74 km, posee una pendiente del cauce de 4,01 %. Según el coeficiente de compacidad de Gravelius (1,24) tiene forma redonda a oval redonda. El factor de elongación es de 0,67 lo que significa que la microcuenca es plana con proporciones accidentales, ya que se encuentra entre los rangos de 0,5 a 0,8. Ver tabla 7.

El estado evolutivo de la microcuenca es característico de un a cuenca geológicamente madura o en estado de equilibrio, interpretación que se obtiene a través de su curva hipsométrica que se muestra en la figura 4.

Tabla 7. Parámetros morfométricos de la microcuenca Crucita.

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
<b>Superficie</b>		
Área	km <sup>2</sup>	0,392
Perímetro de la cuenca	km	2,74
Coeficiente de compacidad (Kc)	Adimensional	1,24
Relación de elongación	Adimensional	0,67
<b>Cotas</b>		
Cota máxima	msnm	1599
Cota mínima	msnm	1228
<b>Altitud</b>		
Altitud media	msnm	1416
Altitud más frecuente	msnm	1489
<b>Pendiente</b>		
Pendiente promedio de la cuenca	%	38
<b>De la red hídrica</b>		
Longitud del curso principal	km	1,22
Orden de la red hídrica	UND	4
Longitud de la red hídrica	km	8,35
Pendiente promedio del cauce principal	%	4,01

Fuente: Elaboración propia.

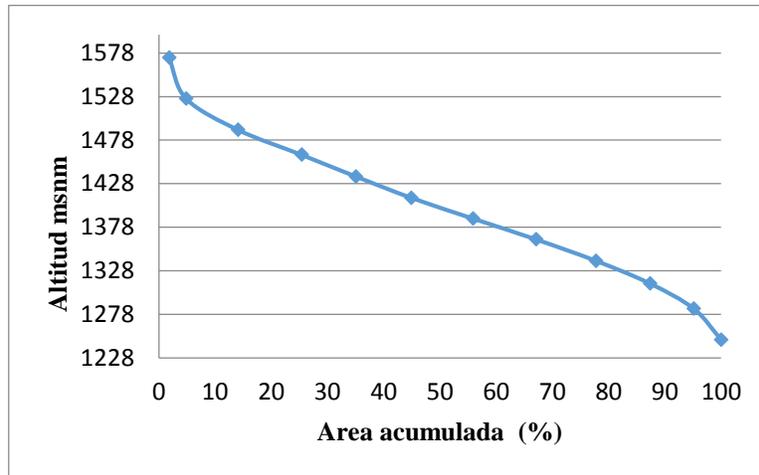


Figura 4. Curva hipsométrica de la microcuenca Crucita.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.1.2. Calidad del agua

Los resultados de los parámetros físicos, los cuales comprenden turbidez, temperatura, Ph, conductividad, color real y TDS, se encuentran dentro de los límites máximos permisibles según el TULSMA, Libro VI, Anexo 1; Norma INEN y el Acuerdo 097. De igual manera los parámetros químicos no sobrepasan los niveles permisibles.

Los parámetros microbiológicos, los cuales corresponde a coliformes totales y fecales se encuentran dentro de los límites máximos permisibles por lo que se determina que el agua de la microcuenca Crucita en la zona de captación se encuentra en un estado de buena calidad, para ser usada en el sistema de agua potable para consumo de la población de Panguintza, la cual requiere únicamente tratamiento convencional.

En la tabla 8, se detallan los resultados obtenidos en el análisis físico – químico y microbiológico del agua.

Tabla 8. Resultados de los análisis de la calidad de agua en la microcuenca Crucita.

Parámetro	Numero de muestra				Límites máximos permisibles	Rango
	1	2	3	Promedio		
<b>Físicos</b>						
<b>Turbidez (NTU)</b>	7	5	5	5,67	TULSMA, Libro 6, Anexo 1 INEN 1108 Acuerdo 097	5 5 100 condición natural +/- 3 grados
<b>Temperatura °C</b>	19	19,6	19,5	19,37	TULSMA, Libro 6, Anexo 1	6.5 - 8.5
<b>pH</b>	7.8	7,4	7,02	7,41	TULSMA, Libro 6, Anexo 1 INEN 1108 Acuerdo 097	6.5 - 8.5 6.0 - 9.0
<b>Conductividad</b>	17,71	16,54	11,71	15,32	TULSMA, Libro 6, Anexo 2	400
<b>Color real (UTC)</b>	5	8	6	6,33	TULSMA, Libro 6, Anexo 1 INEN 1108 Acuerdo 097	20 15 75.00
<b>TDS (mg/l)</b>	11,86	11,08	7,84	10,26	TULSMA, Libro 6, Anexo 1 INEN 1108	1000 1000
<b>Químicos</b>						
<b>Oxígeno Disuelto (mg/l)</b>	0,3	0,3	0,2	0,27	TULSMA, Libro 6, Anexo 1	No menor a 6
<b>Dureza total (mg/CO<sub>3</sub>Ca)</b>	17,01	17,01	17,1	17,01	TULSMA, Libro 6, Anexo 1 INEN 1108	500 300
<b>Cloro libre residual (mg/l)</b>	11	11	10	10,67	INEN 1108	0.3 - 1.5
<b>Hierro (mg/l)</b>	0,08	0,08	0,08	0,08	TULSMA, Libro 6, Anexo 1 INEN 1108 Acuerdo 097	0.3 0.3 1.00
<b>Sulfatos (mg/l)</b>	0,9	0,9	0,6	0,80	TULSMA, Libro 6, Anexo 1 INEN 1108 Acuerdo 097	400 200 500
<b>Nitritos (mg/l)</b>	0.003	0.004	0.004	0.00	TULSMA, Libro 6, Anexo 1 Acuerdo 097	1 0
<b>Nitratos (mg/l)</b>	1,2	1,6	1,9	1,57	TULSMA, Libro 6, Anexo 1 INEN 1108 Acuerdo 097	10 10 50
<b>Microbiológicos</b>						
<b>Coliformes totales (NMP/100ml)</b>	0	0	0	0.0	TULSMA, Libro 6, Anexo 1 INEN 1108	50.00 < 2
<b>Coliformes fecales (NMP/100ml)</b>	1	0	0	0.33	INEN 1108 Acuerdo 097	< 2 1000

Fuente: Lab GAD El Pangui (2019).

#### **4.1.1.3.Suelo**

El suelo de la microcuenca Crucita posee una clase textural franco arcillo arenoso, cuya composición es: 47,5% de Arena, 20.0% de Limo y 32,5% de Arcilla; son suelos con una textura media. La información geológica corresponde a una zona litoestratigráfica lo que significa que es propia de cuerpos de rocas litológicas comunes (composición y estructura) formada por rocas sedimentarias, ígneas o metamórficas (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Panguintza, 2014).

##### ***4.1.1.3.1. Pendiente media la microcuenca Crucita***

El 64 % del área total de la microcuenca presenta una pendiente extremadamente empinada y menos del 2 % del área presenta topografía plana, en la tabla 9 se aprecian las categorías de pendiente en base a la clasificación utilizada por la FAO (1980). Ver figura 5.

De acuerdo a la clasificación de Heras (1972), la pendiente media de la microcuenca se cataloga como escarpada con un 38 %, de pendiente.

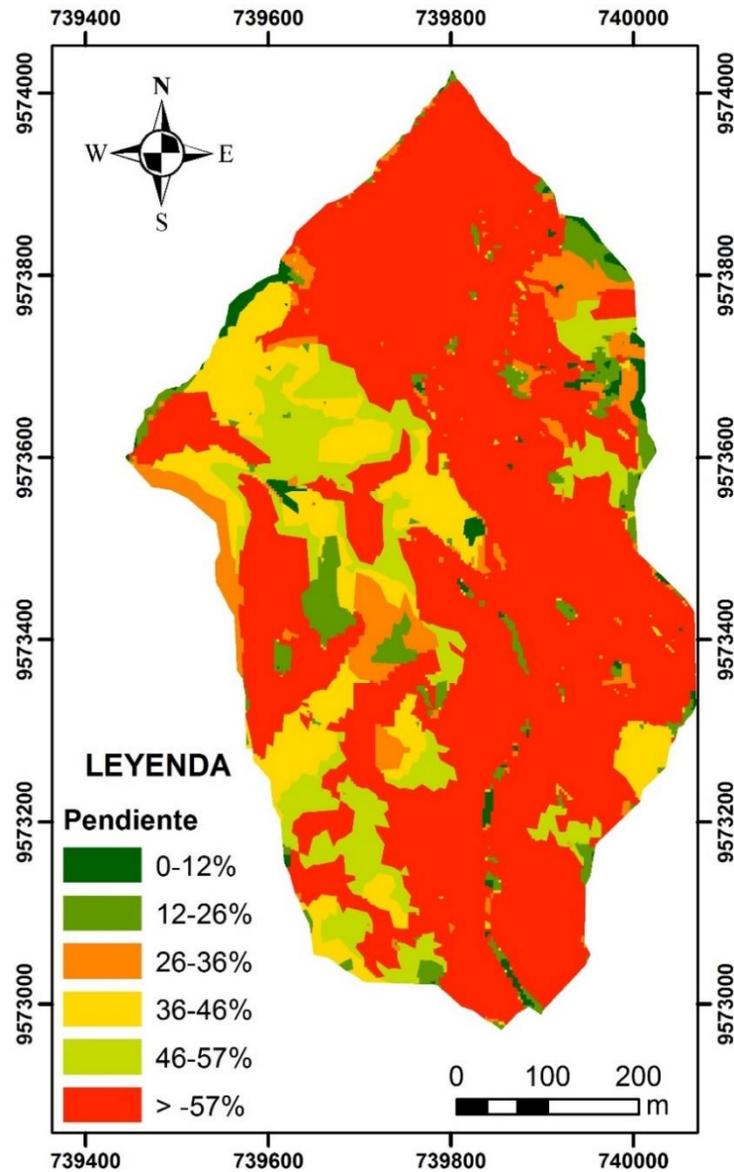


Figura 5. Mapa de pendientes de la microcuenca Crucita.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Área de la pendiente de la microcuenca Crucita.

<b>Pendiente</b>	<b>Rango %</b>	<b>Ha</b>	<b>%</b>
Plana	< 12	0,61	1,55
Moderada	12-26	1,82	4,63
Moderada empinada	26-36	2,29	5,83
Empinada	36-46	4,75	12,09
Muy empinada	46-57	4,38	11,15
Extremadamente empinada	>57	25,44	64,75
Total		39,29	100

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.1.4. Características climáticas

La microcuenca presenta una precipitación de 2 000 a 3 000 mm anual con una evapotranspiración de 1 237 mm, con una humedad relativa mayor a 90 %, con un índice de humedad de 0,412 y una evaporación de 1 163 mm, correspondiente a un clima Tropical Megatérmico Húmedo.

#### 4.1.2. Componente Biótico

##### 4.1.2.1. Flora

La principal cobertura vegetal en el área de interés hídrico de la microcuenca Crucita, corresponde a bosque con un 94,32 % del área total mientras que en menor porcentaje está el pastizal con un 5,09 %. Ver figura 6. La categoría cuerpos de agua ocupa de agua ocupa 0,59 %. En la tabla 10 se presentan todas las categorías.

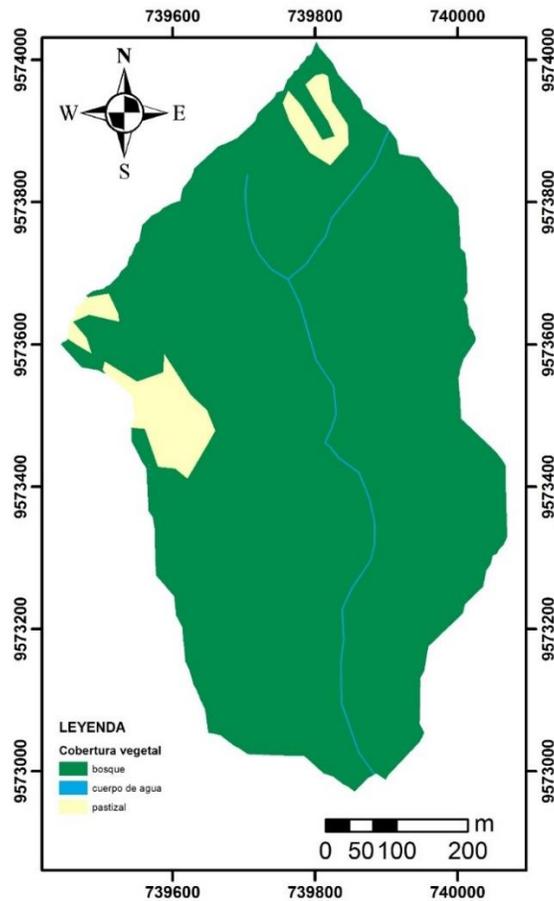


Figura 6. Mapa de cobertura vegetal de la microcuenca Crucita

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Área de la cobertura vegetal de la microcuenca Crucita.

Vegetación	Ha	%
Bosque	37,06	94,32
Cuerpo de agua	0,23	0,59
Pastizal	2,0	5,09
<b>Total</b>	<b>39,29</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia.

En el área del bosque, se diferenciaron tres estratos: arbóreo, arbusto y herbáceo. El estrato arbóreo, se caracteriza por la presencia de árboles con alturas que no sobre pasan los 20 m, en donde se registró 76 individuos correspondientes a 33 especies y 15 familias, de las cuales la más diversa corresponde a las Melastomataceae, seguida de Lauraceae y Phyllantaceae.

En la tabla 11, se detallan las diez especies representativas de acuerdo al análisis del índice del valor de importancia, encontradas en el área de interés hídrico. La especie con mayor IVI es *Hyeronima asperifolia*. (42,13 %) y *Centronia laurifolia* (10,67 %). En el anexo 1, se muestran todas las especies del estrato arbóreo con su respectivo valor de importancia.

Tabla 11. Diez principales especies vegetales del área interés hídrico en la microcuenca Crucita.

Familia	Nombre científico	DR (%)	Dm R (%)	FR (%)	IVI (%)
ARECACEAE	<i>Socratea exorrhiza</i> Mart. H. Wendl	3,95	3,72	5,41	4,36
BURSERACEAE	<i>Dacryodes peruviana</i> (Loes) Lam.	3,95	5,40	2,70	4,02
CLUSIACEAE	<i>Clusia</i> sp.	3,95	1,73	5,41	3,69
MELASTOMATACEAE	<i>Centronia laurifolia</i>	6,58	10,66	2,70	6,65
LAURACEA	<i>Ocotea</i> sp.	14,47	4,85	5,41	8,24
PHYLLANTACEAE	<i>Hyeronima asperifolia</i>	13,16	42,12	2,70	19,33
MELASTOMATACEAE	<i>Miconia elata</i>	7,89	2,86	5,41	5,39
MYRISTICACEAE	<i>Virola surinamensis</i> (Rol. Ex Rottb.) Warb	3,95	2,57	2,70	3,07
OLACACEAE	<i>Minuartia guianensis</i> Aubl.	2,63	2,96	5,41	3,67
TILIACEAE	<i>Apeiba membranacea</i> Spruce ex Benth.	5,26	7,46	5,41	6,04

Densidad relativa (DR). Dominancia relativa (Dm R). Frecuencia relativa (FR). Índice de valor de importancia (IVI).

Fuente: Elaboración propia.

El estrato arbustivo, está representado por 12 especies distribuidas en 7 familias, de las cuales la familia Rubiaceae presenta el mayor número de especies con un 39 %, mientras que el 61 % restante, se encuentran distribuidas dentro de las familias: Fabaceae, Marcgraviaceae, Piperaceae, Polygalaceae, Urticaceae y Dryopteridaceae. Ver tabla 12.

Tabla 12. Especies de la microcuenca Crucita en el estrato arbustivo.

N°	Familia	Nombre científico	%
1	FABACEAE	<i>Bauhinia sp</i>	4,3
2	MARCGRAVIACEAE	<i>Maregravia sp.</i>	4,3
3	MELASTOMATACEAE	<i>Miconia sp1</i>	8,7
4	PIPERACEAE	<i>Piper sp1</i>	8,7
5	PIPERACEAE	<i>Piper sp2</i>	4,3
6	POLYGALACEAE	<i>Monnina sp.</i>	8,7
7	RUBIACEAE	<i>Palicourea Aubl.</i>	8,7
8	RUBIACEAE	<i>Psychotria sp.</i>	4,3
9	RUBIACEAE	<i>Palicourea sp.</i>	4,3
10	RUBIACEAE	<i>Sommeria sabiceoides K. Schum.</i>	13,0
11	CYLANTHANCEAE	<i>Asplundia aulacostigma Harling</i>	8,7
12	URTICACEAE	<i>Cecropia peltata</i>	8,7
13	DRYOPTERIDACEAE	<i>Dryopteris sp.</i>	13,0
	Total		100

Fuente: Elaboración propia

El estrato herbáceo, está representado por 10 familias y 14 especies, la cual se muestra en la tabla 13, siendo la familia Selaginellaceae el género con mayor número de especies con un 18.9 %. El 81.1 %, se encuentra distribuida dentro de las familias: Araceae, Bromeliaceae, Cyperaceae, Piperaceae, Poaceae, Pteridaceae, Rubiaceae y Urticaceae. Ver tabla 13.

Tabla 13. Especies de la microcuenca Crucita presente en el estrato herbáceo.

N°	Familia	Nombre científico	%
1	ARACEAE	<i>Anthurium sp1</i>	2,7
2	ARACEAE	<i>Anthurium sp2</i>	2,7
3	ARACEAE	<i>Anthurium sp3</i>	2,7
4	BROMELIACEAE	<i>Guzmania sp.</i>	8,1
5	CYPERACEAE	<i>Scleria</i>	16,2
6	DRYOPTERIDACEAE	<i>Dryopteris aemula</i>	13,5
7	PIPERACEAE	<i>Peperomia fraseri</i>	5,4
8	ORCHIDACEAE	<i>Epidendrum sp.</i>	10,8
9	POACEAE	<i>Lasiacis sp.</i>	5,4
10	PTERIDACEAE	<i>Salpichlaena cf. Volubilis</i>	2,7
11	RUBIACEAE	<i>Manettia sp.</i>	2,7
12	URTICACEAE	<i>Pilea trichosanthos Wedd</i>	8,1
13	SELAGINELLACEAE	<i>Selaginella arthritica</i>	10,8
14	SELAGINELLACEAE	<i>Selaginella sericea A. Braum</i>	8,1
	Total		100

Fuente: Elaboración propia.

De las especies del estrato arbustivo, se identificó, que el 67 % de la especies registradas no se encuentran dentro de alguna categoría de la UICN, mientras que el 7,89 % corresponden a especies

con preocupación menor, 2.63 % son especies amenazadas y solo el 1,36 % corresponde a la categoría casi amenazada (Ver tabla 14).

Tabla 14. Especies de la microcuenca Crucita que se encuentran en la lista roja de la IUCN.

N°	Familia	Nombre científico	Categoría Lista Roja
1	MELASTOMATACEAE	Centronia laurifolia	VU (Vulnerable)
2	MYRISTICACEAE	Virola surinamensis (Rol. Ex Rottb.) Warb	EN (Amenazada)
3	MELASTOMATACEAE	Miconia sf. Punctata	LC (Preocupación menor)
4	OLACACEAE	Minquartia guianensis Aubl.	NT (Casi amenazada)
5	MELASTOMATACEAE	Loreya mespiloides	LC (Preocupación menor)
6	MELASTOMATACEAE	Miconia affinis	LC (Preocupación menor)
7	MELIACEAE	Carapa guianensis Aubl.	LC (Preocupación menor)
	MELIACEAE	Cedrela odorata L.	VU (Vulnerable)
8	MORACEAE	Clarisia racemosa Ruiz & Pav	LC (Preocupación menor)
9	TILIACEAE	Apeiba membranacea Spruce ex Benth	LC (Preocupación menor)

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2.2.Fauna

En la zona de estudio se reporta la presencia de siete especies de mamíferos, de las cuales tres son comunes en la zona, sin embargo una se encuentra registrada bajo la categoría de preocupación menor y casi amenazada. Y de las cuatro especies que son consideradas raras de encontrar en la zona de estudio solo una de ellas se ubica en la categoría de preocupación menor (Ver tabla 15).

Tabla 15. Lista de mamíferos en la microcuenca Crucita.

<b>Mamíferos</b>			
Nombre científico	Nombre común	Abundancia	Estado de conservación
<i>Cuniculus paca</i>	Yamala	Común	NT (Casi amenazada)
<i>Didelphis marsupialis</i>	Guanchaca	Común	LC (Preocupación menor)
<i>Dasyproctidae fuliginosa</i>	Guatuso	Común	
<i>Marmosops sp.</i>	Marmosa	Rara	
<i>Nasua nasua</i>	Coatí amazónico	Rara	LC (Preocupación menor)
<i>Pecarí tajacu</i>	Sahino	Rara	
<i>Dasypodidae novemcinctus</i>	Armadillo	Rara	

Fuente: Elaboración propia.

##### a) Aves

Se identificó una riqueza de 53 especies de las cuales el 67 % son especies comunes y el 33 % especies raras. El 60,4 % corresponden a especies que se encuentran bajo la categoría de preocupación menor, y el 39,6 % no pertenecen a ninguna categoría establecida por la UICN (Ver tabla 16).

Tabla 16. Lista de aves en la microcuenca Crucita.

<b>Aves</b>			
<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Abundancia</b>	<b>Estado de conservación</b>
<i>Elanoides forficatus</i>	Elanio tijereta	Común	LC (Preocupación menor)
<i>Laterallus melanophaius oenops</i>	Polluela burrito	Común	LC (Preocupación menor)
<i>Pardirallus nigricans</i>	Rascón negruzco	Común	LC (Preocupación menor)
<i>Synallaxis albigularis</i>	Pijuí pechioscuro	Común	LC (Preocupación menor)
<i>Leptotila rufaxilla dubuis</i>	Paloma montaraz frentiblanca	Común	LC (Preocupación menor)
<i>Crotophaga ani</i>	Garrapatero aní	Común	LC (Preocupación menor)
<i>Coeligena coeligena</i>	Inca bronceado	Común	LC (Preocupación menor)
<i>Megaceryle torquata</i>	Martín gigante	Común	LC (Preocupación menor)
<i>Accipiter superciliosus</i>	Azor de ceño amarillo	Común	LC (Preocupación menor)
<i>Buteo magnirostris</i>	Gavilán pollero	Común	LC (Preocupación menor)
<i>Capito auratus</i>	Capitán dorado	Común	LC (Preocupación menor)
<i>Nyctidromus albicollis</i>	Pauraque	Común	LC (Preocupación menor)
<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote negro	Común	LC (Preocupación menor)
<i>Cathartes melambrotus</i>	Aura selvática	Común	LC (Preocupación menor)
<i>Leptotila verreauxi</i>	Paloma montaraz	Común	LC (Preocupación menor)
<i>Tangara de Schrank</i>	Tangara schrankii	Común	LC (Preocupación menor)
<i>Patagioenas plumbea</i>	Paloma plomiza	Común	
<i>Stittasomus griseicapillus</i>	Trepatroncos oliváceo	Común	
<i>Campylorhamphus trochilirostris napensis</i>	Picoguadaña piquirrojo	Común	
<i>Campylorhamphus pusillus</i>	Picoguadaña andino	Común	
<i>Automolus subulatus</i>	Ticotico listado amazónico	Común	
<i>Siptornis striaticollis nortoni</i>	Curutié frontino	Común	
<i>Synallaxis moesta</i>	Pijuí oscuro	Común	
<i>Thamnophilus tenuipunctatus berlepschi</i>	Batará vermiculado	Común	
<i>Cercomacroides nigrescens aequatorialis</i>	Hormiguero negruzco	Común	
<i>Camptostoma obsoletum olivaceum</i>	Mosquerito silbón	Común	
<i>Pseudotriccus pelzelni pelzelni</i>	Tiranuelo bronceado	Común	
<i>Myiophobus flavicans flavicans</i>	Mosquero amarillo	Común	
<i>Myiotriccus ornatus phoenicurus</i>	Mosquerito adornado	Común	
<i>Cyanocorax yncas yncas</i>	Chara verde	Común	
<i>Campylorhynchus turdinus hypostictu</i>	Cucarachero turdino	Común	
<i>Turdus fulviventris</i>	Zorzal ventricastaño	Común	
<i>Chlorospingus flavigularis</i>	Clorospingo gorjiamarillo	Común	
<i>Saltator grossus</i>	Pepitero pizarroso	Común	

<i>Sporophila castaneiventris</i>	Semillero ventricastaño	Común	
<i>Oryzoborus atrirostris</i>	Semillero piquinegro	Común	
<i>Crypturellus cinereus</i>	Tinamú sombrío	Rara	LC (Preocupación menor)
<i>Ortalis guttata</i>	Guacharaca moteada	Rara	LC (Preocupación menor)
<i>Pulsatrix melanota</i>	Lechuzón acollarado grande	Rara	LC (Preocupación menor)
<i>Amazilia fimbriata</i>	Amazilia listada	Rara	LC (Preocupación menor)
<i>Adelomyia melanogenys</i>	Colibrí jaspeado	Rara	LC (Preocupación menor)
<i>Haplophaedia aureliae russata</i>	Calzadito verdoso norteño	Rara	LC (Preocupación menor)
<i>Urosticte ruficrissa</i>	Colibrí puntiblanco oriental	Rara	LC (Preocupación menor)
<i>Pharomachrus auriceps</i>	Quetzal de cabeza dorada	Rara	LC (Preocupación menor)
<i>Galbula cyanescens</i>	Acamará coroniazul	Rara	LC (Preocupación menor)
<i>Aulacorhynchus derbianus</i>	Tucansito colicastaño	Rara	LC (Preocupación menor)
<i>Scytalopus atratus</i>	Churrín coroniblanco	Rara	LC (Preocupación menor)
<i>Scytalopus micropterus</i>	Churrín colilargo	Rara	LC (Preocupación menor)
<i>Phylloscartes superciliaris griseocapillus</i>	Orejerito cejirrufo	Rara	
<i>Ardea alba</i>	Garceta grande	Rara	LC (Preocupación menor)
<i>Bubulcus ibis</i>	Garcilla bueyera	Rara	LC (Preocupación menor)
<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>	Golondrina gorrirufa	Rara	LC (Preocupación menor)
<i>Euphonia mesochrysa</i>	Eufonia verdosa	Rara	LC (Preocupación menor)

Fuente: Elaboración propia.

## b) Herpetofauna

Dentro de la herpetofauna se consideró las especies de reptiles y anfibios, las cuales se observan en la tabla 17.

En lo que se refiere a reptiles, se identificó cuatro familias, representadas por 8 especies de los cuales el 33 % corresponde a especies comunes y el 67 % a especies raras. El 55 % corresponde a especies que se encuentran registradas bajo la categoría de preocupación menor, y el 11 % se ubica en el estado de casi amenazada. El 22 % no pertenece a ninguna categoría establecida por la UICN.

Mientras que para el caso de los anfibios se registró cuatro familias del orden de Anura, representadas por 12 especies de los cuales el 38 % corresponde a especies comunes y el 62 % a especies raras. El 63 % corresponden a especies que se encuentran registradas bajo la categoría de preocupación menor, y el 12 % se ubica en el estado de casi amenazada. El 25 % no pertenecen a ninguna categoría establecida por la UICN.

Tabla 17. Lista de la herpetofauna de la microcuenca Crucita.

---

**HERPETOFAUNA**

---

**Reptiles**

<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Abundancia</b>	<b>Estado de conservación</b>
<i>Chironius scurrulus</i>	Serpiente látigo	Común	LC (Preocupación menor)
<i>Anolis fuscoauratus</i>	Lagartija Arborícola	Común	LC (Preocupación menor)
<i>Crotalus</i>	Cascabel	Común	
<i>Amphisbaena fuliginosa</i>	Culebra ciega	Rara	LC (Preocupación menor)
<i>Xenodon rapdocephalus</i>	Falsa X	Rara	LC (Preocupación menor)
<i>Bothrops atrox.</i>	Hoja podrida	Rara	LC (Preocupación menor)
<i>Oxyrhopus formosus</i>	Falsa Coral	Rara	NT (Casi amenazada)
<i>Philodryas cf. viridissimus</i>	Serpiente corredora	Rara	

**Anfibios**

<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Abundancia</b>	<b>Estado de conservación</b>
<i>Rhinella marina</i>	Sapo común	Común	LC (Preocupación menor)
<i>Rhinella margaritifera</i>	Sapo	Común	
<i>Hypsiboas boans</i>	Rana arborícola	Rara	LC (Preocupación menor)
<i>Hypsiboas calcaratus</i>	Rana arborícola	Rara	LC (Preocupación menor)
<i>Hypsiboas punctata</i>	Rana arborícola	Rara	LC (Preocupación menor)
<i>Ostheocephalus planiceps</i>	Rana arborícola	Rara	LC (Preocupación menor)
<i>Leptodactylus andreae</i>	Rana	Rara	LC (Preocupación menor)
<i>Leptodactylus lineatus</i>	Rana	Rara	LC (Preocupación menor)
<i>Leptodactylus wagneri</i>	Rana	Rara	LC (Preocupación menor)
<i>Hypsiboas lanciformis</i>	Rana arborícola	Rara	NT (Casi amenazada)
<i>Rulyrana flavopunctata</i>	Rana de cristal	Rara	
<i>Hyalinobatrachum cf. ruedai</i>	Rana de cristal	Rara	

---

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.3. Diagnóstico Socioeconómico

Una de las fortalezas que presenta la microcuenca Crucita es que la zona alta que es considerada clave para mantener la zona de abastecimiento de agua se encuentra protegida por cobertura boscosa. Los propietarios son personas de la zona que por sus condiciones sociales, económicas y culturales, están de acuerdo a trabajar de forma articulada con el GAD parroquial y municipal en beneficio de la parroquia siempre y cuando este beneficio vaya orientado al desarrollo de la parroquia.

Ellos reconocen y están conscientes del valor que tiene este recurso para la población, y de una u otra manera quieren contribuir a la conservación y protección de este recurso para sus familias y público en general. Para lo cual manifestaron estar dispuestos a realizar cambios en sus actividades productivas, con el fin de no desestabilizar la microcuenca. Esto a razón de que es necesario que toda la cuenca sea conservada y protegida debido a la presión que se podría ejercer

ocasionando erosión en la parte media y alta de la cuenca. Los propietarios corresponden a los nombres de: Sr. Juan Maza; Sr. Domingo Riofrio y el Dr. Jorge Calderón.

Dentro del área de interés hídrica no habitan familias, el área de interés hídrico presenta una inclinación empinada. El difícil acceso, la improductividad de los suelos por presencia de rocas y el grado de pendiente en la zona media y alta ha contribuido en gran medida a su conservación. No obstante, ellos manifiestan realizar actividades agropecuarias pero lo realizan en la parte baja en donde el acceso y la inclinación de la pendiente favorecen.

Por otra parte el grupo de interés manifestó, no poseer servicios básicos en este sitio ya que son sitios netamente forestales. Además de no realizar actividad relacionadas a la producción, en la parte media y alta, debido a la poca fertilidad del suelo, distancia y los problemas que implican trasladar los productos al centro de la urbe; sin embargo, en la parte baja la cual representa un 7 % del área total, se realizan actividades agropecuarias, mientras que en la parte media y en la zona de interés hídrico lo cual corresponde al 93 %, no realizan ninguna actividad productiva. No obstante, es necesario tomar en cuenta que si en el caso de aumentarse las actividades productivas, correría un riesgo debido a la presión que se ejercería en la cuenca, lo cual generará consecuencias graves de conservación en la parte media y alta de la microcuenca Crucita.

De manera similar, el grupo de interés manifestó, no tener conocimiento de que en esta zona se usaría el recurso agua para consumo humano de la parroquia, sin embargo aclararon que la calidad de agua que ellos observan es buena, debido a las limitadas actividades ganadera y agropecuaria de la parte alta.

Por otro lado el GAD del Cantón Centinela del Cóndor, tiene previsto realizar la construcción de la zona de captación de agua potable en este lugar a razón de que en el sitio hay poca actividad antrópica y presenta buenas condiciones de conservación lo cual disminuirá el riesgo de erosión.

La zona de influencia directa que se beneficiara del abastecimiento de agua potable que produce la microcuenca Crucita son los barrios, La Hueca, La Crucita, San Gregorio, Los Laureles, los cuales se caracterizan por que son barrios en proceso de crecimiento dirigida por la Junta parroquial. De acuerdo a las observaciones en campo, la distribución espacial de la población es muy variada, teniendo concentraciones altas en algunos y dispersas en otros casos, lo cual está relacionado con zonas de topografía accidentada. Los pobladores tienen acceso a servicios públicos y sociales como: energía eléctrica, alumbrado público, drenaje, talleres mecánicos,

iglesia, escuelas, servicio de transporte público y privado, tiendas, etc., generalmente formadas con un promedio de 6 personas.

Cuentan con un Centro de Salud, conformado por un núcleo básico que consta de dos enfermeras, un MPSS. La atención es básica y, en caso de emergencia, deben trasladar a los pacientes a la unidad más cercana (Hospital básico de Yantzaza).

## **4.2. Estimación de la oferta y demanda de agua para consumo humano en la ciudad de Panguitza**

### **4.2.1. Estimación de la oferta hídrica para consumo humano**

#### **4.2.1.1. Estaciones consideradas**

En el anexo 3, se observa la influencia de las tres estaciones meteorológicas en la estación base (Yantzaza M0190). La cual muestra que las estaciones de: Paquisha (M0506), Pangui (M0502), y San Francisco (M0503), tienen influencia directamente sobre la microcuenca Crucita.

#### **4.2.1.2. Análisis de la Información**

Para el análisis de la información se estandarizó, homogenizó y se validó los datos de precipitación mediante:

##### **4.2.1.2.1. Estandarización de la información.**

La estandarización de los datos de precipitación se observan en el anexo 2. El cual muestra, la precipitación de la serie estadística del 2000 al 2016. En donde se observa que los meses con mayor precipitación se dan en: febrero, marzo, abril, mayo, junio y julio, mientras que los meses con menor precipitación se dan en: agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre.

##### **4.2.1.2.2. Análisis de la confiabilidad (doble masa)**

El análisis de confiabilidad de la estación base (Yantzaza), muestra un  $r$  de 0.99, el cual evidencia que se pueden tomar estos valores para aplicar los métodos empíricos. Ver figura 7.

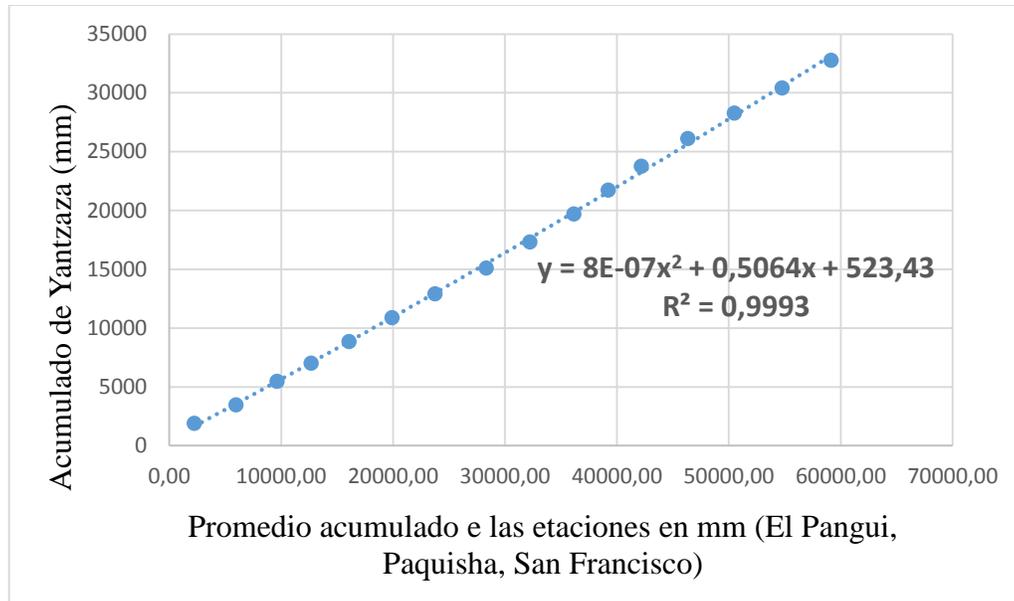


Figura 7. Análisis de doble masa para la estación de Yantzaza.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.1.2.3. Estimación de la precipitación media mensual

Para la zona de captación se estimó una precipitación media de 185 mm determinada por el método de isoyetas, como se muestra en la figura 8. En la tabla 18, se muestra la época seca, se presenta en el mes de noviembre con un valor medio mínimo de 126,66 mm, mientras que la época lluviosa muestra que el máximo valor medio de precipitación es en el mes de junio con 260,83 mm, para el periodo comprendido entre 2000 – 2015.

La precipitación que se estimó en base a los registros meteorológicos de los años 2000 al 2015, muestran una relación directamente proporcional al caudal, debido a que de esto depende el caudal en la cuenca.

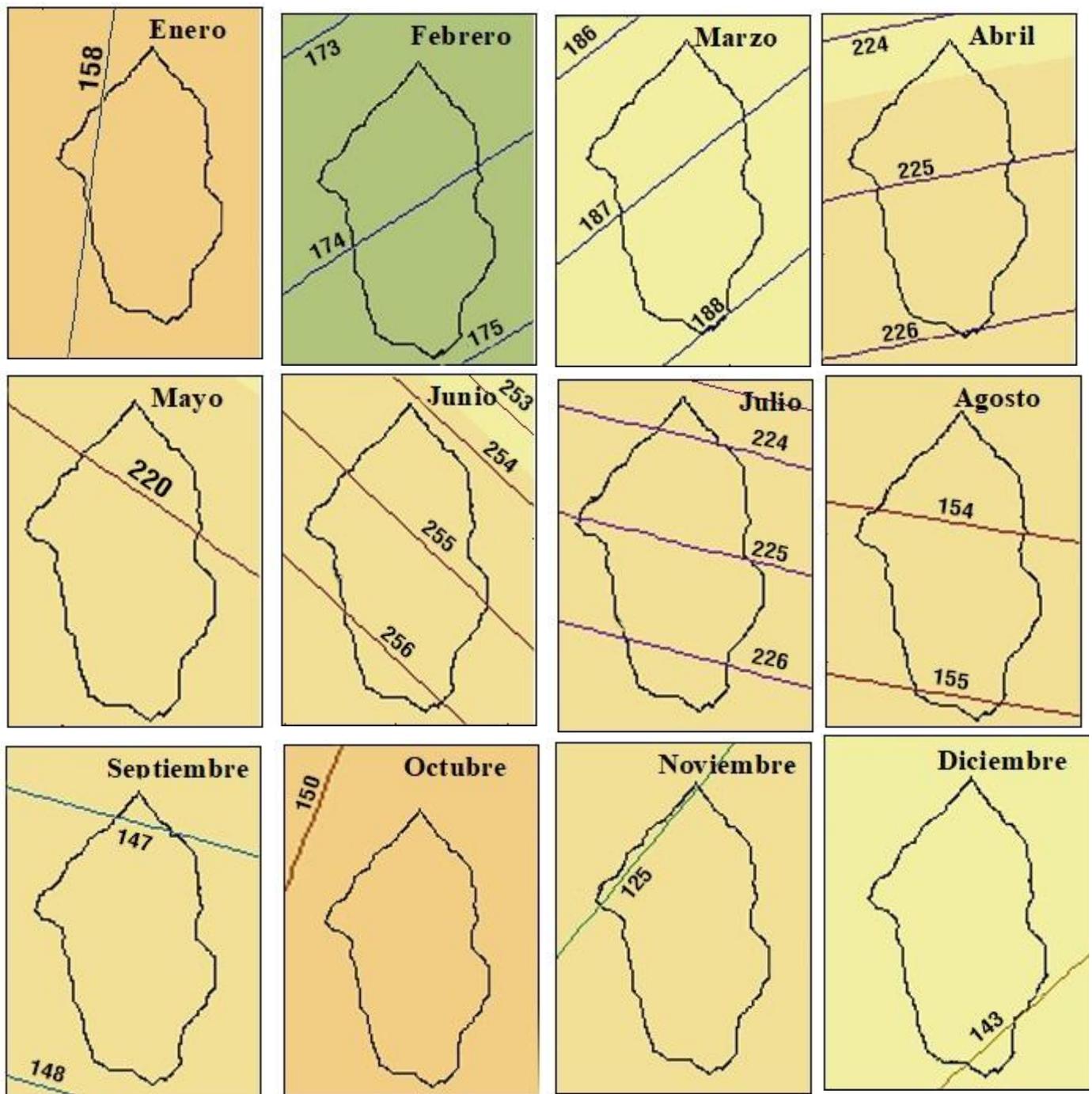


Figura 8. Precipitación media de la microcuenca crucita por el método de las isoyetas.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Precipitaciones medias mensuales por el método de las isoyetas.

<b>Precipitaciones medias mensuales estimadas por el método de las isoyetas</b>												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Max	471,3	349,6	30,4	385,3	363,2	370	403,3	233,2	205,5	240,2	286,3	210,9
Med	159,9	180,9	194,3	232,6	222,6	260,8	234,8	160,4	149,9	151,5	126,6	146,2
Min	51,7	41,2	81,4	38,1	128,7	66,3	55	47,8	42,8	94,9	18,7	109,3
Desv	98	76,4	59,1	98,9	63,1	83,1	94,9	51	45,9	43,3	68,9	28,6

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.2. Escurrimientos medios

##### - Método Indirecto

El caudal por el método del polinomio ecológico es de 1 082,2 (l/s); siendo los meses con menor caudal: septiembre, octubre, noviembre y diciembre, mientras que los meses con mayor caudal son: marzo, abril, mayo y junio (Ver tabla 19).

Tabla 19. Caudal medio mensual por el método del polinomio ecológico (l/s).

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
85,7	89,6	94,6	100,3	102,4	103,7	99,4	85,1	79,8	83,6	77,9	80,1	1 082,2

Fuente: Elaboración propia.

##### - Método Directo

Así mismo en los aforos realizados que se observan en tabla 20, se evidencia que en el transcurso de seis meses el caudal es de 553,21 l/s, lo cual significa que para medio año el caudal sería, casi la mitad del valor que se obtuvo en el método del polinomio ecológico.

Tabla 20. Aforos realizados en la quebrada Crucita, en el sitio de captación de agua.

<b>Fecha de aforo</b>	<b>Caudal (l/s) promedio</b>
Enero	81,1
Febrero	90,5
Marzo	92,5
Abril	97,10
Mayo	102,8
Diciembre	89,2
Total	553,21

Fuente: Elaboración propia.

Por consiguiente en la figura 9, se muestran los valores de caudal obtenidos de manera directa e indirecta, en el cual se indica que el método del polinomio ecológico sigue la secuencia de los aforos realizados en el lapso de seis meses en el área de estudio, por lo que se considera adecuado para estimar la oferta en la microcuenca Crucita.

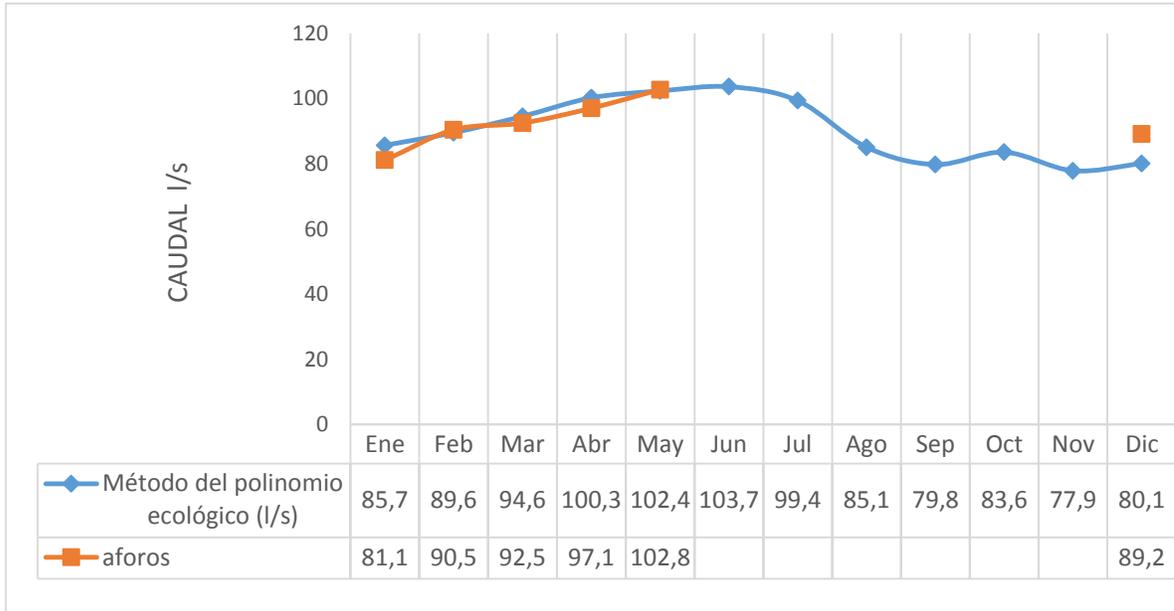


Figura 9. Estimación de la oferta por medio del polinomio ecológico y aforos.

Fuente: Elaboración propia.

**- Curva de duración general**

Como se observa en la figura 10, la curva de duración general permite conocer el porcentaje de tiempo durante el cual los caudales pueden ser: igual, superior o inferior, es decir en condiciones óptimas, la probabilidad para que exista un caudal alto es proporcional al tiempo seleccionado. En este estudio se trabajó a una probabilidad del 80% (85 l/s), debido a que esta rango considera un margen de error que incluye pérdidas de agua por fugas que se dan al llegar al sistema de agua potable.

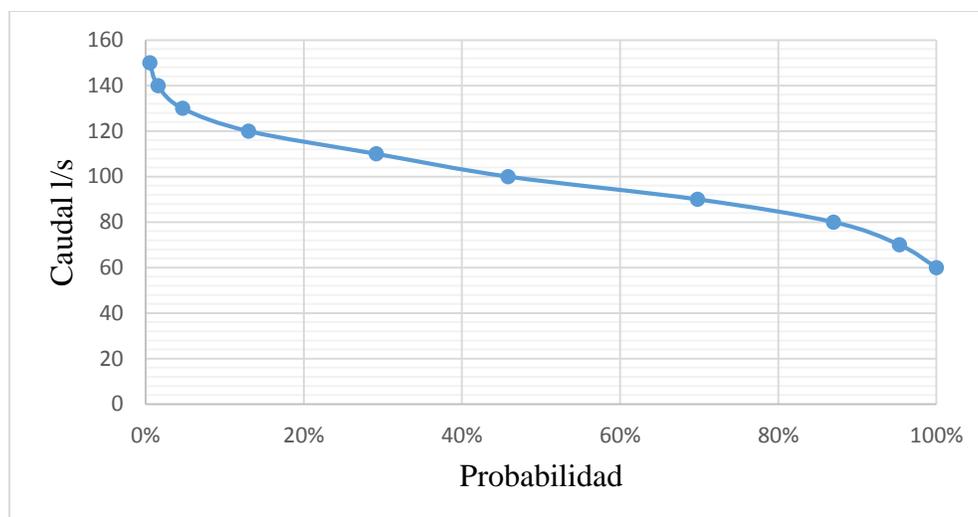


Figura 10. Curva de duración general

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.3. Estimación de la Demanda

En la tabla 21, se observa la cantidad de agua potable que se consume en la Parroquia Panguintza, esta se encuentra detallada por categorías de uso. La categoría que más demandada por el servicio de agua potable corresponde a las categorías: residencial y tercera edad, mientras que las categorías comercial es la que menos consume.

Tabla 21. Consumo anual de las categorías de consumo de agua en la Parroquia Panguintza.

Categoría	Consumo de agua en el 2018 (m <sup>3</sup> )	%	Usuarios
Residencial	38 361	66,41	197
Tercera edad	17 519	30,32	68
Comercial	1 381	2,4	5
Residencial s/a	501	0,87	3
<b>Total (m<sup>3</sup>)</b>	<b>57 762</b>	<b>100</b>	<b>273</b>

Fuente: Elaboración propia con base al GAD Centinela del Cóndor, (2018)

Del contraste entre oferta y demanda para la parroquia Panguintza, se tiene que por el método del polinomio ecológico la oferta es de 1 082,2 l/s anuales, mientras que la cantidad que se requiere para abastecer de agua potable es de 258.79 l/s anual.

La cual representa que el agua utilizada por la parroquia corresponde al 24 % de la cantidad total ofertada (Ver tabla 22 y figura 11).

Tabla 22. Oferta y demanda en la Parroquia Panguintza.

<b>Oferta y demanda hídrica en la parroquia de Panguintza</b>	
Oferta teórica anual en la zona de captación de Crucita l/s	1 082, 2
Demanda anual de agua por consumo en l/s	258, 79

Fuente: Elaboración propia

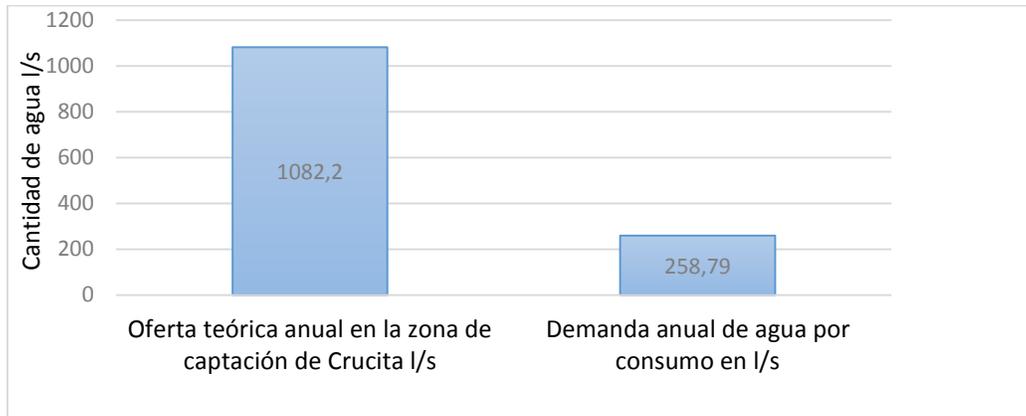


Figura 11. Oferta y demanda hídrica anual en la Parroquia Panguintza.

Fuente: Elaboración propia.

#### **4.3. Zonificación Ambiental de la Microcuenca Crucita como Fuente de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano de la Parroquia Panguintza.**

La zonificación de la Microcuenca Crucita, de acuerdo a su capacidad de uso de suelo, el 88 % del área total corresponde a ser un terreno netamente forestal, el 10 % corresponde a un suelo con pastos mejorados y manejados, y solo el 2 % a tierra cultivable (Ver figura 12 y la tabla 23).

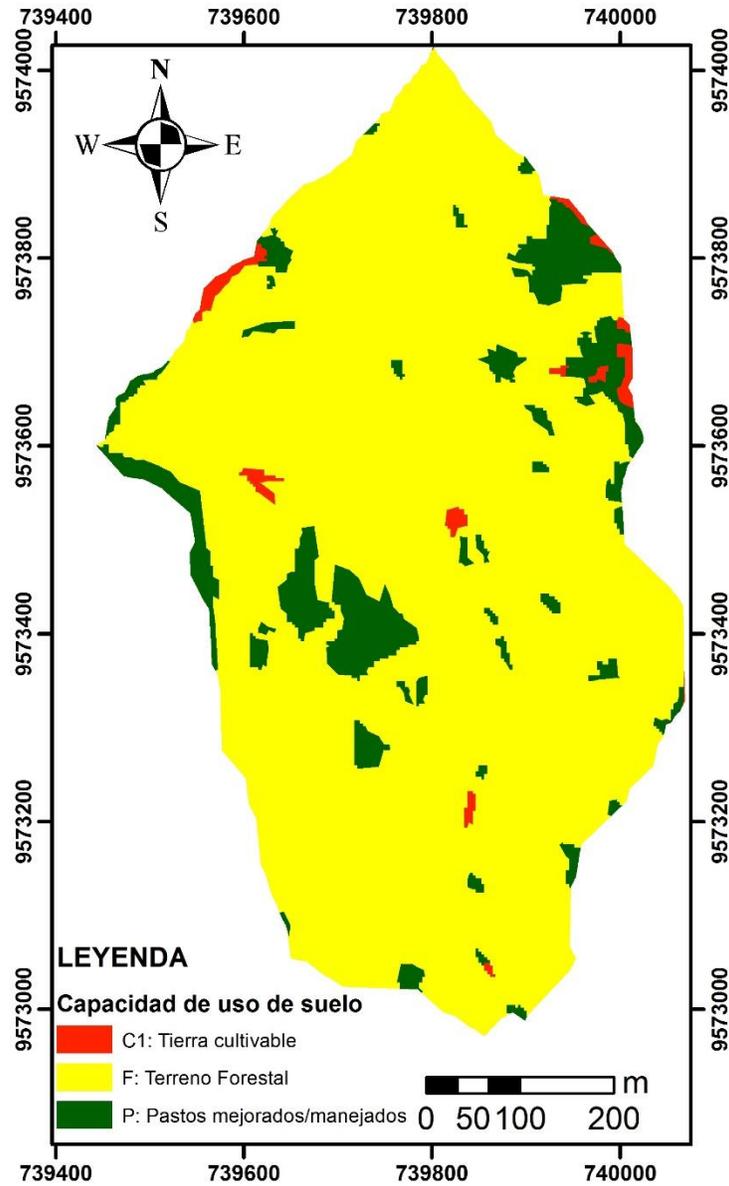


Figura 12. Mapa de capacidad de uso de suelo en la microcuenca Crucita.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23. Área de la capacidad de uso de suelo en la microcuenca Crucita.

Capacidad	Ha	%
Tierra Cultivable	0,58	2
Terreno forestal	34,64	88
Pastos mejorados/manejados	4,07	10
<b>Total</b>	<b>39,29</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia.

El mapa de conflicto de uso de suelo, que se observa en la figura 13 y tabla 24, muestra que la zona que la zona de estudio no presenta problemas que generen inconvenientes en su protección, ya que el 85 % presenta un uso adecuado para fines de conservación. El 11 % presenta un suelo sub utilizado, y solo el 4 % a un suelo sobre utilizado.

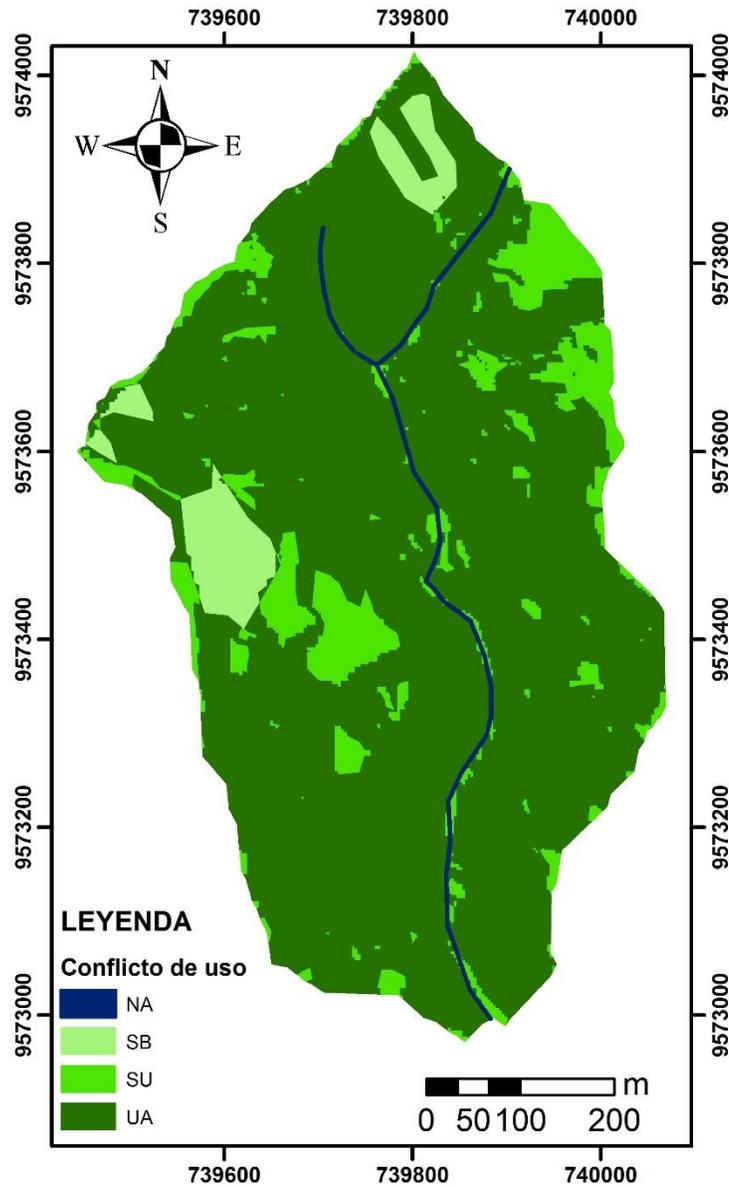


Figura 13. Mapa de conflicto de uso de suelo en la microcuenca Crucita.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24. Área del conflicto de uso de suelo en la microcuenca Crucita.

<b>Conflicto</b>	<b>Ha</b>	<b>%</b>
No aplica	0,23	0,5
Sobre utilizado	1,73	4
Sub utilizado	4,13	10,5
Uso adecuado	33,20	85
<b>Total</b>	<b>39,29</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.1. Zonificación

De acuerdo al mapa de conflictos de la microcuenca Crucita, se sugiere una zonificación basada en tres zonas. Verse figura 12 y tabla 25.

Una zona de conservación que representaría el 84% en donde no se permitirán actividades extractivas y productivas. Este sitio debe conservar la vegetación arbustiva, arbórea o cualquier cobertura natural que proteja al suelo y evite la erosión, de manera que se logre mantener la vida silvestre y asegurar las fuentes de agua; una zona de conversión de uso, es un sitio con un cambio de cobertura y sobre uso de suelo, los cuales requieren de un control y manejo en actividades que se realice dentro de la misma la cual representar al 5 % y la zona de protección que corresponden a las riveras del río con un 11%, siendo este una zona que se debe mantener con el fin de asegurar la calidad de agua en la microcuenca.

A continuación se presentan las actividades que se sugiere desarrollar en cada zona para proteger y salvaguardar la calidad y cantidad de agua para consumo humano:

##### Zona de conservación:

- Formular, en el GAD municipal una ordenanza que asegure la conservación y protección en la zona de interés hídrica de la microcuenca Crucita.
- Realizar acuerdos voluntarios, con los propietarios de la zona de interés hídrico a través de una compensación o pago por servicios ambientales para las funciones ecológicas y regulación del agua que presenta.
- Asegurar la conservación de la microcuenca Crucita mediante una contribución (taza ambiental) realizada por los usuarios o beneficiarios del agua en la parte baja. Que se establece con la finalidad de financiar la entrega de incentivos negociados con los propietarios de predios en la zona de interés hídrico.
- Designar un delegado para la implementación, vigilancia y seguimientos de los acuerdos.

- Exonerar el pago del servicio de agua para consumo humano en el domicilio del propietario o de algún familiar máximo de primer grado de consanguinidad.

#### Zona de protección:

- Se debe proteger los taludes, para mantener la calidad de agua en la microcuenca Crucita.
- Compensación económica por el cuidado de taludes en esta zona. La compensación se la realiza mediante un dato referente en la comunidad, de cuánto gana anual o mensual por cada hectárea, según sea su actividad.

#### Zona de conversión de uso

- Delimitar con el propietario la franja de conversión, la misma que deberá ser reforestada con especies nativas o permitir su regeneración natural.
- Incentivar la implementación de sistemas agroforestales o sistemas silvopastoriles en sus fincas.

Como la parte baja de la microcuenca es vulnerable a cambios producidos por factores antrópicos, como la ganadería, producción de cultivos, entre otros los cuales ejercen una presión hacia la parte media y alta de la microcuenca, se sugiere trabajar de manera articulada con los pobladores, para el manejo, recuperación y conservación de esta área que garantizaría la permanencia del recurso a través de las siguientes acciones:

- Implementar el uso de los sistemas agro-silvopastoriles, de manera que se logre combinar especies nativas con ganadería y cultivos que permitan el manejo adecuado del lugar.
- Gestionar la construcción abrevaderos en este sitio con la finalidad de evitar la compactación del suelo producido por el pastoreo.
- Sensibilizar a los propietarios de estos sitios sobre la importancia que tiene el cuidar y proteger estas áreas.

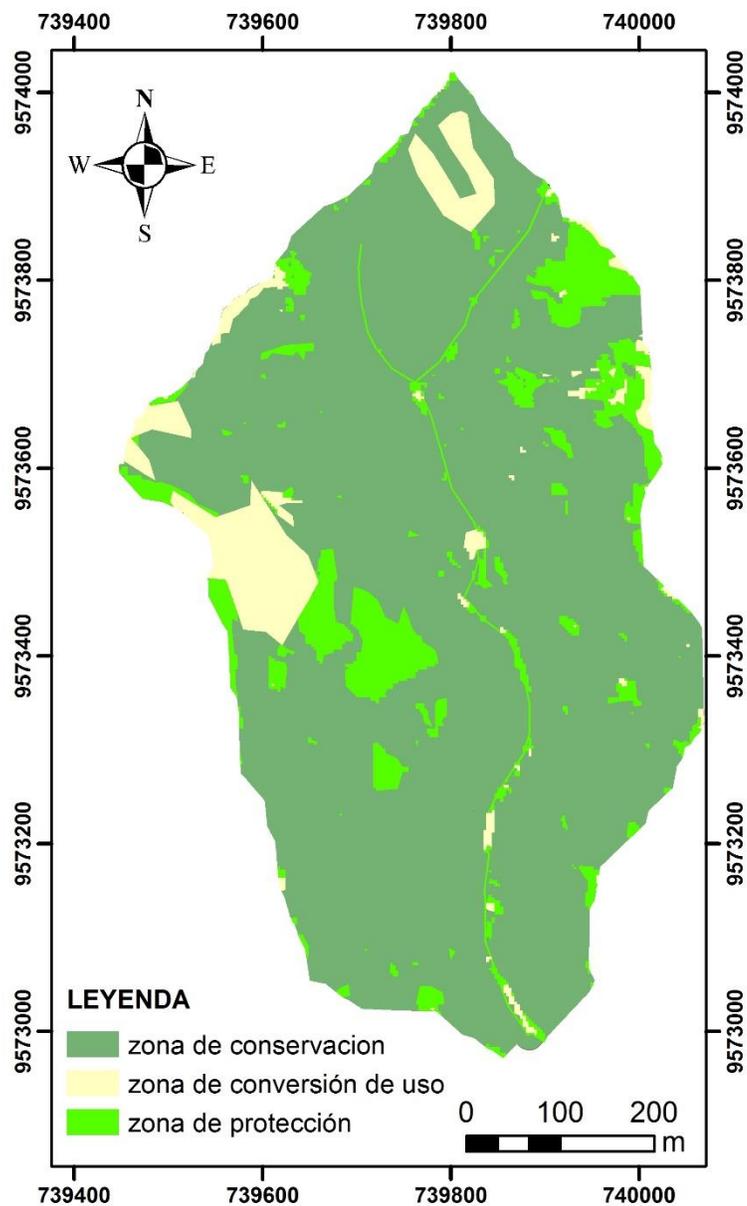


Figura 14. Mapa de zonificación de la microcuenca Crucita.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25. Área de la zonificación en la microcuenca Crucita.

Zonificación	Ha	%
Zona de conservación	33,11	84,27
Zona de conversión de uso	2,03	5,17
Zona de protección	4,15	10,56
Total	39,29	100

Fuente: Elaboración propia.

El análisis multicriterio que se realizó muestra que la zonificación es apropiada para la microcuenca en estudio. En la figura 13 y tabla 26, se muestra el análisis multicriterio, en donde el 61 % corresponde a zonas con prioridad alta, el cual corresponde al sitio en donde se encuentra cobertura arbórea. Siendo esta zona de vital importancia para la conservación debido a que mantiene la cantidad de agua en la microcuenca Crucita, mientras que el 28 % se considera de prioridad baja sin embargo, ellos no significa que no se debe aplicar medidas de conservación, sino se debe empezar a regular las actividades productivas sobretodo en la parte alta para evitar erosión.

De igual manera, el 10 % del área de interés hídrico corresponde a la zona determinada como prioridad media, la cual muestra que a pesar de ser de riesgo bajo se debe definir estrategias de manejo enfocadas a mitigar los posibles problemas de erosión que se presenten en la microcuenca. Las acciones de protección y conservación son necesarias de ejecutar en la microcuenca y el GAD parroquial es consciente de la enorme responsabilidad de manejar una zona considerada como fuente de agua para toda la población.

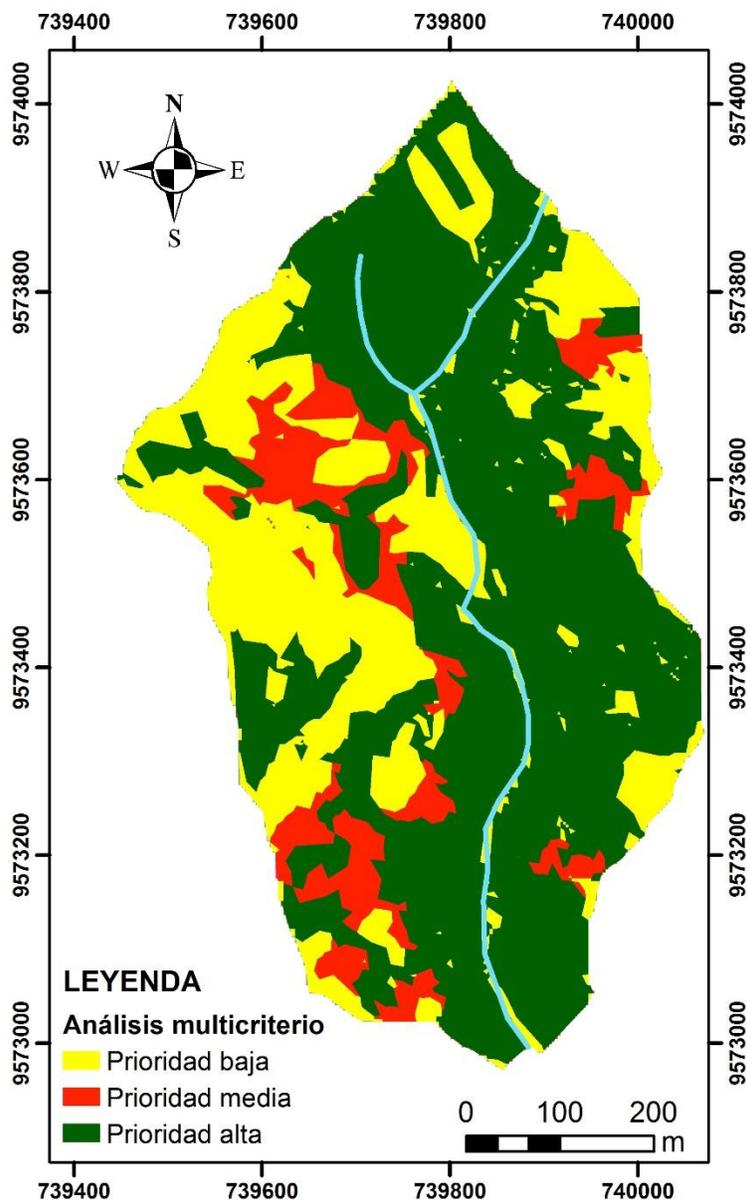


Figura 15. Mapa de análisis multicriterio de la microcuenca Crucita.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Áreas del análisis multicriterio de la microcuenca Crucita.

Análisis multicriterio	Ha	%
Prioridad baja	11,07	28,17
Prioridad media	4,21	10,72
Prioridad alta	24,01	61,11
<b>Total</b>	<b>39,29</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia.

## 5. DISCUSIÓN

Una vez obtenidos los resultados de la investigación, se puede señalar lo siguiente

### 5.1. Diagnostico biofísico de la microcuenca Crucita

La microcuenca Crucita al estar prevista como la fuente abastecedora de agua para consumo humano en los barrios, La Hueca, La Crucita, San Gregorio, Los Laureles, de la parroquia Panguintza, constituye un área de vital importancia para la parroquia, según su forma no es propensa a inundaciones sin embargo por estar ubicada en un lugar donde las precipitaciones fluctúan entre los 2 000 y 3 000 mm se corre el riesgo de que exista erosión, lo que es apoyado por Noni & Trujillo ( 2010), el cual afirma que 35 % de la superficies en el Ecuador están sometidas a una fuerte erosión con precipitaciones de 1500 – 3000 mm.

El factor de forma en el área de interés hídrico, permite que las precipitaciones sean uniformes, no obstante, presenta alta peligrosidad por crecidas, debido a que la distancia en los puntos de la divisoria no presentan diferencias representativas, siendo proporcional el tiempo de concentración que ocasiona erosión así lo señala algunos autores (Gaspari, Rodríguez, Senisterra, Delgado, & Besteiro, 2013). De igual modo Quezada (2018), menciona que la microcuenca presenta una tendencia de crecida media con un coeficiente de compacidad de 1,26, es decir es una zona con riesgo debido a las fuertes pendientes que por naturaleza le confieren un alto grado de susceptibilidad a erosión (fragilidad natural).

La pendiente de la microcuenca es del 38 %, lo cual influye directamente a que los escurrimientos superficiales vayan hacia el cauce de la quebrada Crucita, no obstante la presencia de cobertura boscosa que es ocupada por la parte alta y media de la microcuenca favorecen a la infiltración, gracias a la intercepción de la lluvia por la vegetación y en consecuencia la disminución en la velocidad del agua, que escurre en forma superficial. Mientras que en el estudio hidrológico presentado por Quezada (2018), se evidencia que posee una pendiente media del 32 %, relación que es proporcional a la cantidad de infiltración, escorrentía y humedad.

Con respecto a la flora del lugar se observa especies que se encuentran en categorías: amenazada, vulnerable y en preocupación menor, según la UICN. Esto es crucial para implementar medidas de conservación en este sitio. Además, de que existen especies de fauna que se encuentran dentro de alguna categoría de amenaza. Valenzuela (2003), afirma que la vida silvestre en esta zona es abundante, pues se encuentra 42 especies propias de la amazonia

ecuatoriana. Esto es otro de los argumentos para incentivar al uso de medias de protección y buen manejo de este lugar.

Estos son aspectos importantes que se deberían tener en cuenta para gestionar la implementación de una ordenanza que conserve y proteja la microcuenca.

El PDOT Panguintza (2014), en el tipo de cobertura vegetal en la que se ubica la microcuenca Crucita, manifiesta estar dentro del bosque primario y secundario, esto debido al difícil acceso y a la poca o nula actividad antrópica, de igual manera en la información que se procesó, se determinó que el estado de conservación del sitio de estudio es bueno, no obstante el Ministerio del Ambiente del Ecuador (2012) aclaró que el estado de conservación del bosque en la parte amazónica es aceptable, sin embargo el incremento de la frontera agrícola, la explotación minera especialmente en la provincia de Zamora Chinchipe ponen en riesgo a estos ecosistemas.

La calidad de agua es considerada como buena, debido a que los parámetros físicos químicos y microbiológicos no exceden los límites máximos permisibles según la norma INEN 1108, TULSMA y el Acuerdo Ministerial N° 097. De manera complementaria se contrastó con el análisis de calidad de agua realizado por CIESSA (2018), el cual muestra que la calidad del agua en la zona de captación es buena para consumo humano.

El diagnóstico socioeconómico muestra que los pobladores están dispuestos al establecimiento de acuerdos enfocados en la protección de la microcuenca, siempre y cuando todas las actividades sean consensuadas con la población y se generen los medios para que se realice y apliquen herramientas de gestión que garanticen su conservación.

## **5.2. Estimación de la oferta y demanda, para la parroquia Panguintza**

La oferta del agua para consumo humano de la microcuenca Crucita, por el método del polinomio ecológico abastece en los periodos de estiaje que son los meses de agosto a enero. Quezada (2018), confirma el periodo de estiaje y manifiesta que tiene una relación directamente proporcional con los volúmenes de agua de los registros pluviométricos en donde se observa un periodo con menor valor de precipitación.

Los aforos realizados en campo muestran la misma tendencia del método del polinomio ecológico. Estos valores se asemejan a la realidad debido a que este método usa las variables del caudal, área de la cuenca, y considera las precipitaciones actual, anterior y tras anterior, además toma en consideración coeficientes  $k$ ,  $m$ , y  $n$ , mismos que dependen de las características y condiciones de la cuenca, el coeficiente  $k$  relaciona la evapotranspiración de la zona y el tipo de

vegetación predominante; el coeficiente  $m$  considera la topografía y el área  $y$ , para el coeficiente  $n$  se toma el tipo de vegetación, estas variables determinan de manera específica las condiciones en las que se encuentra la microcuenca, las cuales ayudan a mostrar resultados cercanos a la realidad.

Al usar el método del polinomio ecológico se especifica las características de la microcuenca de modo que los resultados validados con los aforos tienen gran similitud. Ortiz (2018) manifiesta que en las regiones amazónicas del Ecuador no existe falta del recurso hídrico, no obstante en una investigación de WWF (2016) afirma que estas áreas necesitan una mayor atención en cuanto a su conservación.

Mediante los resultados obtenidos por aforos y por el método empírico del polinomio ecológico se estima que el agua producida en la microcuenca es suficiente para abastecer a los usuarios de la Parroquia Panguintza.

Con respecto al agua ofertada para consumo humano, solo el 24 % se la usaría para abastecer a la población de Panguintza, no obstante esta cantidad generada no incluye pérdidas por fuga hasta llegar al sistema de agua potable, debido a que aún, no se toma el agua para abastecer a la parroquia de este lugar. Con estos datos se concluye que la cantidad que se usaría para abastecer a 273 usuarios de los cuales, el promedio que habita en una vivienda es de seis personas, daría como resultado un total de 1 911 personas que se verán beneficiadas por este recurso.

Al existir una oferta mayor al 50 % que aún no es utilizada, se evidencia que el recurso hídrico es suficiente para abastecer en los próximos años a las futuras generaciones siempre y cuando se maneje adecuadamente los recursos naturales disponibles en la parte alta, media y baja de la microcuenca.

### **5.3. Zonificación de la microcuenca Crucita**

La metodología de Chalan et al., (2017) utilizada por FORAGUA para realizar zonificaciones en pro de la conservación de las fuentes hídricas, se la consideró para aplicarla en el área de interés hídrico de la microcuenca Crucita. Lo cual muestra que más del 50 % debe ser conservada y protegida mediante algún instrumento de gestión, la zona de conversión de uso, debe ser recuperada mediante restauración o dejar que se dé una restauración pasiva.

Según Vargas (2015), estos ecosistemas se regeneran sin dificultad si no existen barreras que impidan la regeneración. Es evidente que el área de estudio se encuentra muy bien conservada, esto de acuerdo a la información obtenida en el diagnóstico y a los mapas generados los cuales ya

se mostraron anteriormente. Del mismo modo, esta información fue validada mediante un análisis multicriterio, el cual definió prioridades, la misma que considera que en la zona donde existe bosque es de prioridad alta, esto debido a la función que cumplen estos ecosistemas en la microcuenca. No obstante la zona de prioridad baja y media, son sitios que se deben mantener mediante algunos instrumentos de gestión para evitar que se ejerza presión en la zona alta.

Así mismo esta metodología fue usada en el cantón El Pangui por Foragua (2018), sin embargo esta posee diferentes aptitudes y características. En este sentido, en el diagnóstico que se realizó en el cantón El Pangui, se observó que la zonificación en la microcuenca San Isidro y Namacuntza presenta cuatro categorías: una de conservación, uso agrícola, restauración y uso agroforestal, debido a que la zona estudiada es de gran tamaño con un valor de 473 ha, y las actividades y problemas que se ejercen en este lugar son diferentes a las actividades que se realizan en un área menor como la microcuenca Crucita

Además el grado de pendiente en estas microcuencas corresponde al 45 % a diferencia de la microcuenca Crucita que posee un grado de pendiente del 57 %, lo cual por naturaleza les confiere características y aptitudes distintas, no obstante la presencia de bosque en la microcuenca Crucita ha limitado y controlado las actividades productivas y las pocas o mínimas actividades que se realizan aún pueden ser mitigadas.

A pesar de la falta de información cuantitativa y los mitos existentes sobre los impactos de los cambios de uso del suelo en la disponibilidad de agua, es cada vez más reconocido que el uso inapropiado del suelo en las partes altas de las cuencas tiene efectos directos sobre los flujos hidrológicos, muchas veces acompañados de costos económicos o externalidades negativas para los usuarios aguas abajo. Los mecanismos de PSA son una propuesta para abordar el manejo y la conservación de las cuencas hidrográficas Porras, (2003), por lo que es necesario anunar los esfuerzos colectivos y multiactorales de la población.

## 6. CONCLUSIONES

- La microcuenca Crucita, perteneciente a la parroquia de Panguintza, se encuentra en un buen estado de conservación, ya que el mayor porcentaje de cobertura corresponde a bosque, no obstante, es vulnerable a inundaciones debido a su forma, a la tendencia de crecida media y a las elevadas precipitaciones que se dan en la zona.
- La fauna asociada a la microcuenca Crucita está relacionada con su estado de conservación por ello cualquier esfuerzo es considerado adecuado, pues se está protegiendo un recurso que garantizaría los procesos ecológicos presentes en la zona sobretodo enfocados a la diseminación de semillas y con ello a la supervivencia del recurso flora.
- La riqueza de flora encontrada en la microcuenca Crucita corresponde a una zona con un buen estado conservación debido a que la mayor parte del territorio se encuentra cubierto por cobertura boscosa, de su diversidad se destacan especies dentro de alguna categoría de amenaza, siendo la familias más representativas: Phyllantaceae, Melastomataceae, Mimosaceae, Rubiaceae, Cylantaceae y Dryopteridaceae.
- En la microcuenca no existen limitaciones en cuanto a la cantidad y calidad del recurso agua, debido a que las actividades productivas son mínimas por tal razón se instaurará la zona de captación, siendo considerada de uso óptimo para el consumo humano, debido a todos los parámetros de calidad se encuentran dentro de los límites máximos permitidos en la norma vigente.
- En base a la oferta y demanda estimada en el presente estudio, se ha determinado que la microcuenca Crucita posee suficiente agua en la actualidad para satisfacer las necesidades de consumo de agua potable para la parroquia Panguintza, no obstante, es necesario tomar acciones que promuevan la conservación y protección de las vertientes de agua.
- En la zonificación del área de interés hídrico se prioriza tres zonas de manejo: conservación, conversión de uso y protección, en donde se proponen actividades de mantenimiento del bosque existente, protección de las riberas, restauración de áreas degradadas y regeneración pasiva en algunas zonas.

## **7. RECOMENDACIONES**

Analizando los resultados y establecidas las conclusiones se recomienda:

- Sugerir que el presente estudio sirva como sustento técnico en la elaboración de una ordenanza que proteja las fuentes y zonas de recarga hídrica, ecosistemas frágiles y áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad en la microcuenca Crucita.
  
- Socializar la información biofísica generada con los actores de interés para tomar acciones en pro de la recuperación y conservación de esta fuente hídrica.
  
- Continuar con la generación de información hidrométrica y meteorológica para mantener un monitoreo constante en la microcuenca Crucita, mediante la instalación de un pluviógrafo en el sitio de estudio.
  
- Establecer un sistema permanente de monitoreo de la cantidad y calidad de agua cruda aplicado a los caudales en la zona de captación y en la planta de sistema de agua potable, puesto que es un sitio de donde se tomará el agua para abastecimiento de consumo humano.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, M. (2011). La cuenca hidrográfica en la gestión integrada de los recursos hídricos. *Revista Virtual REDESMA*, 1–12.
- Arellano, M. T. (2016). La Cuenca hidrográfica. *Anales de Ingeniería*, 935, 38.
- Azpilcueta, M., Pedroza, A., Sanchez, I., Salcedo, M., & Trejo, R. (2017). Calidad química del agua en un área agrícola de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en la comarca lagunera, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*.  
<https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.01.07>
- Baque, R., Simba, L., Gonzalez, B., Suatunce, P., Diaz, E., & Cadme, L. (2016). Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador / Quality of water intended for human consumption in a canton of Ecuador. *Ciencia Unemi*, 9(20), 109–117.  
<https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol9iss20.2016pp109-117p>
- Cadme, M., Ramos, E., González, B., & García, R. (2018). Influencia antrópica en la calidad de Agua. *Conama*. España: Congreso Nacional del Medio Ambiente.
- Celleri, R., Biévre, D., & Ochoa, B. (2012). Guía metodológica para el monitoreo hidrológico de ecosistemas andinos. CONDESAN. Consultado en <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/40170/1/cruzosorioedgar.pdf>
- Chalan, L., Sánchez, F., & Jaramillo, P. (2017). Módulo II: Sistemas de Información Geográfica (UTPL, p. 75). Loja-Ecuador.
- Chow, V., Maidment, D., & Mays, L. (1994). *Hidrología Aplicada*. (McGraw-Hill, Ed.) (Primera Ed). Estados Unidos.
- CIESSA. (2018). *Ensayos físicos, químicos y microbiológicos de muestra de agua*. Loja.
- CONAGUA. (2010). *Documentos básicos de los consejos de cuenca*. (Secretaría del medio ambiente y recursos naturales, Ed.) (Primera Ed). México D.F.
- Constitución, del E. (2008). *Constitucion de la republica del ecuador 2008*. Quito - Ecuador.
- Cotler, H., Galindo, A., González, I., Pineda, R., & Ríos, E. (2013). *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*. (S. de medio ambiente y recursos Naturales, Ed.) (DR). México D.F.
- Cruz, B., Gaspari, F., Vagaría, R., Martin, A., Carrillo González, F., & Téllez, J. (2015). Análisis morfométrico de la cuenca hidrográfica del río Cuale, Jalisco, México. *Investigación y Ciencia: De La Universidad Autónoma de Aguascalientes*, (64), 26–34.

- Cruz, E. (2014). Universidad veracruzana Tesis. Consultado en <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/40170/1/cruzosorioedgar.pdf>
- Cruz, F., & Rivera, S. (2016). Valoración económica del recurso hídrico para determinar el pago por servicios ambientales en la cuenca del río Calan, Siguatepeque, Honduras. *ResearchGate*, 9(6700).
- Davie, T. (2008). *Fundamentals of Hydrology*. (T. y F. Group, Ed.) (Segunda Ed). New York, Estados Unidos.
- De Noni, G., & Trujillo, G. (2010). Degradación del suelo en el Ecuador: Principales causas y algunas reflexiones sobre la conservación de este recurso. *Revista Cultura*, 383–394.
- Delgado, W. (2015). Gestión y valor económico del recurso hídrico, 7(2), 279–298.
- Domingo, D., & Agüero, J. (2018). Delimitación Hidrográfica y Caracterización Delimitación Hidrográfica y Caracterización Morfométrica de la Cuenca del Río Anzulón.
- FAO. (2007). *La nueva generación de programas y proyectos de gestión de cuencas hidrográficas*.
- FAO. (2010). Riesgos y Amenazas para las cuencas, 9–12.
- FAO, O. de las N. U. para la A. y la A. (2013). *Afrontar la escasez de agua. Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria. Informe Sobre Temas Hídricos no. 38* (Primera Ed). Roma. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i3015s.pdf>
- Fattorelli, S., & Fernández, P. (2011). *Diseño Hidrológico*. (WASA-GN, Ed.) (Segunda Ed). Zaragoza, España.
- Fierro, D., & Jiménez, L. (2011). *Caracterización de la microcuenca del río manzano, cantón Alausí, Provincia de Chimborazo y propuesta de plan de manejo utilizando herramientas SIG*. Escuela Politécnica del Ejército.
- Figueras, T. Y., Codina, P. M., Bastard, P. P., Gatell, A. C., Marcuccio, M., & Corella, B. S. (2011). *Caracterización y diagnóstico de la Microcuenca Río “La Gloria.”* Nicaragua.
- Foragua. (2018). Diagnóstico de las áreas de interés hídrico de las microcuencas San Isidro y Namacuntza, caracterización del sistema de agua potable para la ciudad de El Pangui y , propuesta de ampliación de áreas de conservación y uso sostenible del Cantón El Pangui, Pr, 107.
- FORAGUA. (2011). *Mecanismo financiero para la conservación de las fuentes de agua a 80 años plazo en el Sur de Ecuador*. Loja-Ecuador.
- GAD Parroquial Panguintza. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*.

- García Charria, W. (2006). El Sistema Complejo de la Cuenca Hidrográfica, (Dourojeanni 1994).
- Gaspari, F. J., Rodríguez Vagaría, A. M., Senisterra, G., Delgado, M. I., & Besteiro, S. (2013). *Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas* (Primera Ed). Buenos Aires, Argentina. Retrieved from <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/27877>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Panguintza. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Panguintza*.
- Gonzalez, A. (2010). Guía didáctica de hidrología.
- González, C., Olaya, E., & Tosse, O. (2014). *Guía técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas*. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ed.) (Primera Ed). Bogotá, Colombia.
- Gonzalez, E. P. (2017). *El molinete, importancia, fundamentos y buenas prácticas*.
- González, G. (1997). Planeación de Recursos Hidráulicos, con fines de riego en la zona andina del Ecuador., 139.
- González, W. (2011). *Manejo y protección de zonas de recarga hídrica y fuentes de agua para consumo humano en la subcuenca del río Zaratí, Panamá*. Escuela de Posgrado Centro Agronómico Tropical de Investigación (CATIE).
- Heras, R. (1972). *Manual de Hidrología*. Madrid.
- Ibáñez, S., Moreno, H., & Gisbert, J. (2015). Morfología de las cuencas hidrográficas, 2–12.
- Jiménez Cortés, C. J. (2017). Caracterización Morfométrica y Diagnóstico Del Recurso Hídrico Del Rio Lindo En El Municipio De Viotá, Cundinamarca.
- JUMAPAM. (2017). Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Mazatlán. Consultado en <http://jumapam.gob.mx/cultura-del-agua/distribucion-de-agua-en-el-planeta/>
- Lima, K. (2018). *Análisis hidrológico espacial para definir la faja marginal del embalse Lagunillas*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Lux, B. (2016). *Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas*. Guatemala.
- Márquez, G. (2017). Zonificación Ambiental, 67.
- Matus, O., Faustino, J., & Jiménez, F. (2009). *Guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica. Aplicación práctica en la subcuenca del río Jucuapa, Nicaragua*. CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). División de Investigación y Desarrollo (Vol. Serie técn).
- Mendoza, M., De las Casas, C., Castillon, T., Austin, S., Sánchez, R., Sánchez, F., ... Fenzi, N.

- (2018). *Programa de Acciones Estratégicas. Estrategia Regional para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Cuenca Amazónica*. (OTCA, Ed.) (Primera Ed). Brasilia.
- Merizalde, A. (2013). *Estudio del desazolve y muro de protección Cañas junto al Recinto Cien Familias, Cantón Balao*. Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.
- Ministerio del ambiente del Ecuador, M. (2012). *Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental*. Quito.
- Musálem, K., Cámara, J., Laino, R., González, M., & Ramírez, N. (2014). Manejo integral de cuencas hidrográficas ( MICH ): el enfoque utilizado en el proyecto FORDECyT Cuenca Grijalva, (Enero 2015). <https://doi.org/10.13140/2.1.2023.2486>
- Oñate, F. (2006). *Hidrología (Apuntes de clase)* (Universida). Loja-Ecuador.
- Ordoñez, J. J. (2011). *Ciclo Hidrológico*. (N. Goicochea, Ed.). Lima- Perú.
- Ordoñez, J. (2011). *Cartilla Técnica: Ciclo Hidrológico*. (S. G. de Lima, Ed.) (Primera Ed). Lima, Perú.
- Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías para la calidad del agua potable* (Tercera).
- Ovalles, Y. (2008). Ordenación de cuencas hidrográficas. Un reto al conocimiento , la acción y la gestión., 52(2), 241–252.
- Pacheco, G. (2016). *Recursos Hídricos Resumen del 2º Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo*. España.
- Porras, I. (2003). *Valorando los servicios ambientales de protección de cuencas: consideraciones metodológicas*. Perú, Arequipa: Foro Regional sistemas de pago por servicios ambientales.
- Postel, S., & Richter, B. (2010). *Ríos para toda la vida: La gestión del agua para las personas y la naturaleza*. (DRC, Ed.) (Primera Ed). México D.F.
- Pozo, L. (2011). Construcción de un prototipo del molinete universal para la medición de la velocidad del agua en ríos, basado en el modelo universal utilizado en el INAMHI.
- Programa de Monitoreo de la Biodiversidad. (2014). *Metodologías para el monitoreo de la biodiversidad en la amazonía. Experiencias en el Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en el área del Proyecto Camisea*. (P. de M. de la B. en Camisea., Ed.) (Primera Ed). Perú.
- Quezada, P. Estudios y diseños definitivos de la nueva obra de captación y línea de conducción hasta la conducción de la planta de tratamiento del sistema de agua potable de Panguintza (2018).

- Salazar, V. (2014). *Modelo de la variación multianual del caudal del río San Pedro en el sector de Machachi de los años 1985-2009 utilizando herramientas de SIG*. Universidad Tecnológica Equinoccial- Quito.
- Sánchez, A. (2012). *Determinación de riesgos hidrometeorológicos implementando modelos hidrológicos (lluvia - escurrimientos) ante distintos escenarios de cambio climático, aplicada en el municipio de general Escobedo Nuevo León, México*. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Sanchez, J. (2018). Precipitaciones. In U. de Salamanca (Ed.) (Primera Ed, pp. 1–10). España.
- Sucoshañay, D. J. (2016). *Propuesta para el ordenamiento ambiental de la cuenca del río Puyo, en la Amazonía Ecuatoriana*. Universidad de La Habana. Consultado en <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/2482/1/T-SENESCYT-01332.pdf>
- Tirira, D. (2017). *Guía de campo de los mamíferos del Ecuador*. Quito - Ecuador.
- Tucci, C. (2004). *Hidrología: ciencia y aplicación*. Porto Alegre.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza –UICN–. (2009). *Guía para la elaboración de Planes de manejo de microcuencas*. *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53). Guatemala. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Valenzuela, P. (2003). *Evaluación rápida de mamíferos en el sector Norte de la Cordillera del Cóndor*. Ecuador.
- Vargas, O. (2015). Pasos fundamentales en la restauración ecológica. In *Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino*. Bogotá.
- Villanueva, R. (2011). *Los impactos del cambio climático en las funciones hidrológicas de la cuenca del río santa*. Perú.
- Villon, M. (2002). *Hidrología (Primera Ed)*. Costa Rica: Taller de publicaciones del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

## 9. ANEXOS

### Anexo 1. Especies en el estrato arbóreo.

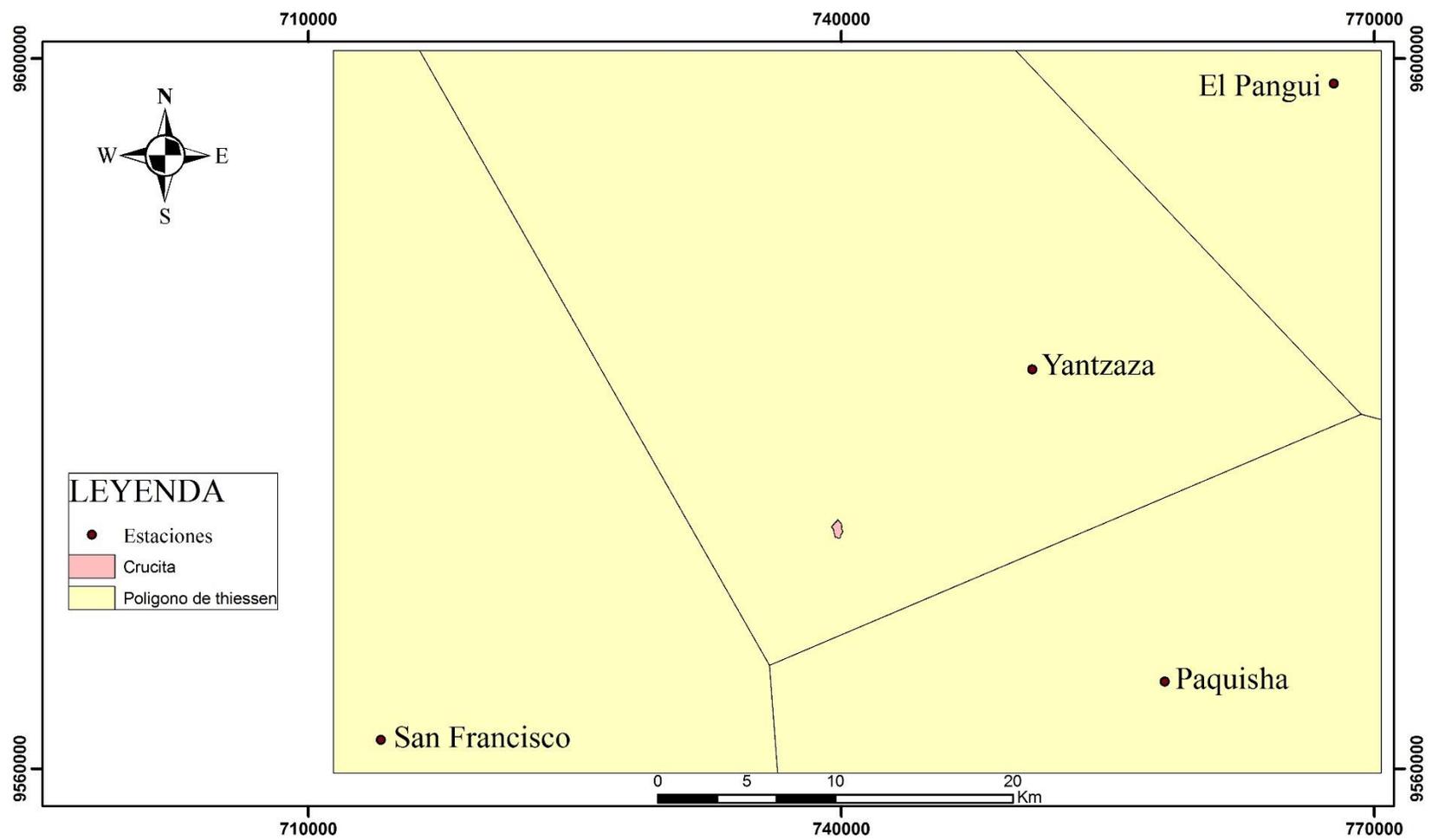
Familia	Nombre científico	DR (%)	Dm R (%)	FR (%)	IVI (%)
ARECACEAE	<i>Chamaedorea pinnatifrons (Jacq.) Oerst.</i>	1,32	0,22	2,70	1,41
ARALIACEAE	<i>Schefflera</i>	1,32	0,97	2,70	1,66
ARECACEAE	<i>Socratea exorrhiza Mart. H. Wendl</i>	3,95	3,72	5,41	4,36
BURSERACEAE	<i>Dacryodes peruviana (Loes) Lam.</i>	3,95	5,40	2,70	4,02
CLUSIACEAE	<i>Clusia sp.</i>	3,95	1,73	5,41	3,69
CYATHEACEAE	<i>Cyathea cf.</i>	1,32	0,13	2,70	1,38
MELASTOMATAACEAE	<i>Centromia laurifolia</i>	6,58	10,66	2,70	6,65
FABACEAE	<i>Calliandra sp.</i>	1,32	0,08	2,70	1,37
LAURACEAE	<i>Ocotea quixus (Lam). Kosterm.</i>	3,95	0,52	2,70	2,39
LAURACEAE	<i>Ocotea sp.</i>	14,47	4,85	5,41	8,24
MELASTOMATAACEAE	<i>Miconia sp3</i>	1,32	1,08	2,70	1,70
MELASTOMATAACEAE	<i>Miconia sf. Punctata</i>	1,32	2,17	2,70	2,06
MORACEAE	<i>Naucleopsis</i>	1,32	1,54	2,70	1,85
PHYLLANTACEAE	<i>Hyeronima asperifolia</i>	13,16	42,12	2,70	19,33
MELASTOMATAACEAE	<i>Miconia guianensis</i>	2,63	0,20	2,70	1,85
MELASTOMATAACEAE	<i>Tibouchina laxa</i>	1,32	0,07	2,70	1,36
MELASTOMATAACEAE	<i>Loreya mespiloides</i>	1,32	0,08	2,70	1,37
MELASTOMATAACEAE	<i>Miconia elata</i>	7,89	2,86	5,41	5,39
MELASTOMATAACEAE	<i>Miconia affinis</i>	1,32	0,15	2,70	1,39
MELASTOMATAACEAE	<i>Miconia Laevigata</i>	1,32	0,16	2,70	1,39
URTICACEAE	<i>Pouruma sp1</i>	1,32	2,99	2,70	2,34
MELIACEAE	<i>Cedrela odorata L.</i>	1,32	0,22	2,70	1,41
MELIACEAE	<i>Swietenia macrophylla King</i>	1,32	0,65	2,70	1,56
MELIACEAE	<i>Carapa guianensis Aubl.</i>	2,63	0,98	2,70	2,10
MORACEAE	<i>Clarisia racemosa Ruiz &amp; Pav</i>	1,32	0,35	2,70	1,46
MORACEAE	<i>Brosimun utile (Kunth) Pittier</i>	1,32	0,49	2,70	1,50
MYRISTICACEAE	<i>Virola surinamensis (Rol. Ex Rottb.) Warb</i>	3,95	2,57	2,70	3,07
OLACACEAE	<i>Minqartia guianensis Aubl.</i>	2,63	2,96	5,41	3,67
PHYLLANTACEAE	<i>Hyeronima alchorneoides Allemao</i>	1,32	2,07	2,70	2,03
PTERIDACEAE	<i>Salpichlaena cf. Volubilis</i>	2,63	0,51	2,70	1,95
TILIACEAE	<i>Apeiba membranacea Spruce ex Benth.</i>	5,26	7,46	5,41	6,04
Total		100	100	100	100

**Anexo 2.** Homogenización de la estación de base, en base a las estaciones meteorológicas de: El Pangui, San Francisco y Paquisha.

<b>Estación de Yantzaza (M0190)</b>														
<b>Año/mes</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>Sept</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Total</b>	<b>Media</b>
2000	66.7	149.7	208.8	207.7	210.3	235.6	180.1	174.6	183.7	104.8	74.6	121.6	1918.2	159.9
2001	115.4	142.2	159.8	35	138.7	214.4	96.8	129.7	175.6	128.7	84.2	133.4	1553.9	129.5
2002	98.3	114.1	150.4	256.4	173.8	175.4	331.7	137.3	124.9	128.4	179.7	134.5	2004.9	167.1
2003	143.2	236.3	78.1	69.2	297.6	188.8	45.2	135.8	71.1	100.6	77.2	107	1550.1	129.2
2004	72.1	83.5	209.7	194.3	202.4	271.5	220.1	95.1	110.8	127.9	127.8	110.3	1825.5	152.1
2005	53.5	196.4	149	334.9	173.1	305.7	179.3	96.8	113.9	156.4	98.1	174.8	2031.9	169.3
2006	188.3	201.7	173.1	181.3	151.1	156.8	156.8	156.8	156.8	156.8	157.8	206.5	2043.8	170.3
2007	205.9	39	205.4	212.1	119.6	291.9	126	149.9	178.9	199.7	285.6	156.7	2170.7	180.9
2008	140.5	330.6	166.4	154.8	255.5	184.1	174.6	150.2	169.1	243.3	104.7	148.7	2222.5	185.2
2009	213.6	147.9	261.9	221.6	188.6	210.9	270.8	197.7	144.1	153.4	258.1	116.7	2385.3	198.8
2010	120.1	165.5	111.6	298.3	337.6	194.1	240.8	64.5	143.7	96.1	129.1	125.7	2027.1	168.9
2011	147.7	172.9	204.8	327.5	193.5	130.3	227	40.5	189	154.6	64.2	188.9	2040.9	170.1
2012	487.5	140	289.3	258.5	244.1	54.8	209.4	186	129.6	110.5	102	141.2	2352.9	196.1
2013	214.1	228.2	138.5	142.6	243.6	249.4	257	174.3	168.2	184.2	18.7	133.7	2152.5	179.4
2014	211.5	270.5	215.5	162.8	226.3	297.6	87	157.3	39.4	200.4	127.8	132.4	2128.5	177.4
2015	169.1	119.2	262.7	353.6	155	286.5	286.3	129.4	108.6	210.2	132	158.7	2371.3	197.6
<b>Total</b>	<b>2647.5</b>	<b>2737.7</b>	<b>2985.0</b>	<b>3410.6</b>	<b>3310.8</b>	<b>3447.8</b>	<b>3088.9</b>	<b>2175.9</b>	<b>2207.4</b>	<b>2456.0</b>	<b>2021.6</b>	<b>2290.8</b>	<b>32780.0</b>	<b>2731.7</b>
<b>Max</b>	<b>487.5</b>	<b>330.6</b>	<b>289.3</b>	<b>353.6</b>	<b>337.6</b>	<b>305.7</b>	<b>331.7</b>	<b>197.7</b>	<b>189.0</b>	<b>243.3</b>	<b>285.6</b>	<b>206.5</b>	<b>2385.3</b>	<b>198.8</b>
<b>Media</b>	<b>165.5</b>	<b>171.1</b>	<b>186.6</b>	<b>213.2</b>	<b>206.9</b>	<b>215.5</b>	<b>193.1</b>	<b>136.0</b>	<b>138.0</b>	<b>153.5</b>	<b>126.4</b>	<b>143.2</b>	<b>2048.8</b>	<b>170.7</b>
<b>Min</b>	<b>53.5</b>	<b>39.0</b>	<b>78.1</b>	<b>35.0</b>	<b>119.6</b>	<b>54.8</b>	<b>45.2</b>	<b>40.5</b>	<b>39.4</b>	<b>96.1</b>	<b>18.7</b>	<b>107.0</b>	<b>1550.1</b>	<b>129.2</b>
<b>Desv</b>	<b>101.4</b>	<b>72.3</b>	<b>56.7</b>	<b>90.8</b>	<b>58.7</b>	<b>68.7</b>	<b>78.0</b>	<b>43.3</b>	<b>42.2</b>	<b>43.8</b>	<b>68.7</b>	<b>28.0</b>	<b>249.7</b>	<b>20.8</b>
<b>cv%</b>	<b>0.6</b>	<b>0.4</b>	<b>0.3</b>	<b>0.4</b>	<b>0.3</b>	<b>0.3</b>	<b>0.4</b>	<b>0.3</b>	<b>0.3</b>	<b>0.3</b>	<b>0.5</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>

Fuente: INAMHI

Anexo 3. Polígono de influencia de las estaciones de influencia en la microcuenca Crucita



**Anexo 4.** Tabla de análisis de consistencia por el método de doble masa.

<b>Método de doble masa</b>								
Año	Estaciones consideradas						Estación en estudio	
	El Pangui	San Francisco	Paquisha	Suma precipitación	Precipitación media	Precipitación Acumulada	YANTZAZA	
							Precipitación	Precipitación acumulada
2000	1 721,7	2 341,2	2 123,3	6 186,2	3 550,2	2 232,2	1 918,2	1 918,2
2001	1 886,6	2 372,3	2 270	6 528,9	3 723,7	5 955,9	1 553,9	3 472,1
2002	1 834,6	2 118,5	2 475,2	6 428,3	3 674	9 629,9	2 004,9	5477
2003	1 323,4	2 300	1 613,7	5 237,1	3 050,2	12 680,2	1 550,1	7 027,1
2004	1 631,4	2 147,2	2 102,5	5 881,1	3 376,9	16 057,1	1 825,5	8 852,6
2005	1 613,1	2 304,2	2 687,9	6 605,2	3 865,7	19 922,9	2 031,9	10 884,5
2006	1 662,7	2 052,6	2 850	6 565,3	3 822,6	23 745,5	2 043,8	12 928,3
2007	2 285,5	2 236,3	3 514,7	8 036,5	4 595,8	28 341,4	2 170,7	15 099
2008	2 064,8	1 938,5	2 848,7	6 852	3 879,7	32 221,1	2 222,5	17 321,5
2009	1 960,5	2 265,1	2 654,6	6 880,2	3 933,3	36 154,4	2 385,3	19 706,8
2010	1 689,4	2 006,6	1 763,5	5 459,5	3 076,5	39 230,9	2 027,1	21 733,9
2011	1 601,1	2 241,3	1 422,1	5 264,5	2 975,9	42 206,9	2 040,9	23 774,8
2012	2 012,2	2 592,6	2 634,3	7 239,1	4 155,3	46 362,2	2 352,9	26 127,7
2013	1 919,3	2 378,3	2 861	7 158,6	4 132,6	50 494,9	2 152,5	28 280,2
2014	2 137,9	2 668,4	2 692,5	7 498,8	4 286,5	54 781,4	2 128,5	30 408,7
2015	2 183,4	2 966,6	2 485,3	7 635,3	4 362,4	59 143,8	2 371,3	32 780

**Anexo 5.** Factor de corrección de la estación de Yantzaza (M0190).

---

<b>Factor de corrección de la cuenca</b>												
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
FC	1,0	1,1	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0

---

**Anexo 6.** Aforos en la microcuenca Crucita.



**Anexo 7.** Consumo de agua potable en m<sup>3</sup> de la parroquia Panguintza en el año 2018.

<b>Consumo en m<sup>3</sup> de agua del 2018</b>		
<b>Mes</b>	<b>Consumo en m<sup>3</sup></b>	<b>Usuarios</b>
Enero	4 474	273
Febrero	4 799	272
Marzo	5 180	273
Abril	4 551	273
Mayo	4 973	272
Junio	4 539	273
Julio	4 171	270
Agosto	4 279	271
Septiembre	4 736	270
Octubre	5 531	277
Noviembre	5 830	278
Diciembre	4 699	278
<b>Total</b>	<b>57 762</b>	<b>273</b>

**Anexo 8.** Consumo de agua potable mensual en m<sup>3</sup> en la parroquia Panguintza.

<i>Consumo mensual por categorías del año 2018 en m<sup>3</sup></i>												
<b>Categoría</b>	<b>Ene</b>	<b>Us.</b>	<b>Feb</b>	<b>Us.</b>	<b>Mar</b>	<b>Us.</b>	<b>Abr</b>	<b>Us.</b>	<b>May</b>	<b>Us.</b>	<b>Jun</b>	<b>Us.</b>
Residencial	3136	199	3350	198	3579	199	3091	197	3473	196	3091	197
Tercera edad	1176	65	1293	65	1452	66	1308	68	1336	68	1308	68
Comercial	103	6	89	6	109	5	110	5	106	5	108	5
Residencial S/A	59	3	67	3	40	3	42	3	58	3	32	3
<b>Total (m<sup>3</sup>)</b>	4 474	273	4 799	272	5 180	273	4 551	273	4 973	272	4 539	273
<b>Categoría</b>	<b>Jul</b>	<b>Us.</b>	<b>Ago</b>	<b>Us.</b>	<b>Sept</b>	<b>Us.</b>	<b>Oct</b>	<b>Us.</b>	<b>Nov</b>	<b>Us.</b>	<b>Dic</b>	<b>Us.</b>
Residencial	2910	194	2843	194	3190	193	3339	198	3681	199	2678	199
Tercera edad	1109	68	1283	69	1397	69	1943	71	2019	71	1895	71
Comercial	110	5	109	5	113	5	207	5	98	5	119	5
Residencial S/A	42	3	44	3	36	3	42	3	32	3	7	3
<b>Total (m<sup>3</sup>)</b>	4 171	270	4 279	271	4 736	270	5 531	277	5 830	278	4 699	278
											<b>Consumo total</b>	57 762
											<b>(m<sup>3</sup>)</b>	

Fuente: GAD Centinela del Cóndor (2018).

**Anexo 9.** Toma de muestras de la calidad de agua en la microcuenca Crucita.



Anexo 10. Muestreo de flora y fauna en la microcuenca Crucita



**Anexo 11.** Identificación de especies de flora.



**Anexo 12.** Encuesta aplicada a los propietarios de los terrenos en el área de interés hídrica de la microcuenca Crucita.



Universidad  
Nacional  
de Loja

La Universidad Nacional Loja a través de la Carrera de Manejo y Conservación del Medio Ambiente, se encuentra realizando la investigación denominada “CARACTERIZACIÓN DE LA MICROCUENCA CRUCITA COMO FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO”, para lo cual es necesario contar con la información requerida en la siguiente encuesta.

Le solicitamos su colaboración y sinceridad en la contestación de la misma.

Nombre.....

Fecha.....

Edad.....

1. ¿Qué nivel de instrucción posee?

Primaria ( )                      Secundaria ( )                      Superior ( )

2. ¿Es dueño del terreno de microcuenca Crucita?

Si ( )                                      No ( )

3. ¿Tiene servicio de agua potable?

Si ( )                                      No ( )

4. Cree usted que lo que paga por el servicio de agua es:

Bajo ( )                      Justo ( )                      Elevado ( )

5. Que usos le da al agua toma de su finca.

Beber ( )                      Higiene personal ( )                                      Preparar alimentos ( )

Riego ( )                      Otros ( )

En caso de seleccionar “Otros” especifique cuales serían esos usos:.....

.....

6.Cuál es su percepción acerca del agua que provee la microcuenca Crucita.

Buena ( ) Mala ( ) Regular ( )

¿Por qué?.....

.....

7. Qué problemas han visto en sus terrenos, relacionados al agua procedente de la microcuenca Crucita (Hace años hubo, Ha visto cambios en el tema del color y olor)

.....

.....

8. ¿Realiza actividades agropecuarias en su finca?

Si ( ) No ( )

¿Cuáles?.....

.....

9. ¿Cuáles son los principales cultivos que realiza usted en su finca?

.....

.....

10. Si tiene animales donde pastorea

.....

.....

11. Tiene planes a futuro para su finca

.....  
.....  
.....

12. Qué opina usted sobre si “Su finca forma parte de la microcuenca que abastece de agua para consumo humano para la parroquia”

.....  
.....  
.....  
.....

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

**Anexo 13.** Encuesta aplicada a familias de influencia directa de la microcuenca Crucita



Universidad  
Nacional  
de Loja

La Universidad Nacional Loja a través de la Carrera de Manejo y Conservación del Medio Ambiente, se encuentra realizando la investigación denominada “CARACTERIZACIÓN DE LA MICROCUENCA CRUCITA COMO FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO”, para lo cual es necesario contar con la información requerida en la siguiente encuesta.

Le solicitamos su colaboración y sinceridad en la contestación de la misma.

Nombre.....

Fecha..... Edad .....

1. ¿Cuántas personas habitan en la vivienda? -----

2. ¿Cuántas familias viven en la vivienda \_\_\_\_\_

3. ¿Qué servicios básicos posee?

Energía eléctrica ( ) Alumbrado público ( )

Agua potable ( ) Internet ( ) Otro (especifique) \_\_\_\_\_

5. ¿Paga usted por el servicio de agua?:

Si ( ) No ( )

7. El agua que viene de la red pública la usa para:

Beber ( ) Higiene personal ( ) Preparar alimentos ( )

Riego ( ) Otros ( )

En caso de seleccionar “Otros” especifique cuales serían esos  
usos:.....

8. ¿Cree usted que el agua escaseará algún día?

Si ( ) No ( ) No sabe ( )

9. ¿Qué es el agua?

La fuente de la vida ( ) Sin el agua no se puede vivir ( ) Me sirve para cocinar, lavar etc. ( )

Es solo agua ( ) No sabe ( ) Otro ( )

10. ¿Qué servicios públicos posee en su comunidad?

Talleres mecánicos ( ) Iglesia ( )

Escuelas ( ) Servicios de transporte ( )

Centro de salud ( )

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN