



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

**CARRERA DE MEDIO AMBIENTE**

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIA LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MEDIO  
AMBIENTE**

**MODALIDAD:**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA COBERTURA  
VEGETAL EN LA PROTECCIÓN HIDROLÓGICA DEL SITIO  
BRISAS – QUIROGA, CUENCA MEDIA DEL RÍO CARRIZAL**

**AUTORES:**

**MUÑOZ ANCHUNDIA LUIS DAMIÁN**

**VERA SALAVARRÍA DIOCLE ANTONIO**

**TUTOR:**

**ING. FABRICIO ENRIQUE ALCÍVAR INTRIAGO, Mg.Sc.**

**CALCETA, FEBRERO DEL 2021**

## DERECHOS DE AUTORÍA

**Muñoz Anchundia Luis Damián**, con cédula de ciudadanía 131138283-0, y **Vera Salavarría Diocle Antonio**, con cédula de ciudadanía 131521899-8 declaran bajo juramento que el Trabajo de Titulación titulado: **EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA COBERTURA VEGETAL EN LA PROTECCIÓN HIDROLÓGICA DEL SITIO BRISAS – QUIROGA, CUENCA MEDIA DEL RÍO CARRIZAL** es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedemos a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a nuestro favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



---

**MUÑOZ ANCHUNDIA LUIS  
DAMIÁN**



---

**VERA SALAVARRÍA DIOCLE  
ANTONIO**

## CERTIFICACIÓN DE TUTOR

**ING. FABRICIO ENRIQUE ALCÍVAR INTRIAGO, Mg.Sc.** certifica haber tutelado el proyecto **EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA COBERTURA VEGETAL EN LA PROTECCIÓN HIDROLÓGICA DEL SITIO BRISAS – QUIROGA, CUENCA MEDIA DEL RÍO CARRIZAL**, que ha sido desarrollada por **MUÑOZ ANCHUNDIA LUIS DAMIÁN** y **VERA SALAVARRÍA DIOCLE ANTONIO**, previo a la obtención del título de ingeniero en medio ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.



---

**ING. FABRICIO ENRIQUE ALCÍVAR INTRIAGO, Mg.Sc.**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA COBERTURA VEGETAL EN LA PROTECCIÓN HIDROLÓGICA DEL SITIO BRISAS – QUIROGA, CUENCA MEDIA DEL RÍO CARRIZAL**, que ha sido propuesto, desarrollado por **MUÑOZ ANCHUNDIA LUIS DAMIÁN** y **VERA SALAVARRÍA DIOCLE ANTONIO**, previa la obtención del título de ingeniero en medio ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.



---

Ing. Carlos Villafuerte Vélez, Mg. Sc.  
**Miembro del tribunal**



---

Ing. Joffre Andrade Candell, Mg. Sc.  
**Miembro del tribunal**



---

Ing. Verónica Vera Villamil, Mg. Sc.  
**Presidente del tribunal**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que nos dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día;

A nuestros padres, que con su amor, cariño y comprensión han forjado de nosotros unas mejores personas;

A nuestro tutor de tesis el Ing. Fabricio Alcívar, quien con sus conocimientos nos ha sabido guiar en esta ardua tarea, nos ha brindado su tiempo y espacio para despejar las dudas y por su paciencia brindada en todo el tiempo de ser sus tutorados;

A los ingenieros Iván Velásquez y Zetty Saltos Chávez, quienes nos brindaron su apoyo en la labor del trabajo de titulación;

A los miembros del Tribunal, personas de gran sabiduría, quienes con su predisposición nos ayudaron en el desarrollo y culminación del trabajo de titulación.

**Los autores**

## DEDICATORIA

A Dios, quien ha sido mi guía, forjador del camino de mi vida, el que me acompaña y siempre me ayuda en cada tropiezo;

A mis padres María Anchundia y Vicente Muñoz, quienes a lo largo de mi vida me han formado por el camino del bien, sin su apoyo incondicional no habría logrado ningún triunfo;

A mis hermanas Verito Muñoz y Yessenia Alcívar por el soporte que siempre me brindaron día con día en el transcurso de la carrera universitaria y a lo largo de mi vida;

A mi amigo Roberto García y demás amistades, quienes fueron parte de mis alegrías durante el proceso universitario, me permitieron aprender más de la vida y ayudaron a la pronta ejecución del trabajo de titulación;

Gracias a ustedes esto es posible.



---

**MUÑOZ ANCHUNDIA LUIS DAMIÁN**

## DEDICATORIA

A Dios, por ser guía en cada momento de mi vida, el que en todo instante ha estado conmigo dirigiéndome para aprender de los errores cometidos, quien a pesar de todos los inconvenientes se ha encontrado presente en mi vida;

A mi abuelita Manuelita, quien ha sido lo primordial en mi vida, quien me ha cuidado y dirigido por el camino del bien, a quien le debo ser quien ahora soy;

A mi esposa Zetty pues ella siendo la mayor motivación en mi vida encaminada al éxito, fue un ingrediente perfecto para lograr alcanzar esta dichosa y muy merecida victoria en la vida, gracias a ella por preocuparse y estar a mi lado en el trascurso de estos años, le doy gracias a Dios por darnos un regalo muy hermoso a nuestra pequeña bebita Zeleny a quien dedico todos mis triunfos.



---

**VERA SALAVARRÍA DIOCLE ANTONIO**

## CONTENIDO GENERAL

<b>DERECHOS DE AUTORÍA .....</b>	<b>ii</b>
<b>CERTIFICACIÓN DE TUTOR .....</b>	<b>iii</b>
<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>v</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>vi</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>vii</b>
<b>CONTENIDO GENERAL .....</b>	<b>viii</b>
<b>CONTENIDO DE CUADROS, ECUACIONES, FIGURAS Y ANEXOS.....</b>	<b>x</b>
CUADROS.....	x
ANEXOS.....	xi
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xii</b>
PALABRAS CLAVES:.....	xii
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xiii</b>
<b>CAPÍTULO I. ANTECEDENTES .....</b>	<b>1</b>
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.4. HIPÓTESIS.....	3
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
2.1. CUENCA HIDROGRÁFICA.....	4
2.2. COBERTURA VEGETAL .....	4
2.2.1. MÉTODOS DE MUESTREO PARA LA COBERTURA VEGETAL .	6
2.3. PROTECCIÓN HIDROLÓGICA .....	7
2.3.1. ÍNDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA .....	8
2.3.1.1. CRITERIOS DEL ÍNDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA...	9
2.3.1.2. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA (IPH).....	17
2.3.1.3. CATEGORIZACIÓN DE LA APTITUD HÍDRICA .....	17
2.4. ÍNDICE TOPOGRÁFICO DE HUMEDAD (ITH).....	19



<b>CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO.....</b>	<b>20</b>
3.1. UBICACIÓN .....	20
3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO.....	20
3.3. VARIABLES DE ESTUDIO .....	20
3.4. MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	21
3.5. PROCEDIMIENTOS .....	21
3.5.1. FASE I. PONDERACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL EXISTENTE EN EL SITIO BRISAS – QUIROGA, CUENCA MEDIA DEL RÍO CARRIZAL .....	21
ACTIVIDAD 1. IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	21
ACTIVIDAD 2. GEO-REFERENCIACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO....	22
ACTIVIDAD 3. APLICACIÓN DE TRANSECTOS .....	22
3.5.2. FASE II. DETERMINACIÓN DE LA PROTECCIÓN HIDROLÓGICA CON BASE EN EL “ÍNDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA” .....	22
ACTIVIDAD 4. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA (IPH) .....	22
ACTIVIDAD 5. ELABORACIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS .....	25
3.5.3. FASE III. PROPONER POLÍTICAS Y ESTRATEGIAS DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL.....	26
ACTIVIDAD 6. BÚSQUEDA DE ESTRATEGIAS DE MANEJO Y CONSERVACIÓN.....	26
ACTIVIDAD 7. FORMULAR UN PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN PARA EL MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL .....	26
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>27</b>
4.1. PONDERACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL EXISTENTE EN EL SITIO BRISAS – QUIROGA, CUENCA MEDIA DEL RÍO CARRIZAL.....	27
4.2. DETERMINACIÓN DE LA PROTECCIÓN HIDROLÓGICA CON BASE EN EL “ÍNDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA” .....	29
4.3. PROPUESTA DE POLÍTICAS Y ESTRATEGIAS DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL.....	46
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>53</b>
5.1. CONCLUSIONES .....	53
5.2. RECOMENDACIONES.....	54
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>55</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>62</b>

## CONTENIDO DE CUADROS, ECUACIONES, FIGURAS Y ANEXOS.

### CUADROS

<b>Cuadro 2. 1.</b> Índices de Protección Hidrológica por (Beltrán y Jaramillo, 2007)	8
<b>Cuadro 2. 2.</b> Parámetros de la estructura arbórea (Hernández, et al., 2011)..	10
<b>Cuadro 2. 3.</b> Parámetros para las especies arbustivas, herbáceas, entre otras (Hernández, et al., 2011) .....	11
<b>Cuadro 2. 4.</b> Método de Horton .....	13
<b>Cuadro 2. 5.</b> Grado de intervención.....	16
<b>Cuadro 2. 6.</b> Lista de chequeo para obtener el IPH de Rojas, (2003).....	16
<b>Cuadro 2. 7.</b> Condición de Índice de Protección Hidrológica (IPH), (Gil, 1985). .....	18
<b>Cuadro 2. 8.</b> Rangos de IPH para medir la aptitud del área de estudio (Beltrán y Jaramillo, 2007) .....	18
<b>Cuadro 4. 1.</b> Usos de suelo del sitio Brisas.....	27
<b>Cuadro 4. 2.</b> Cobertura vegetal del sitio Brisas.....	28
<b>Cuadro 4. 3.</b> Coordenadas de los transectos radiados .....	29
<b>Cuadro 4. 4.</b> Parámetros de las especies arbóreas.....	30
<b>Cuadro 4. 5.</b> Parámetros de especies arbustivas, herbáceas, escandente, muscinal.....	31
<b>Cuadro 4. 6.</b> Estructura de la vegetación con puntuación de Rojas (2003).....	32
<b>Cuadro 4. 7.</b> Densidad absoluta y relativa del estrato arbóreo .....	33
<b>Cuadro 4. 8.</b> Cubierta vegetal con especies arbustivas, herbáceas, muscinal, escandente y epifítico .....	33
<b>Cuadro 4. 9.</b> Densidad de la vegetación.....	34
<b>Cuadro 4. 10.</b> Interceptación de la precipitación por la vegetación.....	35
<b>Cuadro 4. 11.</b> Presencia de mulch .....	36
<b>Cuadro 4. 12.</b> Ecosistemas especiales.....	37
<b>Cuadro 4. 13.</b> Tipo de vegetación.....	38
<b>Cuadro 4. 14.</b> Grado de intervención.....	38
<b>Cuadro 4. 15.</b> Criterios evaluados .....	40
<b>Cuadro 4. 16.</b> Índice de protección hidrológica por unidad de vegetación (IPH UV) .....	42
<b>Cuadro 4. 17.</b> Condición, importancia y aptitud de la cobertura vegetal .....	44
<b>Cuadro 4. 18.</b> Índice de protección hidrológica parcial y total. ....	44

## FIGURAS

<b>Figura 2. 1.</b> Transecto radiado .....	6
<b>Figura 2. 2.</b> Ficha de observación .....	7
<b>Figura 3. 1.</b> Imagen satelital de la ubicación del proyecto, obtenida del sistema Nacional de información geográfica.....	20

## ANEXOS

<b>Anexo 1-A.</b> Visita técnica .....	62
<b>Anexo 1-B.</b> Georreferenciación de la zona de estudio.....	62
<b>Anexo 1-C.</b> Aplicación de transectos .....	62
<b>Anexo 2.</b> Ficha de observación.....	63
<b>Anexo 3-A.</b> Mapa de uso de suelo.....	665
<b>Anexo 3-B.</b> Mapa de Índice Topográfico de Humedad (ITH) .....	65
<b>Anexo 3-C.</b> Mapa de Índice Topográfico de Humedad de la zona boscosa ....	66
<b>Anexo 3-D.</b> Mapa de Índice Topográfico de Humedad de la vegetación herbácea.....	67
<b>Anexo 3-F.</b> Mapa de Índice Topográfico de Humedad de las tierras cultivadas.	68

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo principal evaluar la influencia de la cobertura vegetal en la protección hidrológica del sitio Brisas – Quiroga, cuenca media del río Carrizal, por medio del Índice de Protección Hidrológica (IPH), para ello se realizaron visitas de campo, cuyos datos se utilizaron para constatar el tipo de cobertura vegetal existente en la zona, obteniendo así 3 tipos (zona boscosa, vegetación herbácea y tierras cultivadas), los datos fueron tabulados en los softwares Excel 2016 y el sistema de información geográfica (SIG), por dificultades en el acceso al territorio se tomaron 3 puntos de referencia, en los cuales se desarrollaron transectos radiados con un área total de 7 ha. El IPH se lo calculó mediante la utilización de 7 criterios (estructura, densidad, interceptación, ecosistemas especiales, mulch, tipo de vegetación e intervención) a los que se le otorgó la puntuación de 3, 2 o 1 siendo tres un indicador alto y 1 bajo. El sitio Brisas - Quiroga posee un área total de 157 ha, donde la cobertura vegetal que presentó una protección hídrica mayor es la zona boscosa con un IPH de 0,97 seguido de las tierras cultivadas con 0,61 y la cobertura que ofrece menor protección es la vegetación herbácea con 0,46. Teniendo así una protección hídrica total en el lugar de estudio de  $0,66 \cong 0,7$  cuya condición es moderadamente buena, de importancia alta y con una aptitud de conservación, lo que concuerda con la hipótesis planteada. También se constató por medio del Índice Topográfico de Humedad (ITH), que el sitio en estudio mantiene un grado de humedad de 5,68 localizándose en 61 hectáreas (38,83%) de la superficie total, exhibiendo así que el área presenta una humedad del suelo media. Finalmente se desarrolló un plan de prevención y mitigación como estrategia de manejo y conservación de la cobertura vegetal que estuvo direccionada a la recuperación de las áreas afectadas por la deforestación, pastoreo y por la utilización de agroquímicos.

**PALABRAS CLAVES:** Índice de Protección Hídrica (IPH), cobertura vegetal, estrategias, cuenca media del río Carrizal.

## ABSTRACT

The main objective of the research was to evaluate the influence of the vegetation cover on the hydrological protection of the Brisas - Quiroga site, middle basin of the Carrizal river, through the Hydrological Protection Index (HPI), for which field visits were made, whose data was used to verify the type of existing vegetation cover in the area, thus obtaining 3 types (wooded area, herbaceous vegetation and cultivated lands), the data was tabulated in the Excel 2016 software and the geographic information system (GIS), due to difficulties in the access to the territory, 3 reference points were taken, in which radiated transects were developed with a total area of 7 ha. The HPI was calculated by using 7 criterias (structure, density, interception, special ecosystems, mulch, type of vegetation and intervention) to which the score of 3, 2 or 1 was awarded, with three being a high indicator and 1 low. The Brisas - Quiroga site has a total area of 157 ha, where the vegetation cover that presented the highest water protection is the wooded area with an HPI of 0.97 followed by cultivated lands with 0.61 and the cover that offers the least protection is herbaceous vegetation with 0.46. Thus, having a total water protection in the place of study of  $0,66 \cong 0,7$  whose condition is moderately good, of high importance and with an aptitude for conservation, which agrees with the hypothesis raised. The level of accumulated draining cells was also verified by means of the Topographic Moisture Index (ITH), that the basin under study maintains a humidity level of 5.68, being located in 61 hectares (38.83%) of the total surface, thus showing that the area has a medium soil humidity. Finally, a prevention and mitigation plan were developed as a strategy for the management and conservation of the vegetation cover that was aimed at the recovery of the areas affected by deforestation, grazing and by the use of agrochemicals.

**KEY WORDS:** Water protection index (HPI), vegetation cover, strategies, middle basin of the Carrizal river.

# CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

## 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

A nivel mundial, los bosques ofrecen servicios ecosistémicos importantes, como la protección de la erosión eólica, filtra la contaminación atmosférica y sobre todo es un importante del resguardo de los recursos hídricos (Rodríguez, *et al.*, 2016), a pesar de ello, la eliminación parcial o completa de la cubierta vegetal se encuentra en aumento (Montoya, 2005) y, está siendo reemplazada por otros usos de suelo con fines económicos (Manson, 2004), esto puede modificar los patrones de precipitación, reduciendo la tasa de evapotranspiración, turbulencia y el movimiento vertical de las corrientes de aire, a su vez, pueden afectar la tasa de la formación de nubes y la cantidad de precipitación que recibe una cuenca o región (Brüschweiler, Höggel, y Kläy, 2004).

Actualmente en América Latina los bosques se encuentran en constante presión debido al aumento de la demanda de agua para diferentes usos entre los principales las industrias (Blanco, 2017), así como de espacios para el crecimiento urbanístico los cuales se incrementan debido al cambio climático (UIFRO, 2017). Esto es más bien una degradación progresiva y constante que ocurre mientras la cobertura vegetal se deforesta (Sasaki y Putz, 2009), lo que resulta en la pérdida de las funciones principales e importantes de la cobertura arbórea (FAO, 2018), limitando la producción de cultivos y otros usos de suelo ya que acarrea una alta disponibilidad de agua lo cual dependerá de la permanencia de aguas producidas por las precipitaciones en el suelo, ya que éstas tendrán pérdidas significativas a causa de la escorrentía, evaporación y drenaje profundo (Shaxson y Barber, 2005).

Según la FAO (2020), el país busca conseguir los múltiples beneficios otorgados por la REDD+ la cual es la reducción de las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques, sin embargo, aunque el Ecuador se sitúe en el puesto número 17 como país más diverso del mundo actualmente se encuentra en peligro debido a las diversas presiones (Bertzky, *et al.*, 2011), al mismo tiempo la nación promueve políticas que tienen como prioridad mejorar el bienestar humano, tanto ambiental como social, pero aun así, estas no son consistentes y no son aplicadas firmemente (Moreno, 2017).

En la provincia de Manabí la situación ambiental se encuentra amenazada, debido a más de quinientos años de uso insostenible de los recursos naturales, principalmente la cobertura vegetal y también a la excesiva emanación de distintos elementos contaminantes al ambiente (MAE, UICN, y GIZ, 2018), lo cual ocasiona efectos contraproducentes sobre el clima y ciclos naturales (MAE, 2018).

En el cantón Bolívar se encuentra el sitio Brisas-Quiroga que forma parte de la cuenca media del río Carrizal, donde la inadecuada distribución del uso de suelo debido al incremento sustancial de actividades económicas de producción agrícolas y pecuarias ha ocasionado un impacto ambiental debido a la sobre explotación de la cobertura arbórea existente, poniendo en peligro la protección hídrica del lugar. Con lo antes expuesto se llega a la siguiente interrogante:

¿Cómo influye la cobertura vegetal en la protección hidrológica del sitio Brisas – Quiroga, cuenca media del río Carrizal?

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

Una cuenca hidrográfica es un recurso natural que regula el agua, brinda soporte físico a otros recursos naturales como al suelo, flora, fauna (FAO, 2013). Es considerada un área de interacción con diferentes ecosistemas que inciden en el curso del agua, uno de los factores primordiales en una cuenca es la vegetación que existe, ya que sirve para evaluar el estado de la misma (Rodríguez, 2006). Cuando se desea determinar la protección hidrológica que brinda la vegetación al suelo de la cuenca, se utiliza el Índice de Protección Hidrológica (IPH) (Mármol, 2008), el cual ayuda a determinar la condición, importancia y aptitud con la que los estratos vegetales brindan protección hídrica (Mintengui, *et al.*, 2006).

Una parte importante en la protección hidrológica de las cuencas es el suelo, ya que provee de numerosos servicios ecosistémicos tales como; la filtración del agua precipitada hacia los acuíferos, regula el ciclo hidrológico, almacena y distribuye las aguas lluvias, entre otros (Shaxson y Barber, 2005), es por ello, que los usos que se le den son de vital importancia, ya que intervienen en las propiedades físicos-químicas del mismo, de acuerdo con (INEC, 2012), los usos

de suelo predominantes del sitio Brisas-Quiroga, son los cultivos perennes destinados a la producción agrícola y pecuaria.

La investigación busca contribuir a la comunidad del sector Brisas, diseñando políticas y estrategias encaminadas al manejo y conservación de la cobertura vegetal que existe en esta zona, para así impulsar el desarrollo rural y manejo sostenible de la cuenca hidrográfica.

Esta investigación se fundamenta en la Constitución del Ecuador en el Art. 411 donde se manifiesta que “El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua”, y en la Agenda 2030 donde se establece los 17 objetivos del desarrollo sostenible, específicamente en el objetivo 15, el cual busca la gestión sostenible de los bosques, combatir la desertificación, interrumpir y transformar la degradación de los suelos, deteniendo el desgaste de la biodiversidad.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la influencia de la cobertura vegetal en la protección hidrológica del sitio Brisas – Quiroga, cuenca media del río Carrizal.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Ponderar la cobertura vegetal existente del sitio Brisas – Quiroga, cuenca media del río Carrizal.
- Determinar la protección hidrológica con base en el “Índice de Protección Hidrológica”.
- Proponer políticas y estrategias de manejo y conservación de la cobertura vegetal.

### **1.4. HIPÓTESIS**

La cobertura vegetal influye positivamente en la protección hidrológica del sitio Brisas – Quiroga, cuenca media del río Carrizal.



## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. CUENCA HIDROGRÁFICA**

La cuenca hidrográfica es la superficie de captación natural del agua que proviene de las precipitaciones (Cotler, Galindo, y González, 2013), estos son espacios de territorio conformadas por un conjunto de sistemas de cursos de agua determinados por el relieve, en los cuales los límites vienen dados naturalmente por las partes más altas de convergencia del agua precipitada (Rodríguez, 2006).

Los servicios brindados por las cuencas hidrográficas son diversos, pero entre los principales se encuentra; que son fuente de almacenamiento de agua dulce para potabilizar y para utilizar como suministro para las industrias y sobre todo para la agricultura, lo cual asegura una seguridad alimentaria, además de esto también alberga diversidad de especies de flora y fauna, siendo parte de la subsistencia humana (FAO, 2010).

Es por ello que es necesario realizar un buen manejo a las cuencas hidrográficas donde se debe de efectuar un proceso participativo donde se tomen decisiones del correcto uso de los recursos naturales que se encuentren dentro de la cuenca (Matus, Faustino y Jiménez, 2009). Un aspecto importante es realizar un manejo integral dentro de la cuenca, dando el valor que ésta tiene dentro de la supervivencia de ciento de especies, considerando así un plan de manejo y conservación de la cuenca, donde la comunidad esté integrada con profesionales que faciliten el cuidado a la cuenca hidrográfica (García y Quiñonez, 2000).

### **2.2. COBERTURA VEGETAL**

A la capa de vegetación natural que envuelve la superficie terrestre se le denomina cobertura vegetal, ésta comprende una gama amplia de biomasas con diversas características fisonómicas, las cuales van desde pastizales hasta áreas con mayores tamaños y extensiones (Aldás, 2013). También se deben de incluir las coberturas vegetales inducidas, éstas son las áreas vegetales que tienen intervención humana tales como los cultivos (Blanco, 2017).

Por otra parte, Hernández (2000), menciona que la cobertura vegetal describe los aspectos cuantitativos de la arquitectura florística, es decir que se refiere a toda la distribución vegetal horizontal y vertical que se encuentre en la superficie terrestre. Es por ello, que la biomasa que se presenta en la cobertura vegetal cumple un factor importante en la protección del suelo (Blanco, 2017).

También Gajardo (1994), define a la cobertura vegetal como una agrupación de una o varias comunidades vegetales que tienen interacción entre ellas. Hernández (2000), considera que la cobertura vegetal como el conjunto de plantas de diferentes tamaños y especies con características específicas para cada una de ellas.

Hamilton (2009), establece que la cobertura vegetal desempeña un sin número de funciones protectoras para el medio ambiente. Asimismo, Camacho (2010) indica que la cobertura vegetal es la expansión viva o inerte de la estructura vegetal en un determinado sitio, para medir las condiciones en las que se encuentra, la cual tiene un aporte para la protección sobre el suelo, al actuar como una capa amortiguadora para así evitar que la precipitación impacte directamente contra la superficie desnuda del suelo. Además, la cobertura vegetal supone una ayuda, ya que es una barrera física de la escorrentía en zonas con pendiente pronunciadas (Becerril, *et al.*, 2014).

La pérdida de la cobertura vegetal es uno de los sucesos más impactantes a nivel mundial, altera el ciclo hidrológico, además produce serios inconvenientes como la erosión, salinización, pérdida de productividad y disminución del volumen de infiltración de agua para la recarga de acuíferos (Rosas, 2008).

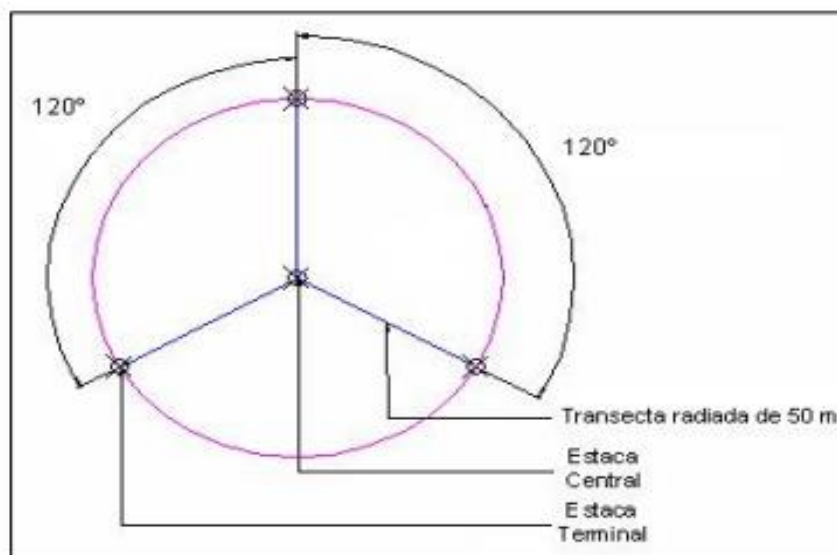
Es así, que la cobertura vegetal ha experimentado cambios drásticos en la última década, debido a la tala indiscriminada y al cambio de uso de suelo, los cuales terminan con el agotamiento del recurso y supone un riesgo para el ciclo hidrológico, también se da este inconveniente debido a las actividades tanto agrícolas como ganaderas (Arévalo, 2016).

De acuerdo con el Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Quiroga, (2016), en la parroquia la cobertura vegetal que se encuentra actualmente es la conformada por bosque naturales (mantienen la diversidad biológica), vegetación herbácea (pastizales) y cultivos varios (supervivencia del hombre).

### 2.2.1. MÉTODOS DE MUESTREO PARA LA COBERTURA VEGETAL

De acuerdo con Mostacedo y Fredericksen, (2000) entre los métodos de muestreos mayormente utilizados para el estudio de la cobertura vegetal se encuentra los transectos los cuales se utilizan por la rapidez con la que se puede realizar la medición y muestreo de varios tipos de vegetación, mayormente son utilizados los transectos de forma rectangular y el tamaño dependerá de la investigación que se esté ejecutando.

Sin embargo, para los estudios que deseen evaluar la influencia de la cobertura vegetal en la protección hidrológica de una cuenca, se debe de utilizar los transectos radiados, ya que según Romero y Ferreira (2010), este método tiene la ventaja de ser rápido, donde se tendrá que ubicar un punto central del cual partirán tres líneas cuya longitud será de 50 m, estarán separadas de  $120^\circ$ , como se muestra en la Figura 2.1.



**Figura 2. 1.** Transecto radiado

Los transectos radiados son considerados un tipo de muestreo aleatorio estratificado, ya que en éste se lo realiza separando la población investigada en subgrupos o estratos con una cierta homogeneidad, para aplicar este método de muestreo se tiene que tener información previa del área a investigar (Cruz, 2000).

Por su parte Otzen y Manterola (2017), manifiestan que este tipo de muestreo logra tener un mayor porcentaje de eficiencia cuando se utiliza con los

transectos, también mencionan que es un muestreo probabilístico ya que, al dividir la población estudiada en subgrupos, existe mayor probabilidad de que diferentes individuos logren ser elegidos en la muestra tomada.

Para la realización del muestreo en el área de estudio donde se investigue cobertura vegetal se tomará la ficha de observación de la FAO (2009), la cual consiste en la recolección de datos básicos que se adquieren mediante la observación, en ésta ficha se toman los criterios que se visualizan en la figura 2.2.

<b>FICHA DE OBSERVACIÓN</b>	
<b>NOMBRE DEL PROYECTO:</b>	
<b>Fecha:</b>	<b>N° ficha:</b>
<b>Localización</b>	
<b>Coordenadas UTM</b>	<b>X:</b>
	<b>Y:</b>
<b>Técnico responsable:</b>	
<b>Altitud:</b>	
<b>Uso de suelo:</b>	
<b>Criterios:</b>	<b>Estructura:</b>
	<b>Densidad:</b>
	<b>Intercepción de vegetación:</b>
	<b>Mulch:</b>
	<b>Características especiales:</b>
	<b>Tipo de vegetación:</b>
	<b>Grado de intervención:</b>
<b>Actividades humanas:</b>	Si:
	No:
<b>Instalaciones humanas:</b>	Si:
	No:
<b>Registro fotográfico del área en estudio</b>	

**Figura 2. 2.** Ficha de observación

### **2.3. PROTECCIÓN HIDROLÓGICA**

De acuerdo con Ortega, (2016) la protección hidrológica es la defensa que busca reducir o eliminar la erosión, también incentiva el progreso del suelo y mejora la calidad de las aguas de escorrentía por medio de la estabilidad de la cubierta vegetal. Es así que la cubierta vegetal desempeña un papel significativo en la protección hidrológica ya que resguarda el agua que se intercepta de las precipitaciones y evita que gran parte de ella se convierta en escorrentía (FAO, 2013).

### 2.3.1. ÍNDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA

Tomando en cuenta las recomendaciones y los estudios de López y Blanco (1976), citado por Condorí, Mármol y Tálamo, (2011) si se desea realizar el cálculo cuantitativo de la relación que existe entre la vegetación y la pérdida del suelo se utiliza el Índice de Protección Hidrológica (IPH), el cual toma en consideración la vegetación en diferentes estratos, esto permite valorar la protección que brinda la vegetación en los procesos de remoción de masa y deslizamientos.

Ortega, (2016) menciona que el índice de protección hidrológica muestra la influencia que realiza el suelo junto a la cobertura vegetal para la regulación del ciclo hidrológico. También Toasa, (2015) indica que la influencia que la cobertura vegetal ejerce en el proceso de erosión del suelo, se detalla en el coeficiente de protección hidrológica, de acuerdo con Beltrán y Jaramillo (2007), dicho coeficiente se indica con valores relativos ya que se expresan con una protección máxima igual a 1 y una protección nula que es 0, estos deben de ser valorados para cada tipo de cobertura vegetal que se encuentre en el lugar de estudio (Ver cuadro 2.1).

**Cuadro 2. 1.** Índices de Protección Hidrológica por (Beltrán y Jaramillo, 2007)

	TIPO DE COBERTURA VEGETAL	SÍMBOLOS	ÍNDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA (IPH)
<b>Zona boscosa</b>	Bosques densos (sin ninguna erosión del suelo)	1 a	1,0
	Bosques claros (con sustrato herbáceo denso)	1 b	0,8 – 0,9
	Bosques claros con sustrato herbáceo degradado y erosión importante	1 c	0,4 – 0,6
	Matorral (monte bajo) sin erosión del suelo	2 a	0,8 – 0,9
	Matorral delgado, con erosión aparente del suelo	2 b	0,4 – 0,5
<b>Vegetación herbácea</b>	Pastizales completos de plantas vivaces sin erosión del suelo	3 a	0,8 – 0,9
	Pastizales degradados de plantas vivaces con erosión aparente	3 b	0,4 – 0,5
	Pastizales anuales completos con indicio de erosión aparente	3 c	0,6 – 0,7
	Pastizales anuales degradados con erosión aparente	3 d	0,3 – 0,4

	Terrenos totalmente erosionados, urbanizados y sin vegetación	4	0,0
<b>Tierras cultivadas</b>	Cultivos anuales sobre terrazas	5 a	0,7 – 0,9
	Cultivos anuales sin terrazas	5 b	0,2 – 0,4
	Cultivos de plantas leguminosas forrajeras	6	0,6 – 0,8
	Huertos sobre terrazas	7 a	0,8 – 0,9
	Huertos sin terrazas	7 b	0,5 – 0,6
	Terrenos llanos o casi llanos	8	1,0

De acuerdo con la investigación realizada por Toasa (2015), para valorar ecológicamente el recurso hídrico de tres vertientes de la ciudad de Ambato, donde se utilizó el IPH para conocer el servicio ambiental hídrico que provee las diferentes coberturas vegetales encontradas alrededor de las quebradas en estudio. También se ha utilizado en el estudio de Lucas (2016) en la subcuenca del río Carrizal, la cobertura vegetal ha sido relacionada con la protección hidrológica del lugar, siendo ésta analizada mediante la utilización del índice de protección hidrológica, en la cual tomó en consideración éste índice debido a su validez y veracidad en los resultados otorgados, para así llegar a la toma de decisiones sin tener que afectar ningún recurso que se encuentre dentro de la cuenca.

### 2.3.1.1. CRITERIOS DEL ÍNDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA

De acuerdo con Rojas, (2003) se establecen 7 criterios para el cálculo del índice de protección hidrológica, los cuales se presentan a continuación:

#### ✓ **ESTRUCTURA**

Al patrón de distribución que muestra la vegetación en un área determinada se le denomina estructura de la cobertura vegetal (Ferrer, 2007). También se la puede definir como la manera en que las especies vegetales se organizan en un área (Gadow y Hui, 1999).

De acuerdo a Hernández, *et al.*, (2011), para poder determinar el perfil estructural de la vegetación en estudio, se analiza todas las comunidades vegetales, ya que éstas tienen una distribución compleja, y se definen en dos tipos (estructura vertical y horizontal). Para ello, se procede a seleccionar los transectos previamente establecidos, en el cual se mide la distancia horizontal o vertical con

la que se encuentre cada especie, se continúa calculando los individuos  $\geq 5$  cm de Diámetro de Altura del Pecho (DAP) ya que éstos son considerados adultos, previamente es necesario determinar la Circunferencia de altura del Pecho (CAP), para así obtener el DAP, cabe mencionar que el CAP se lo determina en el campo, por medio de una cinta métrica, la cual se la coloca a una altura de 1,30 metros, esto se considera que se encuentra a la altura del pecho del investigador, obteniendo el DAP mediante la siguiente ecuación:

### Diámetro de Altura del Pecho (DAP)

$$DAP = \frac{CAP}{\pi} \quad [2.1]$$

Por su parte, Aguirre (2013), menciona que a partir del DAP se determina el área basal de los individuos, ya que ésta se encuentra dada en función del diámetro obtenido, y es una característica estructural de la vegetación, ya que se utiliza la siguiente ecuación:

### Área basal (G)

$$\text{Área basal (G)} = 0,7854 * (DAP)^2 \quad [2.2]$$

Consecuentemente en el cuadro 2.2 se muestra la información pertinente para conocer el estrato estructural arbóreo de la vegetación.

**Cuadro 2. 2.** Parámetros de la estructura arbórea (Hernández, *et al.*, 2011)

PUNTO	Transecto	Nombre común	Nombre científico	Promedio CAP (cm)	Promedio DAP (cm)	Promedio Área basal	Nº Total de individuos
<b>TOTAL DE INDIVIDUOS IDENTIFICADOS</b>							

En el caso de los arbustos, especies herbáceas y otro estrato, en los cuales la metodología de cuantificación tenga mayor complejidad, es necesario visualizar las características de dichas especies para así conocer el estrato al que pertenecen. Para obtener el estrato estructural de las especies identificadas se debe de proceder a recabar la siguiente información:

**Cuadro 2. 3.** Parámetros para las especies arbustivas, herbáceas, entre otras (Hernández, *et al.*, 2011)

PUNTO	Transecto	Nombre común	Nombre científico	Estrato
-------	-----------	--------------	-------------------	---------

Díaz (2019), manifiesta que para estudios donde se desee visualizar la protección hídrica que otorguen las coberturas vegetales se necesita conocer la estructura vegetal de éstas, la forma que mayor eficacia presenta es conociendo la estratificación de la vegetación, debido a que se logra observar los estratos de cada comunidad. Para ello se utiliza la clasificación brindada por Aramburu y Escribano (2006):

- Estrato arbóreo: se pueden distinguir por ser los árboles con mayor altura, y con más dominancia, ya que reciben un porcentaje mayor de luz solar.
- Estrato arbustivo: tienen una altura no superior a los 2 metros, destacando su diferencia entre los árboles, en que no presentan un tronco principal.
- Estrato herbáceo: se considera a las plantas no mayores a 10 cm, entre las principales se encuentran las hierbas para pastoreo.
- Estrato muscinal: son las formaciones que se encuentran sobre la roca caliza, puede tener un aspecto de líquen.
- Estrato escandente (de lianas): son bien conocidas como plantas guiadoras o trepadoras, las cuales no son capaces de sostenerse por sí solas, sino que buscan alguna estructura para enredarse.
- Estrato epifítico: éste tipo de estrato se encuentra constituido por líquenes, promusgos y helechos.

#### ✓ **DENSIDAD**

Según Morales y Carrillo, (2016) la densidad de la cobertura vegetal también es conocida como la extensión de la misma ya que esta es la relación entre la vegetación y el suelo.

De acuerdo a Díaz (2013), para determinar la densidad de la vegetación arbórea se utiliza las ecuaciones de densidad absoluta y densidad relativa, ya que éste estrato tiene la propiedad que es medible y contable, a diferencia de los estratos



herbáceos, arbustivos, entre otros. Debido a ello se utiliza las siguientes ecuaciones:

### Densidad absoluta (D)

$$\text{Densidad absoluta (D)} = \frac{\text{n}^\circ \text{ total de individuos por especie}}{\text{total del área muestreada}} \quad [2.4]$$

### Densidad relativa (DR)

$$\text{Densidad relativa (DR)\%} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de individuos por especie}}{\text{n}^\circ \text{ total de individuos}} * 100 \quad [2.5]$$

Para valorar la densidad de estratos herbáceos o arbustos bajos se utiliza el método establecido por Martella, *et al.*, (2012) la cual consiste en realizar puntos de intercepción, por encima de una línea, la cual se crea con una cinta se realiza una serie de puntos, los cuales se los apoya por medio de una varilla que ha sido previamente dividida en porciones, para este caso se debe de efectuar cada 5 cm, para así sectorizar distintas alturas. Después se obtiene el porcentaje de cubierta vegetal mediante la utilización de la siguiente ecuación:

### Porcentaje de cubierta vegetal (Cob x)

$$\text{Cob (x)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de toques en x}}{\text{total de toques}} * 100 \quad [2.6]$$

Donde:

X = estrato

### ✓ INTERCEPTACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN

La interceptación de la precipitación es la cantidad de agua que se posa sobre las hojas, ramas y troncos de la vegetación, esa cantidad de agua se evapora de nuevo y regresa a la atmósfera (López, *et al.*, 2017). También se puede definir como la manera en que el agua de lluvia, rocío, granizo entre otros, quedan retenidas en las partes externas de la cobertura vegetal (Rodríguez y Schnabel, 1998).

Las características y estructura de la vegetación forman un papel importante en la cantidad y dinámica del proceso de interceptación ya que estas particularidades ayudan a la retención de las aguas precipitadas en un área

determinada (López, *et al.*, 2017). El fragmento aéreo de la cobertura vegetal actúa como barrera, ya que intercepta el agua precipitada y varía la influencia y distribución de las precipitaciones (Rodríguez y Schnabel, 1998).

Para determinar la interceptación de la precipitación que se da en la cobertura vegetal se utiliza el método de Horton, el cual manifiesta que se debe de estimar el volumen interceptado por la vegetación, partiendo de la precipitación total, ya que, de acuerdo a López, *et al.*, (2017) la interceptación de precipitación o interceptación de la vegetación se encuentra relacionada íntimamente con el tipo de cobertura vegetal, es por ello, que Horton (1919), ha establecido la siguiente ecuación para lograr instaurar la interceptación de la vegetación:

### Interceptación de la precipitación por la vegetación ( $I_s$ )

$$I_s = S_d + \gamma P_d \quad [2.7]$$

Donde:

$I_s$  = Interceptación de la precipitación por la vegetación.

$S_d$  = Capacidad de almacenamiento del dosel de la vegetación.

$\gamma$  = Coeficiente de altura de la vegetación.

$P_d$  = Precipitación total que recibe el dosel.

López, *et al.*, (2017) establece los diferentes tipos de cubierta vegetal con la capacidad de almacenamiento que tiene los diferentes tipos de vegetación, asimismo menciona el coeficiente de altura de la misma.

**Cuadro 2. 4.** Método de Horton

Tipo de cubierta vegetal	$S_d$ (mm)	$\gamma$
Bosques densos	1,27	0,18
Bosques claros	1,02	0,18
Vegetación herbácea	1,67	0,49
Pastos	1,67	0,33
Huertos	1,02	0,18
Cereales (Trigo, arroz)	0,42	0,16

### ✓ PRESENCIA DE MULCH

El mulch o la cubierta vegetal muerta también se le denomina rastrojos, los cuales son todos los residuos vegetales que se encuentran en el suelo, estos

son eficaces para contrarrestar la erosión del suelo provocada por la disminución de la cobertura vegetal arbórea y por el impacto de las precipitaciones, este tipo de cobertura vegetal también ayuda a proveer de minerales esenciales en el suelo y por ende beneficia a la cobertura de mayor tamaño que se encuentra sobre éste (Ministerio de Agricultura y riego de Perú, 2011).

De acuerdo a González (2012), se puede determinar la cantidad de mulch localizada en una zona, por medio del cálculo de altura de éste tipo de cobertura, ya que cuando se tiene un promedio  $\geq 10$  cm de mulch se considera que es un indicador de contenido alto, mientras que cuando se encuentra  $\leq 5$  cm hasta los 3 cm es un indicador medio y cuando se encuentra menor a 3 cm indica que la cantidad de mulch para la protección del suelo es bajo. Cabe indicar que el mulch comúnmente se localiza en suelos desnudos y éstos lo protegen de las posibles erosiones provocadas por las acciones climáticas como el viento o precipitaciones, para determinarlo es necesario realizar una visita in situ para así conocer la altura de la materia orgánica presente en el área de estudio.

#### ✓ **ECOSISTEMAS ESPECIALES**

Gómez (2003), menciona que los ecosistemas con características especiales son grupos de colectividades de seres vivos habitan en un mismo espacio, ya que por sus características físico-químicas constituyen biotopos donde coexisten las relaciones interespecíficas de cada especie las cuales se acoplan a un medio específico.

Ramos y García (2015), mencionan que para las investigaciones de determinación de la protección hidrológica que brinda la vegetación, se consideran tres tipos de ecosistemas, los cuales están determinados por diferentes características, entre las cuales encontramos las siguientes:

1. Ecosistema zona seca: estos ecosistemas se encuentran determinados por la falta de agua, comúnmente se encuentran las tierras de cultivos, aunque la escasez de agua restringe la producción de cultivos, madera y otros servicios ambientales. Existen cuatro sub clasificaciones en este ecosistema los cuales son; zonas sub-húmedas secas, semiáridas, áridas e hiperáridas,

2. Ecosistemas plantados: este tipo de ecosistemas se caracterizan por tener simetría, ya que las especies han sido cultivadas con una distancia igual y manejan un máximo de dos especies en un área. Estos ecosistemas pueden ser bosques plantados, los cuales ayudan a la captación de carbono.
3. Ecosistemas de altura reconocida con importancia hidrológica: los ecosistemas que se encuentran en esta clasificación ayudan a regular el ciclo hidrológico, principalmente se encuentran toda clase de bosque que cuenten con una altura superior a los 15 metros, ya que son grandes servidores ecosistémicos y otorgan protección hídrica.

✓ **TIPO DE VEGETACIÓN**

La vegetación es la cobertura de flora natural o la dada por influencia del hombre, las cuales crecen y habitan en la superficie terrestre y convergen en un ecosistema, el tipo de vegetación viene dado de acuerdo con varios factores como el clima ya que dependiendo de este, van a tener las características morfológicas de cada una de ellas, se conoce que dependiendo de la vegetación que existe en un área se puede denominar al clima que se localiza allí, de ahí la importancia de cada tipo de vegetación (Aldás, 2013).

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México (2009), los tipos de vegetación se los puede diferenciar en tres categorías, las mismas que se presentan a continuación:

1. Temporal: El ciclo vegetal de este tipo de vegetación viene dado por el periodo de lluvias, depende principalmente de las precipitaciones, aquí se encuentran los cultivos de ciclo corto como las gramíneas y leguminosas.
2. Anual: Su ciclo vegetal no se extiende más de 12 meses, entre esta categoría se encuentran principalmente cultivos de yuca y pastizales.
3. Perenne: El ciclo vegetal de este tipo de cobertura es superior a 10 años, aquí se encuentran especialmente los árboles maderables, arbustos y ciertos cultivos frutales como el coco, mango, mandarina, limón, entre otros.

## ✓ GRADO DE INTERVENCIÓN

El grado de intervención que tenga la cobertura vegetal engloba una serie de dificultades ya que actúa sobre los procesos de infiltración del suelo y la evapotranspiración, así como la capacidad de las raíces, esto aumenta el riesgo de deslizamientos, se conoce que en una zona menos intervenida va a existir menos riesgo de deslizamientos y erosión del suelo, debido al efecto protector que ofrece la cobertura vegetal (Corina, Martínez y Vilorio, 2016).

Para conocer el nivel de intervención de un tipo de cobertura vegetal Aguirre (2013), ha establecido la siguiente escala que va desde 1 con un nivel de intervención alto o severo hasta 3 que es una intervención baja o escasa, también establece los diferentes tipos de intervención que pueden tener la cobertura vegetal (Ver cuadro 2.5).

**Cuadro 2. 5.** Grado de intervención

TIPO DE COBERTURA	TIPO DE INTERVENCIÓN					GRADO DE INTERVENCIÓN		
	Cambio de uso de suelo	Pastoreo	Quema o incendios	Venta de madera	Extracción de especies	1	2	3

Una vez determinado cada criterio Rojas (2003), establece una puntuación para cada criterio, en una lista de chequeo con diversos indicadores, cada uno con una puntuación que va desde 1 hasta 3, para así lograr establecer la protección hidrológica otorgada por la cobertura vegetal (Ver cuadro 2.2).

**Cuadro 2. 6.** Lista de chequeo para obtener el IPH de Rojas, (2003).

CRITERIO	INDICADOR	PUNTAJACIÓN
ESTRUCTURA	1 a 2 estratos	1,0
	1 a 3 estratos	2,0
	3 o más estratos: arbóreo, arbustivo, herbáceo y epifitas	3,0
DENSIDAD	Baja	1,0
	Media	2,0
	Alta	3,0
INTERCEPTACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN	Baja	1,0
	Media	2,0
	Alta	3,0
PRESENCIA DE MULCH	Baja	1,0
	Media	2,0

	Alta	3,0
<b>ECOSISTEMAS ESPECIALES</b>	Ecosistema zona seca	1,0
	Ecosistema plantados	2,0
	Ecosistemas de altura de reconocida importancia hidrológica	3,0
<b>TIPO DE VEGETACIÓN</b>	Temporal	1,0
	Anual	2,0
	Perenne	3,0
<b>GRADO DE INTERVENCIÓN</b>	Alto	1,0
	Medio	2,0
	Bajo	3,0

### 2.3.1.2. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA (IPH)

De acuerdo con lo establecido por Romero y Ferreira (2010), para determinar el Índice de Protección Hidrológico Total (IPH) se realiza primero el cálculo del IPH por unidad de vegetación, en el cual dependiendo de cuantos transectos se ejecutaron en cada cobertura vegetal, se procede a sumar y promediar los valores de IPH:

#### Índice de Protección Hidrológico por Unidad de vegetación (IPH UV)

$$IPH_{UV} = \sum IPH \quad [2.8]$$

Consecuentemente se determina el Índice de Protección Hidrológico parcial (IPP) el cual se obtiene multiplicando el IPH UV por el porcentaje de la superficie de cada unidad vegetal:

#### Índice de Protección Hidrológico Parcial (IPP)

$$IPP = IPH_{UV} * \%_{UV} \quad [2.9]$$

Una vez calculado el Índice de Protección Hidrológico Parcial (IPP) se suman todos los valores y se obtiene así el IPH total de la cuenca:

#### Índice de Protección Hidrológico Total (IPH<sub>t</sub>)

$$IPH_t = \sum IPP \quad [2.10]$$

### 2.3.1.3. CATEGORIZACIÓN DE LA APTITUD HÍDRICA

Ortega, (2016) establece que con los valores relativos que expresan el IPH se puede diferenciar los diversos grados de protección hidrológica que se presentan

en cada tipo de cobertura vegetal, también se puede decir que las coberturas con valores de 1 tienen mayor prioridad ya que presentan una mayor capacidad de captar y almacenar agua y de disminuir la erosión hídrica.

Por otra parte, Gil (1985), exhibe que con el valor de IPH se obtiene la condición que tiene cada cobertura vegetal y de la cuenca, cuyos rangos van desde muy mala, hasta muy buena (Ver cuadro 2.3).

**Cuadro 2. 7.** Condición de Índice de Protección Hidrológica (IPH), (Gil, 1985).

<b>IPH</b>	<b>CONDICIÓN</b>
1,0	Muy buena
0,8 – 0,99	Buena
0,6 – 0,79	Moderadamente buena
0,4 – 0,59	Regular
0,2 – 0,39	Moderadamente mala
0,1 – 0,19	Mala
0,0 – 0,09	Muy mala

Beltrán y Jaramillo (2007), establecen que con los valores de IPH calculados también se logra obtener la importancia que tiene la cobertura vegetal en la protección hídrica que tiene la cuenca, el rango va desde una protección muy baja hasta muy alta, y la aptitud que tiene la vegetación para suministrar el servicio hidrológico según sea el estado de protección de ésta, el rango va desde recuperación/regeneración hasta conservación (Ver cuadro 2.4).

**Cuadro 2. 8.** Rangos de IPH para medir la aptitud del área de estudio (Beltrán y Jaramillo, 2007)

<b>RANGOS IPH</b>	<b>IMPORTANCIA</b>	<b>APTITUD</b>
0,00 – 0,20	Muy baja/nula	Recuperación/Regeneración
0,30 – 0,40	Baja	Recuperación
0,50 – 0,60	Media	Protección
0,70 – 0,80	Alta	Conservación
0,90 – 1,00	Muy alta	Conservación

## **2.4. ÍNDICE TOPOGRÁFICO DE HUMEDAD (ITH)**

Roa y Kamp (2012), establecen que éste índice está ligado a la humedad edáfica y refleja la predisposición del suelo para generar escorrentías, debido a que las celdas con mayor humedad son más propensas a saturarse, por lo que las aguas precipitadas tienden a convertirse en escorrentía más fácilmente. Por su parte, Obarca (2010), manifiesta que el ITH es una variable que muestra la predisposición de una celda para almacenar agua, éste es afín con la humedad del suelo, ya que como resultado de su configuración topográfica y edáfica los sitios con mayor valor del índice pueden llegar a formar escorrentía.

Según Roa y Kamp (2012) la información topográfica se logra obtener del Modelo de Elevación Digital (MED), el cual ofrece la ventaja de que la información se encuentra distribuida, es espacialmente continua y se puede transformar, teniendo que ser exacta y con una escala legible, de esto depende la precisión del índice.



## CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

### 3.1. UBICACIÓN

La presente investigación se realizó en el sitio Brisas el cual se encuentra en la Parroquia Quiroga ubicada en el Cantón Bolívar, provincia de Manabí, específicamente en las coordenadas 0°53'23.28" de latitud Sur y a 80° 5'44.81" de longitud Oeste.

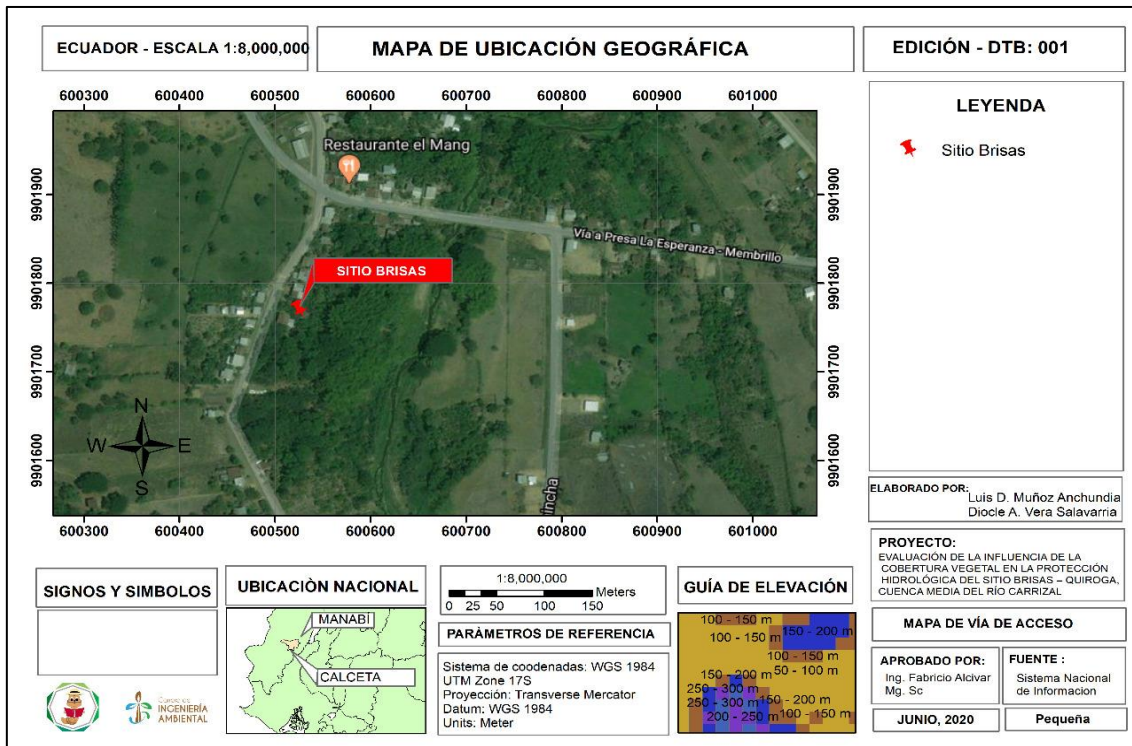


Figura 3. 1. Imagen satelital de la ubicación del proyecto, obtenida del sistema Nacional de información geográfica.

### 3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO

La investigación se elaboró en dos periodos, el primero estuvo compuesto por la planificación (proyecto de titulación) y el segundo periodo se dio la ejecución del trabajo de titulación (fase de desarrollo), cada periodo estuvo comprendido por una duración de seis meses.

### 3.3. VARIABLES DE ESTUDIO

#### 3.3.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Protección hidrológica.

#### 3.3.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Cobertura vegetal.

### **3.4. MÉTODOS Y TÉCNICAS**

#### **3.4.1. MÉTODOS**

Para esta investigación se utilizó el método cuantitativo en el cual se tomó, organizó y analizó los resultados obtenidos a partir de la recolección de los datos, y se pudo describir las causas o el porqué del problema a partir de las variables estudiadas (Monje, 2011).

#### **3.4.2. TÉCNICAS**

**OBSERVACIÓN DIRECTA:** Dentro de la visita del área de estudio se utilizó la observación con la cual se analizó las características del sitio con el fin de obtener información para el desarrollo de la investigación, siendo de vital importancia el reconocimiento de esta y para hacer visible la realidad de la investigación (Berguría, 2010).

**BIBLIOGRÁFICA:** Se empleó estrategias bibliográficas donde se manejó información establecida por diferentes autores o instituciones, con el fin de referenciar un dato importante en la información. Se tomó como herramientas: libros, revistas científicas, noticias, tesis o documentos electrónicos (Maya, 2014).

**SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG):** estos sistemas se utilizaron para el procesamiento de la información geográfica; los cuales son sistemas orientados a la gestión de datos espaciales que constituyen la herramienta informática más adecuada y extendida para la investigación y el trabajo profesional en Ciencias de la Tierra y Ambientales (Olaya, 2009).

### **3.5. PROCEDIMIENTOS**

#### **3.5.1. FASE I. PONDERACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL EXISTENTE EN EL SITIO BRISAS – QUIROGA, CUENCA MEDIA DEL RÍO CARRIZAL**

Para la realización de esta fase se procedió a realizar las siguientes actividades:

##### **ACTIVIDAD 1. IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

Para el desarrollo de la actividad en primera instancia se siguió lo establecido por (Valdéz, González, y Santos, 2006), en el cual manifiestan que para la

identificación del área de estudio se analizó los mapas satelitales actualizados, para así visualizar satelitalmente áreas con mayor cobertura vegetal y los usos de suelo que se localizaron en las riberas del sitio Brisas – Quiroga, cuenca media del río Carrizal (Ver anexo 1-A).

Para la visualización satelital de múltiples cartografías de las áreas con mayor abundancia de cobertura vegetal se empleó el Software Google Earth Pro, y para conocer el uso de suelo se utilizó el software ArcMap 10.4.1 (Romero y Ferreira, 2010).

## **ACTIVIDAD 2. GEO-REFERENCIACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

En esta actividad se procedió a visitar los sectores aledaños del sitio Brisas, en el cual se delimitaron la zona con la ayuda de un GPS con el que se tomaron las coordenadas de los puntos de muestreo (Ver anexo 1-B).

## **ACTIVIDAD 3. APLICACIÓN DE TRANSECTOS**

Para la ejecución de los transectos se tomó en consideración lo establecido por (Romero y Ferreira, 2010), los cuales mencionan que se debió de instaurar parcelas compuestas por tres transectos radiados de 50 m de largo, ubicadas a 120° una de otra como se aprecia en la figura 2.1 (Ver anexo 1-C).

Para almacenar la información de los transectos se utilizó la ficha de observación propuesta por FAO (2009), en la cual se detallaron los datos básicos de la toma de transectos (Ver anexo 2).

### **3.5.2. FASE II. DETERMINACIÓN DE LA PROTECCIÓN HIDROLÓGICA CON BASE EN EL “ÍNDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA”**

En esta fase se realizaron las siguientes actividades:

#### **ACTIVIDAD 4. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA (IPH)**

Para realizar el cálculo del IPH se empleó el cuadro 2.1 de Índice de Protección Hidrológica adoptado por Beltrán y Jaramillo, (2007), en el cual se presenta los símbolos para cada tipo de cobertura vegetal y los rangos del IPH, los cuales van desde una protección máxima de 1 y una protección nula que llega a 0.

Para determinar el IPH fue necesario tomar en cuenta los 7 criterios propuestos por Rojas (2003), en el cual se establece el siguiente procedimiento para determinar cada uno de ellos:

- Estructura: de acuerdo a Hernández, *et al.*, (2011), con la ecuación 2.1. se determinó el CAP para poder calcular el DAP de la vegetación arbórea y así también se calculó el área basal por medio de la ecuación 2.2. Para las investigaciones de IPH se toma en cuenta los estratos de las especies identificadas, es por ello que se utilizó la clasificación brindada por Aramburu y Escribano (2006) y la metodología dada por Díaz (2019) en la cual se establece que cuando existan de 1 a 2 estratos se le dará una puntuación de 1, cuando existen de 1 a 3 estratos se le otorga una puntuación de 2 y cuando existen más de 3 estratos se le asigna la puntuación de 3.
- Densidad: se utilizó la ecuación 2.4 para determinar la densidad absoluta del estrato arbóreo y la ecuación 2.5 para la densidad relativa dada en porcentajes. Para calcular la cubierta vegetal de los demás estratos vegetales se utilizó lo establecido por Martella, *et al.*, (2012) en la ecuación 2.6. donde manifiesta que cuando la densidad es menor al 33% se le da la puntuación de 1, cuando esta llega hasta el 66% se considera una puntuación medio de 2, si la densidad es superior a 66% es una puntuación alta con 3.
- Interceptación de la precipitación por la vegetación: según López, *et al.*, (2017) el modelo mayormente aceptado para efectuar éste tipo de cálculo es el de Horton, ya que éste ha establecido la ecuación 2.7. donde se determinó la capacidad de almacenamiento del dosel de la vegetación y el coeficiente de altura de la vegetación. Cabe mencionar que la precipitación utilizada fue adquirida de los datos de la estación meteorológica M1230 ESPAM "MFL" CALCETA del mes de junio del año 2020, ya que en esas fechas se realizó el muestreo en el campo.
- Presencia de mulch: según González (2012), el mulch se determina por medio del cálculo de altura de éste tipo de cobertura, ya que cuando se tiene un promedio  $\geq 10$  cm de mulch se considera que es un indicador de contenido alto y se le otorga el valor de 3, cuando se encuentra  $\leq 5$  cm

hasta los 3 cm es un indicador medio y se le da el valor de 2, cuando se encuentra menor a 3 cm indica que la cantidad de mulch para la protección del suelo es bajo con una puntuación de 1. Se debe acudir a la zona de estudio y por medio de una cinta métrica se determina la altura por cada estrato identificado. En el proceso se determinó la presencia del mulch en el mismo instante que se calculó la densidad de los estratos con altura baja, por medio de los toques.

- Ecosistemas especiales: Ramos y García (2015) estableció la clasificación de que los ecosistemas especiales son; ecosistemas zona seca al cual se le da la puntuación de 1 que considera bajo, los ecosistemas plantados es una puntuación media con 2 y los ecosistemas de altura de reconocida con importancia hidrológica llevan una puntuación alta con 3.
- Tipo de vegetación: el Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México (2009), establece la clasificación de vegetación temporal con una puntuación de 1 lo cual es bajo, cuando es medio con 2 es la vegetación anual y por último se menciona a la vegetación perenne con una puntuación alta con un valor de 3.
- Grado de intervención: Aguirre (2013), ha establecido la siguiente escala que va desde 1 con un nivel de intervención alto o severo la cual se da si existen de 4 a 5 tipos de intervención, cuando es medio se consideran tres tipos de intervención con una puntuación de 2 y cuando se da una intervención baja o escasa se le otorga el valor de 3 con 1 o 2 tipos de intervención.

Posteriormente se consideró el procedimiento establecido por Rojas (2003), en el cuadro 2.2. donde se presentan los 7 criterios, donde la suma de estos da el valor del IPH. En el cual primero se verificó el tipo de cobertura vegetal que existe en el lugar de estudio y se comparó con el cuadro 2.1, después se procedió a darle valor a cada criterio para cada cobertura vegetal, por medio de la ficha de observación (Ver anexo 2), a continuación, se dividió los rangos de IPH para la suma de los criterios, obteniendo así un IPH por transecto. Para efectuar el cálculo del IPH-punto se deduce sacando un promedio del IPH que se obtuvo por cada transecto (Coronel, 2008). A continuación, se determinó el IPH por

Unidad de Vegetación (UV) por punto, el cual se calculó por medio de la suma del IPH por transecto, como se muestra en la ecuación 2.1.

Tomando en cuenta lo establecido por Beltrán y Jaramillo (2007), los cuales mencionan que por medio de los 7 criterios otorgados por Rojas (2003) se realiza la categorización de la condición hídrica de la cuenca y se consideró lo establecido por Gil (1985) en el cual se verifica la condición en la que se encuentra cada estrato vegetal cuyo rango se encuentra desde 0 (muy mala), hasta 1 (muy buena) (Ver cuadro 2.3). Para determinar la importancia hídrica de cada estrato vegetal se consideró lo establecido por Beltrán y Jaramillo (2007) donde intervienen los rangos de muy baja/nula hasta una importancia muy alta, también se categoriza la aptitud hídrica el cual permite determinar la capacidad de las coberturas vegetales para realizar apropiadamente la función hídrica dentro de la cuenca estudiada, para conocer cual es la aptitud de cada cobertura vegetal se considera la suma de los criterios y se visualiza los rangos que se encuentran en el cuadro 2.4 donde se detallan los rangos que van desde una aptitud de recuperación hasta un rango de conservación.

Consecutivamente se utilizó lo establecido por Roa y Kamp (2012) donde se realizó la valoración hidrográfica establecida en topografía por medio de la utilización de un Modelo de Elevación Digital (MED) la cual permitió establecer el Índice Topográfico de Humedad (ITH) dentro de un mapa SIG (Sistema de Información Geográfica) el cual presenta los niveles de altitud, teniendo en cuenta que mientras más elevación exista en un área, menor será la cantidad de Celdas Drenantes Acumuladas (CDA). Para la realización de esto fue necesario el uso del MED el cual resulta de la digitalización de un mapa topográfico de humedad del área de estudio, realizado en el software ArcGis 10.4.1. en éste se mostró la altitud del área para identificar los sitios con potencial de acumulación de humedad.

## **ACTIVIDAD 5. ELABORACIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS**

Después de determinar los valores del IPH de las laderas del sitio Brisas, se procedió a la elaboración de mapas temáticos, los cuales mostraron de forma más precisa los datos obtenidos en la investigación, los mapas se los realizó en el software ArcGis 10.4.1.

### **3.5.3. FASE III. PROPONER POLÍTICAS Y ESTRATEGIAS DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL**

Para el desarrollo de esta fase se realizaron las siguientes actividades:

#### **ACTIVIDAD 6. BÚSQUEDA DE ESTRATEGIAS DE MANEJO Y CONSERVACIÓN**

Se efectuó una búsqueda detallada de las alternativas más viables para el manejo y conservación de la cobertura vegetal que existe en el sitio Brisas, para así evitar el incremento de la pérdida de vegetación en el área de estudio.

#### **ACTIVIDAD 7. FORMULAR UN PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN PARA EL MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL**

Se desarrolló un plan de prevención y mitigación con las medidas que se pueden adoptar, para evitar los riesgos por la erosión por la baja, o alta protección que exista en el área de estudio, esto dependiendo de los resultados que se lograron en el índice de protección hidrológica.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. PONDERACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL EXISTENTE EN EL SITIO BRISAS – QUIROGA, CUENCA MEDIA DEL RÍO CARRIZAL

La ponderación de la cobertura vegetal existente en el sitio Brisas – Quiroga se la realizó para establecer los estratos vegetales que existen en la zona de estudio, para ello se identificó el área a investigar con mapas de uso de suelo obtenido del Sistema Nacional de Información Geográfica en el cuadro 4.1. se visualiza los usos de suelo en la parroquia Quiroga, los cuales son 4, sin embargo, en la zona de estudio tan sólo se reconoce la existencia de un uso de suelo.

**Cuadro 4. 1.** Usos de suelo del sitio Brisas

TIPOS DE USOS DE SUELO	ÁREA (ha)	%
70% CULTIVOS CICLO CORTO CON 30% PASTO NATURAL	114,418942	2,1411156
50% FRUTALES CON 50% PASTOS CULTIVADOS	1978,49275	37,0234301
70% FRUTALES CON 30% BOSQUE INTERVENIDO	1346,1734	25,1908715
100% ARBORICULTURA TROPICAL	1904,80862	35,6445828
<b>TOTAL</b>	<b>5343,89371</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Sistema Nacional de Información Geográfica

Por medio de la visita in situ del área de estudio, se constató la existencia de un cambio de uso de suelo prominente, esto se debe a la expansión de los suelos agrícolas y ganaderos que de acuerdo con Alcívar, Hidalgo, Montesdeoca y Zamora (2017) actualmente los suelos montañosos de la parroquia Quiroga han sido deforestados para crear ambientes que provean a la población de alimentación, ya que estos tienen diversas características benéficas como la caída de precipitaciones que cubren dichos terrenos, lo que ayuda al desarrollo de los cultivos y de alimento para el ganado.

Según el GAD parroquial de Quiroga (2019), en esta zona día con día se aprecia un cambio en el uso de suelo, donde las zonas que mayormente se ven afectadas son las que se encuentran cerca de un cuerpo de agua y a un relieve bajo, ya que por el aumento poblacional se necesita suplir las necesidades



económicas, sociales y ambientales, por lo que el área de estudio se encuentra en alta vulnerable.

Debido a lo visualizado en la visita in situ, se realizó la investigación con los usos de suelo que se ubicaron en la misma (Ver anexo 3-A), ya que de acuerdo con (Toasa, 2015) para este tipo de estudio se necesita de un reconocimiento exhaustivo del lugar para así tener la información actualizada, por ello, en el cuadro 4.2. se presenta la cobertura vegetal encontrada en la zona de estudio.

**Cuadro 4. 2.** Cobertura vegetal del sitio Brisas

COBERTURA VEGETAL	ÁREA (ha)	%
Zona boscosa	35	22
Vegetación herbácea	36,6	23
Tierras cultivadas	85,4	54
<b>TOTAL</b>	157	100

**Fuente:** Los autores

Después de realizar el reconocimiento del lugar y por la falta de acceso, se desarrollaron 3 transectos radiados de 50 m de largo, ubicados a 120° una de otra, los cuales se distribuyeron aleatoriamente uno en cada estrato identificado.

De acuerdo con Cruz (2000) es necesario realizar un muestreo aleatorio estratificado donde se separa en subgrupos los estratos que tengan cierta uniformidad en sus características físicas, así también Gonsalves (2006), manifiesta que los transectos que se utilizan en este tipo de estudio destacan la diversidad de ambientes dentro de un área determinada y muestran la información y datos necesarios para lograr la ejecución de los objetivos.

Consecuentemente se realizó la geo-referenciación de los puntos de muestreo ya que según Araya (2009) esto se debe de realizar ya que es considerada una herramienta fundamental en investigaciones de muestreo de cobertura vegetal, concordando con Resende y Coelho (2012), establecen que aunque se presente diversos inconvenientes con el clima a la hora de toma de coordenadas, actualmente se cuenta con sistemas tecnológicos avanzados que ayudan a establecer la ubicación geográfica real del punto estudiado.

Partiendo de lo anterior, se establecieron los puntos con sus respectivos transectos, coordenadas y la altitud que presentaban cada uno de ellos (cuadro 4.3).

**Cuadro 4. 3.** Coordenadas de los transectos radiados

PUNTO	TRANSECTO	COORDENADAS		ALTITUD (m)
		X	Y	
1	A	598739	9899133	124
	B	598716	9899158	128
	C	598706	9899178	120
2	A	598998	9899699	83
	B	598939	9899668	90
	C	598938	9899758	69
3	A	599460	9900467	62
	B	599494	9900530	59
	C	599511	9900456	54

Fuente: Los autores

#### **4.2. DETERMINACIÓN DE LA PROTECCIÓN HIDROLÓGICA CON BASE EN EL “ÍNDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA”**

La determinación de la protección hidrológica que brindan las diferentes coberturas vegetales encontradas en el sitio Brisas - Quiroga, cuenca media del río Carrizal se la efectuó para establecer la aptitud hídrica que brindan cada estrato vegetal encontrado en la zona de estudio. Se la determinó por medio de la utilización de 7 criterios con valores otorgados por Rojas (2003), dependiendo de la cobertura vegetal muestreada.

En el cuadro 4.4. se muestra los parámetros para la estructura arbórea establecidos por Hernández, *et al.*, (2011) en la cual se realizó el cálculo del promedio del CAP, y dividiendo éste valor para  $\pi$  (3,1416) se obtuvo el DAP, y a su vez el área basal. También se aprecia cada especie identificada en los transectos efectuados. Se visualiza un total de 176 individuos arbóreos, en el cual el transecto con mayor número de individuos es el 1-B con 42, lo que hace visible que se trata de una cobertura vegetal de bosque denso, ya que de acuerdo con la FAO (2010), ésta vegetación se encuentra formada por árboles altos, que superan los 30 metros de altura y tienen un DAP superior a los 10 cm. Mientras tanto el transecto con menor cantidad de individuos es el 2-B con 5,

esto se debe a que es un lugar que se encuentra cubierto mayoritariamente por ganado, lo cual hace que las especies requeridas para su alimentación sean los pastos (Valerio, 2011).

**Cuadro 4. 4.** Parámetros de las especies arbóreas

PUNTO	Transecto	Nombre común	Nombre científico	Promedio CAP (cm)	Promedio DAP (cm)	Promedio Área basal	Nº Total de individuos	Nº de individuos por transecto
1	A	Caucho	<i>Hevea brasiliensis</i>	50,6	16,11	217,20	15	51
		Guarumo	<i>Cecropia peltata</i>	48,75	15,52	207,06	17	
		Moral Fino	<i>Maclura tinctoria</i>	57,27	18,23	290,85	11	
		Fernán Sánchez	<i>Triplaris cumingiana</i> <i>Fisch</i>	46	14,64	179,84	2	
		Guasmo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	58	18,46	267,70	6	
	B	Guasmo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	49,21	15,67	223,22	14	78
		Moral Fino	<i>Maclura tinctoria</i>	55	17,51	250,59	9	
		Caucho	<i>Hevea brasiliensis</i>	49,67	15,81	202,18	6	
		Fernán Sánchez	<i>Triplaris cumingiana</i> <i>Fisch</i>	54,25	17,27	237,82	21	
		Membrillo	<i>Cydonia oblonga</i>	39	12,41	121,51	12	
	C	Beldaco	<i>Pseudobombax millei</i>	58	18,46	267,78	16	43
		Caucho	<i>Hevea brasiliensis</i>	81,75	26,02	534,46	14	
		Fernán Sánchez	<i>Triplaris cumingiana</i> <i>Fisch</i>	74,17	23,61	464,67	12	
		Membrillo	<i>Cydonia oblonga</i>	41,50	13,21	137,55	8	
	2	A	Beldaco	<i>Pseudobombax millei</i>	59	18,78	277,01	9
Guarumo			<i>Cecropia peltata</i>	39,75	12,65	127,10	4	
Pela caballo			<i>Leucaena trichoder</i>	24	7,64	48,44	3	
B		Pela caballo	<i>Leucaena trichoder</i>	44,50	14,16	159,19	2	5
		Beldaco	<i>Pseudobombax millei</i>	39,33	12,52	127,48	1	
		Aguacate	<i>Persea americana</i>	42	13,37	140,37	2	
C		Beldaco	<i>Pseudobombax millei</i>	39,33	12,52	127,48	3	6
		Guarumo	<i>Cecropia peltata</i>	42,50	13,53	143,76	2	
		Aguacate	<i>Persea americana</i>	36	11,46	103,13	1	
3	A	Zapote	<i>Pouteria sapota</i>	98,00	31,19	764,26	1	40
		Limón	<i>Citrus limon</i>	35,00	11,14	97,48	36	
		Aguacate	<i>Persea americana</i>	32,00	10,19	81,49	3	
	B	Limón	<i>Citrus limon</i>	26,00	8,28	53,79	21	22
		Aguacate	<i>Persea americana</i>	35,00	11,14	97,48	1	
	C	Limón	<i>Citrus limon</i>	18,00	5,73	25,78	13	13
	<b>TOTAL DE INDIVIDUOS</b>							176

El cuadro 4.5. se presenta los parámetros brindados por Hernández, *et al.*, (2011), donde se especifica las especies perteneciente a los estratos arbustivas, herbáceas, entre otros, ya que éstas se deben de identificar por las características físicas de la vegetación. Se observa que el estrato predominante es el herbáceo, ya que se encuentra en ocho de los nueve transectos efectuados, esto se debe a que éste tipo de estrato se localiza en la mayoría de los bosques, proveyendo de nutrientes y alimentos a diversas especies de fauna, también interviene en el ciclo de agua (Madrigal y Vargas, 2016). También se aprecia que el estrato que se encuentra en menos transectos es el estrato escandente debido a que este tipo de especies son muy diversos y abundantes, sin embargo, en lugares donde se encuentren sólo especies herbáceas se dificulta el crecimiento de estas (Cabanillas y Hurrel, 2012).

**Cuadro 4. 5.** Parámetros de especies arbustivas, herbáceas, escandente, muscinal.

PUNTO	Transecto	Nombre común	Nombre científico	Estrato
1	A	Uña de gato	<i>Uncaria tomentosa</i>	E. escandente
		Musgos	<i>Bryophyta</i>	E. muscinal
		Pasto saboya	<i>Panicum máximum</i>	E. herbáceo
		Helechos	<i>Tracheophyta</i>	E. epifítico
	B	Cordoncillo	<i>Piper aduncum</i>	E. arbustivo
		Liana común (trepadora)	<i>Malpighiaceae</i>	E. escandente
		Helechos	<i>Tracheophyta</i>	E. epifítico
		Musgos	<i>Bryophyta</i>	E. Muscinal
		Capulí	<i>Prunus serotina</i>	E. arbustivo
	C	Pasto saboya	<i>Panicum máximum</i>	E. herbáceo
		Musgos	<i>Bryophyta</i>	E. muscinal
		Liana común	<i>Malpighiaceae</i>	E. escandente
2	A	Caña de azúcar	<i>Saccharum officinarum</i>	E. herbáceo
		Pasto saboya	<i>Panicum máximum</i>	E. herbáceo
		Pasto común	<i>Brachiaria decumbens</i>	E. herbáceo
		Helechos	<i>Tracheophyta</i>	E. epifítico
	B	Mandarina	<i>Citrus reticulata</i>	E. arbustivo
		Pasto saboya	<i>Panicum máximum</i>	E. herbáceo
		Pasto común	<i>Brachiaria decumbens</i>	E. herbáceo
		Artemisa	<i>Artemisia vulgaris</i>	E. herbáceo
	C	Pasto saboya	<i>Panicum máximum</i>	E. herbáceo
		Pasto común	<i>Brachiaria decumbens</i>	E. herbáceo
		Helechos	<i>Tracheophyta</i>	E. epifítico
	3	A	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>
Musgos			<i>Bryophyta</i>	E. muscinal
Arroz			<i>Oryza sativa</i>	E. herbáceo
B		Fréjol	<i>Phaseolus vulgaris</i>	E. herbácea
		Maíz	<i>Zea mays</i>	E. herbáceo
C		Pasto saboya	<i>Panicum máximum</i>	E. herbáceo

Seguidamente en el cuadro 4.6. se establece por medio de las características físicas de la cobertura los tipos de vegetación que se localizan en el sitio Brisas – Quiroga, así como la puntuación dada por Rojas (2003), en la cual menciona que si existe de 1 a 2 estratos la puntuación será de 1, cuando se tiene la presencia de 1 a 3 estratos se le otorgará un valor de 2 y por último cuando existen más de tres estratos se le dará la puntuación de 3.

Se observa que el punto con mayor número de estratos es el 1 ya que éste se encuentra provisto por especies de bosques claros y densos, en la cual este tipo de especies son fuentes servicios ecosistémicos como el mantenimiento de los reservorios de agua, intervienen en el ciclo hidrológico, así como también regulan el clima y capturan el carbono (FAO, 2013). Asimismo, se muestra que el punto con menor puntuación es el 3, debido a que se encuentra provisto de especies cultivadas, la cual tiene gran porcentaje de actividades antrópicas, lo que genera que las especies autóctonas del lugar desaparezcan (González, *et al.*, 2009).

**Cuadro 4. 6.** Estructura de la vegetación con puntuación de Rojas (2003)

PUNTO	Transecto	Estructura de la vegetación						PUNTUACIÓN	Puntuación por punto
		Estrato Arbóreo	Estrato Arbustivo	Estrato Herbáceo	Estrato Muscinal	Estrato Escandente	Estrato Epifítico		
1	A	X		X	X		X	3	9
	B	X	X		X	X	X	3	
	C	X		X	X	X		3	
2	A	X		X			X	2	6
	B	X	X	X				2	
	C	X		X			X	2	
3	A	X	X	X	X			3	5
	B	X		X				1	
	C	X		X				1	

**Fuente:** Los autores

Posteriormente se efectuó el cálculo de la densidad absoluta y relativa para el estrato arbóreo, los mismos que son presentados en el cuadro 4.7. también se visualiza el promedio de la densidad relativa dado en porcentajes.

**Cuadro 4. 7.** Densidad absoluta y relativa del estrato arbóreo

PUNTO	Transecto	Nombre común	Densidad absoluta (N° individuos/total área)	densidad relativa ((N° individuos/N° total de individuos)*100)	Promedio
1	A	Caucho	6,38	29%	33%
		Guarumo	7,23	63%	
		Moral Fino	4,68	41%	
		Fernán Sánchez	0,85	7%	
		Guasmo	2,55	22%	
	B	Guasmo	5,96	33%	31%
		Moral Fino	3,83	21%	
		Caucho	2,55	14%	
		Fernán Sánchez	8,94	50%	
		Membrillo	5,11	29%	
	C	Beldaco	6,81	38%	83%
		Caucho	5,96	108%	
Fernán Sánchez		5,11	92%		
2	A	Membrillo	3,40	62%	33%
		Beldaco	3,83	69%	
		Guarumo	1,70	50%	
	B	Pela caballo	1,28	38%	33%
		Beldaco	0,43	13%	
		Pela caballo	0,85	40%	
	C	Beldaco	0,43	20%	33%
		Aguacate	0,85	40%	
		Beldaco	1,28	50%	
		Guarumo	0,85	33%	
3	A	Aguacate	0,43	17%	33%
		Zapote	0,43	3%	
		Limón	15,32	90%	
	B	Aguacate	1,28	8%	50%
		Limón	8,94	95%	
	C	Aguacate	0,43	5%	59%
		Limón	5,53	59%	59%

**Fuente:** Los autores

Para determinar la densidad de la cubierta vegetal con especies arbustivas, herbáceas, muscinal, escandente y epifítico, se utilizó la fórmula de Martella, *et al.*, (2012), en el cuadro 4.8. se muestra las densidades de dichos estratos.

**Cuadro 4. 8.** Cubierta vegetal con especies arbustivas, herbáceas, muscinal, escandente y epifítico

PUNTO	TRANSECTO	Nombre común	Estrato	N° de toques	total de toques	Cob (x)
1	A	Uña de gato	E. escandente	7	30	23%
		Musgos	E. muscinal	5		17%
		Pasto saboya	E. herbáceo	18		60%
	B	Cordoncillo	E. arbustivo	24	125	19%

		Liana común (trepadora)	E. escandente	32		26%
		Musgos	E. Muscinal	54		43%
		Capulí	E. arbustivo	15		12%
	C	Pasto saboya	E. herbáceo	24		42%
		Musgos	E. muscinal	21	57	37%
		Liana común	E. escandente	12		21%
	A	Caña de azúcar	E. herbáceo	19		18%
		Pasto saboya	E. herbáceo	37	104	36%
		Pasto común	E. herbáceo	48		46%
2	B	Mandarina	E. arbustivo	16		11%
		Pasto saboya	E. herbáceo	49	145	34%
		Pasto común	E. herbáceo	57		39%
		Artemisa	E. herbáceo	23		16%
	C	Pasto saboya	E. herbáceo	69	114	61%
		Pasto común	E. herbáceo	45		39%
	A	Cacao	E. arbustivo	56		47%
		Musgos	E. muscinal	16	118	14%
		Arroz	E. herbáceo	46		39%
3	B	Fréjol	E. herbácea	59	135	44%
		Maíz	E. herbáceo	76		56%
	C	Pasto saboya	E. herbáceo	68	68	100%

**Fuente:** Los autores

En el cuadro 4.9. se establece la densidad de cada estrato, con la puntuación otorgada por Rojas (2003). Se visualiza que el punto con mayor densidad es el 1 con una puntuación de 9, y el punto 2 es el que menor densidad presenta con 4 puntos.

**Cuadro 4. 9.** Densidad de la vegetación

PUNTO	Transecto	Densidad	PUNTUACIÓN	Suma
	A	77%	3	
1	B	69%	3	9
	C	79%	3	
	A	51%	2	
2	B	32%	1	4
	C	24%	1	
	A	68%	3	
3	B	41%	2	6
	C	12%	1	

**Fuente:** Los autores

Subsiguientemente se estableció en el cuadro 4.10. la interceptación de la precipitación por la cobertura vegetal por medio de la ecuación 3.1. establecida por Horton (1919), en la cual la interceptación es igual a la capacidad de almacenamiento del dosel de la vegetación más el coeficiente de altura multiplicado por la precipitación total que recibe el dosel:

$$I_s = S_d + \gamma P_d \quad [3.1]$$

Los valores de la capacidad de almacenamiento del dosel de la vegetación y el coeficiente de altura fueron dados por el modelo de Horton, ya que previamente se han realizados investigaciones con diferentes tipos de cubiertas vegetales (Ver cuadro 2.4), asimismo se utilizaron los datos de la precipitación total dadas por la estación meteorológica M1230 ESPAM MFL CALCETA del mes de junio 2020 con un total de 4,7 milímetros (mm).

Se aprecia la interceptación de la precipitación de la vegetación por cada transecto, y la puntuación dada por Rojas (2003) para calcular el valor del IPH, en la cual cuando la IP es menor a 2 se considera que es baja con un valor de 1, cuando esta es mayor a 2 se considera que es de interceptación media con un valor de 2 y cuando ésta es superior a 3 se conoce que presenta una interceptación buena con valor de 3. Se visualiza que el transecto 2-A tiene una interceptación mayor que los otros transectos, esto se debe a que pertenece a la vegetación herbácea y según la FAO (2008), en casos de interceptación de la precipitación las hojas de este estrato contienen materiales flexibles, y esto posibilita que se aplasten fácilmente cuando existe una precipitación, impidiendo así que se genere escorrentía.

**Cuadro 4. 10.** Interceptación de la precipitación por la vegetación

PUNTO	Transecto	Interceptación de la precipitación (mm/m)	PUNTUACIÓN	Suma
1	A	1,86	1	4
	B	2,12	2	
	C	1,85	1	
2	A	3,97	3	9
	B	3,22	3	
	C	3,1	3	
3	A	1,87	1	3
	B	1,17	1	
	C	1,8	1	

**Fuente:** Los autores



En el cuadro 4.11. se visualiza la presencia de mulch en el área de estudio, mediante la metodología de González (2012). Se aprecia que el transecto con mayor presencia de mulch es el 3-B de acuerdo a Alberguren, Bertona y Reborá (2020) se debe porque es un área provista de cultivos, al mulch que se localiza en estas áreas se los denomina rastrojos, tienen la capacidad de proteger de la erosión del viento a los suelos, brinda una acción protectora contra la evaporación, ayudando a que se almacene el agua en los cuerpos hídricos.

**Cuadro 4. 11.** Presencia de mulch

PUNTO	TRANSECTO	Estrato	Presencia de mulch (cm)	Promedio de presencia de mulch	Puntuación	Suma
1	A	E. escandente	4,9	5.5	2	7
		E. muscinal	6,8			
		E. herbáceo	8,3			
		E. arbóreo	6,1			
	B	E. arbustivo	6,7	10	3	
		E. escandente	11,3			
		E. Muscinal	13,5			
	C	E. arbóreo	8,4	6	2	
		E. herbáceo	6,4			
		E. muscinal	3,6			
		E. escandente	6,5			
	2	A	E. arbóreo	7,2	2	
E. herbáceo			2,3			
B		E. arbustivo	2,7	4	1	
		E. herbáceo	5,8			
		E. arbóreo	3,4			
C		E. herbáceo	5,3	5	2	
	E. arbóreo	4,6				
3	A	E. arbustivo	9	11	3	8
		E. muscinal	8,9			
		E. herbáceo	14,5			
		E. arbóreo	9,7			
	B	E. herbácea	12,9	12	3	
		E. arbóreo	11			
	C	E. herbáceo	3,8	5	2	
		E. arbóreo	6			

**Fuente:** Los autores

Posteriormente se efectuó la determinación de los ecosistemas con características especiales de los estratos muestreados en el área de estudio, cuyas peculiaridades se presentan en el cuadro 4.12. Se muestra que el punto 1 tiene una puntuación de 3 ya que presenta un ecosistema con características que benefician hidrológicamente al ambiente, debido a que ayudan en la filtración y regulan el abastecimiento de agua en épocas de sequías (Echeverría, 2015). Asimismo, se observa que el punto con menor puntuación es el 3 ya que se encuentran mayoritariamente constituidos por cultivos y éstos se encuentran en la subclasificación de los ecosistemas de zonas secas como zonas sub – húmedas secas. Aunque los cultivos proveen de beneficios ambientales como protección del suelo de la erosión, no son considerados como ecosistemas que dan mayor protección al ciclo hidrológico (FAO, 2013).

**Cuadro 4. 12.** Ecosistemas especiales

PUNTO	Transecto	Ecosistemas especiales	Puntuación	Suma
1	A	Ecosistemas de altura de reconocida importancia hidrológica	3	9
	B	Ecosistemas de altura de reconocida importancia hidrológica	3	
	C	Ecosistemas de altura de reconocida importancia hidrológica	3	
2	A	Ecosistema plantado	2	6
	B	Ecosistema plantado	2	
	C	Ecosistema plantado	2	
3	A	zonas sub-húmedas secas	1	4
	B	zonas sub-húmedas secas	1	
	C	Ecosistema plantado	2	

**Fuente:** Los autores

Consecuentemente se realizó la determinación de los tipos de vegetación que existe en la zona de estudio como se muestra en el cuadro 4.13. esto se lo calculó de acuerdo al tiempo de vida de las especies en el lugar. El punto que mayor puntuación obtuvo fue el 1, ya que se encuentra formado por vegetación perenne que tiene la capacidad de vivir más de 10 años, para poder sobrellevar condiciones desfavorables ésta vegetación puede crear uno o varios troncos, en la cual pueden absorber los nutrientes que necesitan (FAO, 2008). El punto con

menor puntuación fue el número 3 ya que en este lugar la vegetación que predomina son los cultivos de ciclo corto como las gramíneas y leguminosas.

**Cuadro 4. 13.** Tipo de vegetación

PUNTO	Transecto	Tipo de vegetación	Puntuación	Suma
1	A	Perenne	3	9
	B	Perenne	3	
	C	Perenne	3	
2	A	Anual	2	6
	B	Anual	2	
	C	Anual	2	
3	A	Anual	2	5
	B	Temporal	1	
	C	Anual	2	

**Fuente:** Los autores

El otro criterio en determinarse fue el grado de intervención de la cobertura vegetal, en el cuadro 4.14. se muestra que el punto con menor intervención es el 1 ya que tiene un grado de intervención de 9, siendo este una puntuación de baja intervención, por su parte el punto 2 presentó una intervención alta, ya que ésta se encuentra cubierta por pastizales y el pastoreo en la zona es constante, así como la quema de la vegetación.

**Cuadro 4. 14.** Grado de intervención

PUNTO	Transecto	TIPO DE INTERVENCIÓN					GRADO DE INTERVENCIÓN	Suma
		Cambio de uso de suelo	Pastoreo	Quema o incendios	Venta de madera	Extracción de especies		
1	A	X				X	3	9
	B			X		X	3	
	C				X	X	3	
2	A	X	X	X		X	1	3
	B	X	X	X		X	1	
	C	X	X	X		X	1	
3	A	X		X		X	2	4
	B	X	X	X		X	1	
	C	X	X	X		X	1	

**Fuente:** Los autores

Una vez determinados los 7 criterios establecidos por Rojas (2003), se manejó el índice de protección hidrológica (IPH), para conocer la aptitud hídrica de la cobertura vegetal del sitio Brisas-Quiroga. En el cuadro 4.15. se aprecia el IPH de cada cobertura vegetal.

Se aprecia que la vegetación que brinda mayor protección hidrológica es la que se encuentra en el punto uno (zona boscosa) ya que presentó un IPH de 0,97 seguido del punto tres (tierras cultivadas) con un IPH de 0,61 y por último el punto dos (vegetación herbácea) con 0,46.

Esto hace visible que los bosques ejercen una acción importante en el medio, ya que son considerados las esponjas gigantes del planeta [Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR, 2013)], asimismo Brüscheiler, Höggel y Kläy (2004), mencionan que la vegetación que se encuentra en los bosques tiene la capacidad de crear las condiciones necesarias para que se produzca una infiltración de las precipitaciones en los suelos, es así que en épocas de lluvias pueden almacenar el agua y liberarla en la época seca (Blanco, 2017). Es por ello, que cuando se da una pérdida de bosque se visualiza una disminución de los servicios ecosistémicos que éstos proveen tales como el control de la erosión, aumenta la calidad del agua, entre otros (Calder, Hofer, Vermont y Warren, 2007).

Las tierras cultivadas se encuentran en el puesto número dos en la investigación, esto se debe a que de acuerdo a lo manifestado por el Ministerio del Ambiente (MAE, 2013) este tipo de cobertura vegetal son explotadas para la producción de autoconsumo y abastecer de alimentos a la población, aunque esto supone una disminución en la fertilidad del suelo debido al avance de la frontera agrícola, también proveen de bienes naturales como los alimentos y servicios ecosistémicos como la regulación atmosférica, mantenimiento del suelo y ayuda a la regulación del ciclo del agua.

Por su parte, aunque en la investigación la vegetación herbácea obtuvo un IPH menor a las demás vegetaciones Senra (2009), manifiesta que los pastizales proveen de diversos servicios ecosistémicos como filtrar el agua de las precipitaciones y recargar los acuíferos, ayudando a prevenir diferentes acontecimientos climáticos como inundaciones y sequías. De acuerdo a Mármol (2008), cuando se obtiene un IPH que oscile entre 0,3 y 0,7 la protección hídrica brindada es aceptable.

**Cuadro 4. 15.** Criterios evaluados

PUNTO	TRANSECTO	COBERTURA VEGETAL	CRITERIOS							SUMA	IPH	PROMEDIO	IPH - PUNTO
			Estructura	Densidad	Interceptación de la precipitación	Presencia Mulch	Ecosistemas especiales	Tipo vegetación	Grado de intervención				
1	A	Bosques claros (con sustrato herbáceo denso)	3	3	1	2	3	3	3	18	0,95	19	0,97
	B	Bosques densos (sin ninguna erosión del suelo)	3	3	2	3	3	3	3	20	1,0		
	C	Bosques claros (con sustrato herbáceo denso)	3	3	1	2	3	3	3	18	0,95		
2	A	Pastizales anuales completos con indicio de erosión aparente	2	2	3	1	2	2	1	13	0,64	13	0,46
	B	Pastizales degradados de plantas vivaces con erosión aparente	2	1	3	1	2	2	1	12	0,43		
	C	Pastizales anuales degradados con erosión aparente	2	1	3	2	2	2	1	14	0,32		
3	A	Cultivos anuales sobre terrazas	3	3	1	3	1	2	2	15	0,74	12	0,61
	B	Huertos sobre terrazas	1	2	1	3	1	1	1	10	0,88		
	C	Cultivos anuales sin terrazas	1	1	1	2	2	2	1	10	0,22		

Fuente: Los autores

Posteriormente se efectuó el cálculo del índice de protección por unidad de vegetación (IPH UV), la que se presenta en el cuadro 4.16, ésta se obtuvo mediante lo establecido por Romero y Ferreira (2010) donde según sea el caso, se debió de sumar y promediar los valores de IPH obteniendo así el IPH UV.

La unidad vegetal con mayor importancia hídrica es el bosque denso (sin ninguna erosión del suelo) con 1,0 esto denota que, en ciertos espacios del área de estudio existe una protección hídrica máxima, ya que de acuerdo con lo establecido por Beltrán y Jaramillo (2007) esta protección se da cuando llega a 1. Cuando se observa un bosque conservado las precipitaciones fluyen por las ramas de los árboles y se infiltra en el suelo, captándose en los acuíferos, lo cual previene de las erosiones, de acuerdo con Vaca y Golicher (2016) el 99% del agua captada por los bosques es evaporada y devuelta a la atmósfera, a pesar de ello, tan solo un árbol puede captar cerca de 216 m<sup>3</sup> de agua.

Sin embargo, las tasas de deforestación en el Ecuador aumentan ya que según los registros del Ministerio del Ambiente para el año 2008 se deforestó un promedio anual de 89,944 ha, y para el año 2012 en la provincia de Manabí se deforestó aproximadamente 1015,00 ha/año, con una tasa de cambio de uso de suelo de -0,43%, esto acarrea grandes consecuencias hídricas ya que cuando se cambia el bosque o remanentes de bosques, las aguas provenientes de las precipitaciones caen al suelo y no se infiltran, ocasionando erosión y escases de nutrientes en el suelo.

También se observa que la unidad con menor protección hidrológica son los Cultivos anuales sin terrazas con un valor de 0,22. De acuerdo con la FAO (2008) los cultivos son rotativos, pero cuando existe una siembra de monocultivos afecta en las propiedades del suelo, aunque benefician en la captación del agua, puede producirse escorrentía.

La otra cobertura vegetal que presenta una protección hidrológica baja corresponde a los pastizales anuales degradados con erosión aparente con un IPH de 0,32 y de acuerdo a Condorí, Mármol y Tálamo (2011) las unidades vegetales de pastizales que presenten un IPH de 0,3 se encuentran muy deteriorados, lo que denota una disminución en el balance hídrico en la zona

donde se encuentre esta cobertura vegetal, ya que la importancia de los pastizales radica en regular los suelos hídricamente, esto quiere decir que tienen la capacidad de almacenar cantidades grandes de agua, la cual es liberada a lo largo del año, lo que asegura la disponibilidad del recurso hídrico durante diversas épocas, inclusive en la temporada seca. Este tipo de cobertura vegetal también presenta la característica de que los suelos donde se asientan, contienen cantidades significativas de carbono orgánico, siendo un nutriente natural que se da como resultado de la descomposición de vegetación y por la acumulación de las cenizas producidas por las erupciones volcánicas del pasado, este elemento aumenta la capacidad de los suelos para la retención del agua en los acuíferos.

Además, se observa un área de tierras cultivadas cuya unidad de vegetación con un IPH UV que otorga mayor protección hídrica son los huertos sobre terrazas con 0,88 según Herrera (2016) los huertos comúnmente son rotados con diferente clase de cultivos, lo que ayuda a mejorar la composición del suelo y a tener mayor carga orgánica, lo que provoca una disminución en la erosión del suelo, otorgando una mayor infiltración del agua hacia los acuíferos.

**Cuadro 4. 16.** Índice de protección hidrológica por unidad de vegetación (IPH UV)

PUNTO	TRANSECTO	UNIDAD VEGETAL	SUMA	IPH	IPH UV	IPH - PUNTO	IPH UV - PUNTO
1	A	Bosques claros (con sustrato herbáceo denso)	18	0,95	0,95		
	B	Bosques densos (sin ninguna erosión del suelo)	20	1,0	1,0	0,97	0,97
	C	Bosques claros (con sustrato herbáceo denso)	18	0,95	0,95		
2	A	Pastizales anuales completos con indicio de erosión aparente	13	0,64	0,64		
	B	Pastizales degradados de plantas vivaces con erosión aparente	12	0,43	0,43	0,46	0,46
	C	Pastizales anuales degradados con erosión aparente	14	0,32	0,32		
3	A	Cultivos anuales sobre terrazas	15	0,74	0,74		
	B	Huertos sobre terrazas	10	0,88	0,88	0,61	0,61
	C	Cultivos anuales sin terrazas	10	0,22	0,22		

**Fuente:** Los autores

En el cuadro 4.17. se muestra la condición, importancia y aptitud con la que se encuentra cada cobertura vegetal. En la investigación se tomó en cuenta la cobertura vegetal que se visualizó en cada punto muestreado.

La zona boscosa es la que presentó una condición buena, con importancia muy alta y una aptitud de conservación, lo que hace notorio que los servicios ecosistémicos otorgados por los bosques son varios entre ellos destaca que son parte integral del suministro de agua de calidad para varios usos, también estabilizan y resguardan de la erosión a los suelos, así como protegen a las aguas subterráneas de contaminantes nocivos (Blanco, 2017). Sin embargo, en ciertas ocasiones los bosques no logran interceptar adecuadamente el agua de las lluvias, lo que provoca que ésta no se almacene de forma correcta en los acuíferos (Brüschweiler, Höggel y Kläy, 2004).

Las tierras cultivadas presentaron una condición moderadamente buena, de importancia alta y aptitud de conservación, aunque la agricultura intensiva muestre diversos inconvenientes en el ambiente por la utilización de agroquímicos y fertilizantes, los resultados adquiridos en la investigación demuestran que en la localidad se efectúa una agricultura no invasiva, que se desarrolla con diferentes tipos de cultivos para subsistencia de la población.

La cobertura vegetal que presenta una condición regular, con importancia baja y una aptitud de recuperación es la vegetación herbácea, conformada por pastizales, de acuerdo con Aldás (2013) el sobrepastoreo que se realiza en este tipo de vegetación, ocasiona un aumento en la compactación del suelo, lo que a su vez provoca una disminución en las dimensiones de sus poros los cuales ayudan al aumento de la tasa de infiltración. Por su parte el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN, 2018), manifiesta que la degradación de la vegetación herbácea es ocasionada por dos fuentes, una natural (fenómenos naturales) y antrópica (sobrepastoreo y quema de pastizales), en la actualidad la segunda causa es la que más presión ocasiona a esta cobertura vegetal, ya que ésta intensifica el uso de suelo y disminuye la vegetación que existe en el medio.



**Cuadro 4. 17.** Condición, importancia y aptitud de la cobertura vegetal

COBERTURA VEGETAL	CONDICIÓN	IMPORTANCIA	APTITUD
Zona boscosa	Buena	Muy alta	Conservación
Vegetación herbácea	Regular	Baja	Recuperación
Tierras cultivadas	Moderadamente buena	Alta	Conservación

**Fuente:** Los autores

Consecuentemente el cuadro 4.18. especifica el IPH total siguiendo lo establecido por Romero y Ferreira (2010) quienes manifiestan que éste valor se obtiene mediante la sumatoria del índice de protección hidrológica parcial (IPP), los cuales son el resultado del IPH UV multiplicado por el área que ocupa cada cobertura vegetal.

Se aprecia que el IPH es de  $0,66 \cong 0,7$  lo que pertenece a una condición moderadamente buena, con importancia alta y una aptitud de conservación. Esto se debe a que el sitio Brisas se encuentra en una zona provista por un riachuelo llamado Trueno, además la cobertura vegetal que se localiza en el lugar está uniformemente equilibrada, donde los tipos de cobertura vegetal interactúan entre sí para no comprometer las características del suelo, ayudando a interceptar las precipitaciones que se dan en la zona.

**Cuadro 4. 18.** Índice de protección hidrológica parcial y total.

COBERTURA VEGETAL	IPH	ÁREA %	IPP
Zona Boscosa	0,97	22,3	0,22
Vegetación herbácea	0,46	23,3	0,11
Tierras cultivadas	0,61	54,4	0,33
	<b>TOTAL</b>	100	$0,66 \cong 0,7$

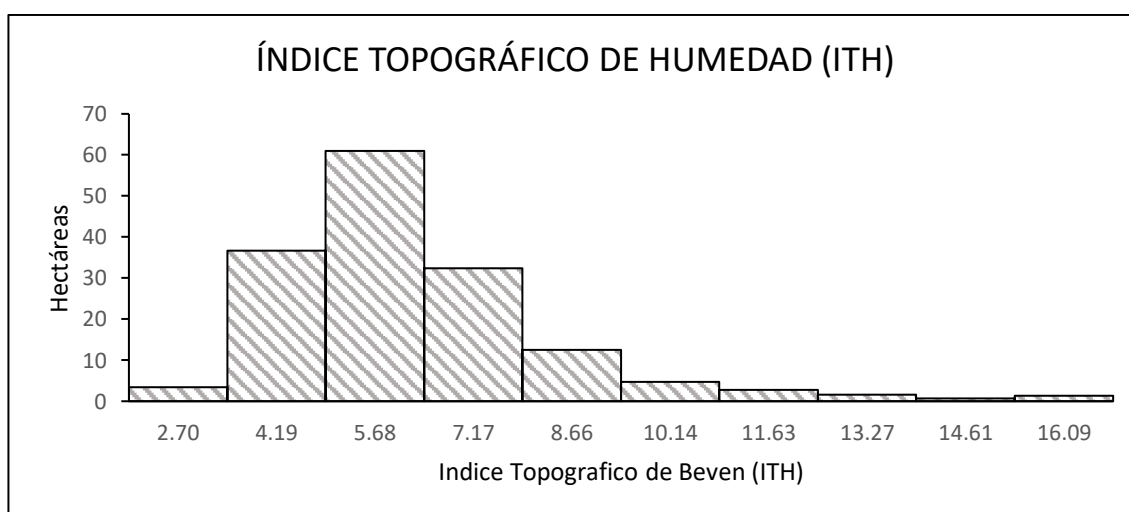
**Fuente:** Los autores

Posteriormente se realizó una valoración hidrográfica basada en la topografía, en el cual se utilizó un Modelo de Elevación Digital (MED), éste permitió determinar los lugares con mayor porcentaje de humedad, para ello se manejó el Índice Topográfico de Humedad (ITH) ya que éste se basa en el control topográfico de escurrimiento cuya finalidad es establecer los sitios con mayor acumulación de humedad.

Según Ayala (2000) el modelo utilizado en la investigación expresa el volumen relativo y la cantidad de movimiento del flujo que transita por el área, donde a mayor superficie drenada y menor pendiente, mayor será la concentración y la saturación hídrica del lugar. Así también Roa y Kamp (2012), mencionan que el relieve y el uso de suelo son los componentes determinantes de los patrones de humedad del suelo.

Por ello, con la utilización de éste índice se logró constatar que el lugar de estudio presenta varias zonas con mayor concentración de humedad, que se encuentran dispersas en el área de estudio, pero el transecto 3 (tierras cultivadas) muestra mayor infiltración de humedad en el suelo, haciendo que la zona se encuentre propensa a inundaciones, mientras que el transecto 2 (vegetación herbácea) presenta un nivel de humedad bajo, aunque éste tipo de vegetación cumple la función de regular el recurso hídrico ya que, en temporada de lluvias el agua se almacena y ésta sale lentamente durante el año, manteniendo la humedad necesaria en el suelo (Ver anexo 3 - B).

El **gráfico 4.1.** muestra el Índice Topográfico de Humedad (ITH), donde se visualiza las zonas con mayor acumulación de humedad, donde la que mayor área ocupa es ITH=5,68 localizándose en 61 hectáreas (38,83 %) del total de la superficie en estudio, mientras que apenas 0,65 hectáreas (0,41%) presentan una humedad de ITH=14,61.



**Gráfico 4. 1.** Índice Topográfico de Humedad (ITH)

Mediante la utilización del ITH se observó que el sitio en estudio presenta un grado de humedad medio ya que éste se encuentra por debajo de 6 la cual ocupa

gran porcentaje de superficie del área (38,83 %), lo que hace visible que el sitio Brisas – Quiroga localizado en la cuenca media del río Carrizal cumple un rol medioambiental fundamental hacia toda la cuenca ya que mantiene un grado de humedad óptimo en el suelo, previniendo posibles inundaciones, desprendimientos de suelos y regula el flujo del agua, lo que concuerda con el valor del IPH obtenido (IPH=0,7) ya que éste denota que la cuenca contiene una cobertura vegetal que mantiene el flujo del agua, permitiendo que exista una infiltración del agua en los suelos, manteniendo la humedad en éstos.

Con los resultados antes expuesto se confirma la hipótesis planteada en la investigación, debido a que la cobertura vegetal si influye positivamente en la protección hidrológica del sitio Brisas – Quiroga, cuenca media del río Carrizal, ya que en la investigación se visualiza una protección hidrológica brindada por la cobertura vegetal del sitio de moderadamente buena con un IPH de 0,7 concordando con Lucas (2016) quien sostiene que en la subcuenca hidrográfica del río Carrizal se visualiza una protección hidrológica media de IPH=0,59. Exponiendo así que el uso de suelo del área influye en el tráfico del agua, sea ésta por evapotranspiración, infiltración o escorrentía, esto dependerá del tipo y cantidad de flora existente en el lugar, por lo tanto también ayuda a controlar las inundaciones y las sequías (Volonté, Gil y Campo, 2018).

#### **4.3. PROPUESTA DE POLÍTICAS Y ESTRATEGIAS DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL**

La evaluación de la influencia de la cobertura vegetal en la protección hidrológica del sitio Brisas – Quiroga, cuenca media del río Carrizal se la realizó para contribuir al manejo y preservación de los estratos vegetales autóctonos de la zona de estudio, y así prevenir los impactos negativos que se generen por la sobre-explotación de los recursos naturales, ya que el ser humano cada vez interviene más en la naturaleza, lo que supone un riesgo y genera impactos que deben prevenirse por medio de compromisos responsables. Debido a ello se desarrolló una propuesta de políticas y estrategias basadas en el manejo y conservación de la cobertura vegetal que se encuentra inmersa en la zona.

Las políticas y estrategias que se presentan a continuación constituyen una propuesta que establece una guía para el uso de suelo del sitio Brisas-Quiroga, cuenca media del río Carrizal:

**Política 1.** Implementar una junta barrial con el fin de organizar el desarrollo sustentable del sitio.

**Estrategias:**

En la actualidad el incremento poblacional del sitio Brisa-Quiroga ha ocasionado que se acreciente la necesidad de crear más espacios para uso económico como el ganadero y agrícola, sin embargo, esto ha causado que se cambie el uso de suelo boscoso por tierras cultivadas y para crear espacios residenciales. La junta barrial tendrá la obligación de:

- ✓ Desarrollar un plan de acción, donde se interactúe en conjunto la comunidad con el medio ambiente.
- ✓ Disminuir la tasa de deforestación de las zonas boscosas y mitigar los impactos de las zonas que ya han sido cambiadas en el lugar de estudio.
- ✓ Promover la economía local, basándose en el cuidado de los bienes naturales, sin que se vean altamente afectados.

**Política 2.** Considerar la diversidad biológica como recurso estratégico del sitio, utilizándola sustentablemente para aumentar la calidad de vida de los moradores.

**Estrategias:**

Los servicios ecosistémicos que brindan los bosques son varios, el hombre a lo largo de la historia ha utilizado a los árboles como recurso renovable para generar productos, sin embargo, se conoce que éstos también generan un servicio, dentro de éste último destaca la captación y almacenamiento del agua de las precipitaciones, generando áreas de recarga hídrica (Herrera, 2016). También mantienen el equilibrio hidrológico de los ecosistemas de las cuencas, ya que conservan la calidad de agua, ayudando a la infiltración a los acuíferos, reduciendo la erosión de los suelos y evitando posibles inundaciones. Por ello se propone las estrategias de manejo y conservación de los bosques para la permanencia de la protección hídrica se encuentran:

- ✓ Reforestar las áreas deforestadas con especies que ayuden a la protección hídrica.
- ✓ Implementar en las franjas de los cuerpos de agua, vegetación que proteja las riberas de la erosión. Por las raíces de los árboles se puede lograr mayor infiltración de las precipitaciones
- ✓ Proveer de especies endémicas o nativas los espacios donde se determine que es necesario.

**Política 3.** El manejo y la conservación sustentable de la cobertura vegetal se añadirá a la proyección económica local.

### **Estrategias:**

En el sitio Brisas – Quiroga se ha extendido la cría de ganado vacuno, ya que es fuente de economía y alimento, esto ha ocasionado que se acelere la deforestación de los bosques, para así poder lograr que el ganado cuente con mayor terreno para alimentarse, de acuerdo con la FAO (2006), la ganadería consume el forraje que se encuentra en la superficie, sin importar que los pastizales se encuentren fértiles durante todo el año, el ganado consume constantemente, esto ocasiona una carga animal máxima que el pastizal no puede tolerar, también produce que se incremente los espacios desnudos provocando así una erosión en los suelos, esta situación impide que se infiltre el agua, lo cual puede producir inundaciones en épocas de lluvias y escases del líquido en la sequía.

Para contrarrestar dichos impactos se realizará la siguiente estrategia de manejo y conservación:

- ✓ Utilizar sistemas recíprocos, donde se busca el bienestar tanto económico, social y ambiental, evitando así poner en riesgo a las civilizaciones presentes y asegurando el bienestar de las civilizaciones futuras, mediante la implementación de diversas especies de pastos y forrajes de ciclo largo, para el pastoreo del ganado, también se incorpora especies de mayor tamaño como flora arbórea y arbustiva (sistemas silvopastoriles), lo cual evita que los impactos climáticos lleguen con mayor fuerza al suelo.

- ✓ Disminuir el proceso de pérdida de la cobertura vegetal nativa, para lo cual se reducirá la presión que se le asigna a los suelos al momento de incorporar agroquímicos y sobrepastoreo, incentivando la creación de sistemas agroforestales, sustituyendo las actividades degenerativas por acciones rentables y viables de menor impacto como la creación de huertos que no utilicen agroquímicos.

**Política 4.** Implementar un estudio local para darle una utilización comercial a la cobertura vegetal, realizando planes de prevención y mitigación de impactos que permitan gestionar eficientemente los recursos.

**Estrategias:**

Para que el sitio se intensifique económicamente sin poner en riesgo el bienestar natural y social, se propone las siguientes estrategias:

- ✓ Incentivar el ecoturismo como un eje dinámico de la economía local; ya que ésta es una modalidad turística que se basa en ser ambientalmente responsable, donde se promueve las visitas a terrenos naturales sin perturbar el área y solo se aprecia y estudia los ambientes.
- ✓ Promocionar el lugar, aprovechando positivamente el área del riachuelo existente, realizando actividades como la pesca deportiva, también se podrá realizar canotaje u otra acción en el agua, sin perjudicar el espacio.

Para tener una visión más detallada se desarrolló un plan de prevención y mitigación de impactos para cada estrato vegetal identificado, los cuales se presentan a continuación:

---

**PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS**


---

**OBJETIVO** Manejar y conservar la cobertura vegetal del sitio Brisas - Quiroga, cuenca media del Río Carrizal

<b>LUGAR DE APLICACIÓN</b>	Zona boscosa del sitio Brisas - Quiroga, cuenca media del Río Carrizal		<b>COBERTURA VEGETAL</b>	Zona boscosa		
<b>ASPECTO AMBIENTAL</b>	<b>IMPACTO IDENTIFICADO</b>	<b>MEDIDAS PROPUESTAS</b>	<b>BENEFICIOS</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>MEDIOS DE VERIFICACIÓN</b>	<b>PERIODO</b>
Deforestación	Erosión del suelo	✓ Reforestación de las zonas más vulnerables.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Disminución del impacto de las precipitaciones sobre el suelo.</li> <li>✓ Incremento de la infiltración.</li> <li>✓ Estabilidad de los nutrientes y materia orgánica en el suelo.</li> </ul>	1 registro documental de las áreas deforestadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Registro fotográfico.</li> <li>✓ Registro documental de las áreas reforestadas con las especies sembradas.</li> </ul>	Semestral
Degradación	Disminución de infiltración hídrica	✓ Reforestación con especies de importancia hídrica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aumento de eficiencia energética.</li> <li>✓ Regular la infiltración del agua en el suelo.</li> <li>✓ Mayor capacidad de protección hídrica.</li> </ul>	1 registro documental de las áreas deforestadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Registro fotográfico.</li> <li>✓ Observación directa.</li> </ul>	Semestral

**Fuente:** Los autores

**PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS**

<b>OBJETIVO</b>		Manejar y conservar la cobertura vegetal del sitio Brisas - Quiroga, cuenca media del Río Carrizal				
<b>LUGAR DE APLICACIÓN</b>		Vegetación herbácea del sitio Brisas - Quiroga, cuenca media del Río Carrizal	<b>COBERTURA VEGETAL</b> Vegetación herbácea			
<b>ASPECTO AMBIENTAL</b>	<b>IMPACTO IDENTIFICADO</b>	<b>MEDIDAS PROPUESTAS</b>	<b>BENEFICIOS</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>MEDIOS DE VERIFICACIÓN</b>	<b>PERIODO</b>
Sobrepastoreo	Erosión del suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Rotación de potreros.</li> <li>✓ Pastoreo controlado.</li> <li>✓ Disminuir la carga animal</li> <li>✓ Control de malezas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Disminuir la selectividad de especies.</li> <li>✓ Aumentar la fertilidad del suelo y mejorar su estructura.</li> <li>✓ Disminuir la erosión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 1 registro del cumplimiento de las medidas propuestas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Registro fotográfico</li> <li>✓ Observación directa</li> <li>✓ Registro documental</li> </ul>	Semestral
Quema de pastizales	Disminución de la infiltración por degradación de los suelos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Implementación de pastos y forrajes de ciclo largo.</li> <li>✓ Siembra de sistemas silvopastoriles con especies arbóreas y arbustivas.</li> <li>✓ Cortar los pastos gruesos o leñosas, para que rebroten pastos tiernos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Evitar la exposición directa del viento y lluvias.</li> <li>✓ Disminuir la erosión.</li> <li>✓ Aumenta la protección hídrica en los suelos.</li> <li>✓ Evita la escasez del agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cumplimiento del 80% de las medidas propuestas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Registro fotográfico</li> <li>✓ Observación directa</li> </ul>	Semestral
Deforestación	Pérdida de diversidad vegetal	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reforestación con pastos naturales.</li> <li>✓ Utilizar abonos orgánicos.</li> <li>✓ Construcción de zanjas para mayor infiltración.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Incremento de los servicios ecosistémicos.</li> <li>✓ Mayor capacidad de infiltración del suelo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cumplimiento del 80% de las medidas propuestas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Registro fotográfico</li> <li>✓ Observación directa</li> </ul>	Semestral

**Fuente:** Los autores



**PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS**

<b>OBJETIVO</b>		Manejar y conservar la cobertura vegetal del sitio Brisas - Quiroga, cuenca media del Río Carrizal				
<b>LUGAR DE APLICACIÓN</b>		Tierras cultivadas del sitio Brisas - Quiroga, cuenca media del Río Carrizal	<b>COBERTURA VEGETAL</b>		Tierras cultivadas	
<b>ASPECTO AMBIENTAL</b>	<b>IMPACTO IDENTIFICADO</b>	<b>MEDIDAS PROPUESTAS</b>	<b>BENEFICIOS</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>MEDIOS DE VERIFICACIÓN</b>	<b>PERIODO</b>
Monocultivos	Desgaste en el suelo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Rotaciones de cultivos.</li> <li>✓ Realizar siembras de cultivos varios.</li> <li>✓ Sembrar cultivos junto a especies arbóreas o arbustivas.</li> <li>✓ Utilizar abono orgánico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Incremento de la materia orgánica.</li> <li>✓ Aumento de los recursos económicos.</li> <li>✓ Genera mayor cantidad de nutrientes en el suelo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cumplimiento del 80% de las medidas propuestas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Registro fotográfico</li> </ul>	Semestral
Monocultivos	Erosión del suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Implementación de cercas vivas.</li> <li>✓ Instalación de cultivos bajo sombra (huertos).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ayudan a evitar el impacto directo de los efectos climáticos (viento y lluvia).</li> <li>✓ Optimizar el agua de riego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cumplimiento del 80% de las medidas propuestas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Registro fotográfico</li> </ul>	Semestral
Quema de rastrojo	Pérdida de nutrientes del suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Minimizar la quema de los rastrojos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mayor producción de biomasa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cumplimiento del 80% de las medidas propuestas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Registro fotográfico</li> </ul>	Semestral
Agricultura intensiva	Disminución de infiltración del suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Introducir variedad de especies de mayor eficiencia hídrica.</li> <li>✓ Reutilización del agua para riego de los cultivos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Protección del suelo.</li> <li>✓ Genera menos pérdidas líquidas en el proceso productivo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cumplimiento del 80% de las medidas propuestas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Registro fotográfico</li> </ul>	Semestral

**Fuente:** Los autores

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- El sitio Brisas – Quiroga, cuenca media del río Carrizal, cuenta con un área total de 157 ha, localizándose 3 coberturas vegetales, 22 % zona boscosa, 23% vegetación herbácea y 54% tierras cultivadas, en las cuales se realizaron tres transectos radiados, con 50 m de largo y distanciados a 120° uno con otro, cubriendo un área de 7 ha.
- La protección hidrológica que otorga la vegetación en el sitio Brisas – Quiroga, cuenca media del río Carrizal es de  $0,66 \cong 0,7$  lo que pertenece a una condición moderadamente buena, con importancia alta y una aptitud de conservación, concordando así con la hipótesis planteada. A su vez se determinó que la cobertura vegetal que mayor protección brinda a la cuenca es la zona boscosa con 0,97 lo que muestra una condición buena, con importancia muy alta y de aptitud de conservación, y la que menor protección ofrece es la cobertura de vegetación herbácea con 0,46 percibiendo así que es una zona de condición regular, con importancia baja y aptitud de recuperación. Asimismo, se estableció el índice Topográfico de Humedad (ITH), en el que se obtuvo que el sitio en estudio mantiene un grado de humedad de 5,68 localizándose en 61 hectáreas (38,83%) de la superficie total, exhibiendo así que el área presenta una humedad del suelo media.
- En el sitio Brisas – Quiroga, cuenca media del río Carrizal, se realizan las actividades de ganadería y agricultura, por ello se efectuó una propuesta de políticas y estrategias de manejo y conservación, éstas se basaron en medidas de recuperación de las áreas afectadas por la deforestación, sobrepastoreo y utilización de agroquímicos.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Para futuras investigaciones se recomienda trabajar en las actualizaciones de los mapas de usos de suelo, ya que actualmente las zonas que se encuentran en la cuenca media del río Carrizal han cambiado notoriamente su uso de suelo.
- Actualmente la zona de estudio se encuentra intervenida por cultivos agrícolas, sin embargo, esta característica no ha afectado la protección hídrica que la cobertura vegetal del lugar brinda a la cuenca, en futuros estudios es recomendable verificar las actividades económicas por medio de encuestas para así establecer diferencia en el uso de suelo visualizado y la actividad económica predominante en el lugar de estudio.
- Es recomendable implementar las medidas propuestas en el plan de prevención y mitigación para el manejo y conservación de la cobertura vegetal, para así lograr que las comunidades tomen conciencia de la importancia que tienen las zonas de recarga hídrica.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ayala, A. (2000). *Determinación de la susceptibilidad a movimientos de masa*. Perú.
- Aguirre, Z. (2013). *Guía de métodos para medir biodiversidad*. Loja, Ecuador.
- Albarguren, A., Bertona, A., & Reborá, C. (2020). Siembra directa: acción de los rastrojos. *Revista de Divulgación Científica*, 25 - 43.
- Alcívar, K., Hidalgo, M., Montesdeoca, M., & Zamora, Y. (2017). Gestión productiva agrícola minirista del cantón Bolívar. *Revista Mikarimin, Científica Multidisciplinaria*, 43-56.
- Aldás, J. (2013). Cobertura vegetal. *Estudio de variación de la cobertura vegetal y estado actual del Cerro Imbabura aplicando herramientas GIS con fines de declaración de área protegida*. Quito, Pichincha, Ecuador: UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO.
- Araya, D. (2009). *METODOLOGÍA PARA LA GEORREFERENCIACIÓN DE ELEMENTOS EMISORES Y SU IMPLEMENTACIÓN A TRAVÉS DE UN SIG*. Valparaíso, Chile.
- Arevalo, J. (2016). *Prospectiva del uso de suelo y cobertura vegetal*. Cuenca.
- Becerril, R., González, E., Mastachi, C., Díaz, C., & Ramos, N. (2014). Contenido de carbono en un ecosistema semiárido del centro de México. *ERA*, 1-8.
- Beltrán, E., & Jaramillo, J. (2007). *VALORACION ECONOMICA AMBIENTAL DEL RECURSO HIDRICO Y DISEÑO DE UNA PROPUESTA PARA PAGO POR SERVICIO HIDRICO EN LA MICROCUENCA "SHUCOS" DEL CANTON LOJA*. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5855/1/VALORACION%20ECONOMICA%20AMBIENTAL%20DEL%20RECURSO%20HIDRICO.pdf>
- Berguría, S. M. (2010). *Metodos de la investigacion en educacion*.
- Bertzky, M., Ravilious, C., Araujo, A., Kapos, V., Carrión, D., Chiu, M., & Dickson, B. (2011). *Carbono, biodiversidad y servicios ecosistémicos: Explorando los beneficios múltiples*. Reino Unido: Cambridge.
- Blanco, J. (2017). Bosques, suelo y agua: explorando sus interacciones. *Ecosistemas*, 1-9.
- Brüschweiler, S., Höggel, O., & Kläy, A. (2004). *Los Bosques y el Agua: Interrelaciones y su Manejo*. Berna: GEOGRAPHICA BERNENSIA.
- Cabanillas, P., & Hurrel, J. (2012). PLANTAS TREPADORAS: TIPO BIOLÓGICO Y CLASIFICACIÓN. *Cs Morfol*, 1-15.
- Calder, I., Hofer, T., Vermont, S., & Warren, P. (2007). *Hacia una nueva comprensión de los bosques y el agua*. *Unasyuva* 229, Vol. 58.

- Camacho, O. (2010). Cambios de usos de suelo.
- Cantos, G., Sotolongo, R., Rosete, S., Vítores, M., & Cantores, A. (2017). Flora y vegetación arbórea característica de la comuna El Pital, Parque Nacional Machalilla, Ecuador . *CFORES*, 15-26.
- Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR). (2013). *Bosques y agua*. Bioversity International, CIRAD, el Centro Internacional de Agricultura Tropical y el Centro Mundial de Agroforestería.
- CONABIO. (2006). *Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región de “Los Mármoles”* . México: CONABIO.
- Condorí, E., Mármol, L., & Tálamo, A. (2011). *Estimación Índices de Protección Hidrológica en el Área de Conservación Lomas de Medeiro, Salta*. Obtenido de <http://www.exactas.unca.edu.ar/revista/v230/pdf/ciencia23-6.pdf>
- Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina, CONDESAN. (2018). *BUENAS PRÁCTICAS PARA LA RECUPERACIÓN DE PASTIZALES DE ALTURA*. Lima-Perú: CODESAN.
- Coronel, M. (2008). *Estudio de la sustentabilidad de la subcuenca aportante del río Palanca para el proyecto hidroeléctrico Fátima, sobre la base del estudio multitemporal, Zamora Chinchipe - Ecuador*. Loja-Ecuador: Universidad del Azuay.
- Cotler, H., Galindo, A., & González, I. (2013). *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*. México: Cuadernos de divulgación ambiental.
- Cristancho, F., & Zamora, J. (2008). La Humedad en las Propiedades Físicas del Suelo. *Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia*, 1-20.
- Cruz, S. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Bolivia: El país.
- Cué-Bar, E., Villaseñor, J., Arredondo, L., Cornejo, G., & Ibarra, G. (2006). La flora arbórea de Michoacán. *Apdo. Postal*, 47-81.
- Del Río, M., Montes, I., & Montero, G. (2003). Índices de diversidad estructural en masas forestales. *Agro*, 159-176.
- Díaz, A. (2019). *Estructura de la vegetación*. Obtenido de <http://biogeografia.net/geobotanica4.html>
- Echeverría, J. (2015). Agua y ecosistemas. *Estudio Bilder*, Buenos Aires.
- FAO. (2006). *La ganadería amenaza el medio ambiente*. Roma.
- FAO. (2009). *Monitoreo y Evaluación de los Recursos Forestales Nacionales – Manual para la recolección integrada de datos de campo*. Roma: NFMA 37/S.

- FAO. (2010). *Evaluación de recursos forestales a nivel mundial*. Chile.
- FAO. (2010). *Servicios de las cuencas hidrográficas*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a1295s/a1295s02.pdf>
- FAO. (2013). *Captación y almacenamiento de agua lluvias*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/i3247s/i3247s.pdf>
- FAO. (2013). Los bosques y los árboles aportan beneficios para la seguridad alimentaria y la nutrición. *Verona*.
- FAO. (2020). *REDD+ Reducción de las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques*. Obtenido de <http://www.fao.org/redd/es/>
- FAO, (. d. (2018). *El estado de los bosques del mundo - Las vías forestales hacia el .* Roma: IGO.
- Ferreira, S., & Romero, E. (2010). *Índices de Protección Hidrológica de la Vegetación en la Cuenca del Río Potrero (Provincia de Salta)*. Tolima, San Antobio: UNSA.
- Ferrer, P. (2007). *Base estructural de un hábitat* . Valencia: CIEF.
- Gadow, K., & Hui, G. (1999). *Modelado del desarrollo forestal*. Kluwer, editores académicos.
- Gajardo, R. (1994). La Vegetación Natural de Chile. *Editorial Universitaria de Chile*, 165.
- García, S., & Quiñonez, I. (2000). *Guía metodológica para manejo de cuencas hidrográficas*. El Salvador: World vision.
- Gómez, D. (2003). *Evaluación de impacto ambiental: un instrumento preventivo para la gestión*. Barcelona: Editorial Mundi - prensa.
- Gonsalves, J. (2006). Investigación y Desarrollo Participativo para la Agricultura y el Manejo Sostenible de los Recursos Naturales. *IDRC: Perú*, 23-36.
- González, G. (2012). *Determinación del mulch*. España.
- González, S., León, M., Acosta, J., & Pedroso, E. (2009). LA INCIDENCIA ANTRÓPICA SOBRE LOS BOSQUES NATURALES. *Universidad Autónoma Indígena de México*, México.
- Hamilton, L. (2009). *Evaluación de los recursos forestales mundiales* . Roma: FAO.
- Hernández, J. (2000). *Manual de Métodos y Criterios para la Evaluación y Monitoreo de la Flora y la vegetación*. Obtenido de <http://www.gep.uchile.cl/Publicaciones/Manual%20de%20M%C3%A9todos%20y%20Criterios%20para%20la%20Evaluaci%C3%B3n%20y%20Monitoreo%20de%20la%20Flora%20y%20la%20Vegetaci%C3%B3n.pdf>

- Hernández, S., Domínguez, M., Villegas, M., & Zamora, P. (2011). *COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN SECUNDARIA EN EL NORTE DEL ESTADO DE CAMPECHE, MÉXICO*. Campeche, México: Universidad Autónoma de Campeche.
- Herrera, I. (2016). *Influencia del tipo de cobertura vegetal en la recarga hídrica del suelo*. 17 - 26: Ciencia, Tecnología y Salud.
- Horton, R. (1919). Revisión mensual del clima. *American meteorological society*, 1-23.
- INEC, I. N. (2012). *ENCUESTA DE SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA CONTINUA*. Quito - Ecuador.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México . (2009). *Guía para la interpretación de uso de suelo y vegetación*. México.
- López, A., Fuentes, C., González, E., & López, A. (2017). Pérdidas por intercepción de la vegetación y su efecto en la relación intensidad, duración y frecuencia (IDF) de la lluvia en una cuenca semiárida. *ecnología y Ciencias del Agua*, 37 - 56.
- López, J. (2003). *Georreferenciación*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/diaphorina/qualitycontrolgi>
- Lucas, K. (2016). *Relación entre la protección hidrológica y la cobertura vegetal de la subcuenca del río Carrizal*. Obtenido de <http://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/42000/500/TMA99.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Madrigal, L., & Vargas, V. (2016). Densidad del estrato herbáceo. *Universidad de Costa Rica, Gestión de los Recursos Naturales*, Costa Rica.
- MAE. (2018). Programa Regional AbE Ecuador. *MAE*, 76.
- MAE, (. d., UICN, (. I., & GIZ, (. G. (2018). *Estrategias de Adaptación al cambio climático basadas en Ecosistemas en Colombia y Ecuador*. Quito, Ecuador: MAE, UICN y GIZ.
- Mahecha, L. (2002). *El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina*. Antioquia: Rev Col Cienc.
- Manson, R. (2004). Los servicios hidrológicos y la conservación. *Instituto de ecología A.C.*, 3-20.
- Mármol, L. (2008). *Introducción al Manejo de Cuencas Hidrográficas y Corrección de Torrentes*. Argentina: UNSa.
- Martella, B., Trumper, E., Bellis, L., Renison, D., Giordano, F., Bazzano, G., & Gleiser, R. (2012). Manual de ecología. *REDUCA*, 1 - 31.

- Matus, O., Faustino, J., & Jimenez, F. (2009). *Guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica: Aplicación práctica en la subcuenca del río Jucuapa*, . Turrialba, Costa Rica.
- Maya, E. (2014). *Metodos y tecnicas*. Universidad Nacional Autonoma de Mexico.
- Ministerio del Ambiente (MAE). (2013). *Beneficios y manejo de las tierras*. Quito - Ecuador.
- Mintengui, J., Robredo, J., García, J., & López, C. (2006). Restauración Hidrológico forestal de cuencas hidrográficas. *Ecología*, 389 - 414.
- Monje, C. (2011). *Metodología de la investigación cualitativa y cuantitativa*. Obtenido de <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>
- Montoya, F. (2005). Degradación y rehabilitación de ecosistemas terrestres: estado de la cuestión. *Biocenosis*, 24-28.
- Morales, J., & Carrillo, F. (2016). Cambio de cobertura vegetal. *Ciencias Bogotá*, 17-29.
- Moreno, L. (08 de Septiembre de 2017). Plan para proteger los bosques amazónicos y alentar desarrollo sostenible. (A. Deak, Entrevistador)
- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. Santa Cruz, Bolivia.: BOLFOR.
- Obarca, O. (2010). *Desarrollo de un modelo geoprocesamiento para la valoración productiva y tributaria de tierras agrícolas en Venezuela*. Obtenido de [http://redgeomatca.rediris.es/redlatingeo/2010/OSCAR\\_ABARCA.pdf](http://redgeomatca.rediris.es/redlatingeo/2010/OSCAR_ABARCA.pdf)
- Olaya, V. (2009). Sistema de Información Geofráfica Y Geodatos Libres como Elementos de Desarrollo. 2-6.
- Ordoñez, J. (2011). *Foro peruano para el agua*. Obtenido de Balance Hídrico Superficial: [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam\\_files/publicaciones/varios/balance\\_hidrico.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/balance_hidrico.pdf)
- Ortega, L. (2016). *ZONIFICACIÓN HÍDRICA Y CALIDAD DEL AGUA EN LA ZONA RECEPTORA DE LA MICROCUENCA ELVIRA*. Obtenido de <http://dspace.unl.edu.ec:9001/jspui/bitstream/123456789/17334/1/LUIS%20ALFREDO%20ORTEGA%20ABAD.pdf>
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). *Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio*. Chile: J. Morphol.
- Perú, M. d. (2011). *El suelo y cobertura vegetal*. Obtenido de [http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines/suelos/2014/suelo\\_cobertura.pdf](http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines/suelos/2014/suelo_cobertura.pdf)



- Ramos, C., & García, M. (2015). Características Ecosistémicas asociadas a la actividad ganadera. *ORINOQUIA - Universidad de los Llanos*, 32 - 45.
- Resende, A., & Coelho, A. (2012). *Muestreo para mapeo y manejo del suelo*. Obtenido de <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/111153/1/Muestreo-mapeo.pdf>
- Roa, J., & Kamp, U. (2012). Uso del índice topográfico de humedad (ith) para el diagnóstico de la amenaza por desborde fluvial, Trujillo-Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana*, vol. 53, núm., 109-126.
- Rodríguez, A., & Schnabel, S. (1998). Medición de la interceptación de las precipitaciones. *Norba. Revista de Geografía*, 3 - 34.
- Rodríguez, F. (2006). CUENCAS HIDROGRÁFICAS, DESCENTRALIZACIÓN Y DESARROLLO REGIONAL PARTICIPATIVO. *InterSedes: Revista de las Sedes Regionales*, 113-125.
- Rodríguez, L., Curetti, G., Garegnani, G., Grilli, G., Pastorella, F., & Paletto, A. (2016). La valoración de los servicios ecosistémicos en los ecosistemas forestales. *Scielo*, 41-52.
- Rojas, J. (2003). *Valoración económica de agua de uso doméstico en Quilanga*. Ibarra, Ecuador: PUCE - I.
- Rojas, J. (2003). *Valoración económica de agua de uso doméstico en Quilanga Loja*. Quilanga - Loja: PUCE - Ibarra.
- Romero, E., & Ferreira, S. (2010). *Índices de Protección Hidrológica de la Vegetación en la Cuenca del Río Potrero*. Ciencia.
- Rosas, I. C. (2008). *Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático*. .
- Sasaki, N., & Putz, F. (2009). Necesidad crítica de nuevas definiciones de "bosque" y degradación "en los acuerdos mundiales sobre cambio climático. *Conserv Lett*, 226–232.
- Senra, A. (2009). *Impacto del manejo del ecosistema del pastizal en la fertilidad natural y sostenibilidad del suelo*. Colima - México: Avances en Investigación Agropecuaria.
- Shaxson, F., & Barber, R. (2005). *Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal*. Roma: FAO.
- Talledo, A. (2016). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Quiroga, cantón Bolívar*. Quiroga, Bolívar: GAD Parroquial de Quiroga.
- Toasa, A. (2015). *VALORACION ECOLOGICA DEL RECURSO HIDRICO DE TRES VERTIENTES DE LA QUEBRADA OREJA DEL DIABLO DEL CANTON MOCHA*". Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/18397/1/tesis->

044%20Maestr%C3%ADa%20en%20Agroecolog%C3%ADa%20y%20Ambiente%20-%20CD%20351.pdf

UIFRO, (. I. (2017). *INTERCONECTANDO BOSQUES, CIENCIA Y PERSONAS*. Obtenido de [www.iufro.org](http://www.iufro.org).

Vaca, R., & Golicher, D. (2016). *INTEGRACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO EN LA MODELACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES DE ÁRBOLES MEXICANOS*. Chiapas, México: Botanical Sciences.

Valdéz, J., González, M., & Santos, H. (2006). Estimación de cobertura arbórea mediante imágenes satelitales multiespectrales de alta resolución. *Agrociencia*, 383-394.

Valerio, D. (2011). *Manejo y uso de pastos y forrajes para ganadería*. IDIAF.

Velonté, A., Gil, V., & Campo, A. (2018). Estudio de la vegetación y sus efectos en la dinámica fluvial en cuencas serranas, Argentina. *Redalyc*.

# **ANEXOS**

## ANEXO 1. REGISTRO FOTOGRÁFICO

### Anexo 1.-A. Visita técnica




### Anexo 1.-B. Georreferenciación de la zona de estudio



### Anexo 1.-C. Aplicación de transectos

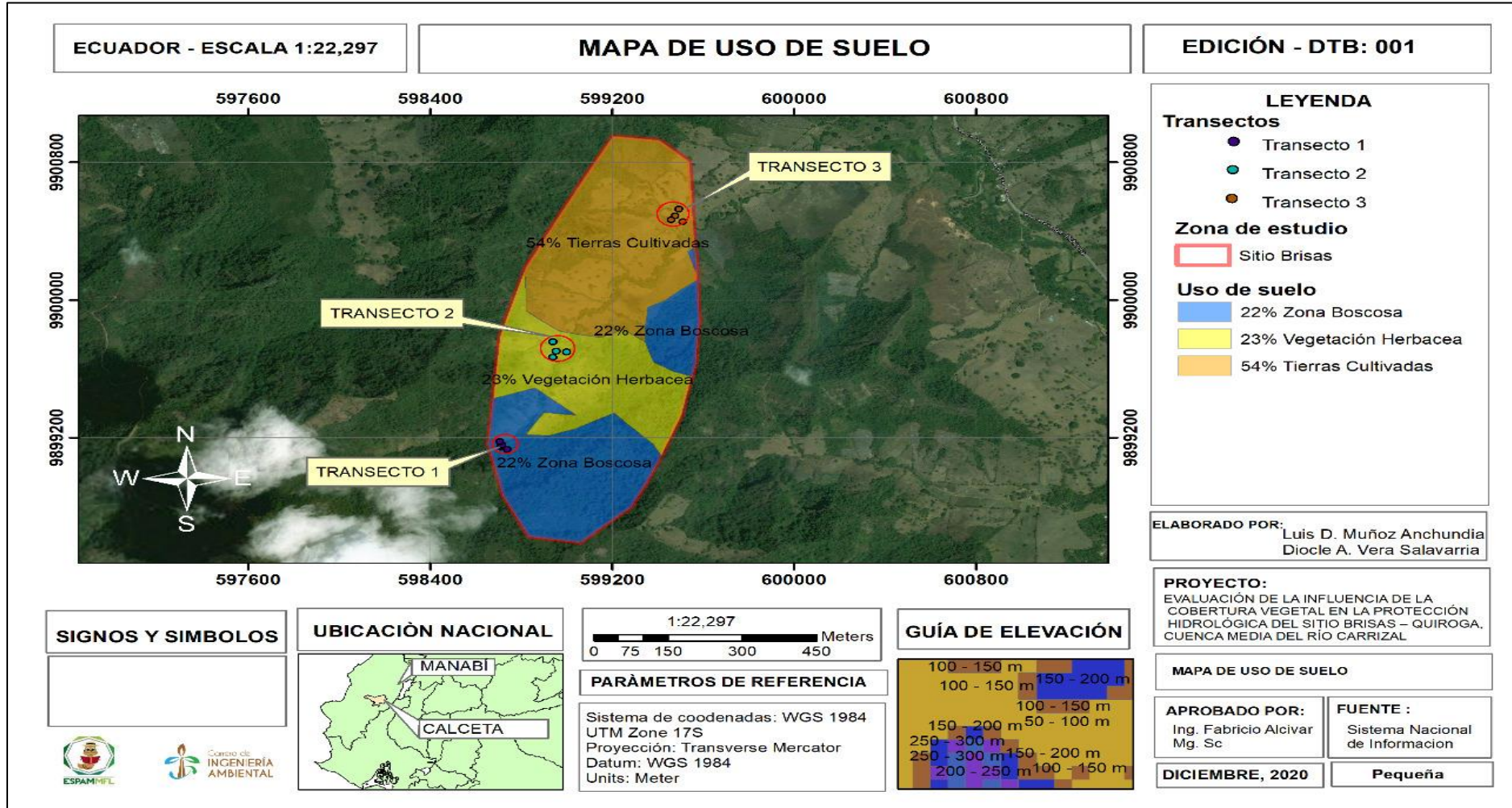


## Anexo 2. 1. Ficha de observación

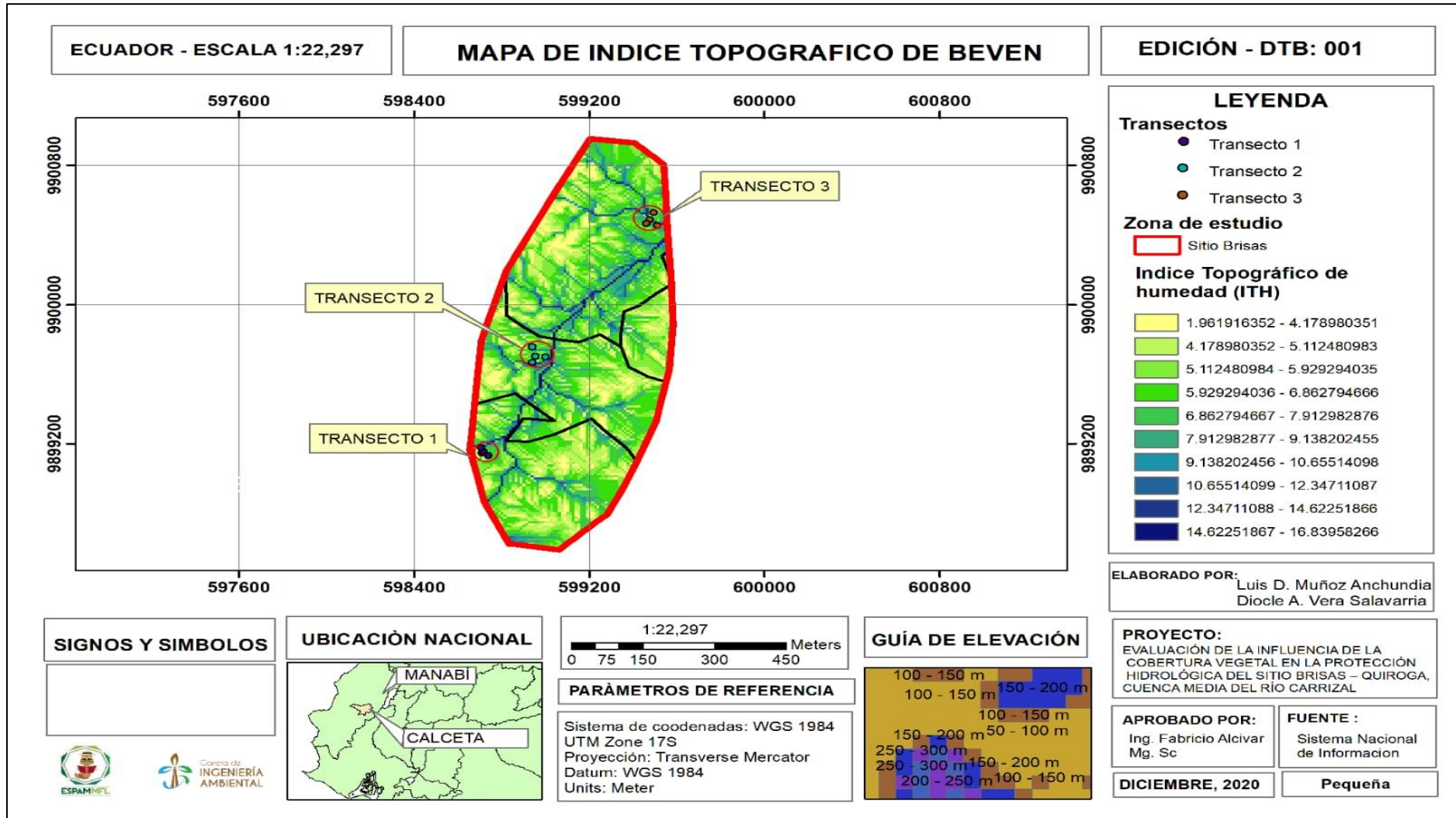
 <b>ESPAMMFL</b> <small>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ</small> <b>FICHA DE OBSERVACIÓN</b>			
<b>NOMBRE DEL PROYECTO:</b> EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA COBERTURA VEGETAL EN LA PROTECCIÓN HIDROLÓGICA DEL SITIO BRISAS – QUIROGA, CUENCA MEDIA DEL RÍO CARRIZAL			
<b>Fecha:</b>		<b>N° ficha:</b>	
<b>Localización</b>			
<b>Coordenadas UTM</b>		<b>X:</b>	
		<b>Y:</b>	
<b>Técnico responsable:</b>			
<b>Altitud:</b>			
<b>Uso de suelo:</b>			
<b>Criterios:</b>	<b>Estructura:</b>		
	<b>Densidad:</b>		
	<b>Intercepción de vegetación:</b>		
	<b>Mulch:</b>		
	<b>Ecosistemas especiales:</b>		
	<b>Tipo de vegetación:</b>		
	<b>Grado de intervención:</b>		
<b>Actividades humanas:</b>	Si:		
	No:		
<b>Instalaciones humanas:</b>	Si:		
	No:		
<b>Registro fotográfico del área muestreada:</b>			

ANEXO 3. MAPAS TEMÁTICOS

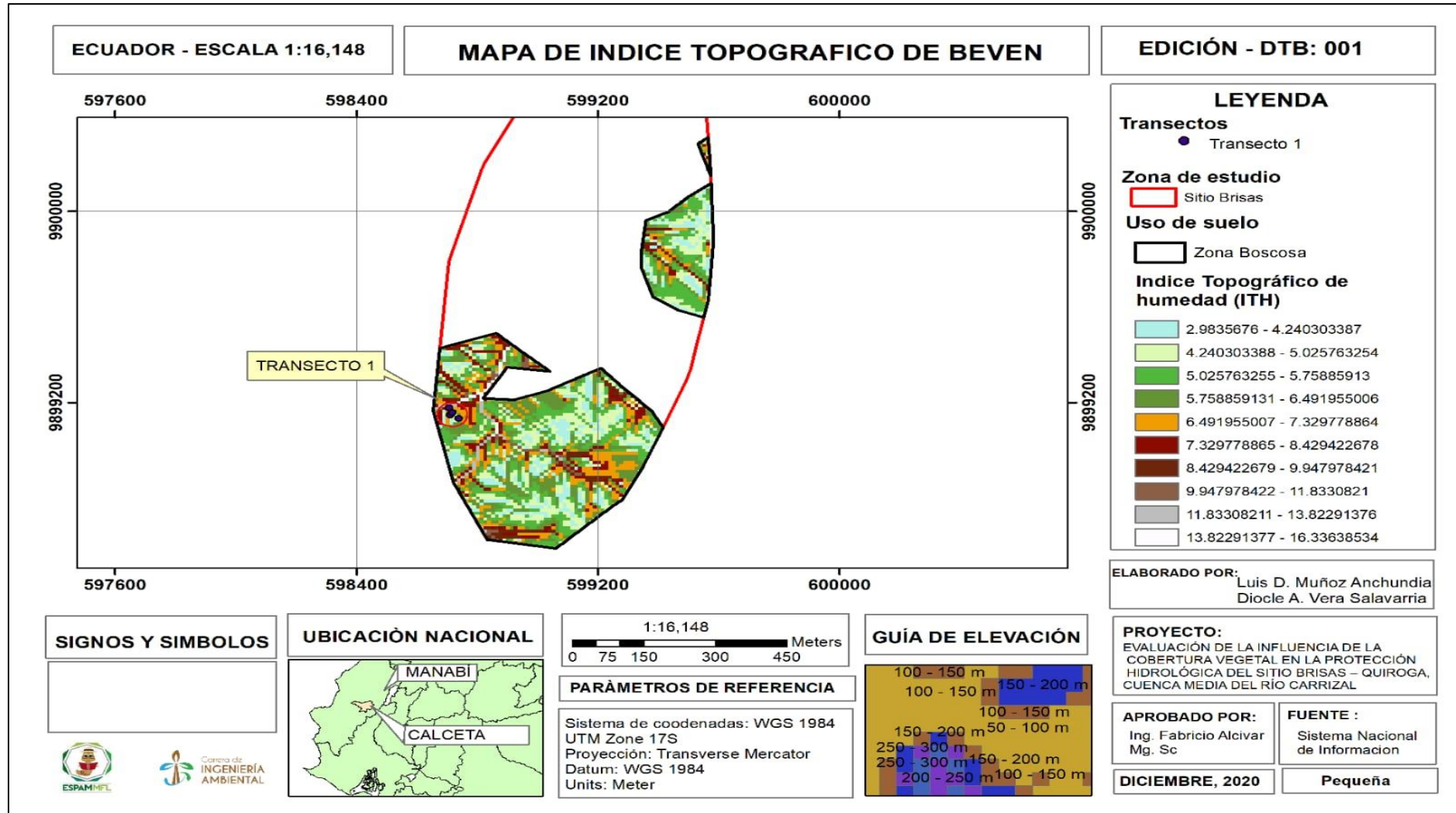
Anexo 3–A. Mapa de uso de suelo



Anexo 3-B. Mapa del Índice Topográfico de Beven (ITH)

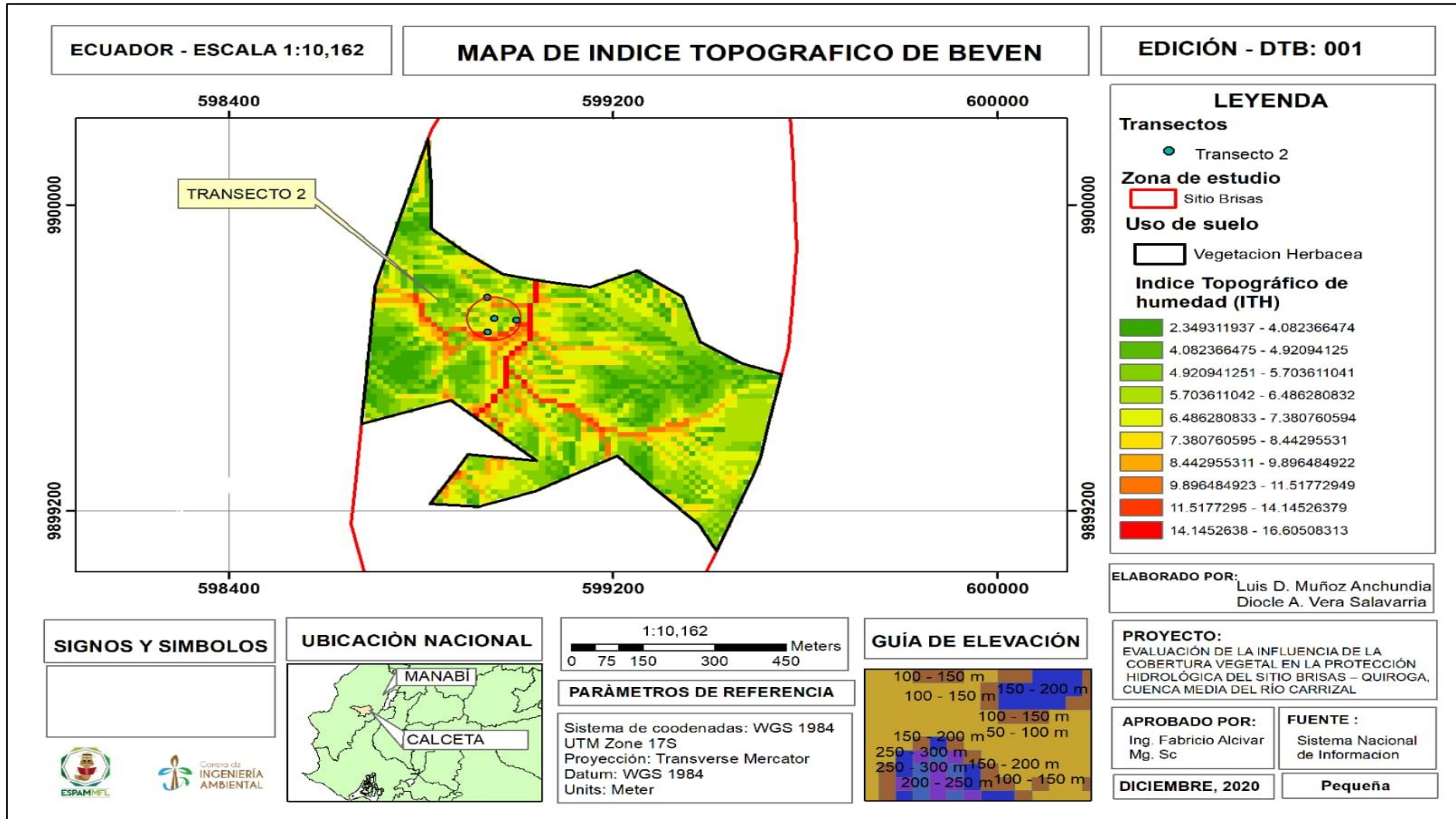


Anexo 3 - C. Mapa de índice topográfico de humedad (ITH) de la zona boscosa





Anexo 3 - D. Mapa del Índice Topográfico de Beven (ITH) de la vegetación herbácea



Anexo 3 - F. Mapa del Índice Topográfico de Beven (ITH) de las tierras cultivadas

