



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ**

**MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

**CARRERA DE MEDIO AMBIENTE**

**TESIS PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA**

**EN MEDIO AMBIENTE**

**TEMA:**

**RELACIÓN ENTRE LA PROTECCIÓN HIDROLÓGICA Y LA  
COBERTURA VEGETAL DE LA SUBCUENCA HIDROGRÁFICA  
DEL RIO CARRIZAL**

**AUTORA:**

**LUCAS LOOR KAREN LEONELA**

**TUTORA:**

**ING. CUMANDÁ PHILCO VELASCO, M.Sc.**

**CALCETA, NOVIEMBRE 2016**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

Karen Leonela Lucas Loor declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.

---

KAREN LEONELA LUCAS LOOR

## CERTIFICACIÓN DE TUTOR

**Estela Cumandá Philco Velasco** certifico haber tutelado la tesis **RELACIÓN ENTRE LA PROTECCIÓN HIDROLÓGICA Y LA COBERTURA VEGETAL DE LA SUBCUENCA HIDROGRÁFICA DEL RIO CARRIZAL**, que ha sido desarrollada por **Karen Leonela Lucas Loor**, previa la obtención del título de Ingeniera en Medio Ambiente de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

ING. CUMANDÁ PHILCO VELASCO, M.Sc.

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaran que han **APROBADO** la tesis **RELACIÓN ENTRE LA PROTECCIÓN HIDROLÓGICA Y LA COBERTURA VEGETAL DE LA SUBCUENCA HIDROGRÁFICA DEL RIO CARRIZAL**, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por **Karen Leonela Lucas Loor**, previa la obtención del título de Ingeniera en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

ING. VERÓNICA ESPINEL PINO, M.Sc

**MIEMBRO**

---

ARQ. FRANCISCO SOLÓRZANO MURILLO, M.Sc.

**MIEMBRO**

---

ING. JOFFRE ANDRADE CANDELL, M.Sc.

**PRESIDENTE**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López por ofrecernos una educación superior de calidad con la cual estamos forjando nuestros conocimientos profesionales y morales día a día.

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mi madre, que con su demostración de una madre y mujer ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

A todos mis amigos y amigas y en particular a Andrea, Dayana y María por siempre estar pendiente de mí y por todo el cariño y apoyo que he recibido de especialmente estos los últimos meses

A mi tutora de tesis la Ing. Cumandá Philco por su valiosa guía y asesoramiento en la realización de esta investigación.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa o indirectamente en la elaboración de esta investigación.

**GRACIAS**

## **DEDICATORIA**

Al creador de todas las cosas, el que ha dado la fortaleza para continuar cuando he estado a punto de caer.

De igual forma, dedico esta tesis a mi Madre Helen Loor, que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo que me ayudó a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mi abuela que aunque ya no está más en este mundo siempre estuvo y estará presente en vida apoyándome de alguna manera.

A mi familia en general, porque me han brindado apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

**KAREN L. LUCAS LOOR**

## CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA .....	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTORA.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
CONTENIDO GENERAL.....	vii
CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS.....	ix
RESUMEN .....	x
PALABRAS CLAVES .....	x
ABSTRACT .....	xi
KEYWORDS.....	xi
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES .....	1
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
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Cobertura vegetal en cuencas hidrográficas .....	4
2.2. Cálculo del índice de protección hidrológica.....	6
2.3. Alternativas de manejo para el desarrollo sostenible en.....	8
Cuencas hidrográficas.....	8
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO .....	11
3.1. Ubicación.....	11
3.2. Duración .....	11
3.3. Variables en estudio .....	12
3.3.1. Variable dependiente.....	12
3.3.2. Variable independiente .....	12
3.4. Procedimientos.....	12

3.4.1. Fase I. Determinación de la cobertura vegetal .....	12
3.4.1.1. Actividad 1. Obtención de información satelital .....	12
3.4.1.2. Actividad 2. Elección de puntos de muestreo .....	13
3.4.1.3. Actividad 3. Visitas de campo .....	13
3.4.2. Fase II. Cálculo del índice de protección hidrológico.....	14
3.4.2.1. Actividad 4. Determinación del iph.....	14
3.4.2.2. Actividad 5. Elaboración de mapas temáticos .....	14
3.4.2.3. Actividad 6. Interpretación del iph .....	14
3.4.3. FASE III. Alternativas de manejo .....	15
3.4.3.1. Actividad 7. Búsqueda de alternativas.....	15
3.4.3.2. Actividad 8. Redactar recomendaciones .....	15
3.5. Método.....	15
3.6. Técnica estadísticas .....	16
3.6.1. Media aritmética .....	16
3.7. Técnicas .....	16
3.7.1. Transeptos.....	16
3.7.2. Lista de chequeo .....	16
3.7.3. Sistema de posicionamiento global .....	16
3.7.4. Observación .....	17
3.7.5. Fichaje.....	17
3.7.6. Recopilación bibliográfica .....	17
3.7.7. Mapas temáticos.....	18
3.7.8. Sistemas de información geográfica.....	18
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
4.1. Determinación de la cobertura vegetal .....	19
4.2. Cálculo del índice de protección hidrológico.....	20
4.3. Alternativas de manejo para las áreas con iph bajo .....	28
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	34
5.1. Conclusiones.....	34
5.2. Recomendaciones.....	35
BIBLIOGRAFÍA .....	36

ANEXOS .....	43
--------------	----

## **CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS**

Cuadro 3.1. Tipo de cobertura vegetal y superficie en la subcuenca del..... Carrizal .....	13
Cuadro 4.1. Puntos de muestreo por uso de suelo .....	19
Cuadro 4.2. Coordenadas de los puntos de muestreo .....	20
Cuadro 4.3. IPH por puntos de muestreo y Unidad de vegetación.....	25
Cuadro 4.4. Cálculo del IPP para Cada Unidad de Vegetación .....	27
Cuadro 4.5. Aptitud Hidrológica de las unidades de vegetación de la..... subcuenca del río Chone. ....	28

## RESUMEN

Se determinó la relación entre la protección hidrológica y la cobertura vegetal de la subcuenca hidrográfica del Carrizal, mediante el cálculo del Índice de Protección Hidrológica (IPH). Para esto, se utilizó datos obtenidos de visitas de campo a 28 puntos de referencia, los cuales fueron tabulados a través de programas informáticos como Excel y Sistemas de Información Geográfica (SIG). El número de puntos de referencia fue determinado a partir de los 15 usos de suelo, especificados para el área de estudio de acuerdo al Sistema Nacional de Información (SNI), conociéndose por diferentes autores que a mayor área por cobertura, mayor número de puntos. Para el cálculo del IPH, se analizaron las variables: estructura, densidad, interceptación de la precipitación, presencia de mulch, características especiales, tipo de vegetación y grado de intervención con escala de 1 a 3 en transectos radiados de 50 m, evaluadas cada 0,5m. De acuerdo al cálculo realizado, la subcuenca posee una superficie de 5945,55 ha., donde la cobertura vegetal de alta estabilidad hidrológica es la de 70% arboricultura tropical/30% bosque intervenido, con un IPH de 0,873. El pasto cultivado y vegetación arbustiva con IPH 0,381 equivale a baja, que es el índice más preocupante porque no favorece la retención hídrica, al contrario la escorrentía y erosión del suelo serán de mayor proporción. En general, la protección hidrológica de la subcuenca del Carrizal es media (IPH 0,590), por lo que será necesaria la aplicación de medidas de mitigación, como siembra de especies vegetales arbórea con gran frondosidad.

## PALABRAS CLAVE

Índice de protección hidrológica, Sistemas de Información Geográfica, transectos radiados.

## **ABSTRACT**

The relationship between the hydrological protection and the vegetation cover of the Carrizal hydrographic sub-basin was determined by calculating the Hydrological Protection Index (IPH). To do this, data obtained from field visits are used to 28 reference points processed through computer programs such as Excel and Geographic Information Systems. The number of reference points determined from the 15 land uses, specified for the study area according to the National Information System (SNI), known to the various authors that a larger area by coverage, number of Points of the mayor. In order to calculate the HPI, the following variables were analyzed: structure, density, interception of precipitation, presence of mulch, special characteristics, type of vegetation and degree of intervention with scale of 1 to 3 in transects radiated of 50 m, 5m. According to the calculation, the sub-basin has an area of 5945.55 ha., Where the vegetation cover with high hydrological stability is 70% tropical arboriculture / 30% intervened forest, with an HPI of 0.873. Cultivated pasture and shrubby vegetation with IPH 0.381 is equivalent to low, which is the most worrying index because it does not favor water retention, as opposed to runoff and soil erosion. In general, the hydrological protection of the Carrizal sub-basin is medium (IPH 0.590), which means that mitigation measures are needed, such as planting of tree species with great frondiness.

## **KEY WORDS**

Hydrologic Protection Index, Geographic Information Systems, radiated transects.

# CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

## 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

A nivel mundial, la presencia de las plantas es la clave para el ciclo hidrológico en aspectos como almacenamiento del agua, liberación por evapotranspiración y condensación del rocío (Rosas *et al.*, 2005) y actualmente, aspectos como el uso descontrolado del suelo con fines económicos (Ludeña, 2011), el crecimiento de la población, la extensión de los asentamientos humanos y la industrialización provocan creciente contaminación en los factores físico-naturales más importantes (Beltrán y Jaramillo, 2007), ocasionando que las microcuencas abastecedoras de agua se encuentren en mal estado (Ludeña, 2011) generando en las últimas décadas un agravamiento de los problemas de erosión, crecidas de caudales de los ríos e inundaciones (MIDEPLAN, 1998).

En América latina, acciones como la deforestación, la degradación, cambio del uso del suelo (Herrán, 2012), la mala administración de tierras y recursos, las presiones económicas y la contaminación, están ocasionando una crisis ambiental que está afectando a todo el continente (Anon., 2007) provocando la alteración del balance hídrico y la desestabilización de cuencas, pudiendo afectar los patrones climáticos y contribuir al calentamiento global (Meli, 2003).

Uno de los principales problemas que soportan las poblaciones urbanas y rurales en el Ecuador, es la escasez de agua para consumo humano y riego (Piñeda, 2006) donde la pérdida de vegetación, especialmente nativa se ve agudizada por las prácticas agrícolas en pendientes fuertes y frecuente mal uso del suelo (Isacás, 2014). El índice de protección hidrológica (IPH) es un coeficiente que permite determinar el grado de resistencia que puede tener un suelo a los efectos nocivos de la erosión causada por las gotas de agua de lluvia (Alcaldía Municipal de San Antonio, 2000) para conocer el mayor o menor grado de protección e implícitamente de exposición al proceso erosivo o de deterioro, en función del tipo de cobertura y/o usos de la tierra presentes en la subcuenca (Romero y Ferreira, 2010; UNAD, 2013).

Con base en estos antecedentes se formula la siguiente interrogante:

¿Cómo se relacionan la protección hidrológica y la cobertura vegetal de la Subcuenca Hidrográfica del río Carrizal?

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

Para poder tomar decisiones sobre el uso y aprovechamiento de los recursos naturales y el medio ambiente se necesita la generación de indicadores cuantitativos. Los expertos en las ciencias naturales generan los indicadores físicos y los expertos en economía los expresan en términos monetarios, haciendo en conjunto, las recomendaciones sobre el uso potencial de los recursos naturales (Barsev, 2002). Con los valores de IPH se determinará el grado de resistencia que puede poseer un suelo a los efectos nocivos de la erosión hídrica (Alcaldía Municipal de San Antonio, 2000) y la aptitud de la vegetación para proveer un servicio hidrológico y según sea el grado de protección se determina si la vegetación necesita; conservación/recuperación, recuperación o recuperación/concienciación (Ludeña, 2011).

Además, la cobertura vegetal en las cuencas hidrográficas es de gran importancia pues ocasionan la dispersión de contaminantes en disolución, y en consecuencia disminuyen el flujo total de escorrentía (Rodríguez *et al.*, 2004), siendo por tanto el IPH un factor crítico para delinear posibles escenarios de conservación (Salgado *et al.*, 2007) que permitan atenuar el escurrimiento superficial y en consecuencia la desaparición del horizonte superficial (Palavecino *et al.*, 2014) para asegurar un flujo de agua permanente en la población beneficiaria y su economía (Barrantes y Vega, 2002).

El artículo 411 de la Constitución del Ecuador menciona que *el Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico y que regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, especialmente en las*

*fuentes y zonas de recarga* y el objetivo 7 del Plan Nacional del Buen Vivir que busca *mejorar la calidad de vida de la población y Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global*; el trabajo justifica la obtención del IPH pues permitirá conocer la protección hidrológica generada por la vegetación y establecer el estado de mantenimiento para proponer medidas de conservación y/o recuperación en la subcuenca del Carrizal.

### **1.3. OBJETIVOS**

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

Determinar la relación entre la protección hidrológica y la cobertura vegetal de la Subcuenca Hidrográfica del Río Carrizal

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la cobertura vegetal existente en la subcuenca hidrográfica del río Carrizal.
- Calcular el índice de protección hidrológica de la subcuenca hidrográfica del río Carrizal.
- Proponer alternativas de manejo para las áreas con IPH bajo.

### **1.4. HIPÓTESIS.**

La cobertura vegetal existente en la subcuenca del río Carrizal provee una protección hidrológica media a este espacio de vida.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. COBERTURA VEGETAL EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

Las cuencas hidrográficas es la zona geográfica drenada por una corriente de agua (FAO, 2009), conformado por un sistema hídrico que conducen sus aguas a un río principal, a un río muy grande, a un lago o a un mar (Carrie, 2001) la cual incluye ecosistemas terrestres (selvas, bosques, matorrales, pastizales, manglares, entre otros) y ecosistemas acuáticos (ríos, lagos, humedales, etc.), y es delimitada por las divisorias de aguas o *divortium aquarum* que es una línea imaginaria (Gálvez, 2011). Estas cuencas hidrográficas también se pueden dividir en subcuencas.

Una Subcuenca es toda área en la que su drenaje va a directamente al río principal de la cuenca. También se puede definir como una subdivisión de la cuenca. Es decir que en una cuenca puede haber varias Subcuencas (Esteli, 2002).

Dentro de las cuencas hidrográficas es de mucha importancia la cobertura del suelo la cual está representada por la vegetación, cuerpos de aguas, construcciones físicas que ha realizado el hombre y en general todo lo biótico y abiótico que cubre la superficie de la tierra; mientras que el uso, hace referencia a cada una de las actividades que el hombre efectúa para aprovechar los recursos naturales con el propósito de satisfacer las necesidades de alimento, fibras, vivienda y trabajo (Morales, 2002).

La vegetación es la expresión fisonómica y estructural de la comunidad vegetal de un determinado sitio ante las condiciones que imperan en el ambiente, lo cual incluye un conjunto de factores físicos, químicos y biológicos. Así, la vegetación es resultado del arreglo espacial, tanto vertical como horizontal, que encuentran las especies de plantas que cohabitan en un lugar al repartirse los recursos disponibles en la comunidad, lo que involucra al suelo y sus nutrientes, el agua y la luz disponible.

En otros términos, podemos decir que la vegetación es el producto de un conjunto de procesos tanto ecológicos como evolutivos que ocurren en la comunidad y que, a su vez, determina las condiciones ambientales que imperan en un sitio y tiempo determinado (Durán y Gerardo, 2000)

La cobertura y distribución de la vegetación representa la historia de uso de un área y la variación de sus condiciones medioambientales y existen diferentes criterios para definir las unidades o tipos de vegetación en un determinado territorio. Tomando como referencia las especies que viven en el lugar y el aspecto externo de la vegetación (estratos o pisos presentes, cantidad de terreno que cubre y formas de vida de las plantas), podríamos diferenciar las siguientes unidades: Selva, Bosque, Matorral, Pradera, Mallín, Estepa, Semidesierto (Aceñolaza *et al.*, 2006).

La pérdida de la cobertura vegetal es uno de los eventos más impactantes a nivel global, pues no solo altera el ciclo hidrológico, sino que produce serios problemas de erosión, salinización, pérdida de productividad primaria y disminución de la capacidad de infiltración de agua para la recarga de acuíferos. Aunados al impacto negativo que estos cambios generan, la pérdida de recursos y de fertilidad de los suelos, así como la merma en la productividad de los ecosistemas conducen a la espiral de pobreza–degradación ambiental. Por un lado, la carencia de medios económicos conduce a los dueños de los recursos a seguir impactando los ecosistemas naturales, y por otro les impide capitalizarse para mejorar sus sistemas productivos actuales fortaleciendo así el proceso de desertificación (Rosas *et al.*, 2008).

Investigaciones realizadas en Ecuador específicamente en el canton Loja en la Subcuenca Zamora Huayco se han obetenido como resultados que las formaciones vegetales más representativas son pastizales, bosque montano, páramo arbustivo, plantaciones de árboles / pino y sucesión de vegetación; en cuanto a la condición hidrológica en buen estado, en las partes altas están Mendieta y el Carmen; y en las partes bajas con condición hidrológica mala están la Mendieta y San Simón. De los impactos antropogénicos más

relevantes se tuvo la alteración de la cubierta vegetal, incendios y explotación forestal, además los factores más afectados son la calidad y cantidad del agua y el uso del territorio. Con respecto a los porcentajes de materia orgánica más altos se encontraron en pastizales con 8,57% a 2258 m. de altitud y Páramo Arbustivo con 7,38% a 2997m. de altitud. De acuerdo al mapa de uso de suelo y cobertura vegetal se tuvo que las formaciones vegetales más representativa son los paramos en la parte alta de la Subcuenca con 1230.984 ha., seguida de los Bosque Montanos con un 1193.251 ha. Lo que se pretende en este estudio es tomar en cuenta las microcuencas para un manejo integral, ya que proveen a la ciudad de Loja el recurso hídrico, así mismo también entender los cambios de cobertura vegetal debido a los impactos antropogénicos (Maza, 2009).

## **2.2. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA**

Los Índices de Protección Hidrológica, permiten realizar un estudio integral de la vegetación en una cuenca y evaluar el estado de la misma para la protección hidrológica del suelo contra la erosión hídrica (Marmol, 2008). Para el cálculo de este índice son de mucha ayuda las geotecnologías y sistemas como el de georreferenciación.

Un SIG se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos (Brenes, 2007). Las geotecnologías o TIG son un conjunto de herramientas que facilitan la recolección, manejo y análisis de diferentes datos (Chuvienco *et al.*, 2005; Ehrensperger *et al.*, 2007; Gentili y Gil, 2009).

Una de las investigaciones a resaltar fue la que se hizo en Argentina en la provincia de Salta en la cual se detalla lo siguiente: La Cuenca del río Potrero (315 km<sup>2</sup>), forma parte del alto valle del Río Arenales, y abastece de agua potable a la ciudad de Salta y, para riego del sector norte del Valle de Lerma.

Los pobladores de menores recursos practican cultivos de subsistencia, en pequeños parches, con surcos a favor de la pendiente. Además, practican pastoreo extensivo de ganado mayor y menor sin rotación y realizan la quema de pastizales. Esto origina un intenso sobrepastoreo, con compactación del suelo, que genera intensos procesos de erosión hídrica y remoción en masa (deslizamientos de laderas, reptación, volcanes de barro). El objetivo principal es determinar los Índices de protección hidrológica de la vegetación en esta cuenca, para conocer el estado de conservación. En base en los muestreos de campo, fotointerpretación y análisis de imágenes satelitales, elaborar el Mapa de Vegetación, determinando las unidades de vegetación, mediante uso de SIG. Se estableció parcelas compuestas por tres transectos radiados de 50 m de largo, ubicadas 120° una de otra. Se determinó la cobertura cada 0.5 m. Se analizaron los resultados empleando la Tabla de Índice de Protección Hidrológica adoptado por FAO. El IPH presenta un rango de valores entre: 0 (protección nula) y 1 (protección máxima) (Romero, 2008).

Los mapas geomorfológicos, preferentemente del tipo analítico y geomorfológico constituyen un elemento indispensable para el desarrollo y conservación del recurso (Verstapteen, 1964).

Un transecto es un corte transversal visual de un ambiente particular que destaca los diferentes microambientes o subsistemas dentro del área bajo investigación. El análisis por transectos se centra en los flujos o energía y los recursos de un área a otra. El sistema de información geográfica (SIG), las imágenes de satélite y el DRR complementan a los transectos al generar y mostrar una variedad de información y datos (Gonsalves, 2006).

También se dice que es una banda de muestreo sobre la que se toman los datos definidos previamente. Este método de inventario ha sido utilizado para la estimación de la cobertura de especies de carácter arbustivo, la abundancia de especies de flora o fauna, ya que este método se ajusta bien a su movilidad (Saldise y Gómez Corral, 2013).

El mulch es una característica analizada pues ayuda a mantener la humedad y mejorar las condiciones del suelo, pues puede reducir la pérdida de agua del suelo (Sociedad Internacional de Arboricultura, 2011), protegiéndolo de la intemperie sin impedir que el agua de lluvia se infiltre (Imeson y Curfs, 2008). Es bastante eficaz para luchar contra la erosión porque protege a nivel del suelo, formando una cobertura contra la erosión por el impacto de las gotas de la lluvia y la constitución de una sobre capa (Ministerio de Agricultura y Riego de Perú, 2014).

### **2.3. ALTERNATIVAS DE MANEJO PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

El desarrollo sostenible en una cuenca hidrográfica es aquel en el cual se asegura que las poblaciones de estas cuencas, puedan alcanzar un nivel aceptable de bienestar tanto en el presente como el futuro; pero que esto sea además compatible con las condiciones ecológicas y socioeconómicas en el largo plazo. Esto tiene que ver con el uso adecuado que se le dé al suelo, con el manejo de la vegetación, sistemas de cultivos, cuidado y uso del agua, mantenimiento de la biodiversidad etc., (Umaña, 2002).

En la cuenca se producen relaciones, interacciones e interrelaciones y es un sistema natural dinámico de elementos físicos, biológicos, sociales, económicos y políticos que se relacionan entre sí, evolucionando permanentemente en función de las actividades antrópicas. Constituye el espacio indicado para combinar adecuadamente: el manejo forestal con el ordenamiento integral de los recursos naturales donde se hagan compatibles las demandas sociales con las capacidades o soporte de la naturaleza y en donde el hombre juega un rol principal ya que, con sus decisiones y comportamiento, puede producir cambios positivos o negativos en las cuencas (Umaña, 2002).

Como se ha dicho, la cuenca la conforman componentes biofísicos como el agua, el suelo biológico como la flora y la fauna y antropocéntrico que se

refieren a las actividades socioeconómicas y culturales que desarrolla el hombre como principal actor. Todos estos componentes están interrelacionados y deben de estar en equilibrio ya que al afectarse uno de ellos pone en peligro todo el sistema. Esto significa que es necesario estudiar y conocer cada uno de estos componentes, pero la mejor manera es hacerlo considerando todo el sistema que en este caso es la cuenca.

Por otro lado, de los recursos naturales que se tienen en la cuenca, unos pueden ser renovables (el agua, la biodiversidad, el suelo agrícola) siempre que pueden reemplazarse por vía natural o mediante la intervención humana; pero también pueden ser no renovable cuando no se pueden reemplazar en un período de tiempo significativo, en términos de las actividades humanas a las que están sometidos (Umaña, 2002).

Una cuenca saludable protege el abastecimiento de agua, alimenta los bosques, las plantas y la vida silvestre, mantiene el suelo fértil y respalda la autosuficiencia de las comunidades. Los cambios grandes y repentinos que ocurren cuando se cortan los árboles, se eliminan los matorrales, se vacían desechos y se construyen caminos, casas y represas pueden dañar las cuencas y sus recursos de agua, alterando la capacidad de los terrenos para sostener comunidades saludables, lo que puede dar lugar a problemas de salud, hambre y migración. Si se planifican debidamente para los cambios en el flujo del agua a través de las cuencas y el desarrollo y utilización que se dará al agua y a los terrenos podrán evitarse problemas en el futuro (Conant y Fadem, 2011).

Para un desarrollo sostenible adecuado dentro de una cuenca es necesario mantener una óptima protección hidrológica realizando actividades como:

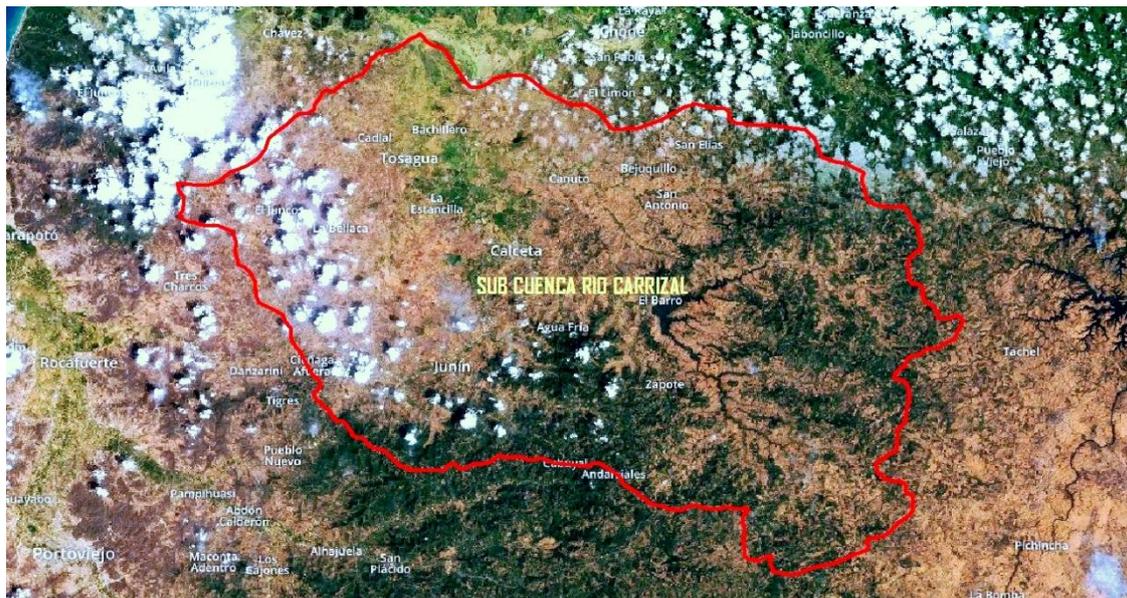
- Conservar la producción hídrica en cantidad y calidad adecuada para las actividades humanas y productivas de la región.
- Conservar los cursos de aguas que hacen posible el desarrollo agrícola y pecuario de las tierras ubicadas aguas debajo de protección.

- Mantener la diversidad ecológica y regularización ambiental.
- Controlar la erosión, el sedimento y proteger las inversiones regionales de los estragos de la escasez aguda de agua y la severidad de las inundaciones.
- Proteger la belleza paisajista y las áreas verdes.
- Estimular el uso racional de las tierras marginales y desarrollo rurales locales (Ministerio del Ambiente de Panamá, 2013).

# CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

## 3.1. UBICACIÓN

Los datos analizados pertenecen a la subcuenca hidrográfica del Río Carrizal que está comprendida entre las coordenadas 1°4'15.04"S, 79°52'11.79"W, y cubre un área de aproximadamente 131890,34 ha., se encuentra asentada en la provincia de Manabí y limita al norte con las cuencas del Río Briceño y Río Jama al sur con las cuencas del Río Portoviejo y Río Guayas, al este con el océano pacífico, la cuenca del Estero Pajonal y al oeste con la cuenca del Río Guayas (MAE y PACC, 2009). La información fue procesada mediante análisis satelital georreferenciado en Sistemas de Información Geográfica y comprobación de campo en puntos muestreados de referencia.



**Ilustración 0.1.** Mapa de ubicación del proyecto

**Fuente:** Sistema Nacional de Información

**Autor:** Elaboración propia

## 3.2. DURACIÓN

Se planificó una duración de 6 meses a partir de la aprobación del proyecto de investigación para el procesamiento y análisis de la información.

### **3.3. VARIABLES EN ESTUDIO**

#### **3.3.1. VARIABLE DEPENDIENTE**

Protección hidrológica.

#### **3.3.2. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Cobertura vegetal de la subcuenca hidrográfica del río Carrizal.

### **3.4. PROCEDIMIENTOS**

Los procedimientos descritos a continuación sirvieron para la ejecución del trabajo propuesto, los cuales fueron seleccionados y adaptados al lugar de estudio.

#### **3.4.1. FASE I. DETERMINACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL**

En esta fase se obtuvo datos que sirvieron de base para la ejecución de la investigación planteada, para lo cual se planteó el cumplimiento de las siguientes actividades:

##### **3.4.1.1. ACTIVIDAD 1. OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN SATELITAL**

La información geográfica y satelital fue obtenida del Sistema Nacional de Información de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (disponibles al público en general en la base de datos del SIN) y de otras fuentes oficiales de información como el Instituto Geográfico Militar, pues de acuerdo a el Acuerdo Ministerial N° 0089-2014 en su Resolución 003 los Gobiernos Autónomos Descentralizados deben utilizar esta información para sus proyectos de desarrollo.

### 3.4.1.2. ACTIVIDAD 2. ELECCIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

Se seleccionaron 28 puntos de muestro, con base en las unidades vegetales que posee la subcuenca (Romero y Ferreira, 2010) descrita por la plataforma de datos del Sistema Nacional de Información (ver cuadro 3.1), el número de puntos para cada unidad fueron ubicados de acuerdo a la superficie que cubría cada unidad definida.

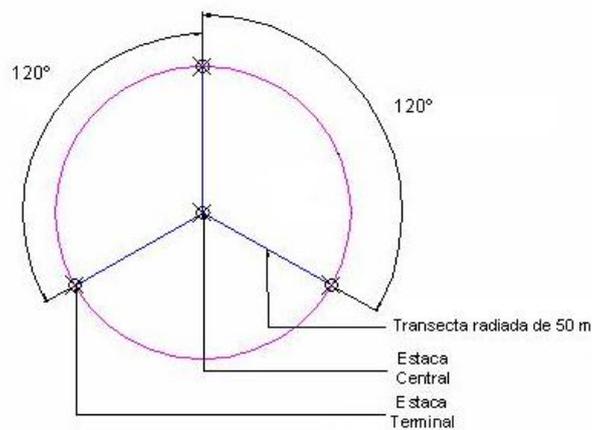
**Cuadro 0.1** Tipo de cobertura vegetal y superficie en la subcuenca del Carrizal

USO DE SUELO	ÁREA (ha)
50% bosque intervenido - 50% pasto cultivado	335,386
50% cultivos de ciclo corto - 50% pasto cultivado	731,778
50% frutales - 50% pasto cultivado	28667,001
70 % pasto cultivado / 30% cultivos de ciclo corto	30165,385
70% arboricultura tropical / 30% bosque intervenido	17196,461
70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado	9321,202
70% bosque intervenido / 30% pasto cultivado	1785,406
70% cultivos de ciclo corto / 30% pasto cultivado	22202,350
70% pasto cultivado / 30% bosque intervenido	826,956
70% pasto cultivado/ 30% frutales	280,738
Arboricultura tropical	11064,466
Bosque natural	1588,720
Cultivos de ciclo corto	1778,936
Pasto	6379,146
Vegetación arbustiva	980,129

La cobertura vegetal restante (1399,504 ha) corresponde a cuerpos de agua natural y artificial existentes en la subcuenca.

### 3.4.1.3. ACTIVIDAD 3. VISITAS DE CAMPO

En base en los puntos seleccionados, se elaboraron parcelas compuestas por tres transectos radiados de 50 m, ubicadas 120° una de otra (ver ilustración 3.1) donde se realizaron observaciones acerca de la cobertura cada 0,5 m en la ficha de observación (ver anexo 1) (Romero y Ferreira, 2010).



**Ilustración 0.2.** Parcela de IPH, con 3 transectos

### **3.4.2. FASE II. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICO.**

Luego, se procesó la información obtenida en la fase anterior, para lo cual se procedió de la siguiente manera:

#### **3.4.2.1. ACTIVIDAD 4. DETERMINACIÓN DEL IPH**

Para la evaluación se asignaron valores a los tipos de cobertura vegetal, ajustados a una lista de chequeo para llegar a un valor de IPH con base en 7 criterios y 21 indicadores (Rojas, 2004), que se encuentra en la Anexo 1.A.

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

Una vez determinado el IPH de la subcuenca, se procedió a la elaboración de mapas que mostraron de manera precisa y gráfica los datos obtenidos (Verstapteen, 1964), mediante la utilización de software de Sistemas de Información Geográfica y formatos establecidos en la normativa vigente.

#### **3.4.2.3. ACTIVIDAD 6. INTERPRETACIÓN DEL IPH**

Los datos de IPH sirvieron posteriormente para determinar los grados de protección para cada tipo de cobertura, para lo que se utilizó la tabla de referencia provista por Rojas (2004) ubicada en el anexo 1. Y posteriormente

para su interpretación se utilizó la tabla provista por Bernero, 2006 (Ver ilustración 3.3).

RANGOS IPH	IMPORTANCIA	APTITUD
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

**Ilustración 0.3** Rangos de IPH para medir la aptitud de las áreas de importancia hidrológica dentro de la subcuenca

### **3.4.3. FASE III. ALTERNATIVAS DE MANEJO PARA LAS ÁREAS CON IPH BAJO**

#### **3.4.3.1. ACTIVIDAD 7. BÚSQUEDA DE ALTERNATIVAS**

En función de los resultados obtenidos, se buscaron alternativas para mejorar, mantener u optimizar las condiciones de protección vegetal encontradas en la subcuenca (Moreno, 2011).

#### **3.4.3.2. ACTIVIDAD 8. REDACTAR RECOMENDACIONES**

Una vez adoptadas las recomendaciones para el lugar de estudio se aplicó un análisis de informe técnico, para reportar el problema y las posibles soluciones (Rengifo, 2009).

### **3.5. MÉTODO**

El método utilizado fue el cuantitativo de campo, pues los datos obtenidos fueron comprobados en campo, procesados numéricamente y comparados con tablas generalizables utilizadas para determinar las características de la subcuenca en función de estos.

### **3.6. TÉCNICA ESTADÍSTICAS**

#### **3.6.1. MEDIA ARITMÉTICA**

La media aritmética es mostrada como elemento representativo de un conjunto de valores dados (Rodríguez y Cabrera, 2010), por lo que sirvió para establecer la media entre los valores de índice de protección hidrológica de las parcelas de estudio, tipos de usos de suelo y la su subcuenca en general, estableciendo un valor representativo de los datos analizados.

### **3.7. TÉCNICAS**

Las técnicas utilizadas para la ejecución del trabajo propuesto fueron:

#### **3.7.1. TRANSECTOS**

Mediante este procedimiento se realizaron recorridos a lo largo de una línea (por lo general recta) predeterminada, efectuados a una velocidad constante y durante los cuales se intenta detectar la presencia o ausencia de vegetación (Angulo *et al.*, 2006), se estableció parcelas compuestas por tres transectos radiadas de 50 m de largo, ubicadas 120° una de otra. Se determinó la cobertura cada 0.5 m, considerando los estratos (Romero y Ferreira, 2010).

#### **3.7.2. LISTA DE CHEQUEO**

La lista de chequeo sirvió para llegar a un valor de IPH con base en 7 criterios y 21 indicadores que se demuestran en el anexo 1, misma que fue completada en las visitas de campo mediante el formato detallado en la Ilustración 3.1.

#### **3.7.3. SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL**

El Global Position System (GPS) ofreció, en conjunto con la observación, una base para la comprobación de los datos obtenidos en los sistemas de información geográfica.

### 3.7.4. OBSERVACIÓN

La observación se utilizó para la constatación de los datos obtenidos en los sistemas de información geográfica, mediante la visualización de las características percibidas. Como referencia a este proceso se realizó un fichaje de campo, que además sirvió como fuente de almacenamiento de la información obtenida durante las visitas de campo (Lippmann *et al.*, 2006).

### 3.7.5. FICHAJE

El fichaje sirvió como fuente de almacenamiento de la información obtenida durante las visitas de campo (Lippmann *et al.*, 2006). Se utilizó el formato detallado en la ilustración 3.4.

**Ilustración 0.4.** Formato de ficha de observación

<b>FICHA DE OBSERVACIÓN</b>			
<small>TESIS: RELACIÓN ENTRE LA PROTECCIÓN HIDROLÓGICA Y LA COBERTURA VEGETAL DE LA SUBCUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CARRIZAL</small>			
<small>OBJETIVO: Determinar la cobertura vegetal existente en la subcuena hidrográfica del río Carrizal.</small>			
<small>PUNTO: _____</small>		<small>OBSERVACIÓN: _____</small>	
<small>USO DE SUELO: _____</small>		<small>_____</small>	
<small>COORDENADAS</small>			
<small>X</small> _____	<small>Z</small> _____	<small>_____</small>	
<small>Y</small> _____	_____	<small>_____</small>	
ESTRUCTURA	DENSIDAD	INTERCEPCIÓN DE VEGETACIÓN	MULCH
TRANSECTO 1	TRANSECTO 1	TRANSECTO 1	TRANSECTO 1
TRANSECTO 2	TRANSECTO 2	TRANSECTO 2	TRANSECTO 2
TRANSECTO 3	TRANSECTO 3	TRANSECTO 3	TRANSECTO 3
CARACTERÍSTICAS ESPECIALES	TIPO DE VEGETACIÓN	GRADO DE INTERVENCIÓN	
TRANSECTO 1	TRANSECTO 1	TRANSECTO 1	
TRANSECTO 2	TRANSECTO 2	TRANSECTO 2	
TRANSECTO 3	TRANSECTO 3	TRANSECTO 3	
<small>_____</small> <small>FIRMA DEL RESPONSABLE</small>			

### 3.7.6. RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA

La recopilación bibliográfica se utilizó para obtener la información geográfica y satelital acerca del uso de suelo en la subcuena hidrográfica del Carrizal.

### **3.7.7. MAPAS TEMÁTICOS**

Los mapas temáticos sirvieron para representar gráfica y detalladamente los resultados obtenidos acerca del IPH de las zonas de estudio.

### **3.7.8. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

Los SIG se utilizaron para el procesamiento de la información geográfica, y para analizar los datos geográficos (mapas) y sus características (atributos).

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. DETERMINACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL

La información utilizada acerca de la cobertura vegetal fue obtenida del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP, 2003) disponible en el Sistema Nacional de Información, de acuerdo a los que se pudo identificar 15 tipos de cobertura vegetal (ver Cuadro 3.1) con la superficie ocupada de cada uno en la subcuenca. Con estos datos se elaboró una tabla de porcentajes con sus respectivas superficies y en base en los valores obtenidos, se asignaron 28 puntos de muestreo (Ver Cuadro 4.1).

**Cuadro 0.1.** Puntos de muestreo por uso de suelo

Fuente: Elaboración propia

COBERTURA VEGETAL	%	ÁREA (ha)	PUNTOS
50% Bosque Intervenido - 50% Pasto Cultivado	0,25%	335,39	1
50% Cultivos De Ciclo Corto - 50% Pasto Cultivado	0,54%	731,78	1
50% Frutales - 50% Pasto Cultivado	21,28%	28667,01	2
70 % Pasto Cultivado / 30% Cultivos De Ciclo Corto	22,39%	30165,39	4
70% Arboricultura Tropical / 30% Bosque Intervenido	12,77%	17196,46	3
70% Arboricultura Tropical / 30% Pasto Cultivado	6,92%	9321,20	3
70% Bosque Intervenido / 30% Pasto Cultivado	1,33%	1785,41	1
70% Cultivos De Ciclo Corto / 30% Pasto Cultivado	16,48%	22202,35	3
70% Pasto Cultivado / 30% Bosque Intervenido	0,61%	826,96	1
70% Pasto Cultivado / 30% Frutales	0,21%	280,74	1
Arboricultura Tropical	8,21%	11064,47	3
Bosque Natural	1,18%	1588,72	1
Cultivos De Ciclo Corto	1,32%	1778,94	2
Pasto Cultivado	3,69%	4965,42	1
Vegetación Arbustiva	0,73%	980,13	1
Cuerpos de agua	1,04%	1399,504	0

Estos puntos fueron distribuidos de manera uniforme y al azar por la subcuenca en la cobertura vegetal que le corresponda (Ver anexo 3), de acuerdo a las

elevaciones y ubicación, de modo que fueran representativos de la totalidad del área analizada (Seguinot y Hernández, 2014). Las coordenadas de cada punto se encuentran detalladas en la tabla 4.2.

**Cuadro 0.2.** Coordenadas de los puntos de muestreo

Fuente: Elaboración propia

PUNTO	X	Y	z
1	619227	9889748	272
2	620392	9885641	243
3	611860	9882214	467
4	587508	9909755	10
5	588118	9916700	26
6	585792	9914789	8
7	578866	9917642	90
8	576288	9910173	110
9	570733	9909620	209
10	573994	9904029	214
11	614828	9904799	71
12	613465	9905799	105
13	601718	9899593	42
14	601707	9896154	389

PUNTO	X	Y	z
15	600138	9895661	474
16	613760	9888213	162
17	594332	9908038	24
18	602552	9912342	43
19	607856	9913439	94
20	610784	9914613	119
21	610492	9894955	147
22	610340	9898430	372
23	588484	9898039	55
24	592251	9895201	53
25	585026	9895008	81
26	584583	9893060	141
27	579522	9896301	293
28	578134	9897644	317

## 4.2. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICO

Utilizando la ficha detallada en la Ilustración 3.4 se cuantifico la protección hidrológica de la cobertura vegetal (Umaña, 2002), con base en la escala de 21 como máximo y aplicando una regla de tres simple (Beltrán y Jaramillo, 2007), se obtuvo los datos de Índice de Protección Hidrológica (IPH) detallados en el cuadro 4.3., que muestra la suma de los valores asignados en cada transeptos, el promedio por punto el IPH que le corresponde y el IPH por unidad de vegetación (IPH UV) (Ver anexo 3).

**Cuadro 0.3.** Tipos de Cobertura Vegetal con sus respectivos resultados

Fuente: Elaboración propia

PUNTO	TIPO DE COBERTURA	X	Y	Z	TRANSECTO	ESTRUCTURA	DENSIDAD	INTERCEPCION DE LA VEGETACION	MULCH	CARACTERISTICAS ESPECIALES	TIPO DE VEGETACION	GRADO DE INTERVENCION	SUMA	PROMEDIO	IPH
1	70% PASTO CULTIVADO / 30% BOSQUE INTERVENIDO	619227	9889748	272	#1	2	2	2	2	2	3	2	36	12	0,571
					#2	2	2	2	1	2	2	2			
					#3	1	1	1	1	2	1	1			
2	ARBORICULTURA TROPICAL	620392	9885641	243	#1	2	2	2	2	2	2	2	48	16	0,762
					#2	3	3	3	3	1	2	2			
					#3	2	3	3	2	1	3	3			
14	ARBORICULTURA TROPICAL	601707	9896154	389	#1	3	3	3	2	3	3	2	58	19	0,905
					#2	3	3	3	2	3	3	3			
					#3	3	3	3	2	3	3	2			
22	ARBORICULTURA TROPICAL	610340	9898430	372	#1	3	3	3	3	2	3	3	55	18	0,857
					#2	2	3	2	2	2	3	3			
					#3	3	3	2	2	2	3	3			
3	70% ARBORICULTURA TROPICAL / 30% BOSQUE INTERVENIDO	611860	9882214	467	#1	3	2	3	2	3	2	2	51	17	0,810
					#2	3	3	3	3	3	3	1			
					#3	2	2	2	2	3	2	2			
15	70% ARBORICULTURA TROPICAL / 30% BOSQUE INTERVENIDO	600138	9895661	474	#1	3	3	2	2	2	3	3	56	19	0,905
					#2	3	3	3	2	3	3	2			
					#3	3	3	2	3	2	3	3			
26	70% ARBORICULTURA TROPICAL / 30% BOSQUE INTERVENIDO	584583	9893060	141	#1	3	2	3	2	3	3	2	58	19	0,905
					#2	3	3	3	2	3	3	3			
					#3	3	3	3	3	2	3	3			
4	70% CULTIVOS DE CICLO CORTO / 30% PASTO CULTIVADO	587508	9909755	10	#1	2	2	2	1	1	2	1	31	10	0,476
					#2	2	2	2	1	1	1	1			
					#3	1	2	2	1	1	2	1			

8	70% CULTIVOS DE CICLO CORTO / 30% PASTO CULTIVADO	576288	9910173	110	#1	1	1	2	1	1	1	2	27	9	0,429
					#2	2	1	1	1	1	1	2			
					#3	2	1	1	1	1	1	2			
27	70% CULTIVOS DE CICLO CORTO / 30% PASTO CULTIVADO	579522	9896301	293	#1	1	1	2	1	1	1	2	27	9	0,429
					#2	1	1	2	1	1	1	2			
					#3	1	1	2	1	1	1	2			
5	PASTO CULTIVADO	588118	9916700	26	#1	1	1	1	1	1	2	1	25	8	0,381
					#2	2	1	1	1	1	2	1			
					#3	1	1	1	1	1	2	1			
7	50% CULTIVOS DE CICLO CORTO - 50% PASTO CULTIVADO	578866	9917642	90	#1	2	1	1	1	1	2	1	29	10	0,476
					#2	2	1	2	1	1	2	1			
					#3	2	2	2	1	1	1	1			
9	VEGETACION ARBUSTIVA	570733	9909620	209	#1	1	1	1	1	1	1	1	25	8	0,381
					#2	1	1	1	1	1	3	1			
					#3	1	1	1	1	1	3	1			
6	70 % PASTO CULTIVADO / 30% CULTIVOS DE CICLO CORTO	585792	9914789	8	#1	1	2	2	1	1	2	1	28	9	0,429
					#2	1	1	1	1	1	2	1			
					#3	3	1	1	2	1	1	1			
10	70 % PASTO CULTIVADO / 30% CULTIVOS DE CICLO CORTO	573994	9904029	214	#1	1	1	1	1	1	1	1	24	8	0,381
					#2	1	1	1	1	1	1	1			
					#3	2	2	1	1	1	2	1			
18	70 % PASTO CULTIVADO / 30% CULTIVOS DE CICLO CORTO	602552	9912342	43	#1	2	2	1	1	2	2	2	37	12	0,571
					#2	2	2	2	1	2	2	2			
					#3	2	2	1	1	2	2	2			
24	70 % PASTO CULTIVADO / 30% CULTIVOS DE CICLO CORTO	592251	9895201	53	#1	1	1	1	1	1	1	1	24	8	0,381
					#2	2	1	1	1	2	2	1			
					#3	1	1	1	1	1	1	1			

11	70% PASTO CULTIVADO / 30% FRUTALES	614828	9904799	71	#1	3	2	2	2	2	2	47	16	0,762	
					#2	3	3	2	2	2	3				2
					#3	3	2	2	2	2	2				2
12	70% ARBORICULTURA TROPICAL / 30% PASTO CULTIVADO	613465	9905799	105	#1	2	2	2	2	2	2	46	15	0,714	
					#2	3	3	2	2	2	2				2
					#3	3	3	2	2	2	2				2
20	70% ARBORICULTURA TROPICAL / 30% PASTO CULTIVADO	610784	9914613	119	#1	2	1	1	1	1	2	35	12	0,571	
					#2	2	2	2	1	2	2				2
					#3	2	2	2	1	1	2				2
13	50% FRUTALES / 50% PASTO CULTIVADO	601718	9899593	42	#1	3	2	2	2	3	2	49	16	0,762	
					#2	3	2	2	2	3	2				2
					#3	3	3	3	2	2	2				2
16	50% FRUTALES - 50% PASTO CULTIVADO	613760	9888213	162	#1	2	2	2	2	2	2	39	13	0,619	
					#2	1	2	2	1	2	2				2
					#3	2	2	2	2	2	2				1
17	50% FRUTALES - 50% PASTO CULTIVADO	594332	9908038	24	#1	1	1	1	2	1	1	24	8	0,381	
					#2	1	1	1	2	1	1				1
					#3	1	1	1	2	1	1				1
19	BOSQUE NATURAL	607856	9913439	94	#1	3	3	2	2	3	3	54	18	0,857	
					#2	3	3	2	2	3	3				2
					#3	3	3	2	2	3	3				2
21	70% BOSQUE INTERVENIDO / 30% PASTO CULTIVADO	610492	9894955	147	#1	2	1	2	1	2	1	37	12	0,571	
					#2	1	2	2	1	2	2				2
					#3	3	2	2	1	2	2				2
23	CULTIVOS DE CICLO CORTO	588484	9898039	55	#1	1	1	1	1	2	1	29	10	0,476	
					#2	2	2	2	1	2	2				2
					#3	1	1	1	1	2	1				1

25	CULTIVOS DE CICLO CORTO	585026	9895008	81	#1	1	1	1	1	2	1	1	24	8	0,381
					#2	1	1	1	1	2	1	1			
					#3	1	1	1	1	2	1	1			
28	50% BOSQUE INTERVENIDO - 50% PASTO CULTIVADO	578134	9897644	317	#1	2	2	2	3	2	2	2	50	17	0,810
					#2	3	3	3	3	2	3	3			
					#3	2	2	2	3	2	2	2			

Los diferentes tipos de cobertura vegetal y la acción protectora que estos ejercen sobre el suelo, permitió clasificar e identificar diferentes grados de protección hidrológica.

Como está especificado en el cuadro 4.3, en cada uno de los 28 puntos se elaboraron transeptos radiados (3) de 50 metros cada uno, dando un total de 84 transeptos. Esta tabla es una de las más detalladas ya que especifica el tipo de cobertura vegetal, los puntos geo referenciados, la altura de cada punto, los criterios evaluados con cada uno de sus resultados, la suma que se realiza para la obtención del IPH y por último el índice de protección hidrológica por cada uno de los puntos muestreados.

**Cuadro 0.4.** IPH por puntos de muestreo y Unidad de vegetación

Fuente: Elaboración propia

N°	UNIDAD DE VEGETACIÓN	SUMA	PROM.	IPH	IPH UV
1	70% Pasto Cultivado / 30% Bosque Intervenido	36	12	0,571	0,571
2	Arboricultura Tropical	48	16	0,762	0,841
14	Arboricultura Tropical	58	19	0,905	
22	Arboricultura Tropical	55	18	0,857	
3	70% Arboricultura Tropical / 30% Bosque Intervenido	51	17	0,810	0,873
15	70% Arboricultura Tropical / 30% Bosque Intervenido	56	19	0,905	
26	70% Arboricultura Tropical / 30% Bosque Intervenido	58	19	0,905	
4	70% Cultivos De Ciclo Corto / 30% Pasto Cultivado	31	10	0,476	0,444
8	70% Cultivos De Ciclo Corto / 30% Pasto Cultivado	27	9	0,429	
27	70% Cultivos De Ciclo Corto / 30% Pasto Cultivado	27	9	0,429	
5	Pasto Cultivado	25	8	0,381	0,381
7	50% Cultivos De Ciclo Corto - 50% Pasto Cultivado	29	10	0,476	0,476
9	Vegetación Arbustiva	25	8	0,381	0,381
6	70 % Pasto Cultivado / 30% Cultivos De Ciclo Corto	28	9	0,429	0,444
10	70 % Pasto Cultivado / 30% Cultivos De Ciclo Corto	24	8	0,381	
18	70 % Pasto Cultivado / 30% Cultivos De Ciclo Corto	37	12	0,571	
24	70 % Pasto Cultivado / 30% Cultivos De Ciclo Corto	24	8	0,381	
11	70% Pasto Cultivado / 30% Frutales	47	16	0,762	0,762
12	70% Arboricultura Tropical / 30% Pasto Cultivado	46	15	0,714	0,643
20	70% Arboricultura Tropical / 30% Pasto Cultivado	35	12	0,571	
13	50% Frutales / 50% Pasto Cultivado	49	16	0,762	0,587
16	50% Frutales / 50% Pasto Cultivado	39	13	0,619	
17	50% Frutales / 50% Pasto Cultivado	24	8	0,381	
19	Bosque Natural	54	18	0,857	0,857
21	70% Bosque Intervenido / 30% Pasto Cultivado	37	12	0,571	0,571
23	Cultivos De Ciclo Corto	29	10	0,476	0,429
25	Cultivos De Ciclo Corto	24	8	0,381	
28	50% Bosque Intervenido - 50% Pasto Cultivado	50	17	0,810	0,810

De acuerdo a los valores señalados en el cuadro 4.4 las unidades de vegetación con importancia hídrica moderadamente mala son la de *Vegetación Arbustiva* y *Pasto Cultivado*, con un valor de 0,381.

La cobertura vegetal con mayor aptitud para la prestación del servicio ambiental hídrico dentro de la subcuenca es 70% Arboricultura Tropical / 30% Bosque el cual presenta un IPH de 0,87. Esta cobertura presenta el mayor índice de protección hidrológica, por esta razón es de gran importancia ya que a más de aportar al ciclo hidrológico por retención, almacenamiento y

regulación, se da la producción de precipitación horizontal que puede ser igual o mayor que la precipitación natural, esto se fundamenta con lo expuesto por Echavarría (1999), que menciona la importancia de los suelos forestales al contribuir al ciclo hidrológico en la retención, almacenamiento y disposición de agua y humedad. Por otra parte, ciertos suelos forestales pueden actuar como filtros que purifican el agua. Los árboles, cuya vegetación se descompone para formar el suelo, ayudan a fijar la tierra. Al moderar los impactos de las lluvias y de absorción de agua, los bosques brindan mayor estabilidad geofísica, reduciendo la erosión de los suelos y mejorando la calidad del agua.

Con un valor de IPH entre 0,7 y 0,8 se encuentran *70% Pasto Cultivado / 30% Frutales, 50% Bosque Intervenido - 50% Pasto Cultivado y Arboricultura Tropicales* los cuales presentan una aptitud de conservación. Para el manejo y conservación de la subcuenca, estas categorías de cobertura vegetal son de mucha importancia, ya que se garantiza el servicio ambiental hídrico; tomando en cuenta el buen estado de conservación de la vegetación debido a la baja intervención de agricultores y ganaderos.

Las coberturas de *Pasto Cultivado* y *Vegetación Arbustiva* son las que presentan mayores dificultades con IPH de 0,381 para lo cual sería emergente ayudar en su recuperación a través de prácticas agroecológicas y silvopastoriles. Estos tipos de cobertura se encuentran ubicados en las partes media y baja de la subcuenca, zonas que tienen mucha influencia en actividades pecuarias. Según Calder (1998), el manejo inadecuado de esta unidad ecológica favorece a la erosión hídrica por el arrastre de sedimentos y erosión eólica desprotegiendo al suelo, estas condiciones no favorecen la infiltración del agua y aumentan el grado de escorrentía.

Para este tipo de coberturas también sería de gran ayuda la combinación adecuada de árboles y arbustos la cual proporcionará la protección completa del suelo disminuyendo la erosión hídrica y modificando favorablemente las condiciones del mismo como lo menciona Henao (1998), quien indica que las características propias de las cuencas, como la forma, relieve, vegetación, uso

y aprovechamiento de los recursos naturales, influyen directamente en comportamiento de los escurrimientos superficiales y disponibilidad de agua.

El Índice de Protección Hidrológico Total (IPH) se obtiene de la sumatoria de los IPP (producto de los IPH UV por el promedio de la superficie ocupada por cada unidad de vegetación) (Ferreira y Enzo, 2008) (Ver Cuadro 4.5)

### Índice de Protección Hidrológica Parcial (Ferreira y Enzo, 2008)

$$IPP = IPH_{UV} \times \%_{UV} \text{ [ 0.1 ]}$$

### Índice de Protección Hidrológica (Ferreira y Enzo, 2008)

$$IPH = \sum IPP \text{ [ 0.2 ]}$$

**Cuadro 0.5.** Cálculo del IPP para Cada Unidad de Vegetación

Fuente: Elaboración propia

UNIDAD DE VEGETACIÓN	%	IPP
50% Bosque Intervenido - 50% Pasto Cultivado	0,25%	0,0020
50% Cultivos De Ciclo Corto - 50% Pasto Cultivado	0,54%	0,0026
50% Frutales - 50% Pasto Cultivado	21,28%	0,1251
70 % Pasto Cultivado / 30% Cultivos De Ciclo Corto	22,39%	0,0997
70% Arboricultura Tropical / 30% Bosque Intervenido	12,77%	0,1155
70% Arboricultura Tropical / 30% Pasto Cultivado	6,92%	0,0445
70% Bosque Intervenido / 30% Pasto Cultivado	1,33%	0,0076
70% Cultivos De Ciclo Corto / 30% Pasto Cultivado	16,48%	0,0733
70% Pasto Cultivado / 30% Bosque Intervenido	0,61%	0,0035
70% Pasto Cultivado / 30% Frutales	0,21%	0,0015
Arboricultura Tropical	8,21%	0,0691
Bosque Natural	1,18%	0,0101
Cultivos De Ciclo Corto	1,32%	0,0057
Pasto Cultivado	3,69%	0,0140
Vegetación Arbustiva	0,73%	0,0028
Cuerpos de Agua	1,04%	0,0065
Total General	100,00%	0,5897

De acuerdo a los cálculos realizados, el Índice de Protección Hidrológica de la subcuenca del Carrizal es de 0,59 (IPH=0,5897) lo que corresponde a un IPH medio con una aptitud de protección (Bermeo, 2006). Mientras que de acuerdo a la tabla propuesta por Gil (1985) este IPH es regular, lo que ubica a la subcuenca en un estado de *Recuperación*, donde es muy importante que se realicen acciones a través de un proceso de gestión que permita obtener beneficios en el aspecto productivo y ambiental, que pueden ser a través de prácticas agroecológicas y silvopastoriles (Bermeo, 2006).

### 4.3. ALTERNATIVAS DE MANEJO PARA LAS ÁREAS CON IPH BAJO

De acuerdo a la escala propuesta por Bermeo (2006) (Ver Anexo 1.C) adaptación de Urbina (1987) y Henao (1998) (Ver Anexo 1.D) las zonas con aptitud para recuperación se encuentran descritas en el cuadro 4.6.

**Cuadro 0.6.** Aptitud Hidrológica de las unidades de vegetación de la subcuenca del río Chone  
Fuente: Elaboración propia

UNIDAD DE VEGETACIÓN	IPH	APTITUD
Pasto Cultivado	0,381	Recuperación
Vegetación Arbustiva	0,381	Recuperación
Cultivos De Ciclo Corto	0,429	Recuperación
70% Cultivos De Ciclo Corto / 30% Pasto Cultivado	0,444	Recuperación
70 % Pasto Cultivado / 30% Cultivos De Ciclo Corto	0,451	Recuperación
50% Cultivos De Ciclo Corto - 50% Pasto Cultivado	0,476	Recuperación

Estas unidades de vegetación corresponden al 45,15% de la superficie de la subcuenca por lo que es de vital importancia la aplicación de medidas que permitan la mejora de las condiciones de protección hidrológica de la cobertura vegetal. De este porcentaje, aproximadamente el 50% corresponde a pastos, que, si bien en un principio dio buenos rendimientos, como producto de la gran cantidad de materia orgánica que había disponible en el suelo gracias a la acumulación de la materia vegetal aportada por el bosque; a medida que se usaban los suelos las lluvias lavaron la fertilidad natural por lixiviación,

escorrentía y percolación. Después de que los rendimientos de los cultivos descendieron significativamente, se optó por la ganadería (Castaño, 2007), y zonas dedicadas a la ganadería sobre todo cuando esta se desarrolla en áreas de pendiente, ya que a medida que la pendiente se incrementa, los riesgos de erosión siguen la misma tendencia (Arce, 2004).

En la subcuenca del río Carrizal es evidente la actividad ganadera extensiva, a campo abierto, con quema de pastizales. No existe un manejo de la carga animal lo cual genera procesos de remoción en masa y erosión hídrica acelerada. En las pendientes se producen procesos de remoción en masa como deslizamiento, arrastre, hundimiento etc., los cuales sin la protección de una cobertura vegetal, generan cicatrices o surcos de erosión. Taboada (2007), indica que el exceso de ganado, compacta los suelos de laderas, disminuyendo la infiltración, favoreciendo la erosión hídrica, a favor de la pendiente. Por acción del sobrepastoreo se presenta una alteración en la composición florística, con disminución de las especies nativas (Martín y Agüero, 2014).

Según Coral (2015) sobre la combinación de los tipos de vegetación (arbórea, arbustiva, herbácea), Gillespie, Miller y Johnson comprobaron que la vegetación rastrera (herbácea) no interfieren en el crecimiento y sobrevivencia de los árboles y, por lo tanto, se pueden usar sistemas combinados para el aumento de la eficiencia (Silva, 2003).

En las zonas con presencia de pasto cultivados debe existir un equilibrio adecuado entre la cantidad de vegetación a ser consumida por el ganado y la que sirva para proteger el suelo y no permitir el sobrepastoreo (Arroyave, 2002), además, este tipo de vegetación debe realizarse en asociación con especies adaptables de la zona (Vega, 2011), permitir la producción ocasional de semillas y la propagación de vástagos rastreros o estolones y en mezcla con gramíneas y leguminosas (Arroyave, 2002). Otra práctica es aplicar una labranza conservacionista (siembra directa o labranza cero) en conjunto con rastrojos de la zona para el fortalecimiento de las texturas y estructuras de sus

suelos, en procura de mejorar su resistencia tanto a los agentes erosivos como el viento y el agua (Jaramillo, 2015).

En base en este aumento de áreas destinadas a ganadería se han propuesto diferentes alternativas que fomentan la inserción de árboles en potreros, cercas vivas, pasturas mejoradas, bancos forrajeros, entre otras prácticas para conservación o regeneración de bosques (Ibrahim *et al.*, 2007). La incorporación de leñosas perennes (árboles y bustos) en los sistemas ganaderos tradicionales, permite incrementar la fertilidad del suelo, mejorar su estructura y disminuir los procesos de erosión (Salas, 2011).

Bajo un manto herbáceo denso se consigue disminuir significativamente la erosión, las pérdidas de suelo y mejorar el aprovechamiento de las lluvias; estas acciones pueden ser favorecidas con la implantación de prácticas mecánicas de conservación de suelos y aguas como acequia, canales de desviación, subsolados, zanjas de drenaje, etc., (Arroyave, 2002). Además, la siembra en dirección transversal al sentido de la pendiente o en curvas de nivel siguiendo el contorno del terreno, constituye una buena práctica conservacionista de los suelos (Arroyave, 2002).

Finalmente, Díaz (2011), menciona que la producción a pequeña y gran escala de compost elaborado técnicamente respetando sus principios y con la utilización de materia prima nativa y/o producida en el lugar, es una solución novedosa pero efectiva ya que la naturaleza ha hecho este proceso durante millones de años para generar ecosistemas que han entregado a los seres vivos todos los servicios ecológicos pero sobretodo, el suelo; base imprescindible para la consecución de la vida humana.

Algunas alternativas se detallan a continuación:

## PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

**Objetivo:** Mejorar la Protección Hidrológica de la Subcuenca

**Lugar de aplicación:** Subcuenca del Carrizal

**Unidad de Vegetación:** Pasto Cultivado

MEDIDAS PROPUESTAS	BENEFICIOS	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	PLAZO (MESES)
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE CERCAS VIVAS</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proteger los recursos de la Subcuenca</li> <li>• Suministra forraje para animales</li> <li>• Dota de sombra al ganado</li> <li>• Dividir parcelas en finca</li> </ul>	<p>Se deberá cumplir con el 90% en la optimización de las medidas</p>	<p>Observación Registros fotográficos y fichas para el seguimiento del proceso</p>	<p style="text-align: center;">6</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE ARBOLES EN PASTIZALES</b> (Incorporación de especies leñosas en pastizales con el propósito de crear una interacción positiva con el sistema ganadero)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Proteger los recursos de la Subcuenca</li> <li>➤ Favorece la restauración ecológica de pasturas degradadas</li> <li>➤ Contribuye a contrarrestar impactos ambientales negativos propios de los sistemas tradicionales</li> </ul>	<p>Se deberá cumplir con el 90% en la optimización de las medidas</p>	<p>Observación Registros fotográficos y fichas para el seguimiento del proceso</p>	<p style="text-align: center;">6</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>UTILIZACIÓN DE ABONO ORGÁNICO ELABORADO A PARTIR DE MATERIAL BIODEGRADABLE</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora los suelos pobres en nutriente</li> <li>• Mejora la retención de la humedad</li> <li>• Favorece la aireación</li> <li>• Compensa el pH</li> <li>• Aumenta la presencia de microorganismo eficientes</li> </ul>	<p>Se deberá cumplir con el 90% en la optimización de las medidas</p>	<p>Observación Registros fotográficos y fichas para el seguimiento del proceso</p>	<p style="text-align: center;">6</p>

**PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN**

**Objetivo:** Mejorar la Protección Hidrológica de la Subcuenca

**Lugar de aplicación:** Subcuenca del Carrizal

**Unidad de Vegetación:** Cultivos de Ciclo Corto

<b>MEDIDAS PROPUESTAS</b>	<b>BENEFICIOS</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>MEDIOS DE VERIFICACIÓN</b>	<b>PLAZO (MESES)</b>
<p>➤ <b>ESTABLECIMIENTO DE CULTIVOS EN CALLEJONES</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumenta la materia orgánica</li> <li>• Aumenta los niveles de nutrientes</li> <li>• Mejora el microclima</li> <li>• Se obtiene ingresos económicos</li> </ul>	<p>Se deberá cumplir con el 90% en la optimización de las medidas</p>	<p>Observación Registros fotográficos y fichas para el seguimiento del proceso</p>	<p align="center"><b>6</b></p>
<p>➤ <b>ESTABLECIMIENTO DE CULTIVOS CON SOMBRA</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brinda protección y cobertura al suelo</li> <li>• La cobertura conserva la humedad del área</li> <li>• Reduce las variaciones de temperatura</li> <li>• Reduce la evaporación del agua y frena los vientos</li> <li>• Representa ingresos</li> </ul>	<p>Se deberá cumplir con el 90% en la optimización de las medidas</p>	<p>Observación Registros fotográficos y fichas para el seguimiento del proceso</p>	<p align="center"><b>6</b></p>
<p>➤ <b>IMPLEMENTAR CULTIVOS MIXTOS DE ESPECIES ARBÓREAS Y AGRÍCOLAS</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conservación de suelos para fomentar su fertilidad</li> <li>• Reduce la ampliación de la frontera agrícola</li> </ul>	<p>Se deberá cumplir con el 90% en la optimización de las medidas</p>	<p>Observación Registros fotográficos y fichas para el seguimiento del proceso</p>	<p align="center"><b>6</b></p>

**PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN**

**Objetivo:** Mejorar la Protección Hidrológica de la Subcuenca

**Lugar de aplicación:** Subcuenca del Carrizal

**Unidad de Vegetación:** Vegetación Arbustiva

<b>MEDIDAS PROPUESTAS</b>	<b>BENEFICIOS</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>MEDIOS DE VERIFICACIÓN</b>	<b>PLAZO (MESES)</b>
➤ <b>ESTABLECIMIENTOS DE PLANTACIONES COMERCIALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protege el suelo contra los procesos erosivos</li> <li>• Aumenta la materia orgánica</li> <li>• Aumenta los niveles de nutrientes y mejora el microclima</li> </ul>	Se deberá cumplir con el 90% en la optimización de las medidas	Observación Registros fotográficos y fichas para el seguimiento del proceso	<b>6</b>
➤ <b>AMPLIACIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE BOSQUES DE GALERIA</b> ( Arboles y vegetación a ambos lados de los cuerpos de agua)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se mejora la calidad de las aguas</li> <li>• Se protegen las fuentes de agua</li> <li>• Aumentan los sitios de refugio y alimentación de fauna local</li> </ul>	Se deberá cumplir con el 90% en la optimización de las medidas	Observación Registros fotográficos y fichas para el seguimiento del proceso	<b>6</b>
➤ <b>REFORESTACION CON ESPECIES VEGETALES DE IMPORTANCIA HIDROLÓGICA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlan la escorrentía y la erosión</li> <li>• Mantienen el reciclaje de nutrientes</li> <li>• Producen una amplia variedad de producto y servicios</li> </ul>	Se deberá cumplir con el 90% en la optimización de las medidas	Observación Registros fotográficos y fichas para el seguimiento del proceso	<b>6</b>

# CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 5.1. CONCLUSIONES

- En la subcuenca hidrográfica del río Carrizal existen actualmente 15 tipos de cobertura vegetal de acuerdo a la información existente en el Sistema Nacional de Información. Siendo 70 % Pasto Cultivado / 30% Cultivos De Ciclo Corto (IPH 0,444), 70% Arboricultura Tropical / 30% Bosque Intervenido (IPH 0,873), 70% Arboricultura Tropical / 30% Pasto Cultivado (IPH 0,643), y Arboricultura Tropical (0,841) los más predominantes.
- La protección hidrológica de la vegetación de la subcuenca hidrográfica del río Carrizal es de 0,59 (IPH=0,5897) lo que corresponde a un IPH medio, resultado que nos permite corroborar lo planteado en la hipótesis. Siendo la más preocupante aquellas coberturas con importancia hídrica moderadamente mala (Vegetación Arbustiva y Pasto Cultivado), con un valor de 0,381 y la de mayor valor (0,873) de 70% Arboricultura Tropical / 30% Bosque Intervenido con una protección hidrológica buena. Ambas requieren necesariamente la implementación de medidas de recuperación.
- En la subcuenca del Carrizal, aproximadamente el 45,15% de la superficie de la subcuenca tienen aptitud para recuperación, por lo que necesitan medidas que permitan la mejora de las condiciones de protección hidrológica de la cobertura vegetal. Estas medidas comprenden en su mayoría la implementación de diferentes tipos de vegetación (arbórea, arbustiva, herbácea) y la utilización de prácticas agroecológicas y silvopastoriles.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda trabajar en la actualización y verificación de la información disponible en el Sistema Nacional de Información acerca de la descripción de la cobertura vegetal y usos de suelo, pues la existente actualmente dificulta de cierta manera la realización de trabajos de cobertura vegetal, reduciendo la efectividad de los mismos.
- Los sistemas pastoriles, que cubren la mayor parte de la superficie deben ser tratados de la mejor manera, para asegurar que este sistema no degrade el suelo de forma tan acelerada, además de realizar análisis económicos más exhaustivos sobre producción, en base en cambios de uso de la tierra para poder de esta manera tener información que permita aplicar algún tipo de compensación a los productores.
- Debido a la deficiencia en la protección hidrológica de la cobertura vegetal, se sugiere la implementación de la mayor cantidad de medidas de recuperación de vegetación y uso razonable del suelo de manera que se logre un mejor desarrollo de protección hidrológica de la cuenca.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aceñolaza, P., Sione, W. & Serafini, C., 2006. Ecognition. Disponible en: [http://www.ecognition.com/sites/default/files/276\\_acenolaza\\_vegetacion.pdf](http://www.ecognition.com/sites/default/files/276_acenolaza_vegetacion.pdf) [Último acceso: 8 Junio 2016].
- Acuerdo Ministerial No. SNPD-0089, 2014. Lineamientos y directrices para la actualización y reporte de información de los planes de desarrollo y ordenamiento territorial de los Gobiernos Autónomos Descentralizados. En: Acuerdo Ministerial No. SNPD-0089-2014. Quito: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo.
- Alcaldía Municipal de San Antonio, 2000. Esquema de ordenamiento territorial Municipio San Antonio-Tolima. Tolima: San Antobio.
- Andrade, J., 2016. Calidad del agua. Chone: ESPAM.
- Angulo, A., Rueda-Almonacid, J. V., Rodríguez-Mahecha, J. V. & La Marca, E., 2006. Técnicas para el inventario y muestreo de anfibios en la Región Tropical Andina. Bogotá, D.C.: Conservación Internacional.
- Anon., 2007. Los problemas ambientales y los países de la América Latina. La onda verde de NRDC, p. versión digiy.
- Anon., 2008. Constitución de la República del Ecuador. Quito: s.n.
- Arce, R., 2004. Resumen Diagnóstico Cuenca Reventazón, San José. CR: Consultoría para Proyecto de Redes Comunitarias para la Gestión del Riesgo.
- Aronoff, S., 1989. Geographic information systems: a management perspective. Ottawa, Canada: WDL Publications.
- Arroyave, J., 2002. Practicas adecuadas para la conservación de suelos y agua en terrenos de laderas en Manabí, Ecuador, Portoviejo: INIAP.
- Barrantes, G. & Vega, M., 2002. Evaluación del servicio ambiental hídrico en la cuenca del río Penique y su aplicación al ajuste de tarifas. Costa Rica: ASOTEMPISQUE financiado por el Fondo Cauje Deuda Costa Rica Canadá.

- Barsev, R., 2002. Guía Metodológica de Valoración de Bienes y Servicios e Impactos Ambientales. Nicaragua: Managua.
- Beltrán, E. S. & Jaramillo, J. A., 2007. Valoración económica ambiental del recurso hídrico y diseño de una propuesta para pago por servicio hídrico en la Microcuenca "Shucos" del Cantón Loja" , 2007: Universidad Nacional de Loja.
- Bermeo, D., 2006. Valoración económica-ecológica de la oferta y demanda hídrica de la cobertura vegetal protectora en la microcuenca Chorrera-Tinajones, Quito: ESPOL.
- Blanco, M. & López M. Blanco, F., 1976. Hidrológica Forestal.. Primera parte ed. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Sección de Publicaciones- Ciudad Universita.
- Brenes, C., 2007. Sistemas de información geográfica. s.l.:SERIO-PREPAC.
- Calder, I. (1998). Water resource and land-use Issues, system-wide. Sri Lanka: SWIN.
- Carrie, J., 2001. Manual de Cuencas Hidrograficas, Canadá: World Vision.
- Castaño, Y., 2007. Y se crían con grande vicio y abundancia. En: La actividad pecuaria en la provincia de Antioquia, siglo XVII. Fronteras de la historia, 12. Bogotá, CO: Ministerio de Cultura, pp. 267-300.
- Chuvienco, E. y otros, 2005. ¿Son las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) parte del núcleo de la Geografía?", Boletín de la Asociación. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles - AGE, Issue 40, pp. 35-55.
- Conant, J. & Fadem, P., 2011. ONG CAPS. [En línea] Available at: <https://ongcaps.files.wordpress.com/2012/04/guc3ada-comunitaria-para-la-salud-ambiental.pdf> [Último acceso: 8 Junio 2016].
- Coral, A., 2015. Planeamiento y análisis integral del paisaje de la "cuenca hidrográfica del río buenavista" Provincia de Manabí-ecuador para la implementación de políticas de incentivos a la restauración de ecosistemas con fines de conservación (Programa Socio Bosque, Manabí: UNESP.

- Díaz, C. (2011). Alternativas para el control de la erosión mediante el uso de coberturas convencionales, no convencionales y revegetalización. *Ingeniería e Investigación*, 3, 80-90.
- Durán, R. & Gerardo, G., 2000. Centro de Investigación Científica de Yucatán. Disponible:<http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap3/03%20Distribucion%20espacial.pdf>
- Echavarría, M. (1999). *Agua: valoración del servicio ambiental que prestan las áreas protegidas* (Vol. 1). Virginia: America Verde Publications.
- Ehrensperger, A., Wymann von, S., Dach, F. & Enz, K., 2007. Tecnologías de la Información Geográfica para el manejo de los recursos naturales. Focus, Issue 3.
- Esteli, N., 2002. MANEJO DE CUENCAS HIDROGRAFICAS Y PROTECCIÓN DE FUENTES DE AGUA, s.l.: UNA.
- FAO, 2009. ¿Por qué invertir en la ordenación de las cuencas hidrográficas?, Roma: FAO.
- Ferreira, S. & Enzo, R., 2008. Índices de protección hidrológica y diversidad de la vegetación en la Cuenca del Río Potrero. Provincia de Salta.. UNSA.
- Gálvez, J. J. O., 2011. Cartilla técnica: ¿Qué es cuena hidrológica?, Lima: Sociedad Geográfica de Lima.
- Gentili, J. & Gil, V., 2009. Aplicación de Tecnologías de Información Geográficas (TIG) al análisis hidrogemomorfológico, Caso de estudio: cuencas hidrográficas del Sistema de Ventania. Buenos Aires, Argentina, s.n.
- Gil, M. N., 1985. Determinación del índice de protección hidrológica de la cuenca del Río Vaquero. Salta-Argentina, Seminario 1.
- Gonsalves, J., 2006. Investigación y Desarrollo Participativo para la Agricultura y el Manejo Sostenible de los Recursos Naturales. Lima-Perú: IDRC.
- Henao, J., 1998. Introducción al manejo de Cuencas Hidrográficas. Santa fé de Bogotá: Universidad de Santo Tomas. División de Universidad Abierta y a Distancia.

- Herrán, C., 2012. El Cambio climático y sus consecuencias para América Latina. México: Friedrich Ebert Stiftung .
- Ibrahim, M. y otros, 2007. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, Issue 45, p. 10.
- Imeson, A. & Curfs, M., 2008. La Erosión del Suelo, Portugal : LUCINDA.
- Isacás, F., 2014. Alternativas de protección de suelos en la cuenca Yahuarcocha mediante la plantación de tres especies nativas. Cotacachi: Universidad Técnica del Norte.
- Jaramillo, J., 2015. Estudio del riesgo por erosión hídrica del suelo utilizando el modelo USLE, mediante herramientas SIG. aplicado en la suncuenca rio Portoviejo, provincia de Manabí, Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Lippmann, J., Rouchal, M. & Wilck, M., 2006. El Modelo Digital de Terreno. Nikos Drakos, CBLU: University of Leeds.
- Ludeña, B., 2011. Valoración Económica-Ambiental del recurso hídrico para Catamayo, Loja, Cuenca: Universidad del Azuay.
- MAE & PACC, 2009. Estudio de vulnerabilidad actual a los riesgos climáticos en el sector de los recursos hídricos en las cuencas de los Ríos Paute, Jubones, Catamayo, Chone, Portoviejo y Babahoyo, Quito: MAE.
- MAGAP, 2003. Zonas de vida (Ecológico), Quito: s.n.
- Marmol, L. A., 2008. Introducción al Manejo de Cuencas Hidrográficas y Corrección de. Argentina: Unsa.
- Martín, G., & Agüero, S. (2014). *Los pastizales y el deterioro ambiental*. Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán
- Maza, C., 2009. Universidad Técnica Particular de Loja. Disponible: [http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/2218/3/UTPL\\_Maza\\_Chamba\\_Cristian\\_Vicente\\_1009103.pdf](http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/2218/3/UTPL_Maza_Chamba_Cristian_Vicente_1009103.pdf)

- Meli, P., 2003. Restauración ecológica de bosques tropicales. Veinte años de investigación académica. Interciencia. 10 ed. s.l.:s.n.
- MIDEPLAN, 1998. Cuencas Hidrográficas en Chile: Diagnóstico y Proyectos Santiago, Chile: s.n.
- Ministerio de Agricultura y Riego de Perú, 2014. El suelo y la cobertura vegetal. Perú: Agrorural.
- Ministerio del Ambiente de Panamá, 2013. Ministerio del Ambiente de Panamá. Disponible: <http://www.miambiente.gob.pa/old/index.php/2013-11-29-13-08-13/89-parques-nacionales/271-zona-de-proteccion-hidrologica-tapagra>
- Morales, J. H., 2002. Uso y cobertura actual del suelo, índice de protección hidrológica y flora, Ibagué: Alcaldía Municipal de Ataco.
- Moreno, C. A. y. J. L., 2011. Redacción y presentación de informes técnicos.
- Orden Jurídico Mexicano, 2015. Unidad General de Asuntos Jurídicos. Disponible:<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatat/Jalisco/Todos%20los%20Municipios/wo80440.pdf>
- Palavecino, J. y otros, 2014. Clasificación hidrológica forestal de la cuenca del Arroyo Pati cua. Medellín, Sociedad Latinoamericana en Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial Capítulo Colombia.
- Piñeda, C. A., 2006. Valoración económica ambiental de la oferta y la demanda del recurso hídrico del bosque protector cubilan en la Microcuenca Aguilan , Loja: Universidad Nacional de Loja.
- Rengifo, J., 2009. Guia de realización de un informe tecnico. Sartenajas.
- Rodríguez, A., Ordóñez, R. & González, E., 2004. Agricultura de Conservación en cultivos leñosos (olivar): cubiertas vegetales. Cualidades y tipos principales. Técnicas de Agricultura de Conservación. Madrid: Mundi-Prensa.
- Rodríguez, C. & Cabrera, A., 2010. La desventaja de la media aritmética: cómo tratarla en clases. NÚMEROS Revista de Didáctica de las Matemáticas, pp. 39-44.

- Rojas, J., 2004. Valoración Económica del Servicio Ambiental Hídrico y su aplicación en el ajuste de tarifas: en el caso de Quilanga. Quilanga: s.n.
- Romero, E. & Ferreira, S., 2010. Índices de Protección Hidrológica de la Vegetación en la Cuenca del Río Potrero (Provincia de Salta). Ciencia, pp. 49-60.
- Rosas, I., Carranza, G., Nava, Y. & Larqué, A., 2008. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Disponible: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/508/percepcion.pdf>
- Rosas, I., Ortiz, G., Nava, Y. & Larqué, A., 2005. La percepción sobre la conservación de la cobertura vegetal. México: INE.
- Salas, C. A., 2011. Comportamiento hidrológico y erosivo en usos de suelo prioritarios de la campiña lechera en Santa Cruz, Turrialba, Costa Rica, Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Saldise, G. & Gómez Corral, N., 2013. Red Nemoris. Disponible: [http://www.nemoris.net/uploads/Transectos\\_sabinares.pdf](http://www.nemoris.net/uploads/Transectos_sabinares.pdf) [Último acceso: 8 Junio 2016].
- Salgado, S., F. Betancourt & Cuesta, F., 2007. Caracterización de la cobertura vegetal y uso del suelo en la cuenca alta del río Mazar, Provincia Cañar – Ecuador.. Quito: EcoCiencia .
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2013-2018. Plan Nacional del Buen Vivir. Quito: s.n.
- Seguinot, J. & Hernández, R., 2014. Metodología para el diseño de muestreo socio-ambiental en la cuenca del Río Piedras: San Juan, Puerto Rico, Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico.
- Silva, R., 2003. Estimativa de largura de faixa vegetativa para zonas ripárias: uma revisão. Alfredo Wagner/SC, s.n., pp. 74-86.
- Sociedad Internacional de Arboricultura , 2011. Técnicas Apropriadas para Aplicar el Mulch, Champaign, Illinois: ISA.

- Umaña, E., 2002. Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental. Disponible:<http://www.bvsde.paho.org/bvsade/fulltext/cuencas.pdf> [Último acceso: 8 Junio 2016].
- UNAD, U. N. A. y. a. D., 2013. Lección 6. Cuenca hidrográfica, hidrológica, la corrección de torrentes y la restauración hidrológico-forestal.. En: Manejo de cuencas hidrográficas. Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Urbina, C., 1987. Manejo de cuencas hidrográficas. Bogotá, Colombia: CIAF.
- Vega, G., 2011. Buenas prácticas de manejo de recursos naturales y fortalecimiento institucional para la reducción de riesgos y desastres en el contexto del cambio climático, Perú: FAO.
- Verstappeen, H., 1964. Geomorfología y conservación de recursos naturales. Revista geográfica, IV-V(11-12-13), pp. 69-82.

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Tablas de referencia

Anexo 1. A. Lista de Chequeo para obtener el valor de IPH

Criterio	Indicador	Puntuación
1. Estructura	1 a 2 estratos	1
	1 a 3 estratos	2
	3 o más estratos: arbóreo, arbustivo, herbáceo y epífitas	3
2. Densidad	Baja	1
	Media	2
	Alta	3
3. Interceptación de la Precipitación	Baja	1
	Media	2
	Alta	3
4. Presencia de mulch	Baja	1
	Media	2
	Alta	3
5. Características especiales	Ecosistemas de zona seca	1
	Ecosistemas plantados	2
	Ecosistemas de altura de reconocida importancia hidrológica	3
6. Tipo de vegetación	Temporal	1
	Anual	2
	Perenne	3
7. Grado de intervención	Alto	1
	Medio	2
	Bajo	3

Fuente: Rojas 2004

Anexo 1. B. Interpretación de Índices de Protección Hidrológica (IPH)

IPH	IPH Condición
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

Fuente: Gil, 1985

**Anexo 1. C.** Rangos de IPH para medir la aptitud de las áreas de importancia hidrológica dentro de la subcuenca

<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

Fuente: Bermero, 2006

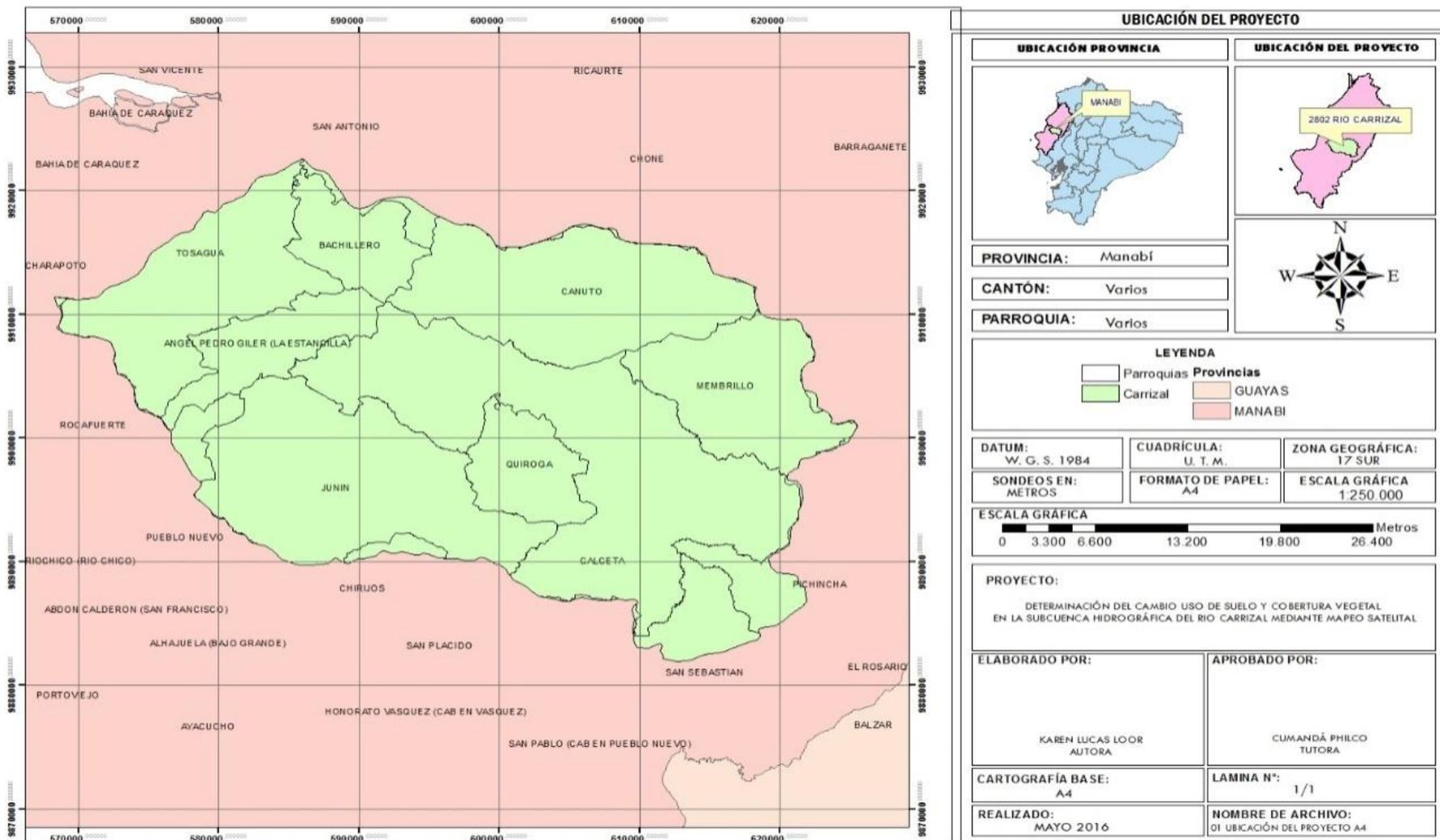
**Anexo 1. D.** Aptitud de la vegetación para la provisión del servicio ambiental hídrico

<b>Grados de Protección</b>	<b>Descripción</b>
1,00	Conservación
0,80 – 0,99	Conservación
0,60 – 0,79	Conservación/Recuperación
0,40 – 0,59	Recuperación
0,20 – 0,39	Recuperación
0,00 – 0,19	Recuperación
0,00	Recuperación/concienciación

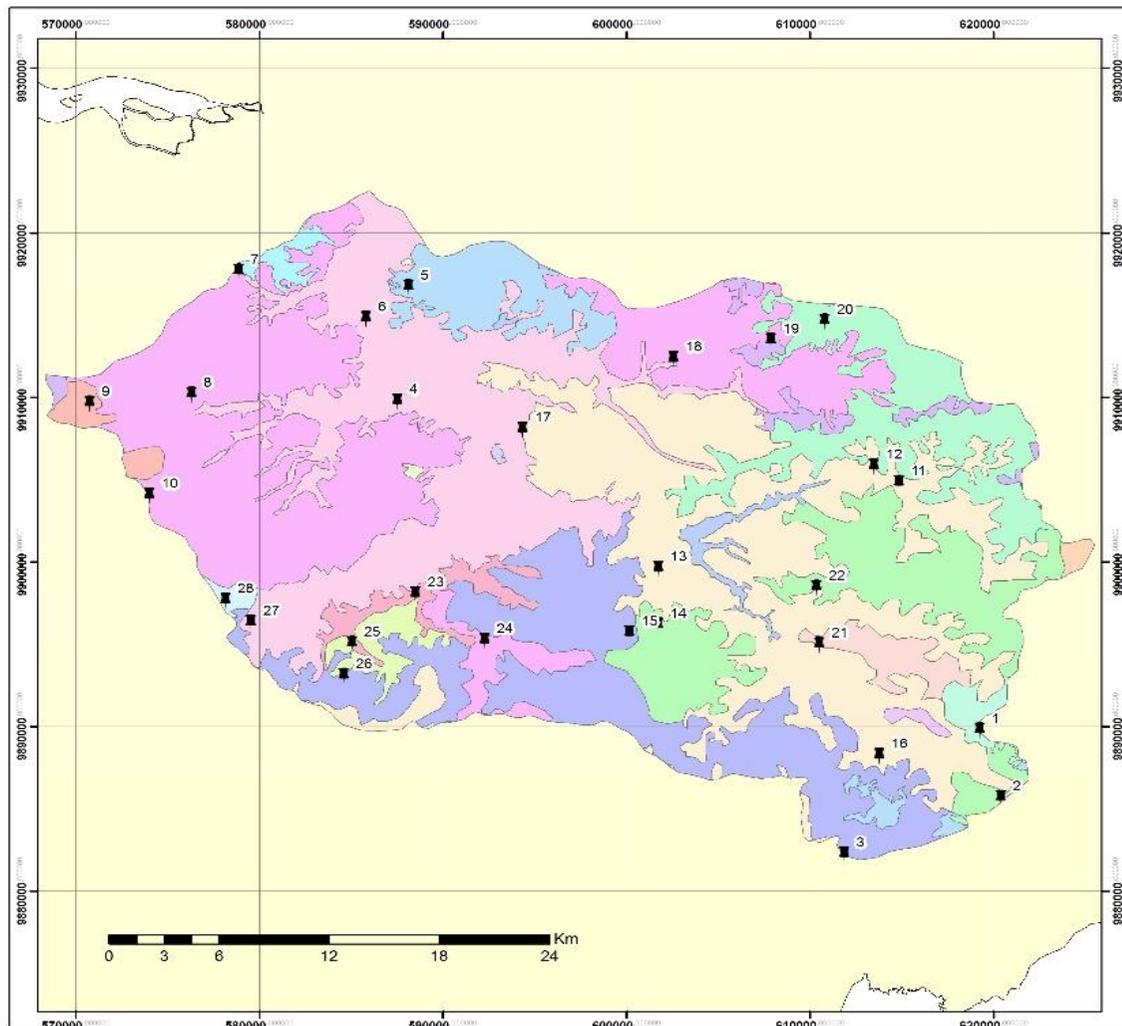
Fuente: Adaptado de Urbina (1987) y Henao (1998)

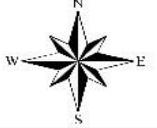
Anexo 2 Ubicación del área de estudio

Fuente: Elaboración propia

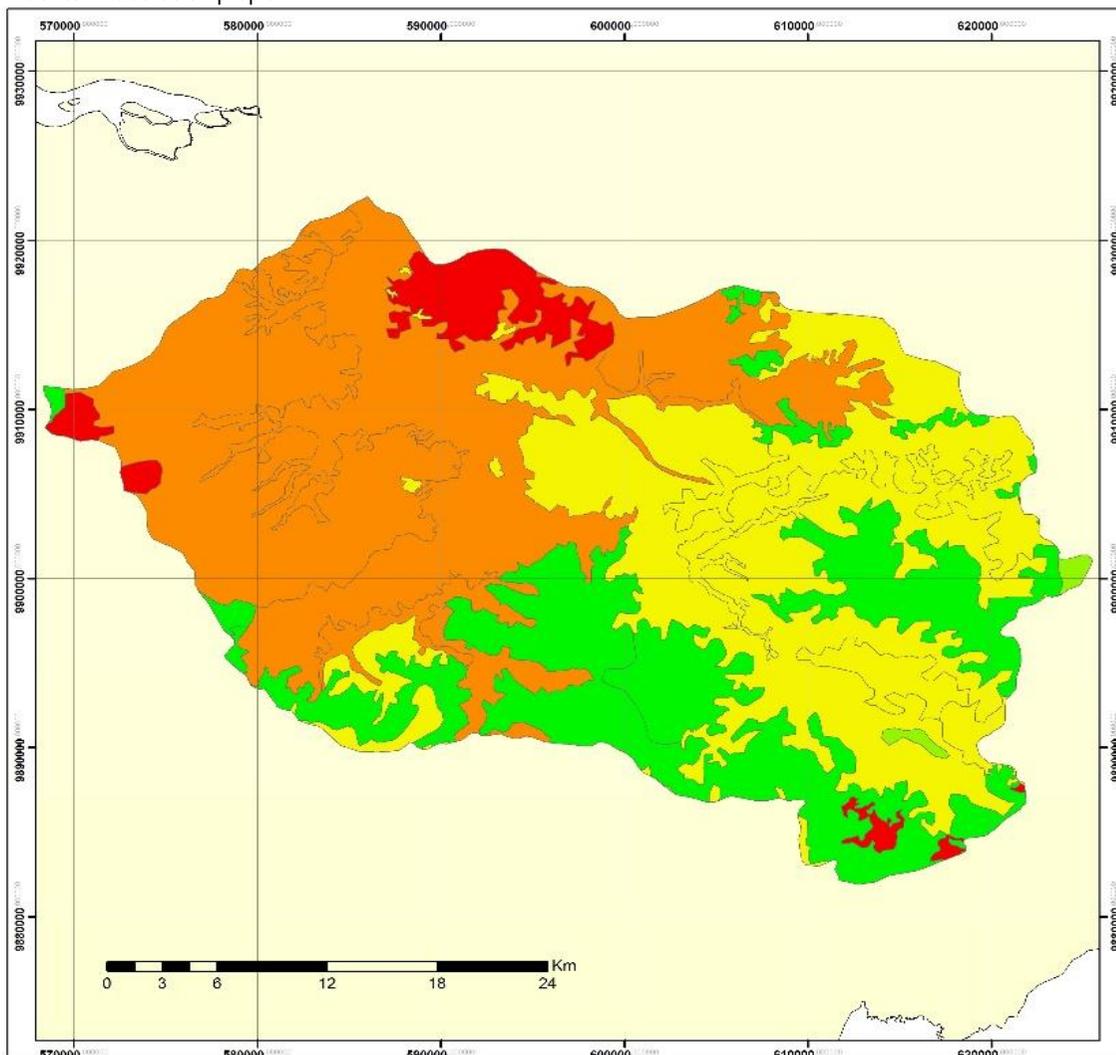


Anexo 3 Mapa con la ubicación de los puntos muestrales.  
Fuente: Elaboración propia



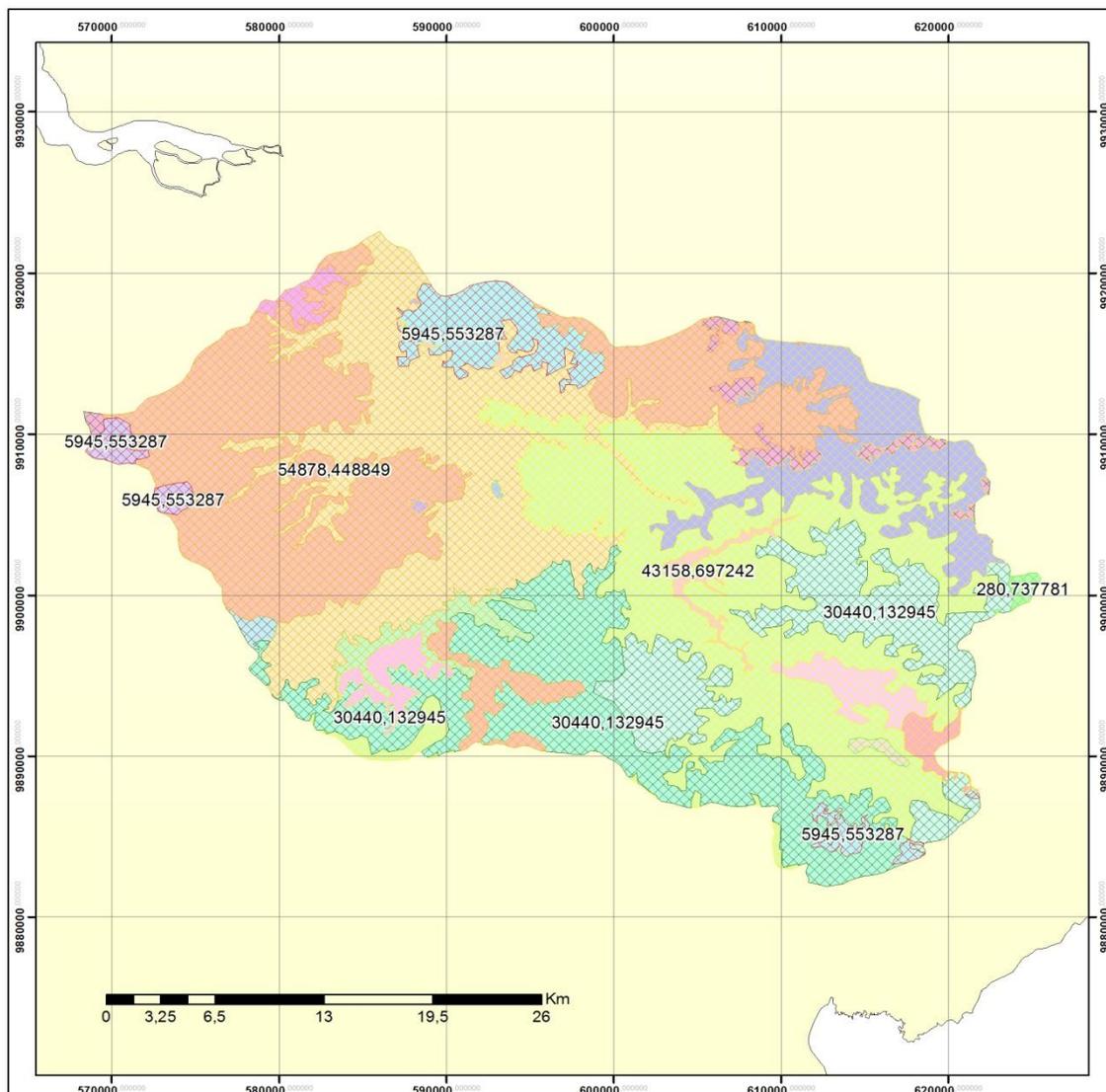
USO DE SUELO				
<b>UBICACIÓN PROVINCIA</b> 		<b>UBICACIÓN DEL PROYECTO</b> 		
<b>PROVINCIA:</b> Manabi <b>SUBCUENCA:</b> Rio Carrizal				
<b>LEYENDA</b> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 50% BOSQUE INTERVENIDO - 50% PASTO CULTIVADO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 50% CULTIVOS DE CICLO CORTO - 50% PASTO CULTIVADO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FFC0CB; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 70% PASTO CULTIVADO / 30% CULTIVOS DE CICLO CORTO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FFDAB9; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 70% ARBORICULTURA TROPICAL / 30% BOSQUE INTERVENIDO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 70% ARBORICULTURA TROPICAL / 30% PASTO CULTIVADO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FFC0CB; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 70% BOSQUE INTERVENIDO / 30% PASTO CULTIVADO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 70% CULTIVOS DE CICLO CORTO / 30% PASTO CULTIVADO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FFDAB9; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 70% PASTO CULTIVADO / 30% BOSQUE INTERVENIDO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FFC0CB; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 70% PASTO CULTIVADO / 30% FRUTALES</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 70% PASTO CULTIVADO / 30% VEGETACION ARBUSTIVA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FFC0CB; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 70% VEGETACION ARBUSTIVA / 30% PASTO CULTIVADO</li> </ul> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 50% FRUTALES - 50% PASTO CULTIVADO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> ARBORICULTURA TROPICAL</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> AVICOLA URBANA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> BOSQUE NATURAL</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> CUERPO DE AGUA ARTIFICIAL</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> CUERPO DE AGUA NATURAL</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> CULTIVOS DE CICLO CORTO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> PASTO CULTIVADO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> PASTO NATURAL</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> VEGETACION ARBUSTIVA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Merita</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Zonas_muestras</li> </ul> </td> </tr> </table>			<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 50% BOSQUE INTERVENIDO - 50% PASTO CULTIVADO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 50% CULTIVOS DE CICLO CORTO - 50% PASTO CULTIVADO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FFC0CB; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 70% PASTO CULTIVADO / 30% CULTIVOS DE CICLO CORTO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FFDAB9; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 70% ARBORICULTURA TROPICAL / 30% BOSQUE INTERVENIDO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 70% ARBORICULTURA TROPICAL / 30% PASTO CULTIVADO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FFC0CB; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 70% BOSQUE INTERVENIDO / 30% PASTO CULTIVADO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 70% CULTIVOS DE CICLO CORTO / 30% PASTO CULTIVADO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FFDAB9; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 70% PASTO CULTIVADO / 30% BOSQUE INTERVENIDO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FFC0CB; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 70% PASTO CULTIVADO / 30% FRUTALES</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 70% PASTO CULTIVADO / 30% VEGETACION ARBUSTIVA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FFC0CB; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 70% VEGETACION ARBUSTIVA / 30% PASTO CULTIVADO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 50% FRUTALES - 50% PASTO CULTIVADO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> ARBORICULTURA TROPICAL</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> AVICOLA URBANA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> BOSQUE NATURAL</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> CUERPO DE AGUA ARTIFICIAL</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> CUERPO DE AGUA NATURAL</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> CULTIVOS DE CICLO CORTO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> PASTO CULTIVADO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> PASTO NATURAL</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> VEGETACION ARBUSTIVA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Merita</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Zonas_muestras</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 50% BOSQUE INTERVENIDO - 50% PASTO CULTIVADO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 50% CULTIVOS DE CICLO CORTO - 50% PASTO CULTIVADO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FFC0CB; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 70% PASTO CULTIVADO / 30% CULTIVOS DE CICLO CORTO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FFDAB9; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 70% ARBORICULTURA TROPICAL / 30% BOSQUE INTERVENIDO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 70% ARBORICULTURA TROPICAL / 30% PASTO CULTIVADO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FFC0CB; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 70% BOSQUE INTERVENIDO / 30% PASTO CULTIVADO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 70% CULTIVOS DE CICLO CORTO / 30% PASTO CULTIVADO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FFDAB9; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 70% PASTO CULTIVADO / 30% BOSQUE INTERVENIDO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FFC0CB; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 70% PASTO CULTIVADO / 30% FRUTALES</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 70% PASTO CULTIVADO / 30% VEGETACION ARBUSTIVA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FFC0CB; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 70% VEGETACION ARBUSTIVA / 30% PASTO CULTIVADO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 50% FRUTALES - 50% PASTO CULTIVADO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> ARBORICULTURA TROPICAL</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> AVICOLA URBANA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> BOSQUE NATURAL</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> CUERPO DE AGUA ARTIFICIAL</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> CUERPO DE AGUA NATURAL</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> CULTIVOS DE CICLO CORTO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> PASTO CULTIVADO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> PASTO NATURAL</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> VEGETACION ARBUSTIVA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Merita</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Zonas_muestras</li> </ul>			
<b>DATUM:</b> W. G. S. 1984	<b>CUADRÍCULA:</b> U. T. M.	<b>ZONA GEOGRÁFICA:</b> 17 SUR		
<b>SONDEOS EN:</b> METROS	<b>FUENTE:</b> S. N. I.	<b>ESCALA GRÁFICA:</b> 1:230.000		
<b>PROYECTO:</b> RELACION ENTRE LA PROTECCIÓN HIDROLÓGICA Y LA COBERTURA VEGETAL DE LA SUBCUENCA HIDROGRÁFICA DEL RIO CARRIZAL				
<b>ELABORADO POR:</b>  KAREN LUCAS LOOR AUTORA	<b>APROBADO POR:</b>  CUMANDÁ PHILCO TUTORA			
<b>REALIZADO:</b> AGOSTO 2016	<b>NOMBRE DE ARCHIVO:</b> 01 USO DE SUELO A4			

Anexo 4 Mapa de Índice de Protección Hidrológica  
Fuente: Elaboración propia



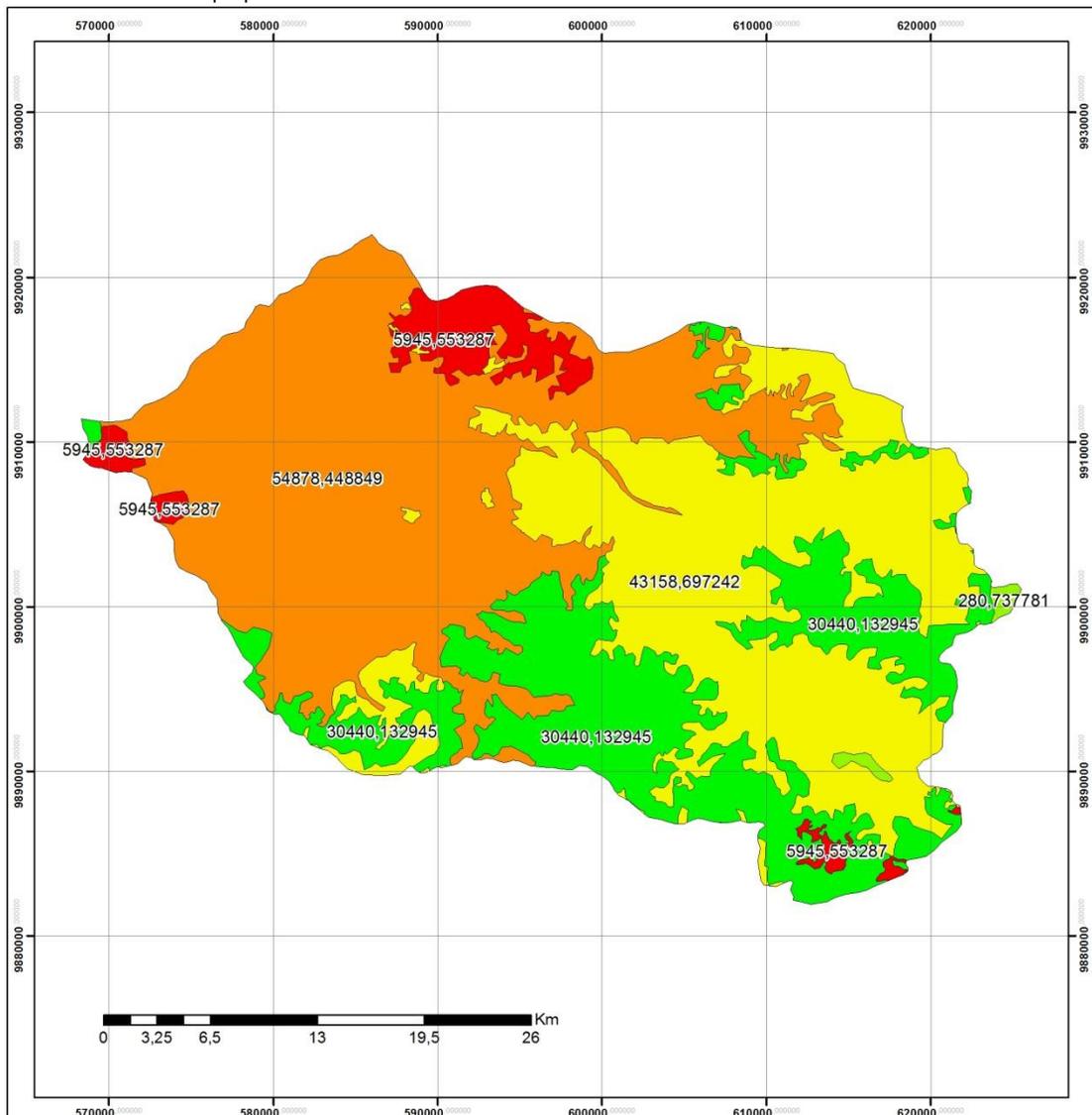
INDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA																		
<b>UBICACIÓN PROVINCIA</b>	<b>UBICACIÓN DEL PROYECTO</b>																	
<b>PROVINCIA:</b> Manabí																		
<b>SUBCUENCA:</b> Río Carrizal																		
<b>LEYENDA</b> <b>IPH_US</b> <table border="0"> <tr> <td></td> <td>0,381000</td> <td></td> <td>0,476191 - 0,642857</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,381001 - 0,476190</td> <td></td> <td>0,642858 - 0,701900</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,701901 - 0,904762</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Manabí</td> </tr> </table>				0,381000		0,476191 - 0,642857		0,381001 - 0,476190		0,642858 - 0,701900				0,701901 - 0,904762				Manabí
	0,381000		0,476191 - 0,642857															
	0,381001 - 0,476190		0,642858 - 0,701900															
			0,701901 - 0,904762															
			Manabí															
<b>DATUM:</b> W. G. S. 1984	<b>CUADRÍCULA:</b> U. T. M.	<b>ZONA GEOGRÁFICA:</b> 17 SUR																
<b>SONDEOS EN:</b> METROS	<b>FUENTE:</b> S. N. I.	<b>ESCALA GRÁFICA</b> 1:230.000																
<b>PROYECTO:</b> RELACIÓN ENTRE LA PROTECCIÓN HIDROLÓGICA Y LA COBERTURA VEGETAL DE LA SUBCUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CARRIZAL																		
<b>ELABORADO POR:</b>  KAREN LUCAS LOOR AUTORA	<b>APROBADO POR:</b>  CUMANDÁ PHILCO TUTORA																	
<b>REALIZADO:</b> AGOSTO 2016	<b>NOMBRE DE ARCHIVO:</b> 01 INDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA A4																	

**Anexo 5** Mapa de Índice de Protección Hidrológica y Coberturas vegetales con sus respectivas superficies  
**Fuente:** Elaboración propia



INDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA																												
<b>UBICACIÓN PROVINCIA</b>		<b>UBICACIÓN DEL PROYECTO</b>																										
<b>PROVINCIA:</b> Manabí																												
<b>SUBCUENCA:</b> Rio Carrizal																												
<b>LEYENDA</b> <table border="0"> <tr> <td> 0,381000</td> <td> 50% CULTIVOS DE CICLO CORTO - 50% PASTO CULTIVADO</td> </tr> <tr> <td> 0,381001 - 0,476190</td> <td> 50% FRUTALES - 50% PASTO CULTIVADO</td> </tr> <tr> <td> 0,476191 - 0,642857</td> <td> 70 % PASTO CULTIVADO / 30% CULTIVOS DE CICLO CORTO</td> </tr> <tr> <td> 0,642858 - 0,701900</td> <td> 70% ARBORICULTURA TROPICAL / 30% BOSQUE INTERVENIDO</td> </tr> <tr> <td> 0,701901 - 0,904762</td> <td> 70% ARBORICULTURA TROPICAL / 30% PASTO CULTIVADO</td> </tr> <tr> <td> BOSQUE NATURAL</td> <td> 70% BOSQUE INTERVENIDO / 30% PASTO CULTIVADO</td> </tr> <tr> <td> PASTO NATURAL</td> <td> 70% CULTIVOS DE CICLO CORTO / 30% PASTO CULTIVADO</td> </tr> <tr> <td> PASTO CULTIVADO</td> <td> 70% PASTO CULTIVADO / 30% BOSQUE INTERVENIDO</td> </tr> <tr> <td> CULTIVOS DE CICLO CORTO</td> <td> 70% PASTO CULTIVADO / 30% FRUTALES</td> </tr> <tr> <td> CUERPO DE AGUA ARTIFICIAL</td> <td> 70% PASTO CULTIVADO / 30% VEGETACION ARBUSTIVA</td> </tr> <tr> <td> CUERPO DE AGUA NATURAL</td> <td> 70% VEGETACION ARBUSTIVA / 30% PASTO CULTIVADO</td> </tr> <tr> <td> VEGETACION ARBUSTIVA</td> <td> ARBORICULTURA TROPICAL</td> </tr> <tr> <td> AREA URBANA</td> <td> 50% BOSQUE INTERVENIDO - 50% PASTO CULTIVADO</td> </tr> </table>			0,381000	50% CULTIVOS DE CICLO CORTO - 50% PASTO CULTIVADO	0,381001 - 0,476190	50% FRUTALES - 50% PASTO CULTIVADO	0,476191 - 0,642857	70 % PASTO CULTIVADO / 30% CULTIVOS DE CICLO CORTO	0,642858 - 0,701900	70% ARBORICULTURA TROPICAL / 30% BOSQUE INTERVENIDO	0,701901 - 0,904762	70% ARBORICULTURA TROPICAL / 30% PASTO CULTIVADO	BOSQUE NATURAL	70% BOSQUE INTERVENIDO / 30% PASTO CULTIVADO	PASTO NATURAL	70% CULTIVOS DE CICLO CORTO / 30% PASTO CULTIVADO	PASTO CULTIVADO	70% PASTO CULTIVADO / 30% BOSQUE INTERVENIDO	CULTIVOS DE CICLO CORTO	70% PASTO CULTIVADO / 30% FRUTALES	CUERPO DE AGUA ARTIFICIAL	70% PASTO CULTIVADO / 30% VEGETACION ARBUSTIVA	CUERPO DE AGUA NATURAL	70% VEGETACION ARBUSTIVA / 30% PASTO CULTIVADO	VEGETACION ARBUSTIVA	ARBORICULTURA TROPICAL	AREA URBANA	50% BOSQUE INTERVENIDO - 50% PASTO CULTIVADO
0,381000	50% CULTIVOS DE CICLO CORTO - 50% PASTO CULTIVADO																											
0,381001 - 0,476190	50% FRUTALES - 50% PASTO CULTIVADO																											
0,476191 - 0,642857	70 % PASTO CULTIVADO / 30% CULTIVOS DE CICLO CORTO																											
0,642858 - 0,701900	70% ARBORICULTURA TROPICAL / 30% BOSQUE INTERVENIDO																											
0,701901 - 0,904762	70% ARBORICULTURA TROPICAL / 30% PASTO CULTIVADO																											
BOSQUE NATURAL	70% BOSQUE INTERVENIDO / 30% PASTO CULTIVADO																											
PASTO NATURAL	70% CULTIVOS DE CICLO CORTO / 30% PASTO CULTIVADO																											
PASTO CULTIVADO	70% PASTO CULTIVADO / 30% BOSQUE INTERVENIDO																											
CULTIVOS DE CICLO CORTO	70% PASTO CULTIVADO / 30% FRUTALES																											
CUERPO DE AGUA ARTIFICIAL	70% PASTO CULTIVADO / 30% VEGETACION ARBUSTIVA																											
CUERPO DE AGUA NATURAL	70% VEGETACION ARBUSTIVA / 30% PASTO CULTIVADO																											
VEGETACION ARBUSTIVA	ARBORICULTURA TROPICAL																											
AREA URBANA	50% BOSQUE INTERVENIDO - 50% PASTO CULTIVADO																											
<b>DATUM:</b> W. G. S. 1984	<b>CUADRÍCULA:</b> U. T. M.	<b>ZONA GEOGRÁFICA:</b> 17 SUR																										
<b>SONDEOS EN:</b> METROS	<b>FUENTE:</b> S. N. I.	<b>ESCALA GRÁFICA:</b> 1:249.662																										
<b>PROYECTO:</b> RELACIÓN ENTRE LA PROTECCIÓN HIDROLÓGICA Y LA COBERTURA VEGETAL DE LA SUBCUENCA HIDROGRÁFICA DEL RIO CARRIZAL																												
<b>ELABORADO POR:</b>		<b>APROBADO POR:</b>																										
KAREN LUCAS LOOR AUTORA		CUMANDÁ PHILCO TUTORA																										
<b>REALIZADO:</b> AGOSTO 2016		<b>NOMBRE DE ARCHIVO:</b> 01 INDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA A4																										

Anexo 5 Mapa de Índice de Protección Hidrológica con sus respectivas superficies  
 Fuente: Elaboración propia



INDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA								
<b>UBICACIÓN PROVINCIA</b>		<b>UBICACIÓN DEL PROYECTO</b>						
<b>PROVINCIA:</b> Manabí <b>SUBCUENCA:</b> Rio Carrizal								
<b>LEYENDA</b> <table border="0"> <tr> <td><span style="color: red;">■</span> 0,381000</td> <td><span style="color: limegreen;">■</span> 0,642858 - 0,701900</td> </tr> <tr> <td><span style="color: orange;">■</span> 0,381001 - 0,476190</td> <td><span style="color: green;">■</span> 0,701901 - 0,904762</td> </tr> <tr> <td><span style="color: yellow;">■</span> 0,476191 - 0,642857</td> <td><span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span> USO_DISS</td> </tr> </table>			<span style="color: red;">■</span> 0,381000	<span style="color: limegreen;">■</span> 0,642858 - 0,701900	<span style="color: orange;">■</span> 0,381001 - 0,476190	<span style="color: green;">■</span> 0,701901 - 0,904762	<span style="color: yellow;">■</span> 0,476191 - 0,642857	<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span> USO_DISS
<span style="color: red;">■</span> 0,381000	<span style="color: limegreen;">■</span> 0,642858 - 0,701900							
<span style="color: orange;">■</span> 0,381001 - 0,476190	<span style="color: green;">■</span> 0,701901 - 0,904762							
<span style="color: yellow;">■</span> 0,476191 - 0,642857	<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span> USO_DISS							
<b>DATUM:</b> W. G. S. 1984	<b>CUADRÍCULA:</b> U. T. M.	<b>ZONA GEOGRÁFICA:</b> 17 SUR						
<b>SONDEOS EN:</b> METROS	<b>FUENTE:</b> S. N. I.	<b>ESCALA GRÁFICA:</b> 1:249.662						
<b>PROYECTO:</b> RELACIÓN ENTRE LA PROTECCIÓN HIDROLÓGICA Y LA COBERTURA VEGETAL DE LA SUBCUENCA HIDROGRÁFICA DEL RIO CARRIZAL								
<b>ELABORADO POR:</b>		<b>APROBADO POR:</b>						
KAREN LUCAS LOOR AUTORA		CUMANDÁ PHILCO TUTORA						
<b>REALIZADO:</b> AGOSTO 2016		<b>NOMBRE DE ARCHIVO:</b> 01 INDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA A4						