



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

CARRERA DE MEDIO AMBIENTE

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

**MODALIDAD:
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:
INFLUENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA REPRESA EN LA
PROTECCIÓN HIDROLÓGICA DE LA MICROCUENCA RÍO
GRANDE**

**AUTORES:
ANDRADE VÉLEZ WILTER ROMARIO
TALBOT ZAMORA FERNANDO RAFAEL**

**TUTOR:
ING. JOFFRE ANDRADE CANDELL, M.Sc.**

CALCETA, JUNIO 2018

DERECHOS DE AUTORÍA

Wilter Romario Andrade Vélez y Fernando Rafael Talbot Zamora, declaran bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado por ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos 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 reglamento.

.....
WILTER R. ANDRADE VELEZ

.....
FERNANDO R. TALBOT ZAMORA

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

Joffre Andrade Candell certifico haber tutelado la tesis **INFLUENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA REPRESA EN LA PROTECCIÓN HIDROLÓGICA DE LA MICROCUENCA RÍO GRANDE**, que ha sido desarrollada por **Wilter Romario Andrade Vélez y Fernando Rafael Talbot Zamora**, previo la obtención del título de Ingeniero 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. JOFFRE ANDRADE CANDELL, M.Sc.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaran que han **APROBADO** la tesis **INFLUENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA REPRESA EN LA PROTECCIÓN HIDROLÓGICA DE LA MICROCUENCA RÍO GRANDE**, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por **sustentada por Wilter Romario Andrade Vélez y Fernando Rafael Talbot Zamora**, 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. SERGIO ALCÍVAR PINARGOTE, M.Sc.
MIEMBRO

.....
ING. JUAN CARLOS LUQUE VERA, M.Sc.
MIEMBRO

.....
ING. AGUSTIN LEIVA PÉREZ, M.Sc.
PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que nos dio la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual hemos forjado nuestros conocimientos profesionales día a día;

A nuestros docentes, en especial a los miembros del tribunal quienes por más de cinco años de estudio nos brindaron tiempo, paciencia, y conocimiento.

A nuestras familias que nos apoyaron en todo momento, testigos fehacientes de nuestros triunfos y decepciones.

A nuestros compañeros de curso, a los que recordaremos por los momentos compartidos.

Los autores

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de manera muy especial.

A Dios por el regalo de la vida y la oportunidad de vivir este momento junto a nuestros seres queridos.

A nuestros padres por velar por nosotros siempre, soñar para nosotros lo mejor y por ser el mejor ejemplo de responsabilidad, perseverancia, dedicación y amor.

A nuestras familias por la confianza, por el apoyo y el cariño dado desde que nacimos.

A nuestro querido tutor de tesis el Ing. Joffre Andrade Candell y miembros del tribunal el Doctor Agustín Leiva y los ingenieros Juan Carlos Luque y Sergio Alcívar por habernos ofrecido todos los conocimientos y valores necesarios para nuestra formación profesional y personal, además de aportar dedicación en este trabajo de investigación y sobretodo ser grandes amigos.

Los autores

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
CONTENIDO GENERAL.....	vii
CONTENIDO DE CUADROS, GRÁFICOS Y FIGURAS	ix
RESUMEN	xi
PALABRAS CLAVE.....	xi
ABSTRACT	xii
KEYWORDS	xii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	13
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.2. JUSTIFICACIÓN	15
1.3. OBJETIVOS	17
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.4. HIPÓTESIS	17

2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	18
2.1. AGUA	18
2.2. COBERTURA VEGETAL Y CAMBIOS DE USOS DEL SUELO	18
2.2.1. HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS DEL CAMBIO EN EL USO DEL SUELO	19
2.2.2. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	21
2.3. REPRESA	22
2.4. CONSTRUCCIÓN DE UNA REPRESA Y SU REPERCUSIÓN SOBRE EL MEDIO AMBIENTE	23
2.5. PROTECCIÓN HIDROLÓGICA DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS	25
2.6. INDICE DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA	26
2.7. CUENCA HIDROGRÁFICA.....	26
2.7.1. SUBCUENCA Y MICROCUENCA.....	26
2.8. COBERTURA VEGETAL PRESENTE EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS	27
2.9. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	29
2.10. MATRIZ DE BUROZ.....	29
3. CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	33
3.1. UBICACIÓN	33
3.2. DURACIÓN	33
3.3. MÉTODO Y TÉCNICAS	34
3.3.1. MÉTODO.....	34
3.3.2. TÉCNICAS	34

3.4. VARIABLES EN ESTUDIO.....	35
3.4.1. VARIABLE DEPENDIENTE	35
3.4.2. VARIABLE INDEPENDIENTE	35
3.5. PROCEDIMIENTO	35
3.5.1. FASE I. DETERMINACIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA REPRESA.....	36
3.5.2. FASE 2. CÁLCULO DE LA PROTECCIÓN HIDROLÓGICA ANTES (2008) Y DESPUÉS (2015) DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA REPRESA RÍO GRANDE	37
4. CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
4.1. Diagrama de flujo y descripción de las actividades realizadas en la construcción de la represa	41
4.2. MATRIZ CAUSA-EFECTO (METODOLOGÍA DE BUROZ).....	45
4.3. Cálculo de la protección hidrológica antes (2008) y después (2015) de la construcción de la represa Río Grande.....	50
5. CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
5.1. CONCLUSIONES.....	66
5.2. RECOMENDACIONES	67
.....	86

CONTENIDO DE CUADROS, GRÁFICOS Y FIGURAS

Cuadro 3.1 Tipo de cobertura vegetal y superficie en la microcuenca río Grande en el año 2008.....	37
Cuadro 3.2 Tipo de cobertura vegetal y superficie en la microcuenca río Grande en el año 2015.....	37

Cuadro 3.3 Lista de Chequeo para obtener el valor de IPH.....	39
Cuadro 4.1 Matriz de Buroz de las actividades realizadas en la construcción de la represa y los componentes ambientales afectados.....	45
Cuadro 4.2 Puntos de muestreo por cobertura vegetal presente en la microcuenca del río Grande en el año 2008	50
Cuadro 4.3 Puntos de muestreo por cobertura vegetal presente en la microcuenca del río Grande en el año 2015	50
Cuadro 4.4 Coordenadas de los puntos de muestreo	51
Cuadro 4.5 Tipos de cobertura vegetal y su análisis de acuerdo a los 21 criterios para el año 2008	54
Cuadro 4.6 Cálculo del IPP para cada unidad de vegetación para el año 2008	57
Cuadro 4.7 Tipos de cobertura vegetal y su análisis de acuerdo a los 21 criterios para el año 2015	60
Cuadro 4.8 Cálculo del IPP para cada unidad de vegetación para el año 2015	63

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 recopiló información acerca de las actividades realizadas en el proyecto Propósito Múltiple Chone para evaluar la influencia de las actividades sobre los componentes ambientales a través de la metodología de Buroz. Se estableció 28 puntos de muestreo basados en las unidades vegetales que conforman la microcuenca en los años 2008 y 2015. En cada punto se elaboró transeptos. Finalmente, para el cálculo del Índice de Protección Hidrológico se utilizó la metodología establecida por Rojas (2004). Según el análisis de Buroz la actividad que generó impactos altos sobre el mayor número de componentes fue el desarrollo agroforestal de zonas de amortiguamiento, cabe recalcar que mencionada actividad no fue ejecutada por el personal de obra. En la microcuenca del río Grande existen 9 tipos de cobertura vegetal de acuerdo a la información obtenida del Sistema Nacional de Información, Al comparar el IPH (0,649) de la microcuenca del río Grande antes de la construcción de la represa (2008) con el IPH (0,549) después de su construcción (2015), se puede observar que existe variación entre los índices de protección hidrológico presentando una condición regular, lo que permitió concluir que posee una aptitud de protección sin necesidad de implementación de medidas de regeneración vegetal.

PALABRAS CLAVE

Usos del suelo, recuperación, represa, matriz, punto de muestreo.

ABSTRACT

The relationship between the hydrological protection and the vegetation cover of the sub-basin of the Carrizal river was determined by calculating the Hydrological Protection Index (HPI). For this, information was collected about the activities carried out in the Chone Multiple Purpose project to evaluate the influence of the activities on the environmental components through the Buroz methodology. It established 28 sampling points based on the plant units that make up the micro-basin in the years 2008 and 2015. At each point transects were developed. Finally, the methodology established by Rojas (2004) was used to calculate the Hydrological Protection Index. According to the Buroz analysis, the activity that generated high impacts on the greatest number of components was the agroforestry development of buffer zones. It should be noted that this activity was not carried out by the construction personnel. In the micro basin of Rio Grande there are 9 types of vegetation cover according to the information obtained from the National Information System, when comparing the HPI (0,649) of Río Grande micro basin before the construction of the dam (2008) with the IPH (0.549) after its construction (2015), it can be observed that there is variation between the hydrological protection indexes presenting a regular condition, which allowed concluding that it possesses a protection capacity without the need of implementing measures of plant regeneration.

KEYWORDS

Soil uses, recovery, dam, matrix, sampling point.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad para asegurar la calidad de vida y el desarrollo sostenible de nuestras sociedades se exige una gestión racional y equilibrada de los recursos naturales, en particular del agua, suelo y vegetación (López, 2014). Sheng (1992) menciona que la administración de las cuencas hidrográficas está basada en la identificación y valoración de indicadores geomorfológicos, climáticos, fluviales, de usos del suelo, entre otros.

Villegas (2004) afirma que el estudio de los procesos hidrológicos de la biosfera y su relación con la vegetación y uso del suelo son importantes para la planeación del uso adecuado de los recursos hídricos, así como para la gestión adecuada de las cuencas hidrográficas.

Una de las principales perturbaciones antrópicas sobre los ecosistemas dulceacuícolas es la contención y regulación de los cursos de agua, entre ellas la construcción de represas, los cuales ocasionan cambios en la magnitud de los caudales, en la periodicidad de las variaciones de los mismos (Hurtado *et al.*, 2005). Escobar (2002) menciona que los componentes mayormente afectados por la construcción de las represas es la cobertura vegetal y la corteza terrestre, siendo éstas la principal fuente de introducción de sedimentos a los ríos por acción antropogénica.

En América Latina la expansión de los pastizales para la producción ganadera ha sido una de las causas principales del deterioro de los suelos y la vulnerabilidad de cuenca hidrográficas como unidades naturales (Martin, 2008), generando reducción de la cobertura vegetal, detrimento de los recursos forestales y del suelo, alteración del balance hídrico y la desestabilización de cuencas, fragmentación del hábitat (Soulé y Oriens, 2001), como consecuente disminución de la biodiversidad y pérdida de los servicios ambientales de calidad y bioculturales (Galeana *et al.*, 2009).

En el Ecuador la principal causa aportante a la inadecuada gestión de las cuencas hidrográficas es la deforestación en las cabeceras de los ríos, acelerando los procesos erosivos y movimientos de masas lo cual se traduce en el aumento de los sedimentos en suspensión y una mayor colmatación en los cauces, disminuyendo la capacidad portante de los mismos y finalmente potenciando las inundaciones (González *et al.*, 2008). Romero y Ferreira (2010) afirman que el Índice de Protección Hidrológico es un coeficiente que permite 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.

La eliminación de la cobertura boscosa en ciertas áreas de cuencas puede causar problemas de erosión y deslizamiento (Mojica, 1997). Además, para López (2014) las consecuencias de una mala gestión de la tierra en las partes altas se manifiestan negativamente en las partes bajas cuando ocurren eventos de precipitaciones extremas. Al interior de las cuencas el agua, suelo y vegetación están en constante interacción y relacionadas con la acción de la gravedad. La franja ribereña es una zona de transición entre los hábitats fluviales y terrestres, es una larga franja de vegetación adyacente a riachuelos, ríos, lagos y represas que incluye bancos y pantanos dentro de la llanura de inundación (Mendoza *et al.*, 2014). Con estos antecedentes, se plantea la siguiente interrogante:

¿Cómo afectó la construcción de la represa en la protección hidrológica vegetal de la microcuenca del Río Grande?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Actualmente las cuencas hidrográficas representan un excelente medio para diseñar e instrumentar políticas orientadas al desarrollo rural y manejo sostenible de los ecosistemas (Sepúlveda y Rojas, 2011), a través de una integralidad física, administrativa, tecnológica, biogeográfica y social (Fernández , 2011).

Las cuencas hidrográficas han sido planteadas como una vía idónea para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales (Jiménez, 2005). Sin embargo, a pesar de sus ventajas como unidad de planificación, las cuencas presentan graves deterioros debido principalmente al poco conocimiento de los conceptos, principios del enfoque de manejo integral de cuencas (López *et al.*, 2008), en el diseño de proyectos o en el desempeño económico, y en la evaluación del impacto del uso de la tierra (Brooks, 1993). La presencia de las plantas en cualquier región del mundo es la clave para el ciclo hidrológico en aspectos como almacenamiento de agua, liberación durante la evapotranspiración y condensación del punto del rocío (Instituto Nacional de Ecología, 2006).

Conjuntamente, la particularidad e importancia de la cuenca hidrográfica superficial, como unidad de planificación y desarrollo, radica fundamentalmente en que la cuenca reúne condiciones de unidad geográfica natural muy específicas y propias que sólo ella posee. Entre estas características están: su carácter de independencia relativa, por sus límites naturales bien definidos y su dinámica funcional integrada, dada fundamentalmente por los intercambios de sustancia y energía que tienen en la dinámica de los componentes del clima y del agua, su principal fuente (González, 1995).

Mander *et al.* (2005) consideran que el sistema radicular de la cobertura vegetal aumenta la rugosidad de la superficie, lo que favorece la infiltración y retiene sedimentos, contaminantes y nutrimentos. La cubierta vegetal también reduce la energía del flujo de agua (Poole, 2002), evita la erosión del suelo y fortalece los bancos de las orillas del cauce (González y García, 2006). Además de la

protección al agua, el bosque primario concede una variedad de servicios a la vida silvestre local, como abundantes y diversos recursos alimenticios a la comunidad animal, por lo que es la base de la cadena alimenticia de los cuerpos de agua (Nilsson *et al.*, 2005).

De acuerdo González *et al.* (2012) en la actualidad los sistemas loticos artificiales o naturales (represas, lagos, represas, entre otros) son considerados uno de los recursos naturales más importantes para la vida. Los embalses son unidades artificiales que ofrecen abastecimiento de agua para varios fines como son para el aprovechamiento del agua para riego, proveer de agua cruda a plantas potabilizadoras, pesca y ser un área Nacional de Recreación. Por otro lado, las represas constituyen una de las principales causas directas e indirectas de pérdidas de millones de hectáreas de árboles y muchas de ellas abandonadas debajo del agua.

El art. 14 de la Constitución de la República del Ecuador (2008), menciona que el Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídrico, 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 (SENPLADES, 2013). En base a estos antecedentes se justifica el desarrollo de esta investigación para conocer la influencia del Proyecto Propósito Múltiple Chone sobre la protección hidrológica generada por la cobertura vegetal en la microcuenca río Grande.

Considerando que la microcuenca del río Grande es un sistema hídrico que abastece de agua potable al cantón Chone, además de ser una unidad natural importante para el crecimiento económico de las poblaciones circundantes a ella, esta investigación propone evaluar la influencia de la construcción de la represa sobre la protección hidrológica de la microcuenca río Grande.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la influencia de la construcción de la represa en la protección hidrológica de la microcuenca Río Grande.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las actividades relacionadas con la construcción de la represa de río Grande.
- Calcular la protección hidrológica antes (2008) y después (2015) de la construcción de la represa río Grande.

1.4. HIPÓTESIS

La construcción de la represa disminuyó la protección hidrológica de la microcuenca del río Grande.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. AGUA

De acuerdo con Córdoba *et al.* (2010) el agua es uno de los bienes más preciados para la vida en nuestro planeta. Es fundamental para satisfacer las necesidades humanas básicas, la salud, la producción de alimentos, el desarrollo industrial, la energía y el mantenimiento de los ecosistemas regionales y mundiales. El agua cubre más del 70 % de la superficie del planeta; se la encuentra en océanos, lagos, ríos; en el aire, en el suelo.

Los océanos dan cuenta de casi el 97,5 % del agua del planeta. Únicamente un 2,5% es agua dulce) (Sosa, 2012). Los sistemas fluviales mantienen la vida terrestre y proveen de agua al 90% de la población mundial (FAO, 1993).

2.2. COBERTURA VEGETAL Y CAMBIOS DE USOS DEL SUELO

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 el suelo y sus nutrientes, el agua y la luz disponibles. 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.

Las especies de plantas presentes en un área determinada conforman las comunidades vegetales (herbáceas, arbustivas o arbóreas) de acuerdo a las características climáticas y/o edáficas del territorio ocupado. Pueden ser muy diversas en su composición de especies, como es el caso de las selvas tropicales, o estar conformadas por pocas especies y una marcada preponderancia de alguna de éstas, como sucede en el caso de numerosos

bosques templados, e incluso en algunas asociaciones de vegetación tropical (Durán y García, 2011).

El cambio en el uso del suelo y cobertura vegetal asociados a la fragmentación del hábitat es uno de los más severos efectos de las actividades antrópicas en la faz de la tierra (Soulé y Orians, 2001); es una de las principales causas del incremento de las tasas de extinción de especies en las décadas recientes. Todas las estimaciones de la superficie afectada por estos fenómenos, son indicadores de un severo problema que se está acentuando y que tiene que ver directamente con el cambio en la cobertura vegetal hacia otro uso del suelo y el deterioro ambiental (Ordóñez *et al.*, 2008).

Estudios relacionados a los cambios en la cobertura vegetal están teniendo una mayor atención debido esencialmente a las implicaciones de la deforestación (Brown y Lugo, 1994; Schlamadinger y Karjalainen, 2000). A nivel regional, dicho proceso genera la reducción de la cubierta vegetal, el detrimento de los recursos forestales, el deterioro físico y químico del suelo, alteración del balance hídrico y la desestabilización de cuencas; a nivel global altera el albedo y el balance de agua atmosférica, pudiendo afectar los patrones climáticos y contribuir al calentamiento global (Houghton, 1991; Whitmore y Sayer, 2003). Otra de las consecuencias es la reducción y fragmentación del hábitat (Murcia, 1995) con la consecuente disminución de la biodiversidad, y la eliminación de variabilidad genética de poblaciones y especies (Brooks *et al.*, 2002) sumado a una clara pérdida de los servicios ambientales y bioculturales (Otegui, 2007).

2.2.1. HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS DEL CAMBIO EN EL USO DEL SUELO

Actualmente las herramientas usadas para el estudio del cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo emplean sistemas de información geográfica (SIG), los cuales fueron desarrollados en los años 70 a la par de las computadoras; esto permite el manejo de grandes volúmenes de datos. Lo que antes sólo se presentaba en mapas, se transformó a un formato digital para su análisis electrónico. Las capacidades más importantes que se generaron son: a) tener

datos georreferenciados actualizados y b) integrar múltiples conjuntos y procesos de información, de manera rápida y eficiente. En un sentido amplio, un sistema de información geográfica es cualquier conjunto manual o computarizado de procedimientos usados para almacenar y manipular datos georreferenciados. El almacenar datos en un SIG implica su ingreso al sistema, y su manipulación que concluiría con un mapa. A diferencia de otros sistemas que trabajan con este tipo de datos, los SIG tienen la capacidad de crear información mediante la integración; aunque no llegan a tener la del cerebro humano, esta cualidad les confiere una gran ventaja sobre los sistemas que sólo hacen representaciones con los datos, como lo son los cartográficos (Galeana *et al.*, 2009).

La implementación de sistemas de información geográfica, de percepción remota y de cartografía, como herramientas de automatización e integración para el manejo sustentable de los recursos naturales y el ordenamiento territorial de una comunidad, ocupan un lugar relevante porque fortalecen la evaluación y el monitoreo de los recursos, que es la base del desarrollo comunitario (Bocco *et al.*, 1996).

La percepción remota (fotografías aéreas e imágenes de satélite) amplía la capacidad de observación para la obtención de datos sobre un fenómeno con dimensión espacial; los sistemas cartográficos simbolizan los datos geográficos mediante mapas (en papel o digitales), mientras que los sistemas de información geográfica analizan y generan información a partir de esos datos.

La información que se genera por medio de los sistemas de percepción remota, como son las imágenes de satélite, ha sido aplicada a la evaluación de recursos y riesgos naturales, mediante los SIG. La clasificación espectral se ha utilizado, por ejemplo, en la detección y cuantificación de terrenos erosionados, con el supuesto de que éstos constituyen una clase espectral identificable; sin embargo, existe inconsistencia en la identificación de las clases, pues distintos objetos pueden tener una respuesta muy similar, esto ocurre también con los cuerpos de agua, debido a la gran cantidad de sedimentos que pueden contener.

Por ello es muy importante la experiencia y el conocimiento del intérprete sobre el área (Bocco *et al.*, 1996).

2.2.2. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

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 geos tecnologías 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).

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 km²), 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 transeptos 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 y Ferreira, 2010)

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

2.3. REPRESA

Romero (2014) menciona que las represas son construcciones artificiales de tierra y cemento realizados por el ser humano para el control de inundaciones y provisión de agua, especialmente, que causan impacto en el ecosistema río y en la forma de vida de los habitantes desplazados para su ejecución.

El diseño de una presa comprende, en general, los siguientes aspectos: determinación de la capacidad de azolves (o muerta); la definición del nivel de aguas mínimas de operación, el cual está ligado con la operación correcta de las obras de toma; la determinación del volumen útil, el cual es la capacidad destinada a la satisfacción de las demandas y es, sin duda, el mayor volumen en presas de múltiple propósito; y el nivel de aguas máximas extraordinarias, el cual queda definido por la capacidad de control de avenidas. En el lenguaje hidrológico es común que se haga referencia al nivel de aguas máximas ordinarias (NAMO) cuando la presa está llena al volumen útil, y al nivel de aguas máximas extraordinarias (NAME) a la máxima elevación que alcanza el agua dentro del embalse cuando se presenta el evento de diseño. La capacidad de control, definida entonces como el volumen comprendido entre NAMO y NAME, es precisamente el volumen de control de avenidas conocido también como súper-almacenamiento (Aldama *et al.*, 2006)

Nilsson *et al.* (2005) afirma que las actividades humanas tienen impactos negativos directos e indirectos sobre los ríos. Los primeros se relacionan con la extracción desmedida del caudal, su desviación, represamiento o agotamiento, con la inadecuada operación de obras hidráulicas (Jones *et al.*, 2000).

Los segundos se caracterizan por el inadecuado manejo territorial de las cuencas: deforestación, fragmentación de ecosistemas a causa de cambios no

planificados en el uso de la tierra, crecimiento urbano y desarrollo de infraestructura carretera, lo que afecta negativamente la cantidad y la calidad de agua disponible (Rosenberg *et al.* 2000).

2.4. CONSTRUCCIÓN DE UNA REPRESA Y SU REPERCUSIÓN SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

La construcción de represas data de fechas muy antiguas; comenzó desde hace 3 000 años en la Media luna fértil (López y Ponseti, 2008), con el objetivo primario de servir como depósitos de agua, pero también para controlar inundaciones, irrigar tierras de cultivo y permitir o mejorar la navegación. Con la llegada de la Revolución industrial y con la tecnología para generar electricidad a partir del movimiento del agua, los humanos empezaron a construir grandes presas para obtener energía. Las primeras que incorporaron una central de energía eléctrica se construyeron a finales del siglo XIX en Europa occidental y en los Estados Unidos. La construcción de embalses vivió una revolución durante la segunda mitad del siglo XX, en particular en la década de los setenta, así que para el año 2000 alrededor de 45 000 represas de gran capacidad (Beattie, 2002) y aproximadamente 800 000 pequeñas se habían construido en todo el mundo. En conjunto generan 19% de la electricidad mundial y suministran agua para 30 o 40% de las tierras de cultivos de riego (Bravard, 2001).

Aunque los beneficios de la construcción de embalses de gran capacidad son considerables y deben ser reconocidos, sus efectos negativos pueden ser inmensos y, en el caso de las grandes presas, frecuentemente superan a los positivos (Bureau of Reclamation de Estados Unidos, 2004). La lista de problemas asociados a este tipo de obras de ingeniería es larga, y destacan las consecuencias ambientales y sociales. El efecto primario de las presas es la modificación del curso del río, lo que puede resultar en una serie de cambios en el entorno natural, tales como su transformación, fragmentación o desaparición total (Challman, 2000).

La combinación de esto último con la eutrofización y la concentración de contaminantes en el agua podría tener graves consecuencias a largo plazo en la biodiversidad acuática y terrestre, tal y como ha sido observado en varias represas localizadas alrededor del mundo (Chen y Pradeep, 1998).

Bosisio (2017) afirma que la construcción de presas y represas en una planicie de inundación fluvial ocasiona modificaciones al funcionamiento natural de este sistema, regulando la erogación de caudales. Uno de los principales efectos inmediatos de esta situación es la ocupación antrópica no planificada, con la consiguiente alteración positiva o negativa, de las variables ambientales, y específicamente de los usos del suelo dentro de la planicie.

Las represas son uno de los factores de pérdida de la biodiversidad en el mundo (McAllister *et al.*, 2001). El represamiento de los ríos conlleva cambios en el flujo, el patrón de pulsos hidrológicos y la calidad del agua, con efectos en los planos de inundación (Junk, 1999).

Durante el proceso de construcción de estos sistemas surgen problemas de distinta índole. Entre los más comunes se encuentra la generación de abundante polvo, la erosión, el movimiento de tierras, los fuertes ruidos, colapso del sistema vial en la zona como consecuencia del movimiento extraordinario de mercadería, materiales de obra y personas, la construcción de caminos de accesos y la instalación de líneas de transmisión de electricidad, entre otros. Todos ellos generan alteraciones, cambios y consecuencias en los suelos, la vegetación, la fauna y las tierras silvestres, la pesca, el clima y, especialmente, sobre las poblaciones humanas del área.

Los daños ambientales que causan las grandes represas en los ríos, las cuencas hidrográficas y los ecosistemas aledaños, han sido ampliamente documentados. Al respecto, de acuerdo con la Comisión Mundial de Represas citado por Asociación Interamericana para la Defensa del Derecho Ambiental (2009) se mencionó que las grandes represas en general producen una serie de impactos violentos que son más negativos que positivos y, en muchos casos, han

conducido a la pérdida irreversible de especies y ecosistemas, además los esfuerzos implementados incluso mediante medidas de mitigación, no han sido suficientes para contrarrestar dichos impactos.

Villegas (2004) menciona que la presencia de una capa de hojarasca disminuye energía a las gotas que llegan al suelo, haciendo que el poder erosivo de la lluvia sea mucho menor que el que posee cuando no hay ningún recubrimiento en el suelo y las gotas impactan directamente sobre su superficie. Sin embargo, es también claro que el grado de protección que ofrecen los diferentes tipos de cobertura vegetal es diferente, y es precisamente en el estudio de esta diferencia donde se ha centrado la discusión en Antioquia. En general, se ha demostrado que el grado de protección contra la erosión sube a medida que aumentan el porte y la densidad de la vegetación; específicamente se ha demostrado, mediante mediciones de contenido de nutrientes en el agua de escorrentía, que se presenta menor contenido en los bosques naturales, seguido por las plantaciones forestales, los pastos y los cultivos agrícolas que dejan desnuda parte del suelo.

2.5. PROTECCIÓN HIDROLÓGICA DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

En base a trabajos y recomendaciones de Llano y Blanco (1976), establecen que los Índices de protección del suelo por la vegetación. Implícitamente estos índices se utilizaron durante mucho tiempo en España, como el criterio para establecer las zonas prioritarias para la repoblación forestal, en las cuencas vertientes necesitadas de restauración hidrológico-forestal. Dichos índices son valores relativos que van desde 1 (máxima protección) a 0 (protección nula) y corresponden para cada tipo de suelo diferenciado dentro de la cuenca (Aguirre *et al.*, 2000).

2.6. INDICE 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 del índice de protección hidrológica son de mucha ayuda las geotecnologías y sistemas como el de georreferenciación.

2.7. CUENCA HIDROGRÁFICA

Una cuenca hidrográfica es unidad hidrológica que ha sido descrita y utilizada como una unidad físico-biológica y también, en muchas ocasiones, como una unidad socio-económica-política para la planificación y ordenación de los recursos naturales (FAO, 1992).

Una cuenca hidrográfica es el espacio de terreno delimitado por las partes más altas de las montañas, laderas y colinas, en él se desarrolla un sistema de drenaje superficial que concentra sus aguas en un río principal el cual se integra en el mar, lago u otro río más grande. Este espacio se puede delimitar en una carta altimétrica, siguiendo la divisoria de las aguas “divortium aquarum” (Faustino, 1995).

2.7.1. SUBCUENCA Y MICROCUENCA

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.

Una micro cuenca es toda área en la que su drenaje va a dar al cauce principal de una Subcuenca; o sea que una Subcuenca está dividida en varias micro cuencas.

Las micro cuencas son unidades pequeñas y a su vez son áreas donde se originan quebradas y riachuelos que drenan de las laderas y pendientes altas.

También las micro cuencas constituyen las unidades adecuadas para la planificación de acciones para su manejo.

En la práctica, las micro cuencas se inician en la naciente de los pequeños cursos de agua, uniéndose a las otras corrientes hasta constituirse en la cuenca hidrográfica de un río de gran tamaño (Faustino, 1995).

2.8. COBERTURA VEGETAL PRESENTE 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.) (Esteli, 2002), y es delimitada por las divisorias de aguas o *divortium aquarum* que es una línea imaginaria (Gálvez, 2011).

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 (Urbina y Martínez, 2006).

Investigaciones realizadas en Ecuador específicamente en el canton Loja en la Subcuenca Zamora Huayco se han obtenido 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).

2.9. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

El Impacto Ambiental (IA) puede ser definido (Martinez, 2014), como la alteración producida en el medio natural donde el hombre desarrolla su vida; ocasionada por un proyecto o actividad dados.

El impacto de un proyecto sobre el medio ambiente, es la diferencia existente entre la situación del medio ambiente futuro modificado (proyecto ejecutado), y la situación del medio ambiente futuro tal y como este habría evolucionado sin la realización del mismo, lo cual se conoce como alteración neta (Conesa, 1997).

2.10. MATRIZ DE BUROZ

De acuerdo con González *et al.* (2018) la metodología de Buroz es un método basado en las matrices causa-efecto, derivadas de la matriz de Leopold con resultados cualitativos y del método del Instituto Batelle-Columbus con resultados cuantitativos, conformada por un cuadro de doble entrada que recoge por las columnas las acciones impactantes y por las filas los factores ambientales susceptibles de recibir impactos.

En forma específica este método considera en una primera fase la calificación de los efectos según los siguientes criterios:

- **Tipo de acción** que genera el cambio.
- **Carácter del impacto.** Se establece si el cambio en relación al estado previo de cada acción del proyecto es positivo o negativo.
- **Intensidad.** Se refiere al vigor con que se manifiesta el cambio por las acciones del proyecto. Basado en una calificación subjetiva se estableció la predicción del cambio neto entre las condiciones con y sin proyecto. El valor numérico de la intensidad varía de 1 a 10 dependiendo del grado de cambio sufrido, siendo 10 el valor indicativo de mayor impacto, y 1 el de muy bajo impacto, se designa el valor 0 a los impactos muy leves o imperceptibles.
- **Extensión** o influencia espacial. Es la superficie afectada por las acciones del proyecto tanto directa como indirectamente o el alcance global sobre el componente ambiental. El valor de la extensión es de 10 para impactos regionales, 5 para impactos locales y 1 para impactos puntuales:

Extensión	Valoración
Generalizado o regional	10
Local	5
Muy local o puntual	1

- **Duración** del cambio. Establece el período de tiempo durante el cual las acciones propuestas involucran cambios ambientales. El valor numérico de la duración es:

Duración (Años)	Plazo	Valoración
>10	Largo	10
5-10	Mediano	5
0-5	Corto	1

- **Magnitud.** Es un indicador que sintetiza la intensidad, duración e influencia espacial. Es un criterio integrado, cuya expresión matemática es la siguiente:

$$M_i = (I_i * W_i) + (E_i * W_E) + (D_i * W_D)$$

Donde:

I = intensidad	W _I = peso del criterio intensidad	W _{intensidad}	= 0,40
E = extensión	W _E = peso del criterio extensión	W _{extensión}	= 0,40
D = duración	W _D = peso del criterio duración	W _{duración}	= 0,20

M_i = Índice de Magnitud del efecto i y W_I + W_E + W_D = 1 = 0,4 + 0,4 + 0,2

- **Reversibilidad.** Capacidad del sistema de retornar a una situación de equilibrio similar o equivalente a la inicial. El valor numérico de la reversibilidad es:

Categoría	Capacidad de reversibilidad	Valoración
Irrecuperable	Baja o irrecuperable	10
Recuperable a largo plazo	Impacto puede ser recuperable a muy largo plazo (30 años o más)	8
Parcialmente reversible	Media. Impacto reversible a largo plazo	5
Reversible	Alta. Impacto reversible a corto plazo (0 a 10 años)	1
Completamente reversible	Reversibilidad instantánea	0

- **Riesgo.** Se refiere a la probabilidad de ocurrencia del efecto sobre la globalidad del componente. Se valora según la siguiente escala:

Probabilidad	Rango (%)	Valoración
Alta	>50	10
Media	10-50	5
Bajo	1-10	1
Ninguna	0	0

- **El índice integral de impacto ambiental VIA.** El desarrollo del índice de impacto se logra a través de un proceso de amalgamamiento, mediante una expresión matemática que integra los criterios anteriormente explicitados. Su formulación es la siguiente:

$$VIA_i = R_i^{wr} * RG_i^{wrg} * M_i^{wm}$$

Donde:

R = reversibilidad	wr = peso del criterio reversibilidad
RG = riesgo	wrg = peso del criterio riesgo
M = magnitud	wm = peso del criterio magnitud

VIA_i = Índice de Impacto para el componente o variable i.

Además $wr + wrg + wm = 1$

Los pesos relativos asignados a cada uno de los criterios corresponden a los siguientes:

W _{magnitud}	= 0,40
W _{reversibilidad}	= 0,30
W _{riesgo}	= 0,30

- **Significado.** Se refiere a la importancia relativa o al sistema de referencia utilizado para evaluar el impacto. Consiste en clasificar el Índice o VIA obtenido, según las siguientes categorías:

Índice	Nivel o significado
> 7,0	ALTO
7 - 4,0	MEDIO
>0 - 4,0	BAJO

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La investigación se llevó a cabo en la microcuenca de río Grande, ubicada en la parroquia Chone perteneciente al cantón Chone de la provincia de Manabí. Es la mayor microcuenca hidrográfica del cantón, cubre un área de aproximadamente 5,0545 Km². Se encuentra ubicada en el extremo oriental de la provincia de Manabí, presenta un clima seco con temperaturas de 25°C, aunque tiene máximos relativos que llegan a 36° C. A continuación se la ubicación geográfica de la microcuenca río Grande:



3.2. DURACIÓN

La presente investigación se realizó en un tiempo de 9 meses a partir del mes de Julio del 2017 hasta el mes de abril del 2018.

3.3. MÉTODO Y TÉCNICAS

3.3.1. MÉTODO

La investigación estuvo enmarcada dentro del método

cuantitativo, pues los datos obtenidos serán comprobados en campo, procesados numéricamente y comparados con tablas generalizables, utilizadas para determinar las características de la subcuenca en función los mismos.

3.3.2. TÉCNICAS

3.3.2.1. 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. (Lippmann *et al.*, 2006).

3.3.2.2. RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA

La recopilación bibliográfica se utilizó para poder obtener la información geográfica y satelital acerca del uso de suelo en la micro cuenca de Rio Grande.

3.3.2.1. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

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

3.3.2.2. MATRÍZ DE BUROZ

La definición de las acciones de los proyectos. La identificación de efectos y la predicción de la magnitud de los cambios sobre el ambiente, que considera una pre identificación de efectos, resultado de trabajos anteriores y revisión de antecedentes bibliográficos, y la elaboración de una matriz de interacción entre

las acciones y los componentes ambientales. La evaluación de los impactos, que consiste en la valoración de los efectos a través de un índice de impacto ambiental elaborado siguiendo la metodología de los Criterios Relevantes Integrados (CRI).

3.3.2.3. 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 transeptos 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).

3.3.2.4. 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 cuadro 3.3.

3.4. VARIABLES EN ESTUDIO

3.4.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Índice de Protección Hidrológica

3.4.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Construcción de la represa río Grande

3.5. PROCEDIMIENTO

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

3.5.1. FASE I. DETERMINACIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA REPRESA

3.5.1.1. Actividad 1. Recopilación de información sobre la construcción de un represa

Se obtuvo información bibliográfica de revistas científicas, tesis, y libros referentes a todas las actividades ejecutadas previas a la construcción de una represa (Verstapteen, 1964). Además, se recopiló información primaria a través de los administradores y fiscalizadores del Proyecto Propósito Múltiple Chone (Represa Río Grande), quienes facilitaron el estudio de impacto ambiental realizado antes de la construcción de la represa.

3.5.1.2. Actividad 2. Elaboración de diagrama de flujo

A través de la información obtenida acerca de las actividades que se realizaron para la construcción de la represa Río Grande, se elaboró el diagrama de flujo, considerando que es una secuencia de las operaciones o actividades que se ejecutan para conseguir la solución de un problema, de acuerdo con lo expuesto por Carrera (2005).

3.5.1.3. Actividad 3. Desarrollo de la matriz causa-efecto

En la matriz causa efecto se utilizó la información recopilada en las anteriores actividades, con el objetivo de establecer las interacciones entre los componentes ambientales y las actividades del proyecto, para dar una valoración a los mismos, utilizando índices de impacto ambiental y comprobar su influencia sobre el índice de protección hidrológico de la microcuenca Río Grande. Para la evaluación de impactos se utilizó Criterios Relevantes Integrados (Buroz, 1994), elaborándose índices de impacto ambiental para cada efecto identificado en la matriz de acciones y subcomponentes ambientales

3.5.2. FASE 2. CÁLCULO DE LA PROTECCIÓN HIDROLÓGICA ANTES (2008) Y DESPUÉS (2015) DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA REPRESA RÍO GRANDE

3.5.2.1. Actividad 4. Selección de puntos de muestreo

Se seleccionaron 28 puntos de muestreo, basados en las unidades vegetales que conforman la microcuenca del río Grande para los años 2008 y 2015 (Romero y Ferreira, 2010) expuestas en la plataforma del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (ver cuadros 3.1 y 3.2).

Cuadro 3.1 Tipo de cobertura vegetal y superficie en la microcuenca río Grande en el año 2008

COBERTURA VEGETAL	AREA (ha)
70 % PASTO CULTIVADO / 30% CULTIVOS DE CICLO CORTO	384,16
70% ARBORICULTURA TROPICAL / 30% PASTO CULTIVADO	11106,8
70% CULTIVOS DE CICLO CORTO / 30% PASTO CULTIVADO	14,96
70% PASTO CULTIVADO / 30% ARBORICULTURA TROPICAL	1889,16
BOSQUE NATURAL	1973,49
BOSQUE MEADIANA DENSIDAD	12953,46
PASTIZAL	1920,01
VEGETACIÓN ARBUSTIVA	1851,18
SUELO DESNUDO	516,18
CUERPO DE AGUA	28,60

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.2 Tipo de cobertura vegetal y superficie en la microcuenca río Grande en el año 2015

COBERTURA VEGETAL	AREA (ha)
70 % PASTO CULTIVADO / 30% CULTIVOS DE CICLO CORTO	424,16
70% ARBORICULTURA TROPICAL / 30% PASTO CULTIVADO	707,35
70% CULTIVOS DE CICLO CORTO / 30% PASTO CULTIVADO	39,23
70% PASTO CULTIVADO / 30% ARBORICULTURA TROPICAL	39,236
BOSQUE NATURAL	1013,49
BOSQUE MEADIANA DENSIDAD	653,46
PASTIZAL	920,01
VEGETACIÓN ARBUSTIVA	851,18
SUELO DESNUDO	614,22
CUERPO DE AGUA	156,46

Fuente: Elaboración propia

3.5.2.2. Actividad 5. Visita al área en estudio

Seleccionados los puntos de muestreo, se elaboraron parcelas conformadas por tres transeptos radiados de 50 m, ubicadas 120° una a otra (ver ilustración 3.1). Se realizó una visita al área objeto de estudio, con la finalidad de constatar las actividades que se ejecutaron en la construcción de la represa Río Grande (Muñoz, 2015).

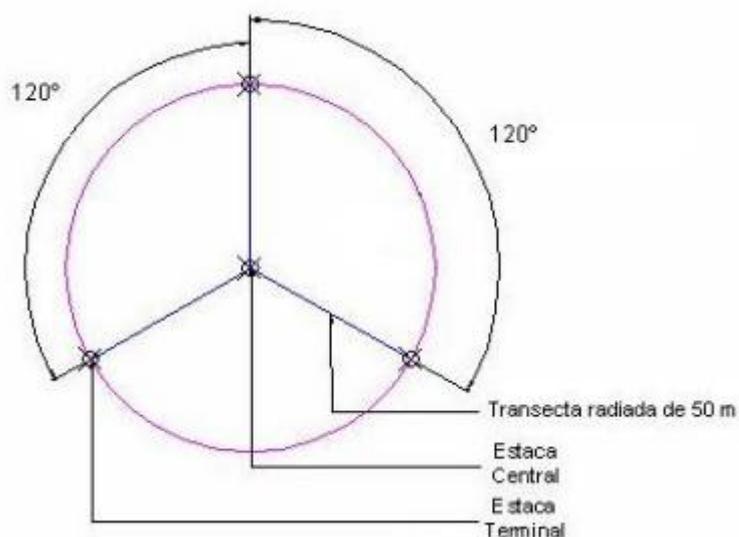


Ilustración 3.1 Parcela de IPH, conformada por tres transeptos

3.5.2.3. Actividad 6. Obtención de información geográfica y satelital

Para la obtención de la información satelital se acudió al Instituto Geográfico Militar, ubicado en la ciudad de Quito. La información geográfica se obtuvo a través del Sistema Nacional de Información de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo.

3.5.2.4. Actividad 7. Elaboración de mapas temáticos

Se elaboró un total de 4 mapas los cuales expresan las isoyetas, uso del suelo de cada año (2008 y 2015), modelo de elevación digital y mapa de cobertura vegetal con los puntos de muestreo en la microcuenca del río Grande

3.5.2.5. Actividad 8. Comparación de imágenes satelitales

Inicialmente se realizó la comparación de una imagen satelital de la microcuenca del río Grande del 2008 con una del 2015 a través de los Sistemas de Información Geográfica (QGis y ArcGis), para los tipos de cobertura vegetal presentes antes y después de la construcción de la represa.

3.5.2.6. Actividad 9. Determinación del índice de Protección Hidrológico

Para el análisis de los resultados se asignó valores a los tipos de cobertura vegetal presentes en la microcuenca del río Grande para obtener el valor del IPH con base en 7 criterios y 21 indicadores (Rojas, 2004):

Cuadro 3.3 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

Para el cálculo del IPH total se debe obtener 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).

Índice de Protección Hidrológico Parcial

$$IPP = IPH_{UV} * \%_{UV} [1]$$

Índice de Protección Hidrológico

$$IPH = \Sigma IPP [2]$$

3.5.2.7. Actividad 10. Interpretación del Índice de Protección Hidrológico

El IPH presenta un rango de valores entre: 0 (protección nula) y 1 (protección máxima). Para determinar la condición final de la microcuenca río Grande se utilizó la tabla propuesta por Rojas (2004) (ver ilustración 3.2) y para para su interpretación se utilizó la tabla provista por Bermero (2006) (ver ilustración 3.3).

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

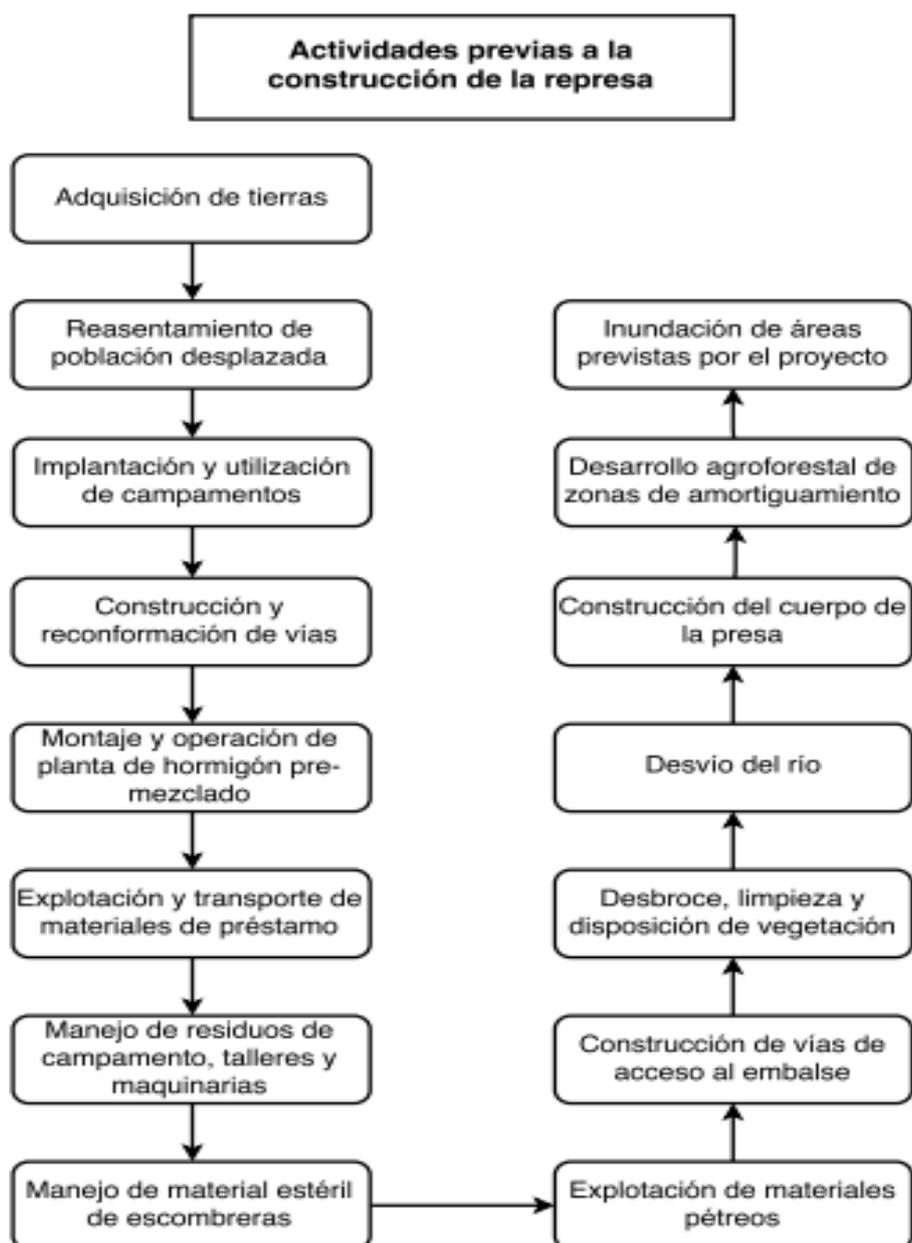
Ilustración 3.2 Interpretación de la condición final de acuerdo al IPH

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 3.3 Rangos de IPH para medir la aptitud de las áreas de importancia hidrológica dentro de la microcuenca río Grande

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Diagrama de flujo y descripción de las actividades realizadas en la construcción de la represa



- **Tenencia de tierras:** La tenencia de la tierra es una institución, es decir, un conjunto de normas inventadas por las sociedades para regular el comportamiento. Las reglas sobre la tenencia definen de qué manera pueden asignarse dentro de las sociedades los derechos de propiedad de la tierra. Definen cómo se otorga el acceso a los derechos de utilizar, controlar y transferir la tierra, así como las pertinentes responsabilidades y limitaciones. En otras palabras, los sistemas de tenencia de la tierra determinan quién puede utilizar qué recursos, durante cuánto tiempo y bajo qué circunstancias (FAO, 2010).
- **Reasentamiento de la población desplazada:** El reasentamiento que consisten en la adquisición por parte de la comunidad vulnerable, de un lugar de vida nuevo o 'usado' en un sitio seguro desde el punto de vista físico-natural. El principal objetivo de este tipo de medida es efectivamente proteger la vida y los bienes de la población. El propósito del presente escrito consiste en analizar a la luz de los conceptos hábitat, vulnerabilidad, desarrollo y sostenibilidad (Chardon, 2009).
- **Implantación y utilización de campamentos:** Esta actividad se refiere a los pasos necesarios a seguir para la implantación del campamento. Desde la selección de la ubicación, pasando por la construcción del mismo y finalmente la operación de actividades propias del campamento (SENAGUA, 2010).
- **Construcción y re-conformación de vías de acceso:** Actividad que se refiere a la construcción de nuevos accesos a la obra o modificación/readecuación de accesos existentes. Esta actividad incluiría todo el movimiento de tierras e implementación de obras de arte necesarios para habilitar los accesos (SENAGUA, 2010).
- **Montaje y operación de planta de hormigón premezclado:** En esta actividad se incluyen el desbroce del sitio donde se levantará la planta, la construcción de la misma y la posterior operación durante la construcción de la presa. Adicionalmente, se considera todo el manejo de residuos ocasionados por la operación de la planta y lavado de vehículos mezcladores (mixers) (SENAGUA, 2010).

- **Explotación y transporte de materiales de préstamo:** Incluye el movimiento vehicular desde la zona de excavación hacia la zona de la presa.
- **Movimiento de tierra en canales:** Esta actividad considera únicamente a actividades puntuales de movimiento de tierras en el área a ser inundada y no tiene que ver con el desbroce general de la vegetación antes del llenado del embalse.
- **Manejo de residuos de campamento, talleres y maquinarias:** Se analiza la gestión de residuos líquidos y sólidos dentro y fuera de las instalaciones del campamento de obra.
- **Manejo de material estéril en escombreras:** Los sitios de escombreras, material estéril o no apto para fines constructivos.
- **Explotación de materiales pétreos:** Se ha establecido que el proyecto utilizará áridos procedentes de concesiones mineras autorizadas.
- **Construcción de vías de acceso al embalse:** Se evalúan las actividades de construcción y de readecuación de tramos existentes para la ruta hacia la presa.
- **Desvío del río:** En esta actividad se consideran todos los pasos necesarios para realizar el desvío del río en la zona donde se construirá el cuerpo de la presa. Incluye el secado del sitio de presa y la habilitación de un nuevo cauce por donde se desviará el río.
- **Construcción de cuerpo de la presa:** Esta actividad únicamente se refiere a las etapas y acciones necesarias para completar el cuerpo de la presa; cimentaciones, núcleo, corona, taludes, estribos.
- **Traslado de maquinaria y vehículos:** En esta actividad se desalojan todas las maquinarias y vehículos que conformen parte del equipo constructor.
- **Desbroce, limpieza y disposición de vegetación:** Consiste en extraer y retirar de las zonas designadas todos los árboles, tocones, plantas, malezas, broza, madera caídas, escombros, basura o cualquier otro material indeseable según el proyecto (Castro y Aja, 2005).

- **Desarrollo agroforestal de zonas de amortiguamiento cinturones arbóreos:** Involucra el desarrollo de una zona de amortiguamiento forestal entre las cotas 70 y 80 msnm a partir del borde del embalse. Por lo tanto, esta actividad comprende el sembrío de especies nativas y el mantenimiento de las mismas.
- **Inundación de áreas previstas por el proyecto:** Para la actividad se analiza el proceso de llenado del embalse una vez finalizada la obra civil en la presa. El período de esta actividad comprende desde el momento en que comienza a llenarse el embalse hasta llegar a la cota de operación del mismo.

4.2. MATRIZ CAUSA-EFECTO (METODOLOGÍA DE BUROZ)

Cuadro 4.1 Matriz de Buroz de las actividades realizadas en la construcción de la represa y los componentes ambientales afectados

Actividades	Factores	AGUA				AIRE				SUELO							BIOLÓGICO				SOCIAL									
		Calidad de aguas superficiales	Calidad de aguas subterráneas	Caudal hidrológico	Riesgo de inundaciones	Calidad del aire por inmisión de partículas sólidas	Calidad del aire por emisiones gaseosas	Calidad del aire por emisiones de ruido	Clima	Calidad del suelo por erosión	Calidad del suelo por compactación	Uso del suelo	Bosques	Suelos agrícolas	Suelos forestales	Cobertura vegetal	Paisaje	Flora terrestre	Fauna terrestre	Flora acuática	Fauna acuática	Calidad de vida de la población interrelacionada	Calidad de vida de la población globalizada	Educación, investigación y extensión	Tenencia de la Tierra	Empleo	Higiene y seguridad laboral	Salud humana	Riesgo de incendios	Accidentes (otros)
Adquisición de tierras		Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Medio	Neutro	Bajo	Alto	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro
Reasentamiento de la población desplazada		Medio	Bajo	Neutro	Neutro	Alto	Alto	Medio	Neutro	Neutro	Neutro	Medio	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Medio	Medio	Medio	Neutro	Neutro	Alto	Neutro	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Implantación y Utilización de Campamentos		Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Bajo	Bajo	Bajo	Neutro	Bajo	Bajo	Bajo	Neutro	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Bajo	Neutro	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Construcción y re-conformación de vías de acceso		Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Bajo	Bajo	Bajo	Neutro	Bajo	Bajo	Bajo	Neutro	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Neutro	Neutro	Bajo	Neutro	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Montaje y operación de planta de hormigón premezclado		Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro
Explotación y transporte de materiales de préstamo		Bajo	Bajo	Neutro	Neutro	Alto	Alto	Alto	Neutro	Medio	Bajo	Medio	Neutro	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio	Neutro	Neutro	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto	Medio	Medio
Manejo de residuos de campamento, talleres y maquinarias		Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro
Manejo de material estéril en escombreras		Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro
Explotación de materiales pétreos		Bajo	Bajo	Neutro	Neutro	Alto	Alto	Alto	Neutro	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Neutro	Neutro	Medio	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio
Construcción de vías de acceso al embalse		Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Alto	Alto	Medio	Neutro	Medio	Medio	Medio	Neutro	Medio	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Neutro	Neutro	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Desbroce, limpieza y disposición de vegetación		Medio	Bajo	Neutro	Neutro	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Medio	Neutro	Medio	Bajo	Medio	Alto	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Medio	Neutro	Bajo	Bajo	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio
Desvío del río		Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Neutro	Medio	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio
Construcción de cuerpo de la presa		Neutro	Neutro	Neutro	Medio	Alto	Alto	Alto	Neutro	Medio	Medio	Medio	Neutro	Medio	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Bajo	Neutro	Neutro	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Desarrollo agroforestal de zonas de amortiguamiento -cinturones arbóreos-		Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	Alto	Medio	Medio	Alto	Medio
Inundación de áreas previstas por el proyecto		Alto	Alto	Alto	Alto	Neutro	Neutro	Neutro	Alto	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Alto

Para conocer los impactos que tuvo la construcción de la represa sobre los componentes ambientales y sociales de la microcuenca del río Grande se empleó la matriz de Criterios Relevantes Integrados (CRI) (Buroz, 1994), determinando la relación causa-efecto ubicando los componentes ambientales que pueden ser afectados en las columnas, y las actividades de la construcción de la represa en las filas; resultando en los impactos del proyecto al ecosistema, de acuerdo con lo expuesto por Gamboa (2015). A través de la interacción o no de las actividades desarrolladas en la construcción de la represa con los componentes ambientales, se identificaron y valorizaron los impactos, y se definieron los impactos significativos, llegando hasta la valoración de SIGNIFICANCIA. En cada celda de la matriz, se le da un valor a Intensidad (Anexo 1), Extensión (ver anexo 2), Duración (ver anexo 3) y Signo (ver anexo 4). Con estos valores se calcula la Magnitud (ver anexo 5) del Impacto. Posteriormente se asigna la variable Reversibilidad (ver anexo 6) y Riesgo (ver anexo 7) a cada interacción y se obtiene Valor de Índice Ambiental (VIA). Luego la significancia se calcula mediante el producto entre VIA (ver anexo 8) y Magnitud según Burger y Gochfeld (2004).

De acuerdo al cuadro 4.1 el 100% de los componentes ambientales fueron afectados de forma significativa por las actividades desarrolladas en la construcción de la represa. Considerando que la actividad desarrollo agroforestal de zonas de amortiguamiento no fue desarrollada por el personal encargado del proyecto, esto representa una alta significancia sobre los factores ambientales a excepción de la mayoría de los componentes sociales. Según Conacher (2002) la eliminación de la cobertura vegetal y el cambio en el uso del suelo en un territorio conllevan al aumento de los niveles de erosión, pérdida de fertilidad y arrastre de sedimentos hacia los cursos de agua, disminución de la calidad del agua, alteración del clima regional y de la calidad del aire, modificación de la transmisión de enfermedades infecciosas y sus vectores, alteración de la diversidad biológica y pérdida de la calidad de vida de la población humana (Hubber *et al.*, 2008). Conesa y Pérez (2014) afirman que la construcción de represas representa un grave problema al modificar el régimen hidrológico de los cursos de agua y la remoción de la cobertura vegetal. Para Peña *et al.* (2011) la

erosión del suelo se produce principalmente por la tala que determina áreas sin cobertura vegetal. Frecuentemente, los embalses almacenan más del 90 por ciento de la carga de sedimentos suministrada por sus cuencas de drenaje, experimentando un relleno progresivo que continuamente modifica su grado de eficacia. Ciertamente las consecuencias ambientales de la colmatación de embalses van más allá de la regresión de deltas o las pérdidas de volumen embalsable, ya que afectan de forma significativa la morfodinámica de los sistemas fluviales aguas abajo de las presas.

El reasentamiento de la población desplazada afecta al componente social y aire de forma alta, mientras que el factor agua, suelo y biológico son medianamente afectados. Las construcciones de represas se dan en todo el mundo para contribuir al desarrollo de un país, evitar inundaciones, generar agua potable, entre otras. Sin embargo, para poder desarrollar ciertos sectores, otros son perjudicados como es el caso de comunidades y familias que han vivido en el lugar de construcción durante muchas generaciones, debido a que sufren perturbación de los patrones de organización social existentes, de las pautas de subsistencia, actividad económica y el cambio político (Duque, 2006). Millones de personas en todo el mundo han sido desplazadas de sus hogares para dar paso a represas y embalses. Así mismo, hay que considerar la pérdida de la tierra, del trabajo, la falta de hogar o de vivienda, la marginalización de algunos miembros de la familia, la inseguridad alimentaria, la desarticulación de muchas comunidades y con ello, la pérdida de identidad cultural (Quesada, 1997).

En concordancia con la matriz la explotación y transporte de materiales de préstamos desde la zona de excavación hasta la represa provoca impactos altos sobre el suelo, la salud y seguridad del componente humano. De forma media genera impactos sobre los factores agua, suelo y biológico. las represas no sólo tienen un impacto ambiental directo, sino también afectan la calidad de vida, la salud, el acceso a fuentes de alimentación y las formas de vida tradicionales (Bartolomé, 2008). La construcción de represas tiene el potencial de agudizar algunas enfermedades transmitidas por insectos, además de provocar la aparición de nuevas enfermedades asociadas con los vectores que viven cerca

del agua. El incremento de la incidencia de enfermedades ha sido documentado ya en Ecuador con el embalse Daule-Peripa (Sasso, 2009).

Se puede observar en la matriz que el componente suelo, social y aire son los más afectados por la explotación de materiales pétreos. De acuerdo con Hernández *et al.* (2011) la ejecución de proyecto de minería artesanal (material pétreo y árido) incluye un conjunto de acciones que alteran o impactan el medio ambiente. Los impactos negativos fuertes se presentan sobre los componentes ambientales suelo, agua, aire, flora, fauna y paisaje. Al considerar el componente suelo se tuvo en cuenta que la alteración de la geomorfología y la topografía es de carácter irreversible, causando un incremento de la dinámica de los procesos de erosión, transporte y sedimentación, con la consiguiente pérdida de sus componentes esenciales, la compactación del suelo por el tráfico de la maquinaria pesada y el transporte, y la contaminación por adición de lubricantes y combustibles (Conesa, 2000). En el aire se experimenta un aumento del nivel de ruido por los trabajos de perforación y voladura, transportación y procesamiento, así como de la contaminación por gases y polvo. De la emisión de polvo se pueden derivar impactos sobre la salud humana y la calidad de vida de los núcleos habitados próximos y sobre la vegetación y cultivos agrícolas que circundan la explotación (Mateo, 1997).

La construcción de vías de acceso al embalse según la matriz provoca altos impactos sobre el factor aire, mientras que para el componente suelo y social genera un impacto medio. Con base en Gil *et al.* (2015) la construcción de vías, genera sin lugar a dudas, impactos positivos, ya que éstas, facilitan la integración de centros poblados y contribuyen a fortalecer el desarrollo económico de estos espacios. Sin embargo, esta actividad también produce impactos negativos al ambiente, tales como: la degradación de los suelos, la pérdida de cobertura vegetal, la alteración en la calidad del agua, la disminución de la fauna local, por mencionar algunos; y, a la sociedad la alteración de la calidad de vida, ruidos que afectan la normal convivencia, molestias debido al incremento del tráfico, entre otros.

El suelo y el componente biológico sufren una afectación alta a causa del desbroce, limpieza y disposición de vegetación. Una de los efectos de esta actividad sobre el suelo es el incremento de la dinámica de los procesos de erosión, transporte y sedimentación, mientras que sobre la remoción de la cobertura vegetal provoca la degradación de ecosistemas y pérdida acelerada de biodiversidad de acuerdo con Vargas (2011).

Los efectos sobre el medio ambiente constituyen una de las principales consecuencias negativas del desvío de los ríos a causa de la construcción de grandes represas. El bloqueo de un río conlleva una serie de alteraciones físicas, químicas y geológicas que pueden afectar a las tres grandes matrices medioambientales (aire, suelo y agua) y de forma especial a la biodiversidad en cualquiera de sus diferentes niveles (ecosistemas, especies y genomas) (Huang, 2001). Uno de los efectos más visibles que comportará la construcción de las presas es la pérdida y la fragmentación de hábitats terrestres a gran escala a causa de la anegación. Por otra parte, el reasentamiento forzoso de personas (Heggelund, 2003) en zonas adyacentes a la represa lo que conlleva la construcción de nuevas ciudades, vías de comunicación y la apertura de campos de cultivo. La pérdida de hábitats y/o su fragmentación conducirá a la extinción de numerosas poblaciones tanto de animales como de plantas (López, 2008). La construcción de grandes embalses está considerada como una de las grandes amenazas de los ecosistemas y la biodiversidad dulceacuícolas según Park *et al.* (2003) la alteración del flujo estacional de un río por una presa puede comportar graves consecuencias sobre la fauna acuática, como por ejemplo la interrupción de sus rutas migratorias, la pérdida de sus lugares de desove y la fragmentación y declinación de sus poblaciones naturales. Obviamente, las especies de peces migratorias son los animales acuáticos más afectados por la construcción de embalses de acuerdo con los resultados obtenidos por Dudgeon (2000). La construcción del cuerpo de la represa provoca impactos altos sobre el componente suelo, aire y el componente social. Para Martínez *et al.* (2012) aunque se reconoce que las presas han contribuido al desarrollo humano y que son considerables los beneficios derivados de ellas, también ha sido evidente que su construcción, operación y mantenimiento van acompañados de un

complejo arreglo de costos ambientales, económicos y sociales inaceptablemente altos, derivados de internalizar los costos externos de carácter ambiental, económico y social (Alcocer y Bernal, 2010).

4.3. Cálculo de la protección hidrológica antes (2008) y después (2015) de la construcción de la represa Río Grande

De acuerdo a la información obtenida en el portal del MAGAP se identificó 9 tipos de cobertura vegetal, en los cuadros 4.2 y 4.3 se detallan los tipos de cobertura vegetal de la microcuenca del río Grande para el año 2008 y 2015, la superficie que ocupan y los 28 puntos asignados.

Cuadro 4.2 Puntos de muestreo por cobertura vegetal presente en la microcuenca del río Grande en el año 2008

COBERTURA VEGETAL	%	AREA (ha)	PUNTOS
70 % PASTO CULTIVADO / 30% CULTIVOS DE CICLO CORTO	3,05	384,16	1
70% ARBORICULTURA TROPICAL / 30% PASTO CULTIVADO	8,78	1106,8	5
70% CULTIVOS DE CICLO CORTO / 30% PASTO CULTIVADO	0,12	14,96	1
70% PASTO CULTIVADO / 30% ARBORICULTURA TROPICAL	14,98	1889,16	5
BOSQUE NATURAL	15,65	1973,49	3
BOSQUE MEADIANA DENSIDAD	23,42	2953,46	4
PASTIZAL	15,23	1920,01	2
VEGETACIÓN ARBUSTIVA	14,68	1851,18	3
SUELO DESNUDO	4,10	516,89	4

+

Cuadro 4.3 Puntos de muestreo por cobertura vegetal presente en la microcuenca del río Grande en el año 2015

COBERTURA VEGETAL	%	AREA (ha)	PUNTOS
70 % PASTO CULTIVADO / 30% CULTIVOS DE CICLO CORTO	6,77	424,16	1
70% ARBORICULTURA TROPICAL / 30% PASTO CULTIVADO	11,28	707,35	3
70% CULTIVOS DE CICLO CORTO / 30% PASTO CULTIVADO	0,63	39,23	1
70% PASTO CULTIVADO / 30% ARBORICULTURA TROPICAL	14,18	889,16	6
BOSQUE NATURAL	16,17	1013,49	3
BOSQUE MEADIANA DENSIDAD	10,42	653,46	4
PASTIZAL	14,68	920,01	3
VEGETACIÓN ARBUSTIVA	13,58	851,18	5
SUELO DESNUDO	9,80	156,46	2

Los puntos de muestreo detallados anteriormente fueron establecidos al azar en la microcuenca del río Grande, de acuerdo a las elevaciones, de forma que fueran representativos del área evaluada. Las coordenadas geográficas de los puntos de muestreo se muestran en el cuadro 4.4.

Cuadro 4.4 Coordenadas de los puntos de muestreo

Punto	X	Y	Z
1	611905	9922746	84
2	611288	9922383	205
3	613014	9922807	161
4	613286	9922819	153
5	614764	9923031	112
6	613304	9921329	115
7	611288	9922383	205
8	611851	9921789	170
9	611803	9921365	175
10	613304	9921329	115
11	613117	9921686	95
12	614758	9921626	93
13	614479	9921220	84
14	616248	9921050	135
15	615842	9921577	139
16	611288	9922383	205
17	615745	9920554	74
18	616327	9920554	112
19	614437	9920003	101
20	614631	9920475	64
21	612911	9920106	113
22	612911	9920106	113
23	611948	9920299	109
24	611282	9920348	146
25	613074	9919343	93
26	613007	9918991	120
27	614976	9921153	156
28	614976	9921153	156

Con ayuda de la ficha de chequeo se cuantificó la protección hidrológica de las coberturas vegetales presentes en la microcuenca río Grande, basados en una escala de 21 aspectos como máximo y aplicando una regla de tres según Beltrán y Jaramillo (2007), en el cuadro 4.5 se puede observar las sumatoria de los valores asignados a cada transecto, el promedio por punto del IPH y el IPH por unidad de vegetación (IPH UV) para el año 2008.

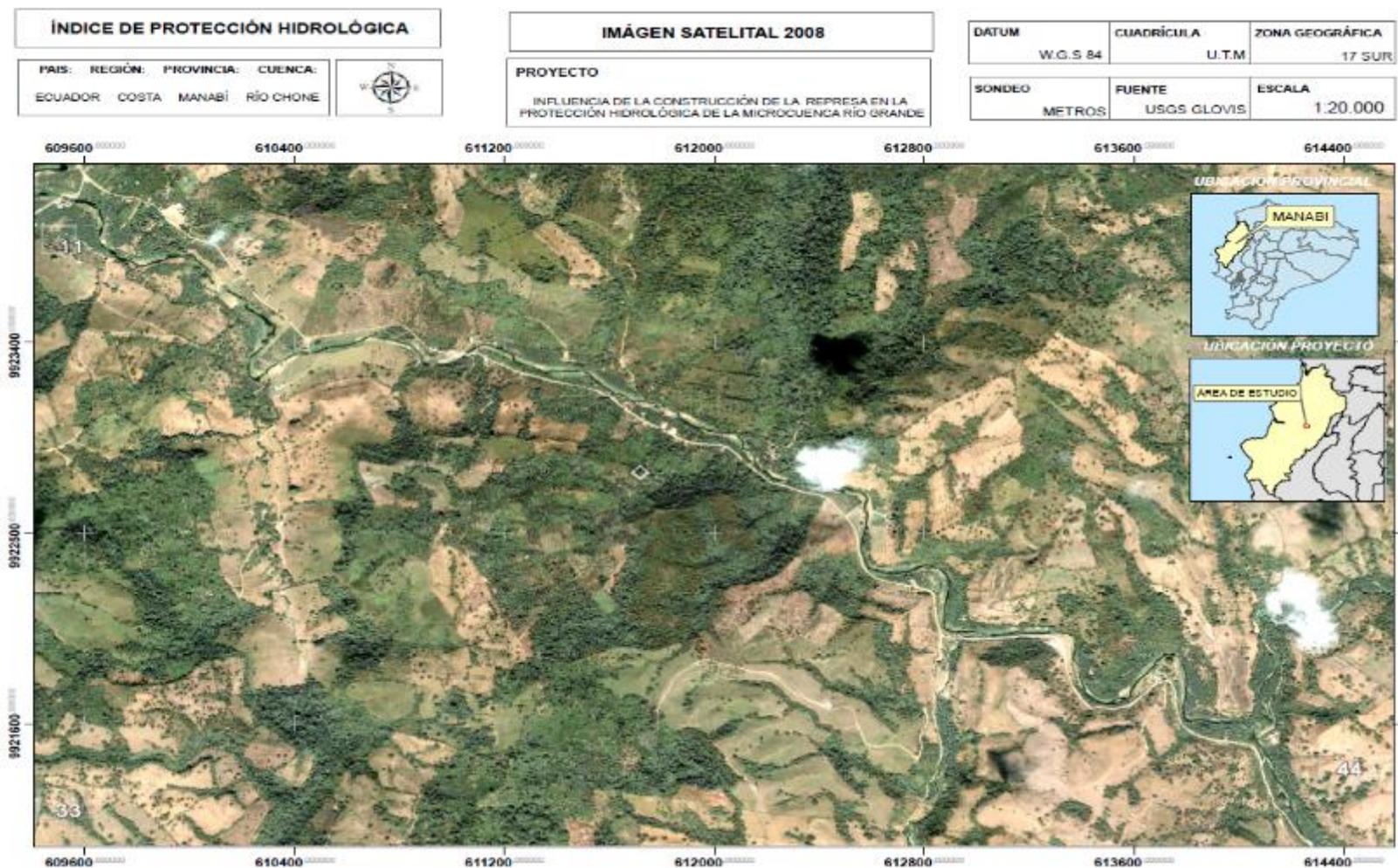


Imagen 4.1 Imagen satelital de la microcuenca del río Grande antes de la construcción de la represa (2008)

Para el cálculo del Índice Protección Hidrológico de la microcuenca del río Grande antes de la construcción de la represa, se utilizó una imagen tipo LANDSAT de la microcuenca en el año 2008 con el objetivo de clasificar el tipo de cobertura vegetal presenta en el área de interés. Para identificar los tipos de cobertura antes de la construcción de la represa (2008) se empleó una clasificación no supervisada. La clasificación no supervisada en ArcGIS no determina ninguna prioridad para obtener las clases, es decir lo realiza en base a probabilidades, el resultado es una imagen ráster reclasificada, según lo expuesto por Sacristán (2006).

De acuerdo con Husson (1980) la utilización de datos espectrales puede proporcionar ventajas en aquellos problemas referentes a la mapificación de tipos de cubierta del suelo y en los modelos de planificación física del territorio. Se han desarrollado técnicas de proceso automático que combinan los datos LANDSAT con información de tipo geográfico-altitud, pendiente, exposición, insolación, etc., con el objetivo, por ejemplo, de obtener mapificaciones más precisas de las especies forestales. Por su parte Sacristán (2006) afirma que este modelo proporciona una descripción espectral más detallada de los tipos de vegetación, porque considera la variabilidad de las condiciones ecológicas. Esta técnica permite la reducción notable de los tiempos de cálculo precisos en las investigaciones.

Según los estudios realizados por Sacristán (2006) la baja resolución de las imágenes LANDSAT sólo permitía realizar una clasificación de los principales tipos de vegetación, pero la combinación de los datos LANDSAT con la información extraída de las fotografías aéreas permitió la realización de estimaciones del volumen de madera.

Cuadro 4.5 Tipos de cobertura vegetal y su análisis de acuerdo a los 21 criterios para el año 2008

Punto	Tipo de Cobertura	X	Y	Z	TRANSECTO	ESTRUCTURA	DENSIDAD	INTERCEPCIÓN DE LA VEGETACIÓN	MULCH	CARACTERÍSTICAS ESPECIALES	TIPO DE VEGETACIÓN	GRADO DE INTERVENCIÓN	SUMA	PROMEDIO	IPH	IPH UV
24	70 % PASTO CULTIVADO / 30% CULTIVOS DE CICLO CORTO	613007,72	613007,72	120	#1	2	2	2	2	2	3	2	39	13	0,619047619	0,619047619
					#2	1	1	2	2	2	1					
					#3	2	2	2	1	2	2					
19	70% ARBORICULTURA TROPICAL / 30% PASTO CULTIVADO	612911	9920106	113	#1	2	2	2	2	2	3	2	44	15	0,698412698	
					#2	1	1	2	3	2	3	2				
					#3	2	2	3	1	3	2	2				
27	70% ARBORICULTURA TROPICAL / 30% PASTO CULTIVADO	614976	9921153	156	#1	2	2	2	2	2	3	2	45	15	0,714285714	
					#2	1	1	2	3	2	3	2				
					#3	2	2	3	2	3	2	2				
26	70% ARBORICULTURA TROPICAL / 30% PASTO CULTIVADO	613607	9920069	263	#1	2	3	2	2	2	3	2	49	16	0,777777778	0,723809524
					#2	2	2	2	2	2	3	3				
					#3	3	2	2	2	3	2	3				
25	70% ARBORICULTURA TROPICAL / 30% PASTO CULTIVADO	614770	9919076	216	#1	2	2	2	3	2	3	2	43	14	0,682539683	
					#2	2	2	1	1	2	3	3				
					#3	1	3	2	2	1	2	2				
13	70% ARBORICULTURA TROPICAL / 30% PASTO CULTIVADO	616248	9921050	135	#1	2	2	2	2	2	3	2	47	16	0,746031746	
					#2	3	2	2	3	2	2	2				
					#3	2	2	2	2	3	2	3				
2	70% CULTIVOS DE CICLO CORTO / 30% PASTO CULTIVADO	611288	9922383	205	#1	3	2	2	2	2	3	1	41	14	0,650793651	0,650793651
					#2	2	2	1	1	2	2	2				
					#3	1	1	3	2	3	1	3				
10	70% PASTO CULTIVADO / 30% ARBORICULTURA TROPICAL	613117	9921686	95	#1	2	2	2	1	2	3	2	44	15	0,698412698	
					#2	3	2	1	2	2	3	2				
					#3	2	1	2	2	2	3	3				
9	70% PASTO CULTIVADO / 30% ARBORICULTURA TROPICAL	613304	9921329	115	#1	2	2	2	2	2	3	2	44	15	0,698412698	
					#2	3	2	2	2	3	2	1				
					#3	2	1	1	3	2	3	2				
18	70% PASTO CULTIVADO / 30% ARBORICULTURA TROPICAL	614631	9920475	64	#1	3	2	2	2	2	2	1	46	15	0,73015873	0,682539683
					#2	1	3	2	3	2	3	2				
					#3	2	2	3	3	3	2	1				
16	70% PASTO CULTIVADO / 30% ARBORICULTURA TROPICAL	616327	9920554	112	#1	2	1	2	1	2	2	1	39	13	0,619047619	
					#2	3	2	1	2	3	3	1				
					#3	1	2	2	2	2	2	2				
15	70% PASTO CULTIVADO / 30% ARBORICULTURA TROPICAL	615745	9920554	74	#1	2	2	2	1	1	2	2	42	14	0,666666667	
					#2	3	3	2	1	3	2	2				
					#3	2	1	1	1	3	3	3				

1	BOSQUE NATURAL	611905	9922746	84	#1	2	3	1	2	2	2	1	39	13	0,61904762	0,64550265
					#2	2	3	2	2	2	2	1				
					#3	2	2	1	1	3	2	1				
8	BOSQUE NATURAL	611803	9921365	175	#1	1	3	1	2	3	2	1	42	14	0,66666667	
					#2	2	2	1	2	3	2	2				
					#3	2	3	2	2	3	2	1				
22	BOSQUE NATURAL	611282	9920348	146	#1	2	3	2	2	3	2	1	41	14	0,65079365	
					#2	1	2	2	2	3	2	1				
					#3	2	1	2	2	3	2	1				
14	BOSQUE MEADIANA DENSIDAD	611288	9922383	205	#1	2	2	2	2	3	3	3	52	17	0,82539683	
					#2	3	2	2	2	3	3	3				
					#3	3	3	2	1	3	3	2				
4	BOSQUE MEADIANA DENSIDAD	613286	9922819	153	#1	2	2	3	2	2	3	3	48	16	0,76190476	
					#2	2	2	2	2	2	3	2				
					#3	1	3	2	1	3	3	3				
20	BOSQUE MEADIANA DENSIDAD	612911	9920106	113	#1	3	2	1	2	2	3	2	45	15	0,71428571	
					#2	2	2	2	2	3	3	3				
					#3	1	1	1	2	3	3	2				
17	BOSQUE MEADIANA DENSIDAD	614437	9920003	101	#1	3	3	1	1	3	2	2	45	15	0,71428571	
					#2	2	2	1	2	2	3	3				
					#3	3	2	1	2	3	2	2				
7	PASTIZAL	611851	9921789	170	#1	1	1	1	1	1	2	3	31	10	0,49206349	
					#2	2	1	1	1	1	2	2				
					#3	1	2	1	1	2	2	2				
28	PASTIZAL	614976	9921153	156	#1	1	1	1	1	2	2	2	33	11	0,52380952	
					#2	1	1	2	2	1	2	3				
					#3	2	2	1	1	1	2	2				
6	VEGETACIÓN ARBUSTIVA	611288	9922383	205	#1	2	2	2	2	2	2	2	38	13	0,6031746	
					#2	2	1	2	2	1	2	2				
					#3	3	1	1	2	2	2	1				
21	VEGETACIÓN ARBUSTIVA	611948	9920299	109	#1	2	2	2	1	1	2	2	41	14	0,65079365	
					#2	2	1	2	2	1	2	3				
					#3	3	3	1	2	2	2	3				
23	VEGETACIÓN ARBUSTIVA	613074	9919343	93	#1	2	2	2	2	2	2	3	42	14	0,66666667	
					#2	2	1	3	1	2	3	2				
					#3	1	2	2	2	2	2	2				

3	SUELO DESNUDO	613014	9922807	161	#1	1	2	1	1	1	0	2	23	8	0,36507937	0,36904762
					#2	1	1	1	1	1	0	3				
					#3	1	1	1	1	1	0	2				
11	SUELO DESNUDO	614758	9921626	93	#1	1	2	1	1	1	0	3	24	8	0,38095238	
					#2	1	1	1	1	1	0	3				
					#3	1	1	1	1	1	0	2				
5	SUELO DESNUDO	613304	9921329	115	#1	2	1	1	1	1	0	3	23	8	0,36507937	
					#2	1	1	1	1	1	0	2				
					#3	1	1	1	1	1	0	2				
12	SUELO DESNUDO	614479	9921220	84	#1	1	2	1	1	1	0	3	23	8	0,36507937	
					#2	1	1	1	1	1	0	2				
					#3	1	1	1	1	1	0	2				

El cuadro 4.5 muestra las coberturas vegetales con su respectiva área ocupada dentro de la microcuenca del río Grande en el año 2008 y los 28 puntos de muestreo establecidos. Conforme a la metodología se estableció 3 transeptos por cada punto de muestreo, dando un total de 84 transeptos. De acuerdo al cuadro expuesto la cobertura vegetal con mayor aptitud para la prestación del recurso hídrico es “bosque mediana densidad” (0,7539), 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. Mientras que la cobertura suelo desnudo posee el menor índice de protección hidrológica por unidad de vegetación (0,36904) que según la tabla de interpretación presenta una condición hidrológica moderadamente mala. Díaz (2011) afirma que la vegetación ofrece protección física al suelo frente al impacto de la lluvia y la escorrentía y reduce la velocidad del agua al aumentar la resistencia hidráulica del terreno, por lo tanto, disminuye la capacidad erosiva del agua. Si la velocidad se ha reducido lo suficiente, se sedimenta una parte de los materiales arrastrados y a partir de este momento se empieza a regenerar la vegetación natural.

La cobertura 70% arboricultura tropical / 30% pasto cultivado posee 0,7238 correspondiente al índice de protección hidrológico por unidad de vegetación, siendo de importancia hidrológica alta. De acuerdo a los valores del cuadro 4.5, la cobertura vegetal 70% pasto cultivado/30% arboricultura tropical presenta una importancia hidrológica media (0,683). Para el manejo y conservación de la microcuenca, 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.

La importancia hidrológica de la cobertura vegetal pastizal de acuerdo al IPH UV es de 0,5079 siendo media. González *et al.* (2007) afirma que las causas de la erosión del suelo se pueden englobar en el uso y manejo inapropiado de los agroecosistemas que, en términos generales, comprende la explotación destructiva de los bosques, el sobrepastoreo de los agostaderos y el uso agrícola de suelos con pendientes sin considerar prácticas de conservación de suelo y agua.

Cuadro 4.6 Cálculo del IPP para cada unidad de vegetación para el año 2008

COBERTURA VEGETAL	%	IPH UV	IPP
70 % PASTO CULTIVADO / 30% CULTIVOS DE CICLO CORTO	3,05	0,6190	0,019
70% ARBORICULTURA TROPICAL / 30% PASTO CULTIVADO	8,78	0,7238	0,064
70% CULTIVOS DE CICLO CORTO / 30% PASTO CULTIVADO	0,12	0,6508	0,001
70% PASTO CULTIVADO / 30% ARBORICULTURA TROPICAL	14,98	0,683	0,102
BOSQUE NATURAL	15,65	0,6455	0,101
BOSQUE MEADIANA DENSIDAD	23,42	0,7540	0,177
PASTIZAL	15,23	0,5079	0,077
VEGETACIÓN ARBUSTIVA	14,68	0,6402	0,094
SUELO DESNUDO	4,10	0,3690	0,015
TOTAL		IPH	0,649

En el cuadro 4.6 se puede observar que el índice de Protección Hidrológico total de la microcuenca del río Grande antes de la construcción de la represa (2008) es de 0,649 lo que corresponde a un IPH medio con una aptitud de protección moderadamente buena.

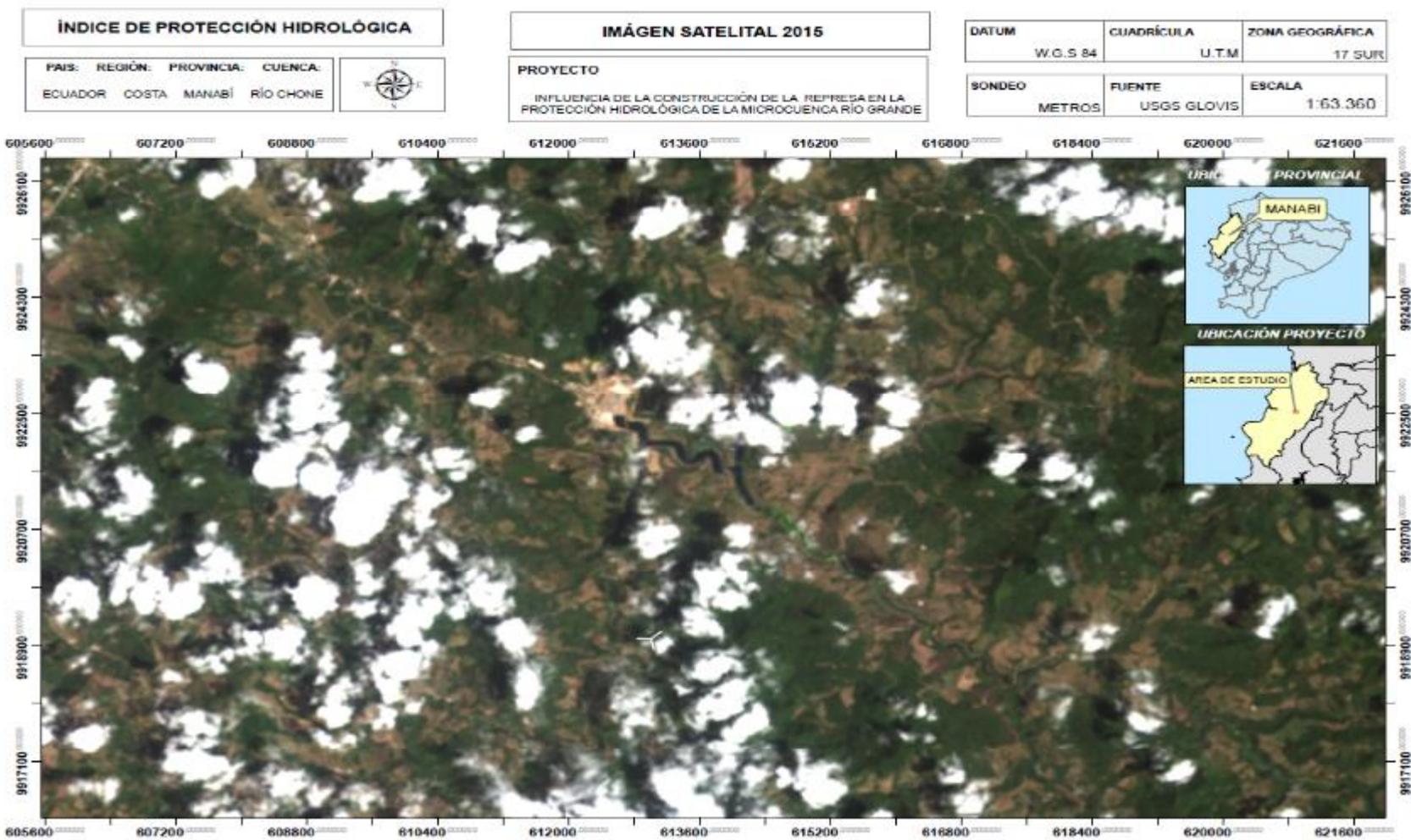


Imagen 4.2 Imagen satelital de la microcuena del río Grande después de la construcción de la represa (2015)

Para el cálculo del índice de Protección Hidrológico de la microcuenca del río Grande después de la construcción de la represa (2015) se utilizó imágenes LANDSAT, utilizando el mismo procedimiento llevado a cabo en el cálculo del IPH antes de la construcción de la represa (2008). A través de una clasificación supervisada se identificó los tipos de cobertura vegetal presente en la microcuenca después de la construcción de la represa. Sacristán (2006) afirma que la clasificación supervisada en ArcGIS permite clasificar el ráster por medio de cada píxel de una celda, es necesario tener conocimiento previo de las clases del área de estudio (uso actual del suelo).

Por cada cobertura vegetal después de la construcción de la represa (2015) se realizó en el campo, transeptos radiados con las dimensiones expuestas en el diseño metodológico. De acuerdo con Richards y Jia (2006) la información de los satélites LANDSAT es cada vez más utilizada para caracterizar la geografía a escala regional. Gracias a las resoluciones espacial y espectral de estos sensores pasivos, es posible captar diferentes coberturas del suelo, especialmente la vegetación. Es por eso que la teledetección de imágenes LANDSAT es comúnmente practicada para clasificar las coberturas vegetales (Running *et al.*, 1995).

Cuadro 4.7 Tipos de cobertura vegetal y su análisis de acuerdo a los 21 criterios para el año 2015

Punto	Tipo de Cobertura	X	Y	Z	TRANSECTO	ESTRUCTURA	DENSIDAD	INTERCEPCIÓN DE LA VEGETACIÓN	MULCH	CARACTERÍSTICAS ESPECIALES	TIPO DE VEGETACIÓN	GRADO DE INTERVENCIÓN	SUMA	PROMEDIO	IPH	IPH UV
24	70 % PASTO CULTIVADO / 30% CULTIVOS DE CICLO CORTO	613007	9918991	120	#1	2	1	2	1	2	2	1	31	10	0,492063492	0,53968254
					#2	1	1	1	2	1	2	1				
					#3	1	1	2	2	2	2	1				
19	70% ARBORICULTURA TROPICAL / 30% PASTO CULTIVADO	612911	9920106	113	#1	1	2	1	2	2	2	1	37	12	0,587301587	0,650793651
					#2	1	1	2	3	2	2	1				
					#3	2	2	3	1	3	2	1				
27	70% ARBORICULTURA TROPICAL / 30% PASTO CULTIVADO	614976	9921153	156	#1	2	2	2	2	2	3	1	44	14,66666667	0,698412698	0,650793651
					#2	1	3	2	2	2	3	2				
					#3	2	2	2	2	3	2	2				
13	70% ARBORICULTURA TROPICAL / 30% PASTO CULTIVADO	616248	9921050	135	#1	2	2	1	2	2	3	2	42	14	0,666666667	0,650793651
					#2	1	2	2	3	2	2	2				
					#3	2	2	2	1	3	2	2				
2	70% CULTIVOS DE CICLO CORTO / 30% PASTO CULTIVADO	611288	9922383	205	#1	2	2	2	2	2	2	1	36	12	0,571428571	0,571428571
					#2	2	2	1	1	2	1	2				
					#3	2	1	2	2	2	1	2				
10	70% PASTO CULTIVADO / 30% ARBORICULTURA TROPICAL	613117	9921686	95	#1	2	2	2	1	2	1	2	35	12	0,555555556	0,58994709
					#2	1	2	1	2	2	1	2				
					#3	2	1	2	2	2	1	2				
13	70% PASTO CULTIVADO / 30% ARBORICULTURA TROPICAL	615842	9921577	139	#1	2	1	2	1	1	2	2	36	12	0,571428571	0,58994709
					#2	2	2	1	2	3	2	1				
					#3	2	1	1	1	2	3	2				
9	70% PASTO CULTIVADO / 30% ARBORICULTURA TROPICAL	613304	9921329	115	#1	2	2	2	2	2	3	2	40	13	0,634920635	0,58994709
					#2	2	2	1	2	2	2	2				
					#3	2	1	1	3	2	2	1				
18	70% PASTO CULTIVADO / 30% ARBORICULTURA TROPICAL	614631	9920475	64	#1	1	2	2	2	2	2	1	36	12	0,571428571	0,58994709
					#2	1	1	1	2	2	2	2				
					#3	2	2	2	2	2	2	1				
16	70% PASTO CULTIVADO / 30% ARBORICULTURA TROPICAL	616327	9920554	112	#1	2	1	2	1	2	2	1	37	12	0,587301587	0,58994709
					#2	2	2	1	2	2	3	1				
					#3	1	2	2	2	2	2	2				
15	70% PASTO CULTIVADO / 30% ARBORICULTURA TROPICAL	615745	9920554	74	#1	2	2	2	1	1	2	2	39	13	0,619047619	0,58994709
					#2	2	2	2	1	2	2	2				
					#3	2	1	1	1	3	3	3				

1	BOSQUE NATURAL	611905	9922746	84	#1	2	2	1	2	2	2	2	36	12	0,5714286	0,5925926
					#2	2	2	2	2	2	2	1				
					#3	2	2	1	1	2	1	1				
8	BOSQUE NATURAL	611803	9921365	175	#1	1	2	1	2	2	2	2	37	12,33333333	0,5873016	
					#2	2	2	1	2	2	1	2				
					#3	2	2	2	2	3	1	1				
22	BOSQUE NATURAL	611282	9920348	146	#1	2	2	2	2	3	2	1	39	13	0,6190476	
					#2	1	2	2	2	2	1	1				
					#3	2	2	2	2	3	2	1				
14	BOSQUE MEADIANA DENSIDAD	611288	9922383	205	#1	2	2	2	2	3	3	3	48	16	0,7619048	
					#2	3	1	2	2	3	3	2				
					#3	3	2	1	1	3	3	2				
4	BOSQUE MEADIANA DENSIDAD	613286	9922819	153	#1	2	2	3	2	2	3	3	47	16	0,7460317	
					#2	2	2	2	2	2	3	2				
					#3	1	2	2	1	3	3	3				
20	BOSQUE MEADIANA DENSIDAD	612911	9920106	113	#1	2	2	1	2	2	3	2	46	15	0,7301587	
					#2	2	2	2	2	3	3	3				
					#3	1	2	2	2	3	3	2				
17	BOSQUE MEADIANA DENSIDAD	614437	9920003	101	#1	3	3	1	1	3	2	2	45	15	0,7142857	
					#2	2	2	1	2	2	3	3				
					#3	3	2	1	2	3	2	2				
7	PASTIZAL	611851	9921789	170	#1	1	1	1	1	1	2	3	29	10	0,4603175	
					#2	1	1	1	1	1	2	2				
					#3	1	1	1	1	2	2	2				
5	PASTIZAL	614764	9923031	112	#1	1	1	1	1	1	2	3	29	10	0,4603175	
					#2	1	1	1	1	1	2	2				
					#3	1	1	1	1	2	2	2				
28	PASTIZAL	614976	9921153	156	#1	1	1	1	1	2	2	2	38	11	0,5238095	
					#2	1	1	2	2	1	2	3				
					#3	2	2	1	1	1	2	2				
6	VEGETACIÓN ARBUSTIVA	611288	9922383	205	#1	2	2	2	2	2	2	2	37	12	0,5873016	
					#2	1	1	2	2	1	2	2				
					#3	2	2	1	2	2	2	1				
21	VEGETACIÓN ARBUSTIVA	611948	9920299	109	#1	2	2	2	1	1	2	2	40	13	0,6349206	
					#2	2	1	2	2	1	2	3				
					#3	3	2	1	2	2	2	3				
23	VEGETACIÓN ARBUSTIVA	613074	9919343	93	#1	2	2	2	2	2	2	3	42	14	0,6666667	
					#2	2	1	3	1	2	3	2				
					#3	1	2	2	2	2	2	2				
3	VEGETACIÓN ARBUSTIVA	613014	9922807	161	#1	1	2	2	1	1	0	2	27	9	0,4285714	
					#2	1	2	1	1	1	0	3				
					#3	1	2	2	1	1	0	2				
11	VEGETACIÓN ARBUSTIVA	614758	9921626	93	#1	1	2	2	1	1	0	3	27	9	0,4285714	
					#2	1	1	2	1	1	0	3				
					#3	1	1	2	1	1	0	2				

5	SUELO DESNUDO	613304	9921329	115	#1	1	2	1	1	1	0	1	19	6	0,3015873	0,2936508
					#2	1	1	1	1	1	0	1				
					#3	1	1	1	1	1	0	1				
12	SUELO DESNUDO	614479	9921220	84	#1	1	1	1	1	1	0	1	18	6	0,2857143	
					#2	1	1	1	1	1	0	1				
					#3	1	1	1	1	1	0	1				

Según el cuadro 4.7 para el año 2015 la cobertura bosque mediana densidad de la microcuenca del río Grande presenta el mayor índice de protección hidrológico por unidad de vegetales correspondiente a 0,6626 presentando una importancia media con aptitud de protección.

Suelo desnudo es el uso que posee el menor índice de protección hidrológico (0,2936), reflejando una importancia baja con aptitud de recuperación vegetal, por su parte Díaz (2011) afirma que en la actualidad se busca encontrar alternativas para el control de la erosión y estabilización de suelos y se sabe que la revegetalización controla la erosión en cárcavas al incrementar la infiltración y reducir la escorrentía.

Con un valor de IPH entre 0,5-0,60 se encuentran 70% pasto cultivado / 30% cultivos de ciclo corto (0,5396), 70% arboricultura tropical/30% pasto cultivado (0,6507), 70% cultivos de ciclo corto/ 30% pasto cultivado (0,5714) y 70% pasto cultivado/30% arboricultura tropical (0,5899), los cuales presentan una importancia media con aptitud de protección. La arboricultura comprende cultivos permanentes de árboles frutales como guaba, cítricos, guanábana, zapote, papaya, maracuyá, banano, caña de azúcar, entre otros que se asocian junto con plantaciones dominantes de cacao y café (Tapia, 2012).

Los pastos han permitido que se desarrolle una ganadería con pastoreo intensivo los cuales se encuentran por toda la cuenca formando áreas de pasto puro y en otras se encuentran en asociación con cultivos de ciclo corto como el maíz, soya, con plantaciones de árboles frutales y en otras zonas con vegetación del bosque secundario en crecimiento. Según Michelena (2011) la parte superior de la cubierta vegetal intercepta la lluvia protegiendo al suelo del impacto directo de las gotas de lluvia, gracias al efecto de amortiguamiento de las gotas disminuyendo su energía cinética inicial.

El índice de protección hidrológico de la cobertura bosque natural es de 0,5925 siendo de importancia media con aptitud de protección hidrológica. Holl y Aide (2011) mencionan que los ecosistemas restaurados naturalmente pueden mejorar la provisión de servicios ecosistémicos y ayudar en la conservación de la biodiversidad, siendo necesario observar que dichas acciones de restauración se ajusten a la composición y estructura original de la cubierta vegetal, incluyendo las dinámicas de estos sistemas.

Cuadro 4.8 Cálculo del IPP para cada unidad de vegetación para el año 2015

COBERTURA VEGETAL	%	IPH UV	IPP
70 % PASTO CULTIVADO / 30% CULTIVOS DE CICLO CORTO	6,77	0,5397	0,037
70% ARBORICULTURA TROPICAL / 30% PASTO CULTIVADO	11,28	0,6508	0,073
70% CULTIVOS DE CICLO CORTO / 30% PASTO CULTIVADO	0,63	0,5714	0,004
70% PASTO CULTIVADO / 30% ARBORICULTURA TROPICAL	14,18	0,590	0,084
BOSQUE NATURAL	16,17	0,5926	0,096
BOSQUE MEADIANA DENSIDAD	10,42	0,6627	0,069
PASTIZAL	14,68	0,4921	0,072
VEGETACIÓN ARBUSTIVA	13,58	0,6296	0,085
SUELO DESNUDO	9,80	0,2937	0,029
TOTAL		IPH	0,549

En el cuadro 4.6 podemos observar los tipos de cobertura de la microcuenca del río Grande después de la construcción de la represa (2015), además muestra el valor de IPH correspondiente a 0,549, lo que indica una condición regular para la microcuenca con aptitud de protección del suelo evitando así el arrastre de sedimentos y su disposición en los cuerpos de agua, lo que altera la calidad de estos recursos.

Considerando que el Proyecto Multipropósito Chone no cumplió con la reforestación del área afectada, siendo esta una medida expuesta en el plan de manejo para minimizar los impactos ambientales generados por las actividades de la construcción de la represa, en la actualidad existe gran abundancia de árboles, arbustos, pastizales y frutales. Parte de esa cobertura vegetal ha sido plantada por el MAGAP, mientras que la otra, se ha restaurado de forma natural como lo menciona Holl y Aide (2011) quienes indican que distintos factores que favorecen la regeneración natural de bosques sobre terrenos degradados, son la composición y densidad del banco y la lluvia de semillas, la capacidad germinativa de las distintas especies, la supervivencia y crecimiento de plántulas, las condiciones microclimáticas y edáficas del establecimiento, y las interacciones de las plántulas del bosque con la vegetación remanente.

Al comparar el IPH (0,649) de la microcuenca del río Grande antes de la construcción de la represa (2008) con el IPH (0,549) después de su construcción (2015), se puede observar que existe una variación entre los índices de protección hidrológica, presentando una condición regular. Además, de acuerdo a la tabla de interpretación propuesta por Rojas (2004) no requiere la implementación de medidas de recuperación, ya que posee una aptitud de protección sin necesidad de regeneración vegetal, resultados que difieren con los obtenidos por la investigación realizada por Lucas (2016), quién afirma que la protección hidrológica de la subcuenca del Carrizal es media (IPH 0,590), por lo que es necesario la aplicación de medidas de mitigación, como siembra de especies vegetales arbórea con gran frondosidad. Por su parte Álvarez *et al.* (2008) menciona que desde la perspectiva ambiental y sin consideración a su tamaño y modos de operación, todas las presas modifican los procesos biofísicos y regímenes naturales de los ríos, en detrimento directo o indirecto de los ecosistemas colindantes y de sus pobladores. Según Martínez (2012) con la construcción de una represa, en términos ecológicos, ocurre un cambio drástico de uso de suelo, con la pérdida neta de una extensión considerable de la cubierta vegetal y de los ecosistemas ribereños alterados por el área de inundación del embalse, en perjuicio, río abajo, de los procesos de construcción del delta y la dinámica de las comunidades costeras. Un costo inicial considerable de grandes

presas (como la Tucurui, en el Amazonas) es la desaparición de millones de metros cúbicos de madera, que quedan sumergidos en el cuerpo de agua. La pérdida de la cubierta vegetal no sólo implica la de recursos forestales, sino también el acervo de usos potenciales y el valor de la biodiversidad, independiente de cálculos utilitarios (Fearnside, 2001).

Cualquier modificación en el balance de sedimentos (tamaño y tipo de partículas) influye en la distribución de la vegetación a lo largo del río (Martínez *et al.*, 2012). La estabilidad del corredor de vegetación ribereña es una condición esencial que protege al canal de la erosión durante eventos de avenidas extraordinarias (Gordon y Meentemeyer 2006). Más allá de la regulación del flujo, las presas fragmentan los hábitats acuáticos impidiendo el movimiento de las especies y el aporte de nutrientes río abajo.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Entre las actividades realizadas en la construcción de la represa de acuerdo al estudio de impacto ambiental realizado por el equipo técnico calificado, se encuentran; la tenencia de tierras, reasentamiento de la población desplazada, implantación de campamentos, construcción y reconformación de vías de acceso, montaje y operación de planta de hormigón, transporte de materiales de préstamo, movimiento de tierra en canales, manejo de residuos de campamentos, talleres y maquinarias, manejo de material estéril de escombreras, explotación de material pétreos, construcción de vías de acceso al embalse, desvío del río, construcción del cuerpo de la represa, traslado de máquinas, desbroce y disposición de vegetación, desarrollo agroforestal y la inundación de áreas previstas del proyecto. Con el objetivo de conocer los impactos generados por la construcción de la represa sobre los componentes ambientales se realizó un análisis de Buroz (Criterios Relevantes Integrados). De acuerdo a la matriz de Buroz la actividad que generó impactos altos sobre el mayor número de componentes fue el desarrollo agroforestal de zonas de amortiguamiento, cabe recalcar que mencionada actividad no fue ejecutada por el personal de obra. El desvío del río y la inundación de áreas previstas constituyen dos actividades que generan altos impactos sobre un gran número de factores ambientales, el bloqueo de un río conlleva a una serie de alteraciones de las tres grandes matrices medioambientales (agua, aire y agua). El reasentamiento de la población desplazada afectó directamente al componente social, generando perturbaciones en los patrones de organización social.
- En la microcuenca del río Grande existen 9 tipos de cobertura vegetal de acuerdo a la información obtenida del Sistema Nacional de Información, siendo bosque mediana densidad (IPH UV = 0,7540), 70% arboricultura

tropical/30% pasto cultivado (IPH UV =0,7238) y 70% pasto cultivado/30% arboricultura tropical (IPH UV =0,683) las coberturas más predominantes en la microcuenca del río Grande antes de la construcción de la represa (2008), después de la construcción de la represa (2015) se mantienen las mismas coberturas vegetales predominantes en la microcuenca, siendo bosque mediana densidad (IPH UV =0,6627), 70% arboricultura tropical/30% pasto cultivado (IPH UV =0,6508) y 70% pasto cultivado/30% arboricultura tropical (IPH UV =0,590). Al comparar el IPH (0,649) de la microcuenca del río Grande antes de la construcción de la represa (2008) con el IPH (0,549) después de su construcción (2015), se puede observar que existe gran variación entre los índices de protección hidrológico, presentando una condición regular. Además, de acuerdo a la tabla de interpretación propuesta por Rojas no requiere la implementación de medidas de recuperación, ya que posee una aptitud de protección sin necesidad de implementación de medidas de regeneración vegetal.

5.2. RECOMENDACIONES

- Cumplir con la implementación de las medidas expuestas en los planes de manejo, para mitigar y compensar los impactos ambientales generados por proyectos, obras o actividades desarrolladas en el país.
- Realizar la actualización de la información disponible en la plataforma del Sistema Nacional de Información sobre la descripción de los usos del suelo y cobertura vegetal.
- Incrementar el número de trabajos realizados sobre la cobertura vegetal y su relación con el índice de protección hidrológico de las cuencas hidrográficas del país, con el objetivo de fomentar la reforestación de estas unidades ecológicas importante para el desarrollo de las sociedades y la supervivencia de los seres vivos.

BIBLIOGRAFÍA

- Aceñolaza, P., Sione, W. y Serafini, C. 2006. Cobertura vegetal de las cuencas hidrográficas. México.
- Aguirre, M., Robredo, S. y Leiva, L. 2000. Optimización de Criterios y Técnicas para su aplicación a la Ordenación y Restauración Hidrológico Forestal de Cuencas Hidrográficas. Universidad de Madrid, 2, 15-18.
- AIDA (Asociación Interamericana para la Defensa de Derechos del Ambiente). 2009. Grandes represas en América ¿Peor el remedio que la enfermedad? México.
- Alcocer, J. y Bernal, F. 2010. Limnology in Mexico. *Hydrobiologia*(644), 15-68.
- Aldama, A., Ramírez, A., Aparicio, J., Mejía, R. y Ortega, G. 2006. Seguridad hidrológica de las presas en México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2, 98-125.
- Álvarez, J., Martínez, A., Búrquez, A. y Lindquist, C. 2008. Variation in vegetation and Soil Properties Related to Land Use History of Old-growth and Secondary Tropical Forests in. *Forest Ecology and Management*(256), 355-366.
- Angulo, A., Rueda, A., Rodríguez, J. y La Marca, E. 2006. Técnicas para el inventario y muestreo de anfibios en la Región Tropical Andina. Bogotá: Conservación Internacional.
- Bartolomé, L. 2008. GPDs y desplazamientos poblacionales: algunas claves para su comprensión como procesos sociales complejos. *Misiones ARG*, 10(1), 10-25.
- Beattie, J. 2002. Dam building, dissent, and development: The emergence of the Three Gorges Project. *New Zealand Journal of Asian Studies*, 1(4), 138-158.
- Bocco, G., Velásquez, A., Torres, A. y Chávez, A. 1996. Evaluación automatizada del paisaje, biodiversidad y ordenamiento territorial en la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán. Michoacán: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Bosisio, C. 2017. Diseño y aplicación en SIG de un indicador de obstrucción al escurrimiento superficial en planicies aluviales reguladas: el caso del Río Neuquén (Argentina). *Investigaciones Geográficas (Esp)*(67), 155-171.

- Bravard, J. 2001. Un enjeu hydropolitique et environnemental majeur pour la Chine: le transfert Sud-Nord. *Hérodote*, 59(102), 57-71.
- Brenes, C. 2007. Sistemas de información geográfica. . SERIO-PREPAC.
- Brooks, K. 1993. Hydrology and the management of watersheds. . Iowa: State University Press.
- Brooks, T., Mittermeier, R., Mittermeier, C., Da Fonseca, G., Rylands, A., Konstant, W., y Oldfeld, S. 2002. Habitat loss and extinction in the hotspots of biodiversity. *Revista Bio Ciencias*, 16(8), 909-923.
- Brown, S. y Lugo, A. 1994. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development. *Restoration Ecology*, 2(1), 97-111.
- Bureau of Reclamation de Estados Unidos. 2004. What is the biggest dam in the world. Bureau of Reclamation de Estados Unido, 18-25.
- Burger, J. y Gochfeld, M. 2004. Marine birds as sentinels of environmental pollution. *EcoHealth*, 1(3), 263-274.
- Carrie, J. 2001. Manual de Cuencas Hidrograficas. Canadá: World Vision.
- Castro, D. y Aja, J. 2005. Organización y control de obras. Cantabria: Universidad de Cantabria.
- Challman, D. 2000. The whole dam story: A review of the China Yangtze Three Gorges Dam. *Energeia*, 11, 1-4.
- Chardon, A. 2009. Reasentamiento y poblaciones urbanas vulnerables. Un análisis desde el hábitat, el desarrollo y la sostenibilidad en la ciudad de Manizales. *Ciudades para un futuro más sostenible*, 50.
- Chen, L. y Pradeep, T. 1998. Reservoir induced seismicity in China. *Pure and Applied Geophysics*, 5, 133-149.
- Chuvienco, E., Pons, X., Conesa, C., Santos, J., Gutierrez, J., Salado, M. y Prados, J. 2005. ¿Son las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) parte del núcleo de la Geografía? *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 40, 35-55.
- Conacher, A. 2002. A role for geomorphology in integrated catchment management. *Australian Geographical Studies*, 40(2), 179-195.

- Conesa, C. y Pérez, P. 2014. Alteraciones geomorfológicas recientes en los sistemas fluviales mediterráneos de la Península Ibérica. Síntomas y problemas de incisión en los cauces. *Revista de Geografía Norte Grande*, 12(59), 25-44.
- Conesa, F. 1997. *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto ambiental*. Mundi Prensa, 2, 2-8.
- Conesa, V. 2000. *Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental*. Madrid: Editorial Mundi-Prensa.
- Córdoba, M., Del Cocco, V. y Basualdo, J. 2010. Agua y salud. *Revista Química Viva*, 9(3), 105-119.
- Díaz, C. 2011. Alternativas para el control de la erosión mediante el uso de coberturas convencionales, no convencionales y revegetalización. *Ingeniería e Investigación*, 31(3), 12-18.
- Dudgeon, D. 2000. Large-scale hydrological changes in tropical Asia: prospects for riverine biodiversity. *BioScience*, 19(50), 793-806.
- Duque, J. 2006. El reasentamiento poblacional: Fenómeno social, político y de progreso. *Revista Estudios Socio-Jurídicos*, 8(1), 12-18.
- Durán, R. y García, G. 2011. Distribución espacial de la vegetación. *Biodiversidad*, 12, 1-5.
- Ehrensperger, A., Wymann Von, S., Dach, F. y Enz, K. 2007. Tecnologías de la Información Geográfica para el manejo de los recursos naturales. *Issue*, 3, 19-26.
- Escobar, J. 2002. *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar*. Santiago de Chile: CEPAL.
- Esteli, S. 2002. *MANEJO DE CUENCAS HIDROGRAFICAS Y PROTECCIÓN DE FUENTES DE AGUA*. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA.
- FAO. 1993. *Weed Managment for Developing Countries*. Boletín Fitosanitario.
- FAO. 2009. *¿Por qué invertir en la ordenación de las cuencas hidrográficas?* Roma: FAO.
- FAO. 2010. <http://www.fao.org>. Obtenido de <http://www.fao.org>: <http://www.fao.org/docrep/005/y4307s/y4307s05.htm>

- Faustino, J. 1995. *Gestión ambiental para el manejo de cuencas municipales*. Nicaragua: CATIE.
- Fearnside, P. 2001. Environmental Impacts of Brazil's Tucuruí's Dam: Unlearned Lessons for Hydroelectric Development in Amazonia. *Environmental Management*, 27(3), 377-396.
- Fernández, C. 2011. Herramienta metodológica para la gestión ambiental de las aguas subterráneas en cuencas. *Revista Electrónica Ciencias Holguín*, 12(19), 18-25.
- Ferreira, S. y Enzo, R. 2008. *Indicadores de protección hidrológica y diversidad de la vegetación en la Cuenca del Río Potrero*. Provincia de Salta: UNSA.
- Food & Agriculture Org. 1992. *Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas: estudio y planificación de cuencas hidrográficas*. Italia: Department of Earth Resources Colorado State University.
- Galeana, J., Corona, N. y Ordóñez, J. 2009. Análisis dimensional de la cobertura vegetal–uso de suelo en la Cuenca del Río Magdalena. *Revista Ciencia Forestal en México*, 34(105), 15-19.
- Gálvez, J. 2011. *Cartilla técnica: ¿Qué es cuena hidrológica?* Lima: Sociedad Geográfica de Lima.
- Gamboa, D. 2015. Valoración de impactos ecológicos por minería de oro en río Guabas, Valle del Cauca, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(2), 243-253.
- Gil, B., Siso, E. y Jaramillo, Y. 2015. Implicaciones Espaciales por la Construcción de la Autopista Regional del Sur en el Eje la Victoria – San Sebastián de los Reyes, Estado Aragua, Venezuela. *Terra Nueva Etapa*, 39(49), 121-138.
- González, L. 1995. *EVALUACION ESPACIAL DE LA CUENCA*. Colombia.
- González, A., Acosta, J. y Andrade, S. 2008. *EVALUACIÓN DE LAS INUNDACIONES DE LA CUENCA BAJA DEL GUAYAS DATOS Y MANEJO*. Guayaquil, Ecuador: CLIRSEN.
- González, R., Volke, V., González, J., Ocampo, M., Ortiz, C. y Manzo, F. 2007. EFECTO DE LA EROSIÓN DEL SUELO SOBRE EL RENDIMIENTO DE MAÍZ DE TEMPORAL. *Terra Latinoamericana*, 25(4), 399-408.

- González, S., Ramírez, Y., Meza, A. y Dias, L. 2012. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de Manizales. *Boletín científico centro de museos*, 16(2), 135-148.
- González, T. y García, J. 2006. Atributes for assessing the environmental quality of riparian zones. *Limnetica*, 12(25), 389-402.
- González, Y., Gómez, A. y Matos, A. 2018. Diagnóstico ambiental preliminar y oportunidades de prevención de la contaminación en la Empresa de Productos Cárnicos de Holguín. Cuba. *Tecnología Química*, 1(1), 15-19.
- Gordon, E. y Meentemeyer, K. 2006. Effects of Dam Operation and Land Use on Stream Channel Morphology and Riparian Vegetation. *Geomorphology*, 82, 412-429.
- Heggelund, G. 2003. The Three Gorges Dam: Taming the waters of the Yangtze creating social instability? *NIASnytt Asia Insights*, 2(3), 12-14.
- Hernández, N., Ulloa, M. y Rosario, Y. 2011. Impacto ambiental de la explotación del yacimiento de materiales de construcción. *Minería y Geología*, 27(1), 38-52.
- Holl, K. y Aide, T. 2011. When and where to actively restore ecosystems? *Forest Ecology and Management*, 261(10), 1558-1563.
- Houghton, R. 1991. Tropical deforestation and atmospheric carbon dioxide. *Climatic Change*, 19(6), 99-118.
- Huang, H. 2001. Biodiversity conservation for the Three Gorges Project. *Biodiversity Science*, 2(9), 472-481.
- Hubber, A., Iroumé, A. y Bathurst, J. 2008. Effect of *Pinus radiata* plantations on water balance in Chile. *Hydrological Process*, 12(22), 142-148.
- Hurtado, S., García, F. y Gutiérrez, P. 2005. Importancia ecológica de los macroinvertebrados bentónicos de la subcuenca del río San Juan. *Folia Entomológica*, 44(3), 271-286.
- Husson, A. 1980. *Teledetección de los incendios forestales en la región mediterránea*. París: OPIT.
- Instituto Nacional de Ecología. 2006. *Más allá del cambio climático*. Mixcoac: Van DYck.

- Jiménez, F. 2005. Materiales del Curso Manejo Integral de Cuencas. Honduras: CATIE. Honduras: CATIE.
- Jones, A., Swanson, F., Wemple, B. y Snyder, K. 2000. Effects of roads on hydrology, geomorphology and disturbance patches in stream networks. *Conservation Biology*, 14(6), 76-85.
- Junk, W. 1999. The flood pulse concept of large rivers: learning from the tropics. *Archiv für Hydrobiologie*(115), 261-280.
- Llano, L. y Blanco, C. 1976. Hidrológica Forestal. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes,, 1, 10-18.
- López, J. 2008. Impactos sobre la biodiversidad del embalse de las Tres Gargantas en China. *Revista Ecosistemas*, 17(1), 134-145.
- López, J. y Ponseti, M. 2008. PROYECTO DE LAS TRES GARGANTAS DE CHINA: SU HISTORIA Y SUS CONSECUENCIAS. *Estudios de Asia y África*, 53(2), 255-324.
- López, W. 2014. ANÁLISIS DEL MANEJO DE CUENCAS COMO HERRAMIENTA PARA EL APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE RECURSOS NATURALES. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 13(2), 28-32.
- López, W. 2014. PROBLEMAS DE APRENDIZAJE EN LA APLICACIÓN DEL ENFOQUE SISTÉMICO A LA GESTIÓN INTEGRADA DE CUENCAS. México: INIFAP.
- Lucas, K. 2016. RELACIÓN ENTRE LA PROTECCIÓN HIDROLÓGICA Y LA COBERTURA VEGETAL DE LA SUBCUENCA HIDROGRÁFICA DEL RIO CARRIZAL. Calceta, Manabí: ESPAM.
- Mander, U., Kuusemets, V. y Hayakawa, Y. 2005. Purification processes, ecological functions, planning and design of buffer zones in agricultural watersheds. *Ecological Engineering*, 24(29), 421-432.
- Mármol, L. 2008. Introducción al Manejo de Cuencas Hidrográficas y Corrección de torrentes. *Facultad de Ciencias Naturales*, 8, 1-5.
- Martin, R. 2008. Deforestación, cambio de uso de la tierra y REDD (Vol. 59). Roma: FAO. Roma: FAO.
- Martínez, A., Búrquez, A. y Calmus, T. 2012. Disyuntivas: impactos ambientales asociados a la construcción de presas. *Región y sociedad*, 24(3), 12-18.

- Martinez, D. 2014. Evaluacion del impacto ambiental en obras viales. *Negotium*, 1, 5-21.
- Mateo, J. 1997. La cultura de la sustentabilidad en el desarrollo rural cubano. *Temas*, 9(12), 20-25.
- Maza, C. 2009. Cobertura vegetal en cuencas hidrográficas. Ecuador: Universidad Particular de Loja.
- McAllister, J., Craig, F. y Davidson, N. 2001. Biodiversity impacts of large dams. IUCN.
- Mendoza, M., Quevedo, A., Bravo, A., Flores, H., De La Isla, M., Gavi, F. y Zamora, B. 2014. Estado ecológico de ríos y vegetación ribereña en el contexto de la nueva Ley General de Aguas de México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 30(4), 12-18.
- Michelena, R. 2011. Manejo de Cuencas Hidrográficas. Universidad Nacional de La Rioja.
- Mojica, L. 1997. Importancia T Necesidad de la Conservacion Y Manejo de Cuencas Hidrograficas. Costa Rica: CATIE.
- Morales, J. 2002. Uso y cobertura actual del suelo, índice de protección hidrológica y flora. Ibagué: Alcaldía Municipal de Ataco.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forest: implications for conservation. *Trends in Ecology & Evolution*, 3(10), 58-60.
- Nilsson, C., Reidy, C., Dynesius, E. y Revenga, C. 2005. Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. *Science*, 89(308), 405-408.
- Ordóñez, J., Jong, F., García, F., Aviña, J., Pérez, G., Guerrero, R. y Martínez, M. O. 2008. Carbon content in vegetation, litter, and soil under 10 different land-use and land-cover classes in the Central Highlands of Michoacan, Mexico. *Forest Ecology and Management*, 255(7), 2074-2084.
- Otegui, A. 2007. Developing and testing a methodology and tools for the inventorying of sacred natural sites of indigenous and tradicional peoples in Mexico. México: Fundación Rigoberta Menchu.
- Park, Y., Chang, J., Lek, S., Cao, W. y Brosse, S. 2003. Conservation strategies for endemic fish species threatened by the Three Gorges Dam. *Conservation Biology*, 12(17), 1748-1758.

- Peña, F., Pinchera, F., Escalona, U. y Rebolledo, M. 2011. Cambio de uso del suelo en los geosistemas de la cuenca costera del río Boroa (Chile). *Revista de la Facultad de Ciencias*, 43(2), 1-20.
- Poole, G. 2002. Fluvial landscape ecology: addressing uniqueness within the river discontinuum. *Freshwater Biology*, 2(47), 641-660.
- Quesasa, S. 1997. La antropología del desarrollo y los campesinos: Reubicación involuntaria en la presa Zimapán”, en Gaspar Real Cabello. San Diego: University of California.
- Richards, J. y Jia, X. 2006. *Remote Sensing Digital Image Analysis*. . Berlin: Springer
- Rojas, J. 2004. Valoración Económica del Servicio Ambiental Hídrico y su aplicación en el ajuste de tarifas: en el caso de Quilanga. Quilanga.
- Romero, E. y Ferreira, S. 2010. Índices de Protección Hidrológica de la Vegetación en la Cuenca del Río Potrero (Provincia de Salta). *Revista Ciencia*, 5(16), 50.
- Romero, H. 2014. Ecología Políticas y represas: Elementos para el análisis del proyecto HidroAysen en la Patagonia Chilena. *Revista de Geografía Norte Grande*, 1(57), 166-170.
- Rosenberg, D., McCully, P. y Pringle, C. 2000. Global-scale environmental effects of hydrological alterations. *BioScience*, 50(25), 746-751.
- Running, S., Loveland, T., Pierce, L. y Nemani, R. 1995. A remote sensing based vegetation classification logic for global land cover analysis. *Remote Sensing Environment*, 51, 39-48.
- Sacristán, F. 2006. La Teledetección satelital y los sistemas de protección ambiental. *Revista AquaTIC* (24), 13-41.
- Sasso, M. 2009. El Proyecto Multipropósito Baba: Disputas sobre desarrollo y sustentabilidad. Quito: Ediciones Abya-Yala.
- Schlamadinger, B. y Karjalainen, T. 2000. Afforestation, reforestation, and deforestation (ARD) activities. In: *Land Use, Land Use Change, and Forestry*. New York: Cambridge Press.
- SENAGUA. 2010. Proyecto Multipropósito Chone. Portoviejo: Calidad Ambiental.

- SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación). 2013. Evaluación del Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017.
- Sepulveda, S. y Rojas, P. 2011. Elementos del Desarrollo Sostenible. San José: IICA.
- Sheng, T. 1992. Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas. En Estudio y planificación de cuencas hidrográficas. Roma: FAO.
- Sosa, F. 2012. EL FUTURO DE LA DISPONIBILIDAD DEL AGUA EN MÉXICO Y LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN UTILIZADAS EN EL CONTEXTO INTERNACIONAL. Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades, SOCIOTAM, 12(2), 165-187.
- Soulé, M. y Orians, G. 2001. Conservation biology: research priorities for the next decade. . USA: Island Press.
- Tapia, J. 2012. MODELIZACIÓN HIDROLÓGICA DE UN ÁREA EXPERIMENTAL EN LA CUENCA DEL RÍO GUAYAS EN LA PRODUCCIÓN DE CAUDALES Y SEDIMENTOS. La Plata, Argentina: UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA.
- Urbina, J. y Martínez, J. 2006. Más allá del cambio climático: las dimensiones psicosociales del cambio ambiental global. México: Instituto Nacional de Ecología.
- Vargas, O. 2011. RESTAURACIÓN ECOLÓGICA: BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN. Acta Biológica Colombiana, 16(2), 56-59.
- Verstappen, H. 1964. Geomorfología y conservación de recursos naturales. Revista Geográfica, 4(5), 69-82.
- Villegas, C. 2004. ANÁLISIS DEL CONOCIMIENTO EN LA RELACIÓN AGUA-SUELO-VEGETACIÓN PARA EL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA. Revista EIA, 18(12), 17-22.
- Whitmore, T. y Sayer, J. 2003. Deforestation and species extinction in tropical forest. London: Chapman and Hall.

ANEXOS

Actividades		MATRIZ DE INTENSIDAD																											
		AGUA				AIRE				SUELO						BIOLÓGICO				SOCIAL									
		Calidad de aguas superficiales	Calidad de aguas subterráneas	Caudal hidrológico	Riesgo de inundaciones	Calidad del aire por inmisión de partículas sólidas	Calidad del aire por emisiones gaseosas	Calidad del aire por emisiones de ruido	Clima	Calidad del suelo por erosión	Calidad del suelo por compactación	Uso del suelo	Bosques	Suelos agrícolas	Suelos forestales	Cobertura vegetal	Paisaje	Flora terrestre	Fauna terrestre	Flora acuática	Fauna acuática	Calidad de vida de la población interrelacionada	Calidad de vida de la población globalizada	Educación, investigación y extensión	Tenencia de la Tierra	Empleo	Higiene y seguridad laboral	Salud humana	Riesgo de incendios
Adquisición de tierras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	4	0	10	0	0	0	0	0
Reasentamiento de la población desplazada	3	0	0	0	9	9	8	1	5	4	7	0	7	0	7	7	3	3	3	3	7	0	10	5	3	7	4	4	4
Implantación y Utilización de Campamentos	4	0	0	10	9	8	8	0	5	5	7	0	7	0	5	5	3	3	3	3	5	8	0	2	8	10	10	6	4
Construcción y re-conformación de vías de acceso	6	4	8	0	9	9	8	0	5	5	5	0	5	0	3	2	5	5	2	2	7	5	6	5	5	6	6	0	1
Montaje y operación de planta de hormigón premezclado	7	6	0	0	10	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6	6	2	6	
Explotación y transporte de materiales de préstamo	0	0	0	0	9	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	6	1	1	
Manejo de residuos de campamento, talleres y maquinarias	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6	6	0	0	
Manejo de material estéril en escombreras	6	0	0	4	5	5	5	0	5	5	3	0	3	0	1	2	2	2	2	2	0	0	0	2	6	6	0	2	
Explotación de materiales pétreos	0	0	0	0	9	9	9	0	8	6	5	0	5	0	4	2	2	2	0	0	0	0	0	5	6	6	0	3	
Construcción de vías de acceso al embalse	6	4	8	0	9	9	8	0	5	5	5	0	5	0	3	2	5	5	2	2	7	5	6	5	5	6	6	0	1
Desbroce, limpieza y disposición de vegetación	7	0	0	0	0	7	7	0	5	0	8	0	8	0	8	10	10	10	0	0	2	0	0	0	10	6	6	5	5
Desvío del río	5	0	5	5	5	5	5	3	5	0	5	0	5	0	5	5	5	5	5	5	0	0	0	5	5	6	6	0	3
Construcción de cuerpo de la presa	6	6	6	5	9	9	9	0	8	8	8	0	5	0	5	10	8	8	0	0	0	0	0	10	8	6	6	3	5
Desarrollo agroforestal de zonas de amortiguamiento -cinturones arbóreos-	10	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	5	0	0	10	0
Inundación de áreas previstas por el proyecto	10	10	10	10	0	10	0	10	10	0	10	0	10	0	10	10	10	10	10	10	0	10	0	10	0	0	0	0	10

Anexo 1. Cuadro de Intensidad para el análisis de Buroz.

		MATRIZ DE MAGNITUD																														
		AGUA				AIRE				SUELO								BIOLÓGICO				SOCIAL										
Actividades	Factores	Calidad de aguas superficiales	Calidad de aguas subterráneas	Caudal hidrológico	Riesgo de inundaciones	Calidad del aire por inmisión de partículas sólidas	Calidad del aire por emisiones gaseosas	Calidad del aire por emisiones de ruido	Clima	Calidad del suelo por erosión	Calidad del suelo por compactación	Uso del suelo	Bosques	Suelos agrícolas	Suelos forestales	Cobertura vegetal	Paisaje	Flora terrestre	Fauna terrestre	Flora acuática	Fauna acuática	Calidad de vida de la población interrelacionada	Calidad de vida de la población globalizada	Educación, investigación y extensión	Tenencia de la Tierra	Empleo	Higiene y seguridad laboral	Salud humana	Riesgo de incendios	Accidentes (otros)	SUMATORIA	
		Adquisición de tierras		0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Reasentamiento de la población desplazada		-1,8	-0,6	0,6	0,6	-4,2	-4,2	-3,8	1	-2,6	-2,2	3,4	0,6	3,4	0,6	3,4	3,4	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	5	0,6	6,2	2,6	1,8	3,4	2,2	2,2	2,2	16,6	
Implantación y Utilización de Campamentos		2,2	0,6	0,6	4,6	-4,2	-3,8	-3,8	0,6	-2,6	-2,6	-3,4	0,6	-3,4	-0,6	-2,6	-2,6	-1,8	-1,8	1,8	1,8	2,6	3,8	0,6	1,4	5,4	4,6	4,6	3	2,2	7,8	
Construcción y re-conformación de vías de acceso		3	2,2	3,8	0,6	-4,2	-4,2	-3,8	0,6	-2,6	-2,6	-2,6	0,6	-2,6	-0,6	-1,8	-1,4	-2,6	-2,6	1,4	1,4	3,4	2,6	3	2,6	4,2	3	3	0,6	1	5,4	
Montaje y operación de planta de hormigón premezclado		3,4	3	0,6	0,6	-4,6	-3,8	-3,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	1,4	3	3	1,4	3	17,4	
Explotación y transporte de materiales de préstamo		0,6	0,6	0,6	0,6	-5,8	-5,8	-5,8	0,6	-2,2	-0,6	-2,2	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-2,2	-2,2	-2,2	0,6	0,6	2,2	2,2	2,2	2,2	2,6	4,6	4,6	2,6	2,6	-1,4	
Manejo de residuos de campamento, talleres y maquinarias		0,6	1,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	1,4	3	3	0,6	0,6	24,2		
Manejo de material estéril en escombreras		3	0,6	0,6	2,2	2,6	2,6	2,6	0,6	2,6	2,6	1,8	0,6	1,8	0,6	1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	0,6	0,6	0,6	0,6	1,4	3	3	0,6	1,4	44,6	
Explotación de materiales pétreos		-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-5,8	-5,8	-5,8	2,2	-5,4	-4,6	-4,2	-2,2	-4,2	-2,2	-3,8	-3	-3	-3	-2,2	-2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	4,2	4,6	4,6	2,2	3,4	-36,2	
Construcción de vías de acceso al embalse		3	2,2	3,8	0,6	-4,2	-4,2	-3,8	0,6	-2,6	-2,6	-2,6	0,6	-2,6	-0,6	-1,8	-1,4	-2,6	-2,6	1,4	1,4	3,4	2,6	3	2,6	2,6	3	3	0,6	1	3,8	
Desbroce, limpieza y disposición de vegetación		3,4	0,6	0,6	0,6	-0,6	-3,4	-3,4	-0,6	-2,6	-0,6	-3,8	-0,6	-3,8	-0,6	-3,8	-4,6	-4,6	-4,6	-0,6	-0,6	1,4	0,6	0,6	0,6	4,6	3	3	2,6	2,6	-14,6	
Desvío del río		-4,2	-2,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-3,4	-4,2	-2,2	-4,2	-0,6	-2,6	-0,6	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	2,2	2,2	2,2	4,2	4,2	4,6	4,6	2,2	3,4	-40,6		
Construcción de cuerpo de la presa		3	3	3	2,6	-4,2	-4,2	-4,2	0,6	-3,8	-3,8	-3,8	0,6	-2,6	-0,6	-2,6	-4,6	3,8	3,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	4,6	5,4	3	3	1,8	2,6	9,4	
Desarrollo agroforestal de zonas de amortiguamiento -cinturones arbóreos-		6,4	4,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	2,4	2,4	2,4	4,4	2,4	2,4	6,4	2,4	158	
Inundación de áreas previstas por el proyecto		-8	-8	-8	-8	-4	-8	-4	-8	-8	-4	-8	-4	-8	-4	-8	-8	-8	-8	-8	-8	4	8	4	8	4	4	4	4	8	-9,2	

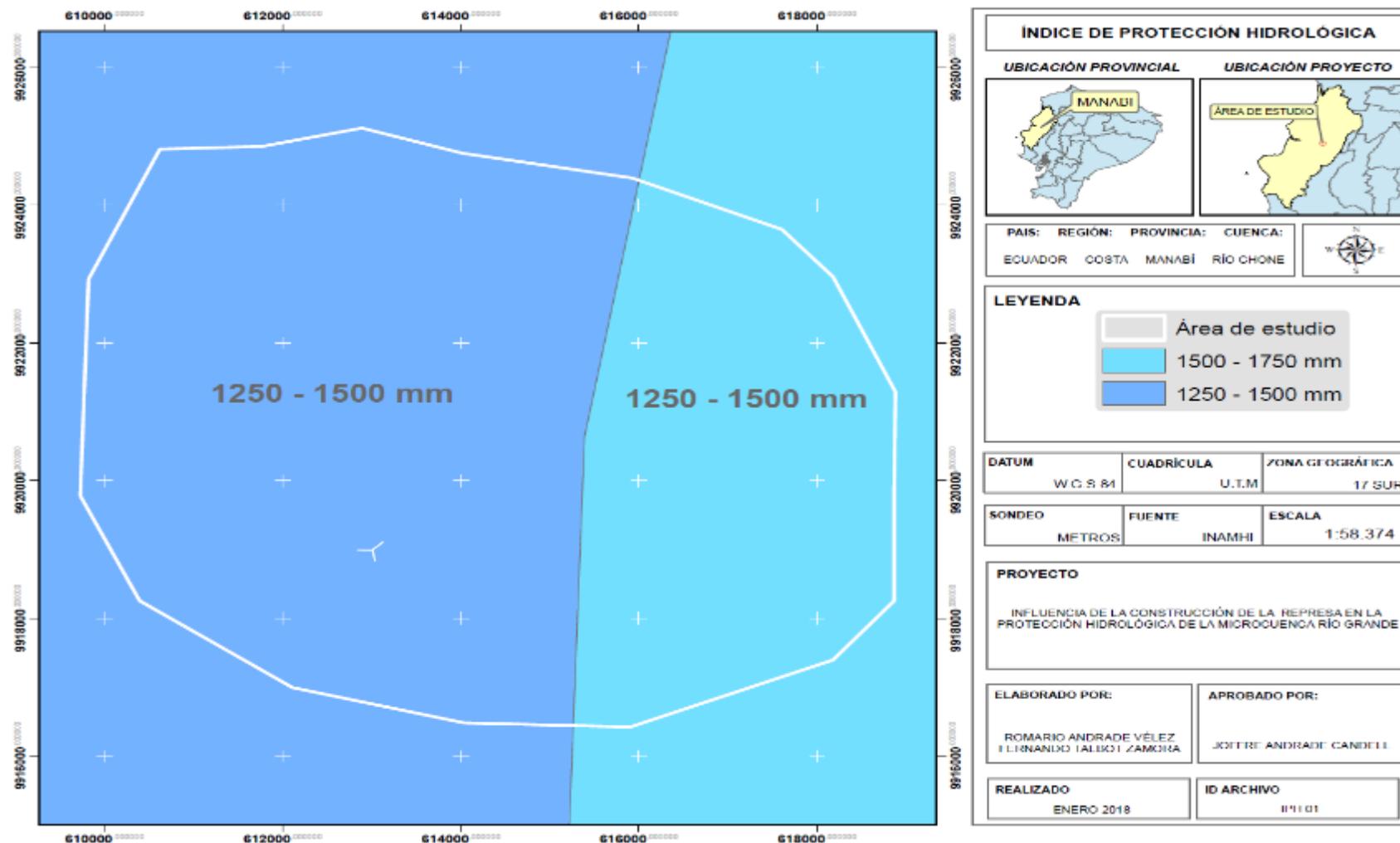
Anexo 5. Cuadro de Magnitud para el análisis de Buroz.

		MATRIZ DE RIESGO																											
Actividades	Factores	AGUA				AIRE				SUELO							BIOLÓGICO				SOCIAL								
		Calidad de aguas superficiales	Calidad de aguas subterráneas	Caudal hidrológico	Riesgo de inundaciones	Calidad del aire por inmisión de partículas sólidas	Calidad del aire por emisiones gaseosas	Calidad del aire por emisiones de ruido	Clima	Calidad del suelo por erosión	Calidad del suelo por compactación	Uso del suelo	Bosques	Suelos agrícolas	Suelos forestales	Cobertura vegetal	Paisaje	Flora terrestre	Fauna terrestre	Flora acuática	Fauna acuática	Calidad de vida de la población interrelacionada	Calidad de vida de la población globalizada	Educación, investigación y extensión	Tenencia de la Tierra	Empleo	Higiene y seguridad laboral	Salud humana	Riesgo de incendios
Adquisición de tierras		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	10	10	0	0	0	0	0
Reasentamiento de la población desplazada		5	5	0	0	10	10	10	0	0	0	10	0	0	0	10	10	10	0	0	10	0	10	10	10	10	10	10	10
Implantación y Utilización de Campamentos		0	0	0	0	10	10	10	0	10	10	10	0	10	10	10	10	0	0	0	0	10	0	10	10	10	10	10	10
Construcción y re-conformación de vías de acceso		0	0	0	0	10	10	10	0	10	10	10	0	10	10	10	10	1	1	0	0	5	0	5	10	10	10	10	10
Montaje y operación de planta de hormigón premezclado		1	1	0	0	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10	10	10	10
Explotación y transporte de materiales de préstamo		1	1	0	0	10	10	10	0	10	10	10	0	1	1	10	10	5	5	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10
Manejo de residuos de campamento, talleres y maquinarias		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	10	10	10	10	10	10	10
Manejo de material estéril en escombreras		0	0	0	0	1	1	1	0	5	5	5	0	5	5	5	5	1	1	1	1	1	0	1	1	10	10	10	10
Explotación de materiales pétreos		1	1	0	0	10	10	10	0	10	10	10	5	5	5	5	10	1	1	0	0	10	5	10	10	10	10	10	10
Construcción de vías de acceso al embalse		0	0	0	0	10	10	10	0	5	5	10	0	5	5	5	10	1	1	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10
Desbroce, limpieza y disposición de vegetación		10	10	0	0	10	10	10	10	10	10	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	10	10	10	10	10	10	10
Desvío del río		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	10	10	10	10	10	10	10
Construcción de cuerpo de la presa		0	0	0	5	10	10	10	0	10	10	10	0	10	10	10	10	1	1	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10
Desarrollo agroforestal de zonas de amortiguamiento -cinturones arbóreos-		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Inundación de áreas previstas por el proyecto		10	10	10	10	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

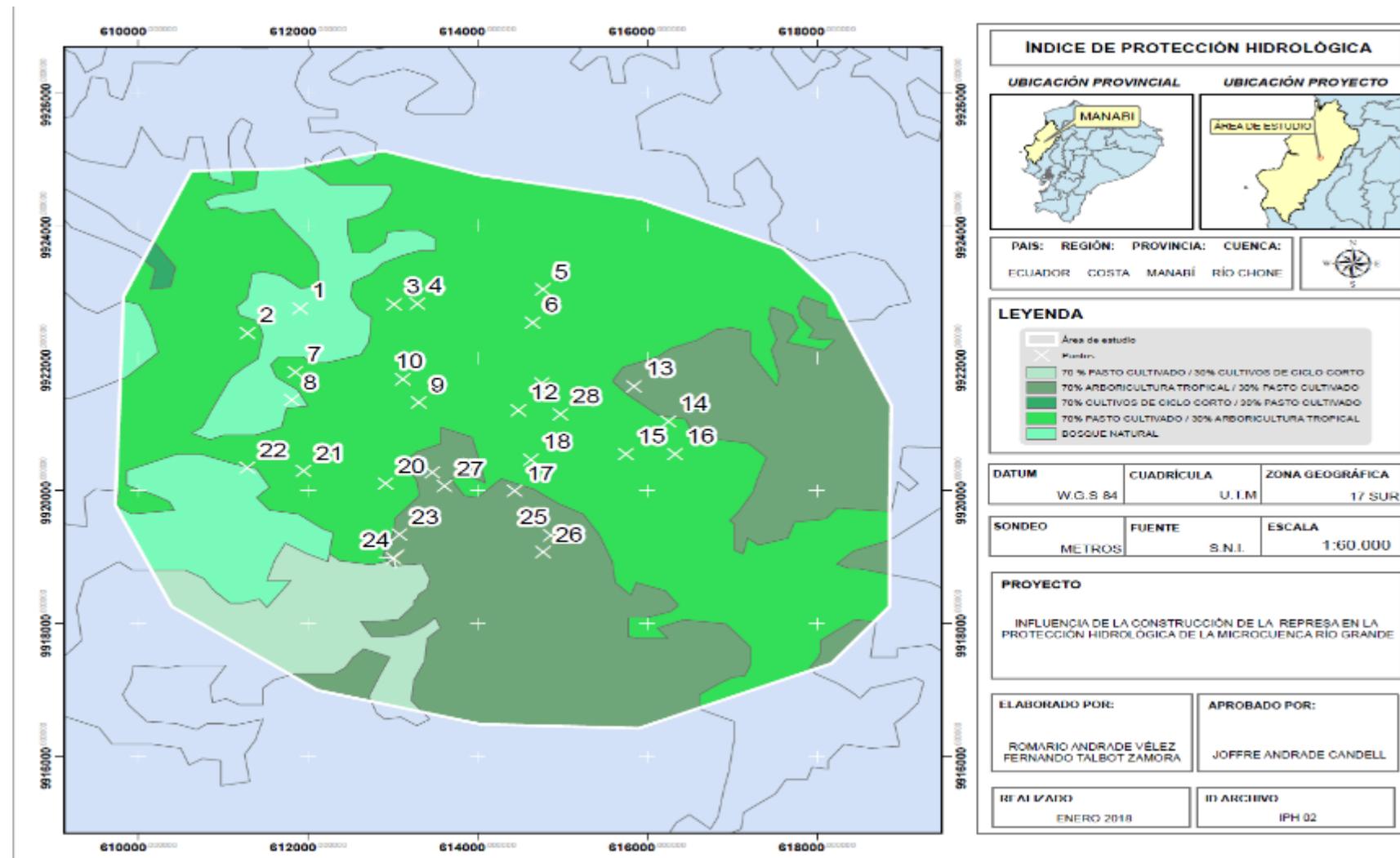
Anexo 7. Cuadro de Riesgo para el análisis de Buroz.

		MATRIZ DE VIA																																	
Actividades	Factores	AGUA				AIRE				SUELO								BIOLÓGICO				SOCIAL								SUMATORIA DE ACTIVIDADES	SUMATORIA TOTAL DE ACTIVIDADES	NÚMERO DE ACTIVIDADES	PROMEDIO		
		Calidad de aguas superficiales	Calidad de aguas subterráneas	Caudal hidrológico	Riesgo de inundaciones	Calidad del aire por inmisión de partículas sólidas	Calidad del aire por emisiones gaseosas	Calidad del aire por emisiones de ruido	Clima	Calidad del suelo por erosión	Calidad del suelo por compactación	Uso del suelo	Bosques	Suelos agrícolas	Suelos forestales	Cobertura vegetal	Paisaje	Flora terrestre	Fauna terrestre	Flora acuática	Fauna acuática	Calidad de vida de la población interrelacionada	Calidad de vida de la población globalizada	Educación, investigación y extensión	Tenencia de la Tierra	Empleo	Higiene y seguridad laboral	Salud humana	Riesgo de incendios					Accidentes (otros)	
Adquisición de tierras		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,5	0	3,2	7,3	0	0	0	0	0	17,0705136	2934,23498	16	183,389686		
Reasentamiento de la población desplazada		4,1	2,6	0	0	7,1	7,1	6,8	0	0	0	6,5	0	0	0	0	6,5	5	5	0	0	7,6	0	8,3	5,8	5	6,5	5,5	5,5	5,5	100,291928				
Implantación y Utilización de Campamentos		0	0	0	0	3,5	3,4	3,4	0	2,9	2,9	3,3	0	3,3	1,6	2,9	2,9	0	0	0	0	2,9	0	1,6	2,3	3,9	3,7	3,7	3,1	2,7	54,1118351				
Construcción y re-conformación de vías de acceso		0	0	0	0	3,5	3,5	3,4	0	2,9	2,9	2,9	0	2,9	1,6	2,5	2,3	1,5	1,5	0	0	2,6	0	2,5	2,9	3,5	3,1	3,1	1,6	2	52,9890345				
Montaje y operación de planta de hormigón premezclado		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Explotación y transporte de materiales de préstamo		1,6	1,6	0	0	8	8	8	0	5,5	3,2	5,5	0	1,6	1,6	3,2	5,5	4,4	4,4	0	0	5,5	5,5	5,5	5,5	5,8	7,3	7,3	5,8	5,8	116,351633				
Manejo de residuos de campamento, talleres y maquinarias		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Manejo de material estéril en escombreras		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Explotación de materiales pétreos		2,7	2,7	0	0	8	8	8	0	7,8	7,3	7,1	4,4	5,7	4,4	5,5	6,2	3,1	3,1	0	0	5,5	4,4	5,5	5,5	7,1	7,3	7,3	5,5	6,5	138,787387				
Construcción de vías de acceso al embalse		0	0	0	0	7,1	7,1	6,8	0	4,7	4,7	5,8	0	4,7	2,6	4,1	4,6	2,9	2,9	0	0	6,5	5,8	6,2	5,8	5,8	6,2	6,2	3,2	4	107,865965				
Desbroce, limpieza y disposición de vegetación		6,5	3,2	0	0	3,2	6,5	6,5	3,2	5,8	3,2	6,8	0	6,8	3,2	6,8	7,3	7,3	7,3	3,2	3,2	4,6	0	3,2	3,2	7,3	6,2	6,2	5,8	5,8	132,799179				
Desvío del río		7,1	5,5	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	6,5	7,1	5,5	7,1	0	5,8	3,2	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	5,5	4,4	5,5	7,1	7,1	7,3	7,3	5,5	6,5	181,537385				
Construcción de cuerpo de la presa		0	0	0	4,7	7,1	7,1	7,1	0	6,8	6,8	6,8	0	5,8	3,2	5,8	7,3	3,4	3,4	0	0	3,2	3,2	3,2	7,3	7,8	6,2	6,2	5	5,8	123,474005				
Desarrollo agroforestal de zonas de amortiguamiento -cinturones arbóreos-		8,4	7,2	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	5,7	5,7	5,7	7,2	5,7	5,7	8,4	5,7	223,97187				
Inundación de áreas previstas por el proyecto		9,1	9,1	9,1	9,1	0	0	0	9,1	9,1	6,9	9,1	6,9	9,1	6,9	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	6,9	9,1	6,9	9,1	6,9	6,9	6,9	9,1	217,866754					
SUMATORIA DE FACTORES		40	32	25	29	63	66	65	27	61	52	69	20	54	37	56	67	52	52	28	28	66	38	57	68	68	66	65	59	1467,11749					
SUMATORIA TOTAL DE FACTORES		1467,117																																	
NÚMERO DE FACTORES		29																																	
PROMEDIO		50,59026																																	
Peso del criterio Reversibilidad		0,3																																	
Peso del criterio Riesgo		0,3																																	
Peso del criterio Magnitud		0,4																																	

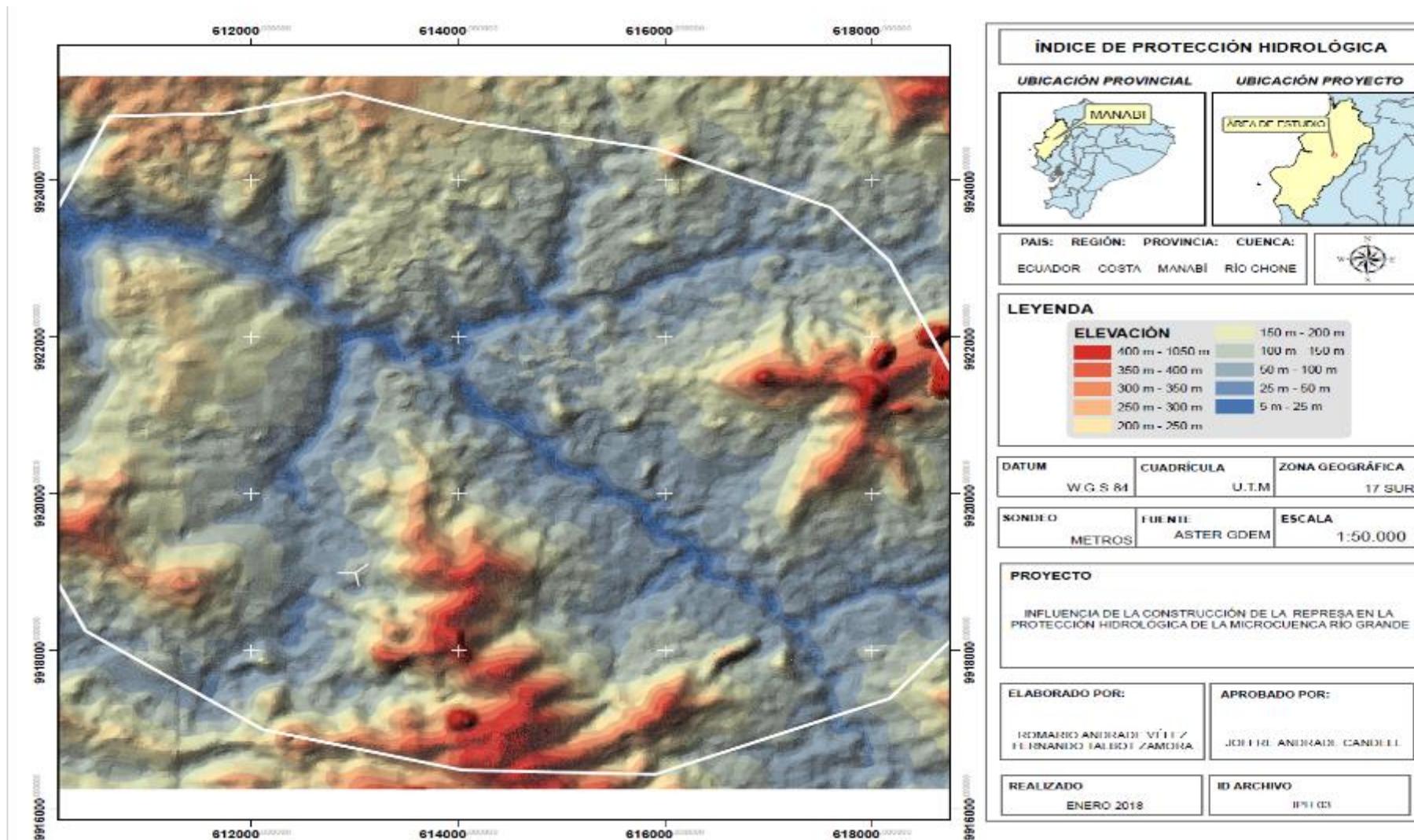
Anexo 8. Cuadro de VIA para el análisis de Buroz.



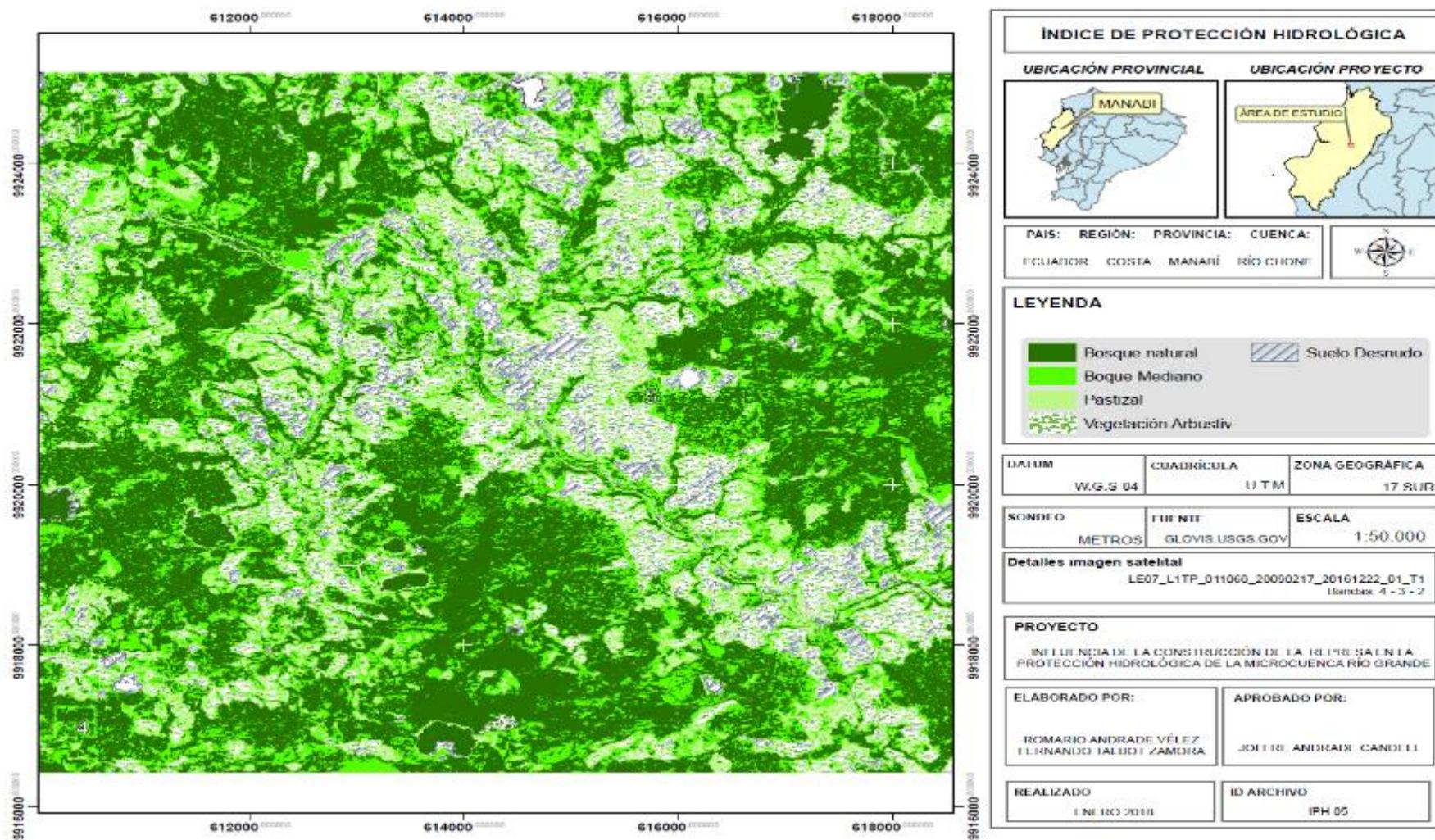
Anexo 9. Mapa de isoyetas de la microcuenca del río Grande



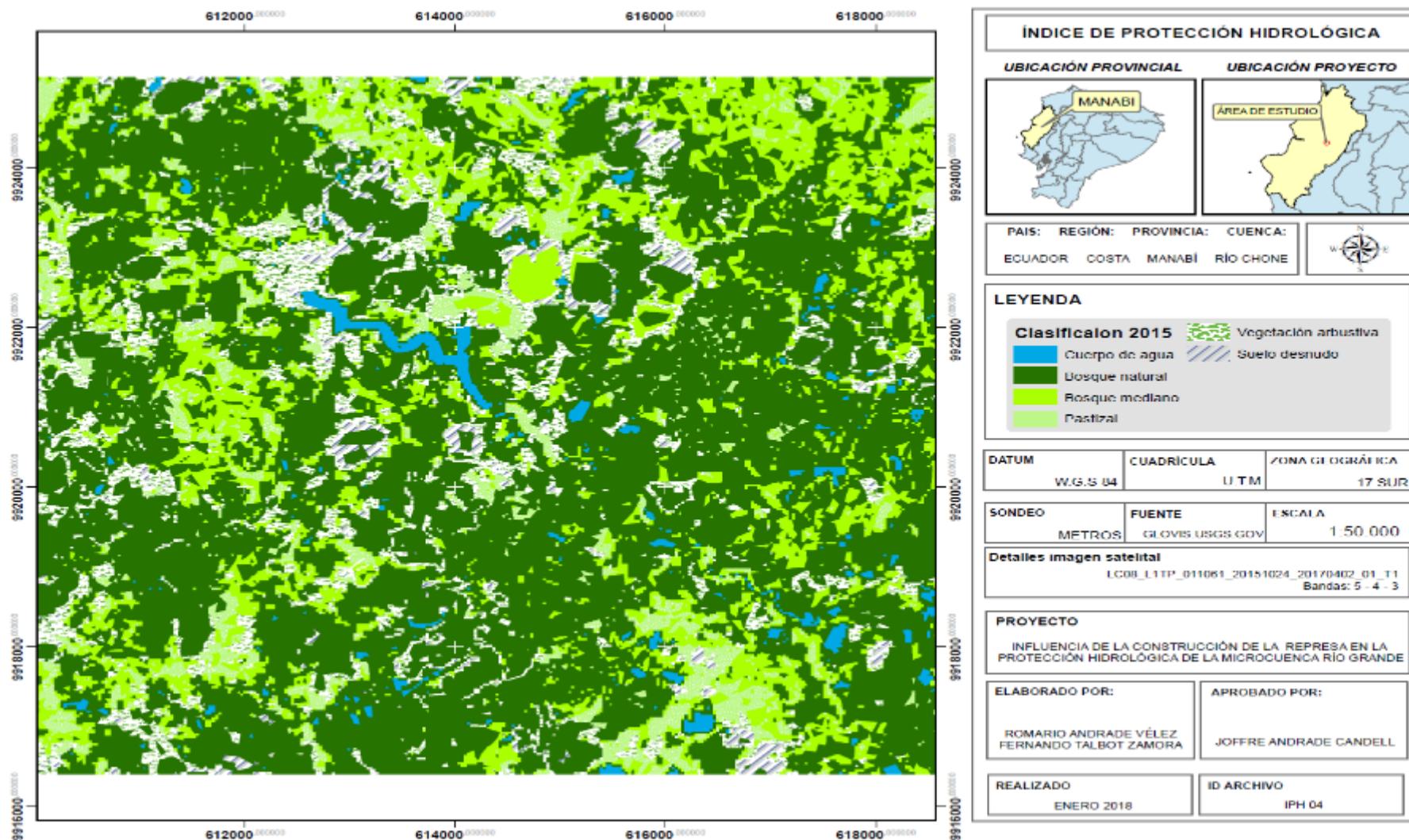
Anexo 10. Mapa de tipos de cobertura vegetal y ubicación de los puntos de muestreo



Anexo 11. Modelo de elevación digital de la microcuenca del río Grande



Anexo 12. Mapa de clasificación de cobertura vegetal antes de la construcción de la represa (2008)



Anexo 13. Mapa de clasificación de cobertura vegetal después de la construcción de la represa (2015)