



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**ESTUDIO DE COBERTURA VEGETAL MEDIANTE SIG
PARA FORMULACIÓN DE MEDIDAS DE RECUPERACIÓN
DE ESPACIOS DEGRADADOS EN LA CUENCA ALTA DEL
RÍO JUBONES
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**

Trabajo de titulación presentado como requisito para la
obtención del título de
INGENIERO AMBIENTAL

**AUTORES
CAYAMBE YÁNEZ MARÍA PAULINA
SIMANCAS QUIZHPE PABLO IVAN**

**TUTOR
Oce. ZAMBRANO ZAVALA LEILA M.Sc.**

GUAYAQUIL – ECUADOR

2020



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **ZAMBRANO ZAVALA LEILA**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **ESTUDIO DE COBERTURA VEGETAL MEDIANTE SIG PARA FORMULACIÓN DE MEDIDAS DE RECUPERACIÓN DE ESPACIOS DEGRADADOS EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO JUBONES**, realizado por los estudiantes **CAYAMBE YÁNEZ MARÍA PAULINA**; con cedula de identidad N°0202327854 y **SIMANCAS QUIZHPE PABLO IVAN**; con cédula de identidad N°1105234064 de la carrera **INGENIERÍA AMBIENTAL**, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Oce. Leila Zambrano Zavala

Guayaquil, 16 de noviembre del 2020



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “ESTUDIO DE COBERTURA VEGETAL MEDIANTE SIG PARA FORMULACIÓN DE MEDIDAS DE RECUPERACIÓN DE ESPACIOS DEGRADADOS EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO JUBONES”, realizado por los estudiantes CAYAMBE YÁNEZ MARÍA PAULINA Y SIMANCAS QUIZHPE PABLO IVAN, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

PhD. César Morán Castro
PRESIDENTE

Ing. Jussen Facuy Delgado
EXAMINADOR PRINCIPAL

Oce. Leila Zambrano Zavala
EXAMINADOR PRINCIPAL

Milagro, 16 de noviembre del 2020

Agradecimiento

A nuestra tutora de tesis Oce. Zambrano Zavala Leila quien con sus conocimientos y experiencia nos guio durante el proceso de este proyecto de investigación así mismo aportando con sus correcciones para la culminación de este proyecto.

A la Universidad Agraria del Ecuador por la formación académica brindada y permitirnos concluir con esta etapa de nuestras vidas.

Autorización de Autoría Intelectual

Nosotros, Cayambe Yánez María Paulina y Simancas Quizhpe Pablo Ivan, en calidad de autores del proyecto realizado, sobre “ESTUDIO DE COBERTURA VEGETAL MEDIANTE SIG PARA FORMULACIÓN DE MEDIDAS DE RECUPERACIÓN DE ESPACIOS DEGRADADOS EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO JUBONES” para optar el título de Ingeniero Ambiental, por la presente autorizamos a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autores nos correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, noviembre 16 de 2020

CAYAMBE YÁNEZ MARÍA PAULINA
C.I. 0202327854

SIMANCAS QUIZHPE PABLO IVAN
C.I. 1105234064

Índice general

PORTADA.....	1
APROBACIÓN DEL TUTOR	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	3
Agradecimiento	4
Autorización de Autoría Intelectual	5
Índice general	6
Índice de tablas	11
Índice de figuras.....	12
Resumen	13
Abstract.....	14
1. Introducción.....	15
1.1 Antecedentes del problema.....	15
1.2 Planteamiento y formulación del problema	17
1.5.1 Planteamiento del problema.....	17
1.5.1 Formulación del problema.....	18
1.3 Justificación de la investigación	18
1.4 Delimitación de la investigación	19
1.5 Objetivo general	19
1.6 Objetivos específicos.....	19
1.7 Hipótesis	20
2. Marco teórico.....	21
2.1 Estado del arte.....	21
2.2 Bases Teóricas	26
2.5.1 Ciclo Hidrológico.....	26

2.2.1.1 Evaporación.....	27
2.2.1.2 Condensación.	28
2.2.1.3 Precipitación.....	28
2.2.1.4 Escorrentía superficial.....	28
2.2.1.5 Sedimentación.....	29
2.5.1 Cuenca hidrográfica e hidrológica.....	29
2.2.2.1 Partes de una cuenca.	30
2.2.2.2 División de una cuenca hidrográfica.....	30
2.2.2.3 Tipos de cuenca.	31
2.2.2.4 Características de una cuenca.....	31
2.2.2.5 Fenómenos hidrológicos.....	32
2.2.2.6 Estrategias para el manejo de cuencas.	33
2.5.1 Sistema de Información Geográfica.	35
2.5.1 La teledetección.	35
2.5.1 Proceso para la edición de un mapa de cobertura vegetal.	36
2.2.5.1 Pre procesamiento de imágenes satelitales.	36
2.2.5.2 Clasificación supervisada.	36
2.2.5.3 Atribución temática y edición visual.	37
2.2.5.4 Relleno de GAPS.	37
2.2.5.5 Verificación en campo y validación.....	37
2.5.1 Tipos de índice de vegetación.	38
2.2.6.1 Índice basado en la distancia.....	38
2.2.6.2 Índice de Vegetación Padre (PVI).....	39
2.2.6.3 Índice de suelo Ajustado (SAVI).	39
2.2.6.4 Índice basado en la pendiente.	40

2.2.6.5 <i>Índice de Vegetación Diferencial Normalizado</i>	40
2.3 Marco legal.....	41
2.5.1 Constitución Política de la República del Ecuador.	41
2.5.1 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización.....	42
2.5.1 Código Orgánico del Ambiente.....	42
2.5.1 Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre..	45
3. Materiales y métodos.....	48
3.1 Enfoque de la investigación.....	48
3.1.1 Tipo de investigación.	48
3.1.2 Diseño de investigación.....	48
3.2 Metodología.....	49
3.2.1 Variables.....	49
3.1.1.1 <i>Variable independiente</i>	49
3.1.1.2 <i>Variable dependiente</i>	49
3.2.2 Recolección de datos.....	49
3.2.2.1 <i>Recursos</i>	49
3.2.2.2 <i>Métodos y técnicas</i>	50
3.2.2.2.1 <i>Levamiento de línea base sobre recuperación de espacios degradados aplicable a la zona de estudio</i>	50
3.1.1.2.2 <i>Caracterización de la cobertura vegetal del área de estudio mediante el uso del software SIG QGIS</i>	51
3.1.1.2.3 <i>Identificación de zonas estratégicas para dirigir los mecanismos de recuperación de espacios</i>	53
3.1.1.2.4 <i>Análisis de la gestión actual de la cuenca hidrográfica</i>	54

3.1.1.2.5 <i>Formulación de mecanismos para la recuperación de espacios degradados</i>	55
3.1.1.2.6 <i>Diagrama de flujo del proyecto</i>	55
3.5.1 Análisis estadístico.....	56
3.1.2.1 <i>Medidas de tendencia central</i>	56
3.1.2.2 <i>Diagramas</i>	57
4. Resultados	58
4.1 Levantamiento de línea base mediante investigación documental sobre recuperación de espacios degradados aplicable a la zona de estudio, información geográfica, descarga de imagen satelital, que representen la realidad del área de interés.	58
4.1.1 Selección de información.....	58
4.1.1.1 <i>Bosques Protectores en la cuenca del Jubones</i>	58
4.1.1.2 <i>Topografía</i>	59
4.1.1.3 <i>Saturación</i>	59
4.1.1.4 <i>Temperatura</i>	59
4.1.1.5 <i>Clima</i>	60
4.1.1.6 <i>Composición del suelo</i>	60
4.1.1.7 <i>Especies potenciales para reforestación</i>	61
4.2 Caracterización de la cobertura vegetal del área de estudio mediante un software SIG libre, con el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).	62
4.2.1 Selección de imagen satelital.....	62
4.2.2 Definición de área de estudio.....	62
4.2.3 Cálculo del Índice de Diferencia de Vegetación Normalizado (NDVI) ...	65

4.3 Identificación de zonas estratégicas mediante mapas generados a partir de la caracterización de la cobertura vegetal, para dirigir los mecanismos de recuperación de espacios.	66
4.4 Analisis de la gestión actual de la cuenca hidrográfica mediante regulación de gestión ambiental y matriz de conformidad.	68
4.5 Plan de manejo donde se formula mecanismos para la recuperación de espacios degradados mediante los resultados del estudio.	70
4.5.1 Antecedentes	70
4.5.2 Objetivos	71
4.5.3 Alcance	72
4.5.4 Localización y caracterización	72
4.5.5 Estrategias	73
4.5.6 Estructura general	73
4.5.7 Mecanismos operativos	74
4.5.8 Impactos Ambientales	74
4.5.9 Programas	75
5. Discusión	79
6. Conclusiones	83
7. Recomendaciones	85
8. Bibliografía	86
9. Anexos	95
9.1 Anexo 1. Figuras complementarias	95
9.2 Anexo 2. Tablas complementarias	102

Índice de tablas

Tabla 1. Distribución de bandas de satélite Landsat 7	51
Tabla 2. Coordenadas cuenca hidrográfica río Jubones	51
Tabla 3. Valores del NDVI.....	53
Tabla 4. Criterios de matriz de conformidad	54
Tabla 5. Aspectos importantes.....	61
Tabla 6. Estadística descriptiva del NDVI	66
Tabla 7. Estadística en hectáreas de la cuenca alta	68
Tabla 8. Matriz de conformidad.....	68
Tabla 9. Resultados de la matriz de conformidad	70
Tabla 10. Programa 1 Plan de manejo.....	75
Tabla 11. Programa 2 Plan de manejo.....	76
Tabla 12. Programa 3 Plan de manejo.....	77
Tabla 13. Programa 4 Plan de manejo.....	77
Tabla 14. Programa 5 Plan de manejo.....	78
Tabla 15. Análisis de la gestión actual	102
Tabla 16. Formato plan de manejo de la cuenca Jubones.....	103
Tabla 17. Formato descripción de programas.....	103

Índice de figuras

Figura 1. Polígono del área de la cuenca.....	63
Figura 2. Curvas de nivel de la cuenca del río Jubones.....	63
Figura 3. Curvas de nivel de la cuenca alta	64
Figura 4. Polígono del área de estudio	65
Figura 5. NDVI cuenca alta del río Jubones.....	66
Figura 6. Zonas Estratégicas para recuperación.....	67
Figura 7. Cuenca hidrográfica del río Jubones.....	95
Figura 8. Diagrama de flujo del presente proyecto.....	96
Figura 9. Bosques Protectores en la cuenca hidrográfica.....	97
Figura 10. Uso de suelo cuenca hidrográfica jubones	98
Figura 11. Lista de especies para reforestación.....	98
Figura 12. Plataforma web USGS	99
Figura 13. Red Hidrográfica Unidad Hidrogeológica de Machala.....	99
Figura 14. Cobertura vegetal cuenca alta del río Jubones	100
Figura 15. Verificación en campo.....	101
Figura 16. Verificación en campo Girón	101

Resumen

La tesis que se presenta consistió en un estudio documental y aplicativo realizado en la cuenca alta del río Jubones; se encargó principalmente de gestionar en SIGs varios insumos como imágenes satelitales que se obtuvieron de diversas fuentes públicas o privadas para realizar mapas temáticos que sirvieron de base para generar planes estratégicos de cuidado del ecosistema presente en la zona de interés. Se realizó un análisis de tipo NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) que determinó el estado de salud de la vegetación de la zona ya focalizada, los resultados del uso de estos insumos y los SIGs fue un mapa donde se pueden apreciar el NDVI y sus rangos. Posteriormente, con este resultado se realizó la clasificación del estado de salud (saludable) y el estado de posible intervención (vegetación poco densa, nula o enferma); este mapa a su vez ayuda a ubicar las áreas que deben ser intervenidas con medidas de remediación orientadas al ámbito ambiental. Los planes propuestos fueron concebidos en base a los resultados obtenidos hasta el momento (la investigación documental y los dos mapas de la cuenca) sin embargo, para darle mayor realce al estudio se realizó un análisis de la gestión actual que se tiene la red hidrográfica por medio de una matriz de conformidad, con resultados poco alentadores para el ecosistema que está situado en la zona de estudio. Finalmente, con los resultados antes mencionados de la matriz se procedió a realizar planes que conlleven a un aseguramiento de la sostenibilidad y sustentabilidad de la cuenca alta del río Jubones.

Palabras clave: Cuenca Hidrográfica, Imágenes Satelitales, NDVI, Remediación, SIG.

Abstract

The present project consisted of a documentary and application study carried out in the upper basin of the Jubones River; it was mainly responsible for managing in SIGs several inputs such as satellite images that were obtained from various public or private sources to make thematic maps that served as the basis for generating strategic plans to care for the ecosystem present in the area of interest. An NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) analysis was conducted that determined the health status of the vegetation in the already targeted area, the results of the use of these inputs, and sigs was a map where NDVI and its ranges can be seen. Subsequently, with this result the classification of the health status (healthy) and the possible state of intervention (unsens dense, null or sick vegetation) were performed; this map in turn helps locate areas that need to be intervened with environmental-oriented remediation measures. The proposed plans were conceived based on the results obtained so far (documentary research and the two basin maps) however, to give greater enhancer to the study, an analysis of the current management of the hydrographic network was carried out through a conformity matrix, with results unansting for the ecosystem that is located in the study area. Finally, with the aforementioned results of the matrix, plans were made to ensure the sustainability and sustainability of the upper Jubones River basin.

Keywords: Watershed, Satellite Images, NDVI, Remediation, GIS.

1. Introducción

1.1 Antecedentes del problema

En el mundo actualmente hay 4,06 mil millones de hectáreas de cobertura forestal, lo que representa un 31% de superficie terrestre total. La pérdida neta total de cobertura forestal (suma de todas las pérdidas y todos los aumentos de cobertura forestal) entre 1990 y 2020 se estima ahora en 178 millones de hectáreas lo que muestra una reducción importante del 40%; esto es de 7,8 millones de hectáreas anuales entre 1990 y 2000 a 4,7 millones de hectáreas anuales entre 2010 y 2020 (Mollins, 2020).

En el período 2000 a 2010, se registró una pérdida neta de cobertura forestal de 7 millones de hectáreas anuales en los países tropicales y un aumento neto de los terrenos agrícolas de 6 millones de hectáreas al año. La mayor pérdida neta de cobertura forestal y el mayor incremento neto de terrenos agrícolas durante este período se produjeron en el grupo de países de ingresos bajos, donde las poblaciones rurales están aumentando (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura , 2016).

Los bosques comprenden un 46,4 por ciento de América Latina y el Caribe. En total hay allí 935,5 millones de hectáreas de bosques y selvas, un 22% del área boscosa total del planeta, Latinoamérica es una de las tres regiones del mundo donde más avanza la deforestación. Entre 1990 y 2015, la superficie forestal de la región perdió 96,9 millones de hectáreas. Las principales causas de la pérdida de cobertura forestal en la región son la actividad maderera y la agropecuaria (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura , 2016).

Los bosques tropicales de Latinoamérica fueron los que más perdieron áreas forestales, debido a la deforestación en la región del Chaco. En total Brasil, Argentina, Paraguay, Bolivia, Colombia, Perú, Venezuela, Chile y Ecuador perdieron 545.624 km². Si se agregan México, Guatemala, Nicaragua y Honduras, la cifra llega a 591.454 km². Además, Brasil presentó la mayor disminución anual de pérdida forestal entre los países evaluados, cayendo de 40.000 km² por año entre 2003 y 2004 a 20.000 km² entre 2010 y 2011 (Hansen, 2013).

En el Ecuador desde 1946 los bosques se encuentran sometidos a una fuerte presión humana debido a la creciente demanda de: productos, servicios agrícolas y ganaderos, esto a menudo produce la degradación y conversión de los bosques a formas insostenibles de uso de la tierra (Maza, 2009).

Se conoce que a nivel nacional el tema de deforestación es grave ya que se presenta una reducción de 100.000 ha por año y sólo se reforesta 6.500 ha (Encalada, 2008). La mayor parte del área deforestada, cerca del 70%, se perdió en la década de los 1990s, con una deforestación anual neta promedio de 1291.5 km². Esto resultó de una deforestación anual bruta de aproximadamente 1800 km² y una regeneración de aproximadamente 500 km² anuales (Sierra, 2013).

La deforestación en las provincias de Carchi e Imbabura, donde se encuentra la cuenca media alta del río Mira, alcanza valores de 92 y 1.240 ha. al año respectivamente. Estos bosques tienen alta pendiente, suelos con baja fertilidad, difícil accesibilidad, entre otras características. Sin embargo, han sido deteriorados por la deforestación causada por la agricultura, ganadería intensiva y minería (Endara, 2018).

Estas alteraciones generan una pérdida de suelo por erosión hídrica, contaminación de las fuentes de agua y altera la cantidad, la calidad y la temporalidad de servicios ecosistémicos (Endara, 2018).

En la actualidad se implementan mapas interactivos con mejores técnicas, lo cual ayuda a conocer de una manera más precisa los estados actuales en los que se encuentran los recursos forestales, y a partir de esto alertar a la comunidad en una acción temprana para la mitigación de alteraciones que perjudican la cobertura vegetal (Moore, 2019).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.5.1 Planteamiento del problema.

En la cuenca del río Jubones se presentan problemas de riesgos ambientales, como la sequía en el desierto de Jubones y también serias inundaciones en los sectores de Pasaje y Machala, en temporada de lluvias. La disponibilidad del agua es crítica, cada vez se aprecia más el deterioro ambiental de la cuenca del río Jubones afectando a poblaciones de las tres provincias por donde recorre dicha cuenca (Encalada, 2008).

Esto suele darse como consecuencia del cambio de cobertura vegetal, el uso de la tierra y la dinámica de crecimiento de los asentamientos humanos. Entonces se generan modificaciones en el consumo del agua, en los procesos de erosión, así como en la presencia de vegetación acuática. Estos procesos de deterioro se ven agudizados por cambios atmosféricos (López, 2002).

Los cambios de uso del territorio en las cuencas hidrográficas son acciones humanas muy prevalentes que afectan el comportamiento de la cantidad y calidad del agua en las cuencas. Los factores principales son cambios en la permeabilidad de la superficie, la remoción de suelo, y los cambios de cobertura

vegetal. Es una práctica común que se efectúen dichos cambios sin planificación cuidadosa que tome en cuenta los efectos potencialmente negativos sobre los recursos de agua (Acevedo, 2008).

Cuando se presentan cambio de cobertura vegetal en un bosque se pierde su capacidad de funcionar como regulador del medio ambiente, aumentando así las inundaciones y la erosión, reduciéndose la fertilidad del suelo y contribuyendo con ello a la pérdida de biodiversidad (Maza, 2009).

Por ello, es necesario evaluar la cobertura vegetal de la cuenca del río Jubones para la formulación de medidas de recuperación de espacios degradados y conservación de la cuenca. Lo que se pretende a través de la recopilación de información y el procesamiento de imágenes satelitales mediante el uso de un software SIG libre y así determinar el estado actual de la vegetación empleando índice de vegetación.

1.5.1 Formulación del problema.

¿Cómo es la caracterización de los tipos de cobertura vegetal de la cuenca alta del río jubones?

¿Cuáles son las medidas de recuperación y conservación de espacios degradados en la cuenca alta del río jubones?

1.3 Justificación de la investigación

Este estudio propone evaluar la cobertura vegetal de la cuenca del río Jubones a través de técnicas de teledetección y aplicación de índices de vegetación y así formular mecanismos para el planteamiento de medidas de recuperación de espacios en las áreas estratégicas de la cuenca hidrográfica.

Un estudio de cobertura vegetal permite identificar variaciones entre las zonas de una cuenca. Con esto se determinaría las posibles causas del cambio de suelo

y de cobertura vegetal (Rosero, 2017). Además, este tipo de estudios resaltan la importancia de la cobertura vegetal en la integridad de los ríos y su rol de almacenamiento y regulación del recurso agua (Ordóñez, 2011).

Hasta la actualidad no se han realizado estudio de cobertura vegetal del río Jubones, por tanto, se aportará conocimientos de relevancia científica sobre la dinámica de la cuenca. Esto permite identificar sitios claves para diferentes usos y conservación de los recursos, resultando de gran importancia en la gestión y manejo de cuencas hidrográficas (Maza, 2009).

Es decir, que el resultado de la investigación proporcionará las herramientas necesarias para la propuesta de estrategias de mitigación a los GADs cantonales y provinciales involucrados en la cuenca del río Jubones para lograr un desarrollo sostenible que considere la cobertura vegetal de la zona y bienestar de la población.

1.4 Delimitación de la investigación

Espacio: La zona de la cuenca hidrográfica del río Jubones ubicada al sur occidente de la República del Ecuador que integra 3 provincias: Azuay, El oro y Loja (ver anexo, Figura 7).

Tiempo: El proyecto se realizará en un periodo de cuatro meses.

1.5 Objetivo general

Evaluar la cobertura vegetal de la cuenca del río Jubones mediante el uso de SIG para la formulación de medidas de recuperación de espacios degradados y conservación de la cuenca.

1.6 Objetivos específicos

- Levantar línea base mediante investigación documental sobre recuperación de espacios degradados aplicable a la zona de estudio, información

geográfica, descarga de imagen satelital, que representen la realidad del área de interés.

- Caracterizar la cobertura vegetal del área de estudio mediante el uso de un software SIG libre, con el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).
- Identificar zonas estratégicas mediante mapas generados a partir de la caracterización de la cobertura vegetal, para dirigir los mecanismos de recuperación de espacios.
- Analizar la gestión actual de la cuenca hidrográfica mediante regulación de gestión ambiental y matriz de conformidad.
- Proponer un plan de manejo donde se formulen mecanismos para la recuperación de espacios degradados mediante los resultados del estudio.

1.7 Hipótesis

La caracterización de la cobertura vegetal obtenida a partir del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), permitirá establecer las áreas degradadas que necesiten ser analizadas para la toma de acciones y generación de propuestas de recuperación y conservación a GADs.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

Mattey-Trigueros et al. (2017) realizaron una caracterización de la cobertura vegetal dentro de la franja de protección del río Copey, Jacó, Puntarenas en Costa Rica. Utilizaron fotointerpretación de imágenes para generar tres mapas y gráficos de caracterización de la vegetación. Caracterizaron 11 tipos de uso de suelo donde predomina el bosque denso (área de cobertura 28%) y como menor a la infraestructura vial (área de cobertura -5%). Existe gran área sin infraestructura urbana ni vegetación, por lo que es de gran potencial para esfuerzos de restauración.

Osuna-Osuna et al. (2015) efectuaron una evaluación de cambio de cobertura vegetal y uso de suelo en la cuenca del río Tecolutla, en Veracruz, México. Utilizaron imágenes de satélite Landsat distinguiéndose nueve usos y coberturas del suelo, para ello validaron los mapas temáticos obteniéndose exactitudes globales mayores a 92%, y coeficientes de Kappa de 0.89 y 0.91. Los resultados de este trabajo son de utilidad para brindar un enfoque a las áreas que requieren mayor atención y así desarrollar estrategias de conservación de recursos.

Leal (2015) estudió la incidencia del cambio de las coberturas vegetales en la distribución espacial de los deslizamientos en la cuenca del río Combeima Tolima, en Colombia. Utilizó registros e información cartográfica temática de la cuenca obtenidas del Servicio Geológico Colombiano. Determinó áreas que presentaron cambios de cobertura vegetal con pérdidas leves (29.26%) y pérdidas poco aparentes (55.02%). El NDVI es una herramienta práctica para la detección de cambios de cobertura vegetal en cuencas hidrográficas de montaña.

Carrillo (2019) formuló e implantó un programa de recuperación en áreas estratégicas para la protección de la cuenca hidrográfica El Platanal, en la vereda la concepción municipio de Santa Rosa del Sur, Colombia. Utilizó una herramienta SIG para determinar las áreas a recuperar y el ecosistema de referencia. Identificó el área de estudio con el fin de realizar un inventario destacando la presencia de especies nativas que contribuyen a la conservación y recuperación ecológica de esta zona.

Cartaya, S., Zurita, S., Rodríguez, E., Montalvo, V. (2014) ejecutaron la comparación de técnicas para determinar cobertura vegetal y usos de la tierra en áreas de interés ecológico en Manabí, Ecuador. Se empleó clasificación supervisada, análisis de componentes principales y el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI). Obtuvieron cinco categorías de cobertura y usos: tres no vegetales y dos vegetales. Concluyeron que el NDVI es la técnica más adecuada para determinar la cantidad y calidad de cobertura vegetal y usos de la tierra.

Cartaya et al. (2015) comprobaron la aplicación del NDVI en imágenes Rapideye para determinar cobertura vegetal y usos de la tierra en la provincia de Manabí, Ecuador basados en datos de campo y cartografía temática oficial del Instituto Espacial Ecuatoriano y Ministerio del Ambiente. Diferenciaron 5 clases entre cobertura y usos de la tierra para un sector, y 8 clases para otro con valores entre el rango de -0,35 a 0,39; su índice de Kappa fue de 0,84. La validación se ajustó entre el 80 y 90% considerandose una técnica confiable.

Ayala et al. (2014) establecieron la cuantificación del carbono en los páramos del parque nacional Yacuri, ubicado en la provincia de Loja y Zamora Chinchipe,

Ecuador. Determinaron los tipos de cobertura vegetal del parque nacional Yacuri: arbustivo (0,47%), páramo herbáceo (51,48%), bosque siempreverde montano alto (41,78%), bosque de neblina montano (3,45%), bosque chaparro (0,12%), rocas/ picachos (2,13%) y sistema lacustre (0,56%). Parte de estos tipos de cobertura vegetal están ubicados sobre suelos jóvenes con altos contenidos en materia orgánica y superficiales.

Gonzaga (2014) aplicó índices de vegetación derivados de imágenes satelitales Landsat 7 ETM+ y ASTER para la caracterización de la cobertura vegetal en la zona centro de la provincia de Loja, Ecuador. Empleó tres tipos de índices: Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), Índice de Estrés Hídrico (MSI) y Índice de Vegetación Ajustada al Suelo (SAVI); teniendo como media máxima en el NDVI 208.76 y como mínima 91.10, máxima en el MSI 115.71 y como mínima 61.27, máxima en el SAVI 165.64 y como mínima 90.33.

Los siguientes autores realizaron enfocaron sus investigaciones al análisis de información que permitió la propuesta de medidas de recuperación para espacios degradados:

Martínez (2013) aplicó una zonificación ambiental de la cuenca hidrográfica del río Guachaca en Barranquilla, Colombia, enfocada a recomendar usos del suelo adecuados para el manejo de sus territorios. El proceso de zonificación de la cuenca recomienda que un 90,44% del área de la cuenca esté en preservación y protección ambiental, un 3,37% esté en área de producción sostenible con gestión del riesgo, un 2,23% esté en producción sostenible, un 0,12% sea zona residencial y un 3,83% esté en área de recuperación ambiental.

Pijal (2015) estudió el efecto de estructuras conservacionistas en la recuperación de suelos degradados en la cuenca media del río Mira en la

parroquia Jacinto Jijón y Caamaño, Ecuador. Realizó una caracterización cartográfica de los factores bióticos y abióticos dónde determinó los siguientes tipos: vida bosque húmedo pre montano, cobertura vegetal pasto cultivado, taxonomía edáfica inceptisol, pendientes con relieves del 5-12%, clase agrológica III (tierras apropiadas para cultivos permanentes).

Barreiro (2015) estudió el establecimiento de plantaciones forestales y su incidencia en la recuperación de suelos degradados en la comuna El Pital, Ecuador. Esta investigación fue de tipo documental en la que utilizó los métodos deductivo, inductivo y estadístico. Planteó medidas para el aprovechamiento forestal sostenible de los recursos naturales que permita la obtención de mayores beneficios de los ecosistemas.

Rosero (2017) realizó un análisis multitemporal del uso del suelo y cobertura vegetal de la cuenca del río tahuando en el cantón Ibarra, Ecuador. Aplicó el método de clasificación supervisada con lo cual estableció cinco categorías: agricultura (16.826 ha – 47,99%), ganadería (2.479 ha – 7,07%), zonas pobladas (3.719 ha – 10,61%), cuerpos de agua (232 ha – 0,66%) y cobertura vegetal (11.801 ha - 33,66%). Los GAD's de la zona cuentan con planes de desarrollo y ordenamiento territorial, sin embargo, no consideran un manejo integral de la cuenca.

Torres (2014) diseñó un modelo de restauración ecológica aplicable a los ecosistemas de páramos degradados en el Ecuador. Mediante recopilación de información relacionada a la alteración de los páramos del norte, centro y sur del Ecuador, formuló indicadores adaptados para la evaluación de estas zonas y estrategias orientadas a superar umbrales de degradación, tanto abióticos como bióticos.

Coral (2015) realizó el planteamiento y análisis integral del paisaje de la cuenca hidrográfica del río buena vista en la provincia de Manabí, Ecuador. Aplicó una zonificación territorial con énfasis en la conservación y restauración de ecosistemas. El análisis de paisaje es usado para la integración de los componentes de origen natural y antropogénicos. Este enfoque permite destacar las funciones del ecosistema, dentro de la dinámica hidrológica, con énfasis en la producción de agua.

Barrera (2015) realizó una evaluación de la cobertura vegetal de las áreas bajo conservación del proyecto socio bosque localizado en la ciudad de Cuenca, Ecuador. Se utilizó Sistemas de Información Geográfica, utilizan cartografía de la organización territorial y cartografía básica WGS 84 en conjunto con ortofotos del área de estudio obtenida del programa Socio Bosque. El autor indica que de los veinte y cinco predios en estudio, el 64% de los predios se encuentran mal zonificados.

Pacheco (2015) realizó una evaluación de la desertificación en la provincia del Azuay. Utilizó un metodo deductivo inductivo empezando por la fuente primaria de información. Empleó información de servidores web de GIS y finalmente la recopilación in situ de resultados de planes, programas, proyectos y estudios realizados en la provincia. De esta manera concluyó que 42,30% de las áreas estudiadas de la provincia del Azuay son ambientalmente críticas al proceso de la desertificación.

Pinos (2016) propuso la prospectiva del uso de suelo y cobertura vegetal en el ordenamiento territorial en la ciudad de Cuenca, Ecuador. Se aborda el estudio y análisis de los cambios del uso de suelo a través de imágenes satelitales Landsat, obtenidas mediante tecnologías de información geográfica. Los modelos de

cambio del uso de suelo son una herramienta para conocer la dinámica en el tiempo de un sistema territorial.

Tenesaca et al. (2017) realizaron la generación de mapa de cobertura y uso de suelo de la provincia del Azuay. El proyecto SIGTIERRAS del MAGAP realizó la toma de fotografía aérea a nivel nacional, cada ortofoto está conformada por 7745 columnas y 7702 filas con un perímetro de 9.268,2 m y una superficie de 536,9 ha, también cuentan con cuatro bandas: B1 (rojo), B2 (verde), B3 (azul), B4 (infrarrojo cercano).

Vistin et al. (2018) formularon un plan de restauración forestal del bosque de la comunidad de Guangras en el parque nacional Sangay ubicado en Morona Santiago, Ecuador como una alternativa de combate al cambio climático. Emplearon guías técnicas para la propuesta de restauración ecológica de ecosistemas, en base a 13 pasos considerando la complejidad y particularidad de las escalas y los objetivos propuestos para la microcuenca del río Santiago. Se orientó el manejo a la conservación del medio natural a través de estrategias participativas como alternativas para mitigar los procesos de degradación.

2.2 Bases Teóricas

2.5.1 Ciclo Hidrológico.

“Se basa en el movimiento inalterable de transferencia de masas de agua, que se trasladan de un punto del planeta hacia otro, efectuándose en diferentes estados (sólido, líquido y gaseoso); este ciclo emite su movilidad a partir de a la energía solar y la gravedad” (Ordoñez, 2011). “Los procesos que interviene son: evaporación, condensación, transpiración, precipitación, escorrentía superficial, absorción, filtración y aguas subterráneas” (Vera, 2015).

Mayor parte del agua consta con forma gaseosa (nubes y humedad) dicha forma se encuentra en la atmosfera, donde ante el estado de condensación las partículas que forman las nubes caen bajo la influencia de su peso proyectando una nueva forma: lluvia, nieve o granizo. En este caso el agua puede ser evaporada nuevamente por estructuras o por la vegetación misma; luego humedece el suelo cuando se convierte en un estado líquido, parte del agua fluye desde la superficie del suelo mientras que otra parte se filtra, forma masas de agua o se evapora dependiendo de las condiciones climáticas (Bateman, 2007).

2.2.1.1 Evaporación.

Es el proceso de convertir un líquido en un gas, por medio de la transferencia de energía térmica. Dentro del ciclo hidrológico dicha conversión ocasiona el llamado vapor de agua, ya que la energía utilizada es capaz de convertir la masa de agua o hielo en vapor; para que esto suceda el proceso dependerá de la temperatura y del flujo del viento, seguido a esto estarán involucrados los parámetros de punto de ebullición y la presión de vapor: cuanto mayor sea la presión del vapor de una sustancia, más rápido se evaporara y escapara en forma de aire (Balasubramanin & Nagaraju, 2017).

Un proceso intrínsecamente relacionado con la evaporación es la evapotranspiración, que se define como el valor de agua resultante de la evaporación y transpiración de las plantas (Bayo, 2014). Las plantas toman el agua del suelo debido a que la presión osmótica en el interior de la planta es mucho menor que en el suelo, a partir de las raíces el agua circula al aire a través de las estomas de la hoja en forma de vapor (Obando, 2010). Este vapor es conocido como humedad absoluta que se expresa en g/cm^3 , o humedad relativa expresada en porcentaje (Bayo, 2014).

2.2.1.2 Condensación.

La condensación es el proceso por el cual el vapor de agua del aire se transforma en agua líquida. Una vez concluido el proceso de evaporación se obtiene la denominada saturación de humedad la cual es directamente proporcional a la temperatura del aire manteniendo una relación entre el vapor del aire y la capacidad del vapor del agua del aire; bajo estos términos cuando dicha masa alcanza el punto de rocío se habla de condensación (Balasubramanin & Nagaraju, 2017).

2.2.1.3 Precipitación.

“Se denomina precipitación, a toda agua meteórica que cae en la superficie de la tierra, tanto en forma líquida (llovizna, lluvia, etc.) y sólida (nieve, granizo, etc.) y las precipitaciones ocultas (rocío, la helada blanca, etc.)” (Ordoñez, 2011, p.11). Las cantidades y los tipos de precipitación afectan el desarrollo del suelo, crecimiento de la vegetación y la generación de escorrentía, que transporta suelos, nutrientes y contaminantes (Zachary & Bock, 2015).

2.2.1.4 Escorrentía superficial.

Es la porción de lluvia que no es infiltrada, interceptada o evaporada y que fluye sobre las laderas. En realidad la escorrentía superficial, la infiltración y la humedad del suelo son interactivas entre sí, por lo tal motivo se debe tener cuidado en seleccionar el modelo adecuado para cada caso (Ordoñez, 2011, p.14).

Los datos de la escorrentía pueden presentarse como volúmenes en acres-pies, como descargas medias por unidad de área de drenaje, en pies cúbicos por segundo por milla cuadrada, o como profundidades de agua en el drenaje de cuenca en pulgadas; se mide mediante el establecimiento de medidores de flujo

en lugares seleccionados de los cursos del río (Balasubramanin & Nagaraju, 2017).

2.2.1.5 Sedimentación.

Proceso natural en el que las partículas pesadas que se encuentran en suspensión en el agua, por acción de gravedad se compactan en el fondo del cuerpo de agua (Pérez, 2005).

2.5.1 Cuenca hidrográfica e hidrológica.

“La mayor parte del agua de las precipitaciones, forma dependiendo de las características del relieve, redes fluviales organizadas en vertientes y cuencas fluviales o hidrográficas” (Bayo, 2014, párr.12).

Se define como cuenca hidrográfica al área de un territorio donde se descarga en una quebrada, en un lago, en el mar, en un acuífero subterráneo o en un pantano (Cacoango, 2014). Las cuencas hidrográficas brindan varios servicios a la humanidad, el agua dulce que ofrecen las cuencas sirve para utilizarlos en la agricultura, uso doméstico e industriales en gran medida la seguridad alimentaria depende del agua superficial la mayor parte de la población rural principalmente dependerán de los recursos naturales de las cuencas hidrográficas. Estas cuencas alcanzan a captar más de 110000 km² de lluvia que caen todos los años. Hay que destacar que estas ayudan a regular los caudales de los cuerpos de agua previniendo sequías e inundaciones en las áreas cercanas de río abajo, incluso llegan a mejorar las propiedades químicas del agua ya que al pasar en depósitos subterráneos y suelos rocosos con las sales minerales en el agua lluvias se enriquece elementalmente para los seres vivos (FAO, 2003).

2.2.2.1 Partes de una cuenca.

Las partes de una cuenca hidrográfica y en cuanto a la función de su dinámica hidrológica son:

Zona de captación, de cabecera o cuenca alta: corresponde a la zona donde nace el río, generalmente a las áreas montañosas o cabeceras de los cerros, el cual se desplaza por una gran pendiente. Se limitan en su parte superior por las divisorias de aguas (Borbon et al., 2009; Ordoñez, 2011).

Zona de almacenamiento, de transición o cuenca media: es la parte de la cuenca en la cual hay un equilibrio entre el material sólido que llega traído por la corriente y el material que sale; en esta parte se juntan las aguas recogidas en las partes altas y en donde el río principal mantiene un cauce definido (Borbon et al., 2009; Ordoñez, 2011).

Zona de descarga, de emisión o cuenca baja: es la parte de la cuenca en la cual el material extraído de la parte alta se deposita en lo que se llama cono de deyección, desemboca a ríos mayores o a zonas bajas tales como estuarios y humedales (Borbon et al.; Ordoñez, 2011).

2.2.2.2 División de una cuenca hidrográfica.

Las cuencas hidrográficas además de ser unidades funcionales, límites bien definidos y salidas puntuales, están estructuradas jerárquicamente, ya que pueden subdividirse en subcuencas, delimitadas por un parte aguas y donde se concentran los escurrimientos que desembocan en el curso principal del río; al interior de cada subcuenca se ubican las microcuencas (Cotler et al., 2013, p.8).

Subcuencas: “unidad de drenaje de menor superficie de una cuenca y que forma parte de esta, constituyendo un tributario de la misma, o sea una cuenca

que sale o que drena a una cuenca más grande” (Consejo Nacional de Recursos Hídricos, 2002, p.8).

Microcuencas: “una micro cuenca es toda área en la que su drenaje va a dar al cauce principal de una subcuenca; es decir, que una subcuenca está dividida en varias microcuencas” (Ordoñez, 2011, p.9).

Divisoria de aguas: se define como una línea imaginaria que delimita la cuenca hidrográfica de las cuencas vecinas (Ordoñez, 2011).

2.2.2.3 Tipos de cuenca.

Según Ramírez (2012) por la forma de su drenaje y la ubicación de su salida, las cuencas pueden ser:

Exorreicas: si su salida se encuentra en el límite y corresponde a un punto de interés, otra corriente o en el mar (p.19).

Endorreicas: si su salida se encuentra dentro de la misma cuenca, misma que usualmente corresponde a un cuerpo de agua (p.19).

Arreicas: si carece de un patrón claro de drenaje, usualmente por las bajas pendientes (p.19).

2.2.2.4 Características de una cuenca.

Cauce: trata sobre la concavidad del terreno, es decir la curva del mismo, por donde pasa una corriente de agua (Universidad de los Andes, 2017).

Caudal: es el volumen de agua que fluye por el cauce de un río en un lugar y tiempo determinados. Su unidad de medida es m³/seg (Universidad de los Andes, 2017).

Marea: “variación periódica del nivel de un cuerpo de agua que asciende y desciende en respuesta a las interacciones gravitacionales entre el sol, la luna y la tierra” (Cadena, 2012; NOAA, 2017).

Bajamar: nivel mínimo alcanzando por una marea menguante o vaciante en un día cualquiera, este descenso se debe a las fuerzas de marea periódicas y a las condiciones hidrometeorológicas (NOAA, 2017).

Pleamar: nivel máximo que alcanza una marea creciente; se produce por las mismas condiciones que en baja mar (NOAA, 2017).

Estoa: periodo casi estacionario, cuando empieza a bajar o subir la pleamar y bajar (Pinto, 2015).

Corriente de flujo y reflujo: son movimientos de la corriente de marea reversibles mixtos, el primero de marea hacia la costa o aguas arriba de un estuario y el segundo aguas abajo (NOAA, 2017).

2.2.2.5 Fenómenos hidrológicos.

Según la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (2002) los fenómenos hidrológicos están influenciados por las condiciones climáticas, condiciones naturales de la cuenca hidrográfica, del material de las riberas de los ríos, de la pendiente del cauce o canal y de la evolución de las actividades humanas. Estos fenómenos se detallan a continuación:

- **Crecidas torrenciales:** es producto del incremento súbito de la escorrentía dentro de una cuenca hidrográfica, y por la ocurrencia de fenómenos que modifican el comportamiento hidráulico del torrente ocasionándose una ola gigantesca que arrasa con el material del dique y sus bordes (COSUDE, 2002).
- **Aludes torrenciales:** son flujos de lodo y escombros, que se caracterizan por contener elevadas concentraciones de sedimentos que cambian con el comportamiento reológico del flujo (COSUDE, 2002).

- **Anegamiento:** cuando el nivel de precipitación supera la capacidad de absorción del suelo (González et al., 2008).
- **Colmatación:** acumulación excesiva de sedimentos o sólidos en el fondo de un cuerpo hídrico.
- **Erosión hídrica:** es el producto de la desagregación, transporte y sedimentación de las partículas de suelo por la acción del agua y el escurrimiento superficial afectado por el: clima, tipo de suelo, vegetación, topografía, velocidad del flujo (Izurieta, 2015).

2.2.2.6 Estrategias para el manejo de cuencas.

El manejo de una cuenca es definido como el conjunto de esfuerzos tendientes a identificar y aplicar opciones técnicas, legales y socio económicas que instauren una solución ante la problemática que se plantee ya sea por algún deterioro o mal uso de los recursos naturales, con el fin de mejorar el desarrollo social de la población que se encuentre en las cercanías de la zona afectada o dentro de la misma (Perez & Shinomi, 2004).

Teniendo en cuenta lo anterior, Cardona propone seis ejes estratégicos que funcionan para el manejo de una cuenca hidrográfica:

1. Educar a los pobladores respecto a las leyes y normas ambientales para que al momento de aplicar la normativa ambiental no exista descontento por parte de ellos.
2. Regularizar la tenencia de la tierra dentro de toda área que sea abastecida por agua para evitar futuros conflictos ante el uso de los derechos de posesión sobre el agua.

3. Es importante emplear el ordenamiento territorial de la cuenca para evitar que las actividades deterioren de forma rápida la misma, y así logra un óptimo manejo de los recursos naturales.
4. Se considera el fortalecimiento de capacidades respecto a la gestión de los territorios delimitados naturalmente.
5. Tener como alternativa los servicios ambientales para lograr el financiamiento para fomentar las acciones del manejo de la cuenca.

Basado en esto, Aguilar (2007) expone que para un buen manejo de las cuencas hidrográficas se debe implicar una gestión integrada de los recursos naturales, la consideración de aspectos socio económicos e institucionales y la gestión de riesgos, para lo cual existen múltiples desafíos que serán detallados a continuación:

- Aspecto institucional: se debe mejorar las capacidades para incluir arreglos institucionales óptimos para almacenar, coleccionar y analizar de forma sistemática la información respecto a la administración y manejo de recursos.
- Aspecto social: las medidas directas e indirectas asociadas con el manejo de cuencas para utilizarlos como estrategia de reducción de gestión de riesgos.
- Aspecto económico: al implementar las medidas de manejo de cuencas se logre permitir la generación de ingresos respecto a los bienes y servicios que sean producidos.
- Aspecto ambiental: al implementar las acciones del manejo de cuencas se espera la garantía de la conservación de ecosistemas y recursos naturales asociados.

2.5.1 Sistema de Información Geográfica.

Un sistema de información geográfica se constituye de herramientas como software y hardware que están diseñados para manipular analizar digitalizar y administrar datos referenciados espacialmente que ayudan a resolver problemas complejos de administración y planeación (Amorós, 2011).

Los SIG se definen como sistemas que almacenan datos espaciales para su consulta, manipulación y representación. Suele aplicarse a sistemas informáticos orientados a la gestión de datos espaciales, que constituyen la herramienta informática más adecuada y extendida para la investigación y el trabajo profesional en Ciencias de la Tierra y Ambientales. Un ejemplo de estos softwares es QGIS, que cuenta con innumerables herramientas para el procesamiento de imágenes de teledetección (Alonso como se cita en García, 2017).

2.5.1 La teledetección.

La teledetección es aquella técnica que permite obtener información a distancia de los objetos situados sobre la superficie terrestre (Chuvienco, 1990). Mediante satélites de Teledetección se obtienen imágenes que abarcan grandes facciones de ciertas partes del planeta con lo cual es posible obtener nueva información a partir del procesamiento que se dé a estas imágenes, a través de combinación de bandas, en el caso de la determinación de cobertura vegetal es mayormente aplicada la combinación NDVI, el cual es utilizado para “estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación” (Alonso, 2015). En la actualidad se utilizan herramientas como el sistema de información geográfica para realizar estudios en la cobertura vegetal.

2.5.1 Proceso para la edición de un mapa de cobertura vegetal.

Según el Ministerio del Ambiente (2012) las etapas de edición de un mapa de cobertura vegetal son:

2.2.5.1 Pre procesamiento de imágenes satelitales.

En esta etapa se analizan digitalmente las imágenes satelitales, específicamente en relación a la eliminación de las distorsiones que presentan debido a la forma que son obtenidas por el sensor. Las imágenes Rapideye y Landsat adquiridas por el MAE ya tienen una corrección geométrica (ortorectificación) es decir que cualquier punto en la imagen tiene su correspondencia en el entorno geográfico con relación a un sistema de la referencia. Las imágenes Aster no tienen esta corrección, por lo que se analiza la ortorectificación a estas usando como referencias las imágenes Landsat, de mejor calidad y un modelo digital de elevación. El producto de este procesamiento son las imágenes corregidas (MAE, 2012, p.10).

2.2.5.2 Clasificación supervisada.

En las imágenes satelitales es posible distinguir visualmente diferentes tipos de cobertura vegetal, así como con la experticia de un técnico, es posible identificar algunos ecosistemas, por ejemplo, los bosques inundados dominados por palmas en la Amazonía que presentan atributos de forma y textura que facilitan su interpretación visual. Pero se subutilizarían estos datos, si solo se analizan visualmente y no se analizan espectralmente los valores digitales que tiene cada imagen, por lo que mediante un programa específico y el conocimiento a priori de la zona en la que se trabaja, se agrupan los valores digitales de la imagen en clases previamente establecidas (MAE, ,2012, p.11).

2.2.5.3 Atribución temática y edición visual.

La atribución temática se refiere a asignar un nombre de la leyenda utilizada, a cada unidad ambiental que se obtiene del proceso de clasificación de la imagen y del modelamiento de las diferentes fases de diagnóstico. Como todo proceso tiene un margen de error, es necesario editar las clases que agrupen valores pertenecientes a otras, esto se realiza visualmente comparando la clasificación con la imagen corregida. El producto que se obtiene es una capa de cobertura de la vegetación natural preliminar, que contiene en algunos casos los ecosistemas que son fáciles de identificar, así como otras unidades ambientales que requieren de un análisis más exhaustivo con los factores diagnósticos generados para la representación cartográfica (MAE, ,2012, p.11).

2.2.5.4 Relleno de GAPs.

El uso de sensores ópticos en el Ecuador es problemático en áreas con cobertura de nubosidad permanente. En un escenario óptimo el mapeo de cobertura con el uso de imágenes satelitales debería abarcar todo el territorio de una zona de estudio propuesta, pero como esto no siempre es posible, una alternativa es usar las capas de información generadas por los modelos de los factores diagnóstico para inferir por autocorrelación espacial la clase a la que pertenece un área que se encuentra debajo de sombras y nubes. Esto se realiza siempre y cuando sea una sola la clase que rodee a estos sectores sin información y es una asignación visual inicial antes de realizar las unidades ambientales para la definición de ecosistemas (MAE, ,2012, p.11).

2.2.5.5 Verificación en campo y validación.

La capa preliminar de cobertura de vegetación natural es producto de la clasificación en computadora, por lo que es necesario verificar la información

temática de la leyenda que va en esta capa de información, correlacionándola con el entorno geográfico. De igual forma una vez obtenido un producto sin vacíos de información resulta necesaria la validación del mismo, ya sea mediante punto obtenidos en campo o contrastando con otras fuentes bibliográficas, para determinar el grafo de confiabilidad o certeza de la capa de información (MAE, ,2012, p.11).

2.5.1 Tipos de índice de vegetación.

Los índices de vegetación son referidos a un conjunto de operaciones algebraicas efectuadas sobre valores numéricos de píxeles, que usan dos o más bandas que pertenecen a la misma escena. Es decir, este índice consta como un parámetro calculado a partir de los valores de la reflectancia a distintas longitudes de onda, y que es particularmente sensible a la cubierta vegetal. De acuerdo a esto existen dos tipos de índice: basado en la pendiente y basado en la distancia (Muñoz, 2013).

2.2.6.1 Índice basado en la distancia.

Miden el grado de vegetación por medio de la diferencia ante la reflectancia del píxel respecto a la reflectancia de un suelo desnudo. La medida de la cobertura de vegetación incrementa, esto es cuando el suelo de fondo llega a ser enmascarado con dichos píxeles, lo que muestra una tendencia ante el incremento de la distancia perpendicular desde la línea del suelo. Este requiere la pendiente y el intercepto de la línea para que sean definidos por la imagen analizada, de acuerdo a esto los píxeles que caen cerca de la línea antes mencionada o en ella pertenecen al suelo, mientras que los que caen un poco más lejos se asumen como vegetación (Gómez M. , 2005).

2.2.6.2 Índice de Vegetación Padre (PVI).

Es el índice donde se derivan los demás, usa la distancia perpendicular de cada pixel respecto a la línea del suelo. Se sabe si el pixel corresponde a suelo o vegetación de acuerdo con la distancia de cada uno a la línea del suelo. El Índice de Vegetación Perpendicular, al tener en cuenta la reflectividad que aporta el suelo, logra aislar la información que aporta la vegetación (Muñoz, 2013, pág. 6).

2.2.6.3 Índice de suelo Ajustado (SAVI).

“El índice de suelo ajustado, también tiene en cuenta la reflectividad del suelo y permite aislar la información que aporta la vegetación, de la que procede del suelo que está bajo ella” (Muñoz, 2013, pág. 7).

El SAVI nació de la necesidad ante disminuir las alteraciones del valor del NDVI cuando era aplicado en zonas áridas pocas densas, o a cubiertas densas, pero con poca vitalidad. Al formar una línea recta, este puede definirse a partir de dos puntos (bandas R e IRC) que corresponden a los valores de reflectividad de un mismo suelo húmedo y seco. De acuerdo a esto, si en un punto específico no existe vegetación dicho punto será representado sobre la línea del suelo; en caso de existir una cantidad mínima de vegetación dicha reflectividad en el rojo será más baja que la del suelo despojado, y en el infrarrojo será aún más alta por lo que el punto quedará representado de forma alejada a la línea del suelo. Es decir, cuanto más lejos se encuentre la línea del suelo, más vegetación se encontrará en el pixel, basado en esto se considera como medida de cantidad de vegetación la cantidad de distancia perpendicular desde cualquier línea del suelo (Gonzaga, 2014).

2.2.6.4 Índice basado en la pendiente.

Son combinaciones aritméticas simples que se enfocan en la respuesta espectral de la vegetación de las porciones del rojo y del infrarrojo del espectro electromagnético. Son llamados así porque cualquier valor particular del índice puede ser producido por un conjunto de valores de reflectancia de las bandas del rojo y del infrarrojo de una imagen (Gómez M. , 2005, pág. 34).

Este índice utiliza el cociente de la reflectancia de una banda para con otra que usualmente usa el rojo e IR cercano ya que se muestra un contraste alto o una diferencia en la reflectancia. Su término empleado en “la pendiente” se lo relaciona con el análisis de los valores que resultan del índice de vegetación comparándolos con las pendientes ubicadas en las líneas que pasan por el origen y el de los pixeles que se encuentran representados en un gráfico don existe una reflectancia para el eje de las X y otra para el eje de las Y (Muñoz, 2013).

2.2.6.5 Índice de Vegetación Diferencial Normalizado.

El NDVI fue introducido con el objetivo de separar la vegetación del brillo que produce el suelo (Díaz, 2015). Este índice se basa en el comportamiento radiométrico de la vegetación del lugar seleccionado y la relación que tiene con la estructura vegetal y la actividad fotosintética, lo cual permite la determinación de cuán vigorosa es la vegetación estudiada; por otra parte, el NDVI es ejecutado mediante un cálculo que utiliza dos bandas, la banda de Infrarrojo y la banda Rojo. Ante esto, la banda Infrarroja es la reflectancia espectral del canal infrarrojo cercano y la banda Red o Roja representa la reflectancia en el canal rojo del visible. Cuando posee una firma espectral en la banda de infrarrojo que sea de 0.6 y 0.5 μm significa que la vegetación tiene un buen estado de salud (Muñoz,

2013). De acuerdo a esto el mismo autor explica valores de NDVI en diferentes áreas:

- Valores de NDVI muy bajos de orden 0.1 corresponderán a áreas arenosas, nevadas y rocosas.
- Valores de NDVI de 0.2 a 0.3 corresponderán a áreas pobres con pasturas naturales y arbustos.

2.3 Marco legal

2.5.1 Constitución Política de la República del Ecuador.

TITULO II.- Derechos **Capítulo primero**

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

Art 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Capítulo Séptimo

Art 71.- Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda.

Art. 73.- El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.

Título V.- Organización Territorial del Estado

Art 263.- Los gobiernos provinciales tendrán las siguientes competencias exclusivas, sin perjuicio de las otras que determine la ley: 1) Planificar el desarrollo provincial y formular los correspondientes planes de ordenamiento territorial, de manera articulada con la planificación nacional, regional, cantonal y parroquial.

Art 264.- Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley: 1) Planificar el desarrollo cantonal y formular los correspondientes planes de ordenamiento territorial, de manera articulada con la planificación nacional, regional, provincial y parroquial, con el fin de regular el uso y la ocupación del suelo urbano y rural.

Título VII.- Régimen del Buen Vivir

Capítulo segundo

Art 409: Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión.

Art 411: El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.

2.5.1 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización.

Capítulo I.- Gobierno Descentralizado

Sección primera

Art 32.- Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado regional. - Los gobiernos autónomos descentralizados regionales tendrán las siguientes competencias exclusivas, sin perjuicio de otras que se determinen; b) Gestionar el ordenamiento de cuencas hidrográficas y propiciar la creación de consejos de cuencas hidrográficas, de acuerdo con la ley;

Título V.- Descentralización y sistema nacional de competencias

Art 132.- Ejercicio de la competencia de gestión de cuencas hidrográficas. - ... el gobierno central podrá realizar proyectos hídricos multipropósitos que tengan una importancia estratégica, para lo cual deberán considerar los criterios de los gobiernos autónomos descentralizados. Además, vía convenio, se garantizará un retorno económico fijado técnicamente, en beneficio de los gobiernos autónomos descentralizados de las circunscripciones territoriales de donde provengan los recursos hídricos, con la finalidad de mantener, conservar y recuperar la cuenca hidrográfica.

2.5.1 Código Orgánico del Ambiente.

Libro Preliminar

Título II: De los derechos, deberes y principios ambientales

Art. 5.- Derecho de la población a vivir en un ambiente sano. El derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado comprende:

1. La conservación, manejo sostenible y recuperación del patrimonio natural, la biodiversidad y todos sus componentes, con respecto a los derechos de la naturaleza y a los derechos colectivos de las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades.

2. El manejo sostenible de los ecosistemas, con especial atención a los ecosistemas frágiles y amenazados tales como páramos, humedales, bosques

nublados, bosques tropicales y secos y húmedos, manglares y ecosistemas marinos y marinos-costeros.

3. La intangibilidad del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, en los términos establecidos en la Constitución y la ley;

4. La conservación, preservación y recuperación de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico;

5. La conservación y uso sostenible del suelo que prevenga la erosión, la degradación, la desertificación y permita su restauración (p.12).

Libro Primero del Régimen Institucional

Título II: Institucionalidad y articulación de los niveles de Gobierno en el sistema Nacional Descentralizado de gestión ambiental

Capítulo II: De las facultades ambientales de los Gobiernos Autónomos Descentralizados

Art. 26.- Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados en materia ambiental. En el marco de sus competencias ambientales exclusivas y concurrentes corresponde a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales las siguientes facultades, que ejercerán en las áreas rurales de su respectiva circunscripción territorial, en concordancia con las políticas y normas emitidas por el Autoridad Ambiental Nacional:

1. Definir la política pública provincial ambiental;
2. Elaborar planes, programas y proyectos de incidencia provincial para la protección, manejo, restauración, fomento, investigación, industrialización y comercialización del recurso forestal y vida silvestre, así como para la forestación y reforestación con fines de conservación;
3. Promover la formación de viveros, huertos semilleros, acopio, conservación y suministro de semillas certificadas;
4. Elaborar planes, programas y proyectos para prevenir incendios forestales y riesgos que afectan a bosques y vegetación natural o bosques plantados;
5. Prevenir y erradicar plagas y enfermedades que afectan a bosques y vegetación natural;
6. Generar normas y procedimientos para prevenir, evitar, reparar, controlar y sancionar la contaminación y daños ambientales, una vez que el Gobierno Autónomo Descentralizado se haya acreditado ante el Sistema Único de Manejo Ambiental;
7. Establecer tasas vinculadas a la obtención de recursos destinados a la gestión ambiental, en los términos establecidos por la ley;
8. Controlar el cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas de los componentes agua, suelo, aire y ruido;
9. Controlar las autorizaciones administrativas otorgadas;
10. Desarrollar programas de difusión y educación sobre los problemas de cambio climático;
11. Incorporar criterios de cambio climático en los planes de desarrollo y ordenamiento territorial y demás instrumentos de planificación provincial; y,
12. Establecer incentivos ambientales de incidencia provincial para las actividades productivas sostenibles que se enmarquen en la conservación y

protección del ambiente (p.18-19).

Art. 27.- Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales en materia ambiental. En el marco de sus competencias ambientales exclusivas y concurrentes corresponde a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales el ejercicio de las siguientes facultades, en concordancia con las políticas y normas emitidas por los Gobiernos Autónomos Provinciales y la Autoridad Ambiental Nacional:

1. Dictar la política pública ambiental local;
2. Elaborar planes, programas y proyectos para la protección, manejo sostenible y restauración del recurso forestal y vida silvestre, así como para la forestación y reforestación con fines de conservación;
3. Promover la formación de viveros, huertos semilleros, acopio, conservación y suministro de semillas certificadas;
4. Prevenir y controlar incendios forestales que afectan a bosques y vegetación natural o plantaciones forestales;
5. Prevenir y erradicar plagas y enfermedades que afectan a bosques y vegetación natural;
6. Elaborar planes, programas y proyectos para los sistemas de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos o desechos sólidos;
7. Generar normas y procedimientos para la gestión integral de los residuos y desechos para prevenirlos, aprovecharlos o eliminarlos, según corresponda;
8. Regular y controlar el manejo responsable de la fauna y arbolado urbano;
9. Generar normas y procedimientos para prevenir, evitar, reparar, controlar y sancionar la contaminación y daños ambientales, una vez que el Gobierno Autónomo Descentralizado se haya acreditado ante el Sistema Único de Manejo Ambiental;
10. Controlar el cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas de los componentes agua, suelo, aire y ruido;
11. Controlar las autorizaciones administrativas otorgadas;
12. Elaborar programas de asistencia técnica para suministros de plántulas;
13. Desarrollar programas de difusión y educación sobre el cambio climático;
14. Insertar criterios de cambio climático en los planes de desarrollo y ordenamiento territorial y demás instrumentos de planificación cantonal de manera articulada con la planificación provincial y las políticas nacionales;
15. Establecer y ejecutar sanciones por infracciones ambientales dentro de sus competencias, y;
16. Establecer tasas vinculadas a la obtención de recursos destinados a la gestión ambiental, en los términos establecidos por la ley Cuando el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial tenga la competencia, los Gobiernos Autónomos Municipales o Metropolitanos de la misma provincia solo ejercerán estas facultades en la zona urbana (p.19).

Art. 28.- Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Parroquiales Rurales. En el marco de sus competencias ambientales exclusivas y concurrentes, corresponde a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Parroquiales Rurales el ejercicio de las siguientes facultades:

1. Elaborar planes, programas y proyectos para la protección, manejo, restauración, fomento, investigación, industrialización y comercialización del recurso forestal y vida silvestre;
2. Efectuar forestación y reforestación de plantaciones forestales con fines de conservación;
3. Promover la formación de viveros, huertos semilleros, acopio, conservación y suministro de semillas certificadas;
4. Insertar criterios de cambio climático en los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial y demás instrumentos de planificación parroquial de manera articulada con la planificación provincial, municipal y las políticas nacionales; y,
5. Promover la educación ambiental, organización y vigilancia ciudadana de los derechos ambientales y de la naturaleza (p.19-20).

2.5.1 Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre.

Esta Ley fue emitida en el año (2004) bajo el Registro Oficial Suplemento 418:

Título I: De los Recursos Forestales

Capítulo I: Del Patrimonio Forestal del Estado

Art. 1.- Constituyen patrimonio forestal del Estado, las tierras forestales que de conformidad con la Ley son de su propiedad, los bosques naturales que existan en ellas, los cultivados por cuenta y la flora y fauna silvestres; los bosques que se hubieren plantado o se plantaren en terreno del Estado, exceptuándose los que se hubieren formado por colonos y comuneros en tierras de posesión (p.2).

Los derechos por las inversiones efectuadas en los bosques establecidos mediante contratos de consorcios forestales, de participación especial, de forestación y pago de la inversión para la utilización del Fondo Nacional de Forestación, celebrando con personas naturales o jurídicas, otras inversiones similares, que por defecto de la presente Ley son transferidos al Ministerio (p.2).

Las tierras del Estado, marginales para el aprovechamiento agrícola o ganadero (p.2).

Todas las tierras que se encuentren en estado natural y que por su valor científico y por su influencia en el medio ambiente, para efectos de conservación del ecosistema y especies de flora y fauna, deban mantenerse en estado Silvestre (p.2).

Formarán también dicho patrimonio, las tierras forestales y los bosques que en el futuro ingresen a su dominio, a cualquier título, incluyendo aquellas que legalmente reviertan al Estado (p.2).

Los manglares, aún aquellos existentes en propiedades particulares, se consideran bienes del Estado y están fuera del comercio, no son susceptibles de posesión o cualquier otro medio de apropiación y solamente podrán ser

explotados mediante concesión otorgada, de conformidad con esta Ley y su reglamento (p.2).

Art. 3.- El Ministerio del Ambiente previos los estudios técnicos correspondientes determinará los límites del patrimonio forestal del Estado con sujeción a lo dispuesto en la presente Ley. Los límites de este patrimonio se darán a conocer al país mediante mapas y otros medios de divulgación (p.3).

Art. 4.- La administración del patrimonio forestal del Estado estará a cargo del Ministerio del Ambiente, a cuyo efecto, en el respectivo reglamento se darán las normas para la ordenación, conservación, manejo y aprovechamiento de los recursos forestales, y los demás que se estime necesarios (p.3).

Capítulo III: De los Bosques y Vegetación Protectores

Art. 6.- Se consideran bosques y vegetación protectores aquellas formaciones vegetales, naturales o cultivadas, que cumplan con uno o más de los siguientes requisitos:

- a) Tener como función principal la conservación del suelo y la vida silvestre;
- b) Estar situados en áreas que permitan controlar fenómenos pluviales torrenciales o la preservación de cuencas hidrográficas, especialmente en las zonas de escasa precipitación pluvial;
- c) Ocupar cejas de montaña o áreas contiguas a las fuentes, corrientes o depósitos de agua.
- d) Construir cortinas rompevientos o de protección del equilibrio del medio ambiente;
- e) Hallarse en áreas de investigación hidrológico-forestal;
- f) Estar localizadas en zonas estratégicas para la defensa nacional; y,
- g) Construir factor defensa de los recursos naturales y de obras de infraestructura de interés público (p.4)

Art. 8.- Los bosques y vegetación protectores serán manejados, a efecto de su conservación, en los términos y con las limitaciones que establezcan los reglamentos (p.5).

Capítulo IV: De las Tierras Forestales y los Bosques de Propiedad Privada

Art. 9.- Entiéndese por tierras forestales aquellas que por ser condiciones naturales, ubicación, o por no ser aptas para la explotación agropecuaria, deben ser destinadas al cultivo de especies maderables y arbustivas, a la conservación de la vegetación protectora, inclusive la herbácea y la que así se considere mediante estudios de clasificación de suelos, de conformidad con los requerimientos de interés público y de conservación del medio ambiente (p.5).

Capítulo V: De las plantaciones Forestales

Art. 14.- La forestación y reforestación previstas en el presente capítulo deberán someterse al siguiente orden de prioridades:

- a) En cuencas de alimentación de manantiales, corrientes y fuentes de abastezcan de agua;

- b) En áreas que requieran de protección o reposición de la cubierta vegetal, especialmente en las de escasa precipitación pluvial; y,
- c) En general, en las demás tierras de aptitud forestal o que por otras razones de defensa agropecuaria u obras de infraestructura deban ser consideradas como tales (p.6).

Capítulo VIII: De la Investigación y Capacitación Forestales

Art. 50.- El Ministerio del Ambiente promoverá, realizará y coordinará la investigación relativa a la conservación, administración, uso y desarrollo de los recursos forestales y de las áreas naturales del patrimonio forestal (p.15).

Título IV: De las Infracciones a la presente Ley y su Juzgamiento

Capítulo I: De las infracciones y Penas

Art. 78.- Si la tala quema o acción destructiva, se efectuare en lugar de vegetación escasa o de ecosistemas altamente lesionables, tales como manglares y otros determinados en la Ley y reglamentos; o si ésta altera el régimen climático, provoca erosión, o propensión a desastres, se sancionará con una multa equivalente al cien por ciento del valor de la restauración del área talada o destruida.

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación.

Investigación aplicada: La investigación aplicada se caracteriza por buscar la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en la investigación (Vargas, 2009). Se generará mapas de uso de suelo y cobertura vegetal a partir de información recopilada y el procesamiento de imagen satelital en el software SIG QGIS para formulación de medidas de recuperación de espacios en zonas estratégicas.

Investigación documental: Intenta comprender documentos que fueron escritos con una intención distinta para dar a conocer un conocimiento producido con anterioridad al que se intenta construir (Gómez L. , 2011). Se recopilará información de interés relacionada al tema recursos bibliográficos como libros, artículos científicos, manuales técnicos, información geográfica; que se obtendrán desde sitios web, Google académico, biblioteca virtual de la Universidad Agraria del Ecuador y plataformas digitales geográficas.

3.1.2 Diseño de investigación.

Investigación no experimental: “La investigación no experimental es aquella que se efectúa sin manipulación intencional de variables, lo que aquí se realiza es la observación de fenómenos en su ambiente natural” (Tapia, 2000). Se realizará análisis y procesamiento de datos mediante método analítico y herramientas del software SIG QGIS, a partir de información bibliográfica y geográfica recopilada de la zona de interés.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables.

3.1.1.1 Variable independiente.

- Imagen satelital (Landsat 7) (ver Tabla 1).
- Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) (ver Tabla 3).

3.1.1.2 Variable dependiente.

- Estado de la cuenca alta (grado: degradado, no degradado).
- Superficie de la cobertura vegetal (%).
- Área de estudio en Hectarias (cuenca alta).
- Composición de bandas a utilizar (ver Tabla 1).

3.2.2 Recolección de datos.

3.2.2.1 Recursos.

Materiales y equipos: De acuerdo a que la investigación es de tipo documental, el equipo principal será un ordenador, además de información recopilada en apuntes, así como registros de parámetros geográficos de entidades públicas. Además, se obtendrá imagen satelital Landsat 7 para el cálculo de Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). La imagen a utilizar será de menor porcentaje de nubosidad y la más actual de la zona de estudio.

Recursos bibliográficos: La información bibliográfica de cada apartado, se obtendrá de fuentes con validez técnica y científica como: libros, artículos científicos, capítulos de libros, revistas científicas, manuales técnicos, Plan de Ordenamiento Territorial (POT), sitios web de entidades gubernamentales y normas jurídicas. Varios de estos recursos serán fundamentados desde la biblioteca virtual de la Universidad Agraria del Ecuador. La imagen satelital se

obtendrá de El Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) y Los archivos informáticos geográficos se obtendrán mediante acceso gratis o gestión con entidades públicas del estado como el Instituto Geográfico Militar (IGM), Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).

Software: Se emplearán herramientas del software SIG QGIS para el procesamiento y análisis espacial de la imagen satelital, creación de mapas y análisis estadístico de la imagen.

- **Software de Sistema de Información Geográfica:** Permitirá el análisis espacial, detección de áreas estratégicas, fragmentación urbana, determinación del NDVI y caracterización de la zona de estudio.
- **Microsoft Office Word y Excel:** Estos programas de redacción y aplicación servirán para la documentación, tabulación, y representación de resultados.

Talento humano: Representan el talento humano, los autores del proyecto y la docente tutora, Oce. Leila Zambrano.

3.2.2.2 Métodos y técnicas.

3.2.2.2.1 Levamiento de línea base sobre recuperación de espacios degradados aplicable a la zona de estudio.

Selección de información: Se realizará una investigación bibliográfica y documental, en la cual la información colectada se obtendrá de diferentes sitios web, artículos científicos, manuales de restauración forestal y guías de restauración ecológica. Dicha información servirá para el planteamiento de medidas para la recuperación de espacios degradados con un enfoque en las cuencas hidrográficas.

3.1.1.2.2 *Caracterización de la cobertura vegetal del área de estudio mediante el uso del software SIG QGIS.*

Selección de imagen satelital: Se realizará la búsqueda y descarga de una imagen satelital Landsat 7 teniendo como criterios, menor porcentaje de nubosidad y que represente el estado actual de la zona de estudio. Se obtendrá del servidor Earth Explorer de El Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). La imagen contiene metadatos, permitiéndonos utilizar esta información en el cálculo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (ver Tabla 1).

Tabla 1. Distribución de bandas de satélite Landsat 7

Banda	Satélite Landsat 7	
	Ancho (μm)	Resolución (m)
Banda 1 Coastal	0.43 - 0.45	30
Banda 2 Blue	0.45 - 0.51	30
Banda 3 Green	0.53 - 0.59	30
Banda 4 Red	0.64 - 0.67	30
Banda 5 NIR	0.85 - 0.88	30
Banda 6 SWIR1	1.57 - 1.65	30
Banda 7 SWIR2	2.11 - 2.29	30
Banda 8 Pan	0.50 - 0.68	15

Montoya, 2016

Definición de área de estudio: La cuenca hidrográfica del río Jubones comprende un territorio de 436.170 hectáreas, con rangos de altura que están comprendidos entre los 0 msnm y los 4000 msnm (Escaleras, 2012). Está ubicada entre las siguientes coordenadas presentadas (ver Tabla 2).

Tabla 2. Coordenadas cuenca hidrográfica río Jubones

Coordenadas UTM 17S		
Punto	Norte	Este
1	9690000	720000
2	9570000	720000
3	9570000	620000
4	9690000	620000

Cayambe y Simancas, 2020

La cuenca hidrográfica se va a delimitar con la ayuda de herramientas del software SIG QGIS y de un archivo en formato vectorial que represente las isoyetas de la zona, lo cual permitirá conocer la cuenca alta en la que se pretende establecer el estudio de cobertura vegetal y el planteamiento de medidas de recuperación de espacios.

Las isoyetas son líneas que unen puntos que presentan la misma pendiente en un mismo plano cartográfico, en este caso serían las elevaciones de la cuenca hidrográfica lo cual sirve para delimitar la cuenca alta.

Cálculo del Índice de Diferencia de Vegetación Normalizado (NDVI): Es el índice preferido para el seguimiento global de la vegetación, ya que ayuda a compensar cambios en las condiciones de iluminación, la pendiente de la superficie sobre la cual se asientan las plantas, exposiciones y otros factores externos, se utiliza a menudo para la vigilancia de sequías, pérdida de producción y seguimientos agrícolas, así como para ayudar a predecir zonas de incendios y áreas en proceso de desertificación (Earth Observing System, 2020).

Este índice define valores de -1.0 a 1.0, donde los valores negativos están formados principalmente por nubes, agua y nieve, y los valores negativos cercanos a cero están formados principalmente por rocas y suelo descubierto (Earth Observing System, 2020) (ver Tabla 3).

La valorización del NDVI en el presente proyecto se representará de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 3. Valores del NDVI

Descripción	Valores	Representación	Clases
Pequeño	-1 a -0,32	Agua	Agua
Pequeño	≤ 0,1	Áreas sin rocas, arena o nieve	Suelo expuesto
Moderado	0,2 - 0,3	Arbustos y praderas	Vegetación poco densa
Grande	0,6 – 0,8	Bosques templados y tropicales	Vegetación densa

Earth Observing System , 2020

El NDVI se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Dónde:

NIR: Espectroscopía de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano

RED: Espectroscopía de Reflectancia de la parte Roja Visible

Según esta fórmula, la densidad de la vegetación (NDVI) en un punto determinado de la imagen es igual a la diferencia en las intensidades de la luz reflejada en el rango rojo e infrarrojo dividido por la suma de estas intensidades. Las bandas que se utilizarán para realizar este índice en la imagen Landsat 7 serían, la banda 5 NIR y la banda 4 RED que se pueden apreciar en la tabla 2 (Ver Tabla 1).

3.1.1.2.3 Identificación de zonas estratégicas para dirigir los mecanismos de recuperación de espacios.

Se identificarán las zonas estratégicas o zonas en donde hay poca presencia de cobertura vegetal con la ayuda de mapas generados con la caracterización de la cobertura vegetal de la zona de estudio. Estos mapas nos permitirán precisar las zonas con casi nada o poca de cobertura vegetal y así poder dirigir las

medidas de recuperación de espacios a estas zonas que serían las áreas con más prioridad para su recuperación.

Estas zonas se presentarán en un mapa generado donde se detallen de forma gráfica dichas áreas y a una escala óptima para estudios estratégicos.

La escala del mapa se define como la relación de proporcionalidad que existe entre una distancia medida en el terreno y su correspondiente medida en el mapa. Los usos para los cuales está designado un mapa, determinan directamente la escala del mismo, puesto que la escala determina la cantidad de detalle que debe mostrarse (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2016).

Las escalas empleadas para el planeamiento general y estudios estratégicos recomendables son: 1:100.000, 1:200.000, 1:250.000, 1:300.000, 1:500.000, 1:1' 000.000, 1:1' 500.000.

3.1.1.2.4 Análisis de la gestión actual de la cuenca hidrográfica.

El análisis de la gestión actual de la cuenca se realizará basados en la regulación de la gestión ambiental del país y una matriz de conformidad en la cual los criterios que se tomaran son: conformidad, no conformidad menor y no conformidad mayor los cuales son presentados en la Tabla (ver Tabla 4)

Tabla 4. Criterios de matriz de conformidad

Calificación	Símbolo	Criterio
Conformidad	C	Cuando los medios de verificación analizados cumplen totalmente con el alcance de la actividad.
No Conformidad Menor	Nc-	Cuando los medios de verificación analizados cumplen parcialmente con el alcance de la actividad.
No Conformidad Mayor	Nc+	Cuando los medios de verificación analizados incumplen con el alcance de la actividad.

Páez et al., 2019

Para el desarrollo de esta matriz se utilizará una tabla en la cual se establecerán los parámetros de: Numeral, norma, condición y observaciones los cuales servirán para el análisis de la gestión actual de la cuenca (ver anexo, Tabla 15).

3.1.1.2.5 Formulación de mecanismos para la recuperación de espacios degradados.

Las formulaciones de las medidas se presentarán en forma de plan de manejo en donde los mecanismos serán aquellos que se consideren de gran relevancia para la cuenca, enfocados en el buen manejo de la misma (ver anexo, Tabla 16).

Finalmente, para la presentación de los programas del plan de manejo se utilizará una tabla en donde se detallará y describirá cada programa (ver anexo, Tabla 17).

3.1.1.2.6 Diagrama de flujo del proyecto

Se iniciará el estudio con la búsqueda de archivos de tipo vectorial, luego se buscará la imagen satelital Landsat 7 con un porcentaje mínimo de nubosidad y lo más actual posible. Posterior, se delimitará el área de estudio, que será la cuenca alta y, de esta manera se cumpliría el primer objetivo.

A continuación, en el objetivo dos se procede al procesamiento de los archivos geográficos y la imagen satelital para la obtención del Índice de Diferencia de Vegetación Normalizado (NDVI). Luego se realizará la caracterización de la cobertura vegetal de la cuenca.

En el objetivo tres se generarán los mapas temáticos de cobertura vegetal y uso del suelo y se establecerán las zonas estratégicas a las cuales irán dirigidas las medidas de recuperación de espacios.

En el objetivo se analizará la gestión actual de la cuenca con la ayuda de la regulación de gestión ambiental del país y con una matriz de conformidad. Para el quinto objetivo se plantearán las medidas de recuperación de espacios y se las presentara en forma de plan de manejo con cada programa. Finalmente se realizará el apartado de discusión basado en el estado del arte, conclusiones y recomendaciones.

3.5.1 Análisis estadístico.

El análisis estadístico de este proyecto se realizará mediante estadística descriptiva.

La estadística descriptiva es un conjunto de técnicas numéricas y gráficas para describir y analizar un grupo de datos, sin extraer conclusiones sobre la población a la que pertenecen (Beatriz, 2013).

3.1.2.1 Medidas de tendencia central.

Las medidas de tendencia central son parámetros estadísticos que informan sobre el centro de la distribución de la muestra o población estadística (López , 2019). Se utilizarán estas mediadas para la representación de los datos recopilados, reconocimiento de especies predominantes en la cuenca y para saber cuáles son los tipos de suelo más frecuentes en la cuenca alta.

- **Media:** Es el valor promedio de un conjunto de datos numéricos, calculada como la suma del conjunto de valores dividida entre el número total de valores (López J. , 2019). Esta medida se empleará para representar los datos obtenidos en la recopilación de información sobre recuperación de espacio. Su fórmula es:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 \dots + x_i}{N}$$

- **Mediana:** Es un estadístico de posición central que parte la distribución en dos, es decir, deja la misma cantidad de valores a un lado que a otro (López J. , 2019). La mediana se utilizará para la representación de las especies predominantes en la cuenca del río Jubones. Las fórmulas que indican la posición de la mediana en la serie son las siguientes:

Cuando el número de observaciones es par:

$$\text{Mediana} = (n+1) / 2 \rightarrow \text{Media de las posiciones observaciones}$$

Cuando el número de observación es impar:

$$\text{Mediana} = (n+1) / 2 \rightarrow \text{Valor de la observación}$$

- **Moda:** Es el valor que más se repite en una muestra estadística o población. No tiene fórmula en sí mismo. Lo que habría que realizar es la suma de las repeticiones de cada valor (López J. , 2019). La moda la utilizaremos al momento de ver cuáles son los tipos de suelo más frecuentes en la caracterización de la cobertura vegetal.

3.1.2.2 Diagramas.

Son representaciones gráficas que sirven para simplificar la comunicación de la información, existen diferentes tipos de diagramas que se aplican según la necesidad comunicacional o el objetivo del estudio (Raffino, 2015). En el presente proyecto se utilizará los siguientes diagramas: Histogramas, diagramas de barras y diagramas de pastel los cuales nos ayudarán a representar de forma gráfica los valores de nuestras variables.

4. Resultados

4.1 Levantamiento de línea base mediante investigación documental sobre recuperación de espacios degradados aplicable a la zona de estudio, información geográfica, descarga de imagen satelital, que representen la realidad del área de interés.

4.1.1 Selección de información

Se realizó una selección de información buscando los aspectos principales de la cuenca del río Jubones.

4.1.1.1 Bosques Protectores en la cuenca del Jubones

La cuenca del río Jubones presenta una superficie aproximada de 436.170,5 Ha., y contiene dos Bosques Protectores legalmente, el Bosque Protector Jeco y el Bosque Protector Casacay reconocidos ante el Sistema Nacional de Bosques Protectores. (ver Anexo, Figura 9)

El Bosque Protector Jeco contiene una superficie aproximada de 2.338,11 Ha. Políticamente se encuentra en la Provincia del Azuay, Cantón San Fernando (1.624. 36 Ha. correspondiendo al 69,47% del área), Cantón Santa Isabel (569,99 Ha. corresponde al 24,38% del área) y Cantón Girón (143.76 Ha. que corresponde al 6,15% del área) (Fajardo, 2010).

El Bosque Protector Jeco se ubica en la cuenca alta del Jubones, entre las subcuenca del río Rircay en su mayor parte, y en la Subcuenca del río San Francisco.

Por otro lado, el Bosque Protector Casacay presenta una superficie aproximada de 12.772,51 Ha, se encuentra en la Provincia del Oro cantones Chilla (10.615,82 Ha que equivale al 83,11 % del área), y en el cantón Pasaje (2.135,75 Ha que

corresponde al 16,89 % del área). Actualmente el Bosque protector, que coincide en su mayor parte con la subcuenca del río Casacay (Fajardo, 2010).

4.1.1.2 Topografía

La cuenca hidrográfica del Jubones está emplazada en una gran extensión territorial, mismo que contiene una gradiente altitudinal amplia entre 4.120 a 0 m s.n.m., por lo cual su régimen de precipitaciones es muy variado en intensidad y duración, teniendo promedios máximos anuales de 1.750 – 2.000 mm (Fons València Per La Solidaritat, 2006).

4.1.1.3 Saturación

En lo relacionado a saturación, la jerarquía más alta del índice de potencial cubre una superficie de 91.768,64 Ha. (23,07%)”, localizada principalmente en la zona baja de la cuenca, y en las zonas de acumulación de los cursos hídricos, el Umbral de Saturación cubre el 4,24 % (16.881,65 Ha.) de la superficie de la cuenca, se localiza en las inmediaciones de la zona baja de la cuenca (Fajardo, 2010).

El 73.22 % de la cuenca no presenta problemas de saturación o posibles inundaciones debido a que manifiesta un buen drenaje natural por su superficie irregular (Fajardo, 2010).

4.1.1.4 Temperatura

Existe rangos de temperatura o Isotermas que van desde: 2 -4° C; 4 – 6° C; 6 – 8° C; 8 – 10° C; 10 – 12° C; 12 – 14° C; 14 – 16° C; 16 – 18° C; 18 – 20° C; 20 – 22° C; 22 – 24° C; 24 – 26° C. Este amplio rango de temperatura radica en su igualmente amplia gradiente altitudinal, puesto que la cuenca va desde 4.120 m.s.n.m. (Ecosistema páramo) hasta los 0 m.s.n.m (Manglares). Realizando un

promedio de temperaturas entre las isotermas, se obtiene una temperatura promedio de la cuenca de 14° C (Fons Valencià Per La Solidaritat, 2006).

4.1.1.5 Clima

El comportamiento del clima es muy importante, puesto que incide prácticamente sobre todas las actividades económicas. De ahí que, con el paso del tiempo definitivamente es el clima el que determina la vegetación natural; el clima también permite una adecuada planificación de la agricultura y administración social de los recursos hídricos (Fajardo, 2010).

En la cuenca del río Jubones se presentan ocho tipos de clima que son: Nival, ecuatorial de alta montaña, ecuatorial mesotérmico semi-húmedo, ecuatorial mesotérmico seco, tropical megatérmico semi-húmedo, tropical megatérmico seco, tropical megatérmico semiárido (Fons Valencià Per La Solidaritat, 2006).

4.1.1.6 Composición del suelo

El suelo se compone por agregados de minerales no consolidados y de partículas orgánicas producidas por la acción combinada del viento, el agua y los procesos de desintegración orgánica (Fajardo, 2010).

Por otro lado se tiene la composición química y la estructura física del suelo que en un lugar dado están determinadas por el tipo de material geológico del que se origina, por la cubierta vegetal, por la cantidad de tiempo en que ha actuado la meteorización, por la topografía y por los cambios artificiales resultantes de las actividades humanas (Fajardo, 2010).

Las variaciones del suelo son graduales, excepto las derivadas de desastres naturales. Sin embargo, el cultivo de la tierra priva al suelo de su cubierta vegetal y de mucha de su protección contra la erosión del agua y del viento, por lo que estos cambios pueden ser más rápidos (Fajardo, 2010).

El páramo tiene un potencial importante de retenedores naturales de agua, sin embargo, en su mayoría están descuidados, quemados, con siembra de especies exóticas, sirviendo para pastoreo, a esto se suma una serie de concesiones mineras. Destacándose en la zona de estudio el bosque natural y el páramo con porcentajes muy altos del resto de usos de suelo. (ver anexo, Figura 10)

4.1.1.7 Especies potenciales para reforestación

Para fines de conservación es fundamental que se protejan los bosques, ya que cada uno puede representar distintos elementos de la biodiversidad regional. Los bosques son recursos importantes para la reforestación por tener una diversidad de especies, en lugar de lo que se realiza actualmente, usar especies que nunca estuvieron en nuestro paisaje (Caranqui, 2017).

Se presenta un listado de especies aptas para reforestación de acuerdo a la altitud de la zona. (ver Anexo, Figura 11)

A continuación, se presenta una tabla donde recolectamos los aspectos fundamentales de la cuenca hidrográfica en donde se detalla cada uno de los aspectos y su descripción para una mejor apreciación.

Tabla 5. Aspectos importantes

Aspectos	Descripción
Hectáreas cuenca alta	173.317 ha
Hectáreas de vegetación	171.139 ha
Hectáreas sin vegetación	668,89 ha
Hectáreas de Bosque	104,25 ha
Precipitación promedio anual	1.750 – 2.000 mm
Temperatura promedio	14°C
Porcentaje de saturación	4,24%

Cayambe y Simancas, 2020

4.2 Caracterización de la cobertura vegetal del área de estudio mediante un software SIG libre, con el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).

4.2.1 Selección de imagen satelital

La imagen satelital se descargó desde la plataforma del Servicio Geológico de los Estados Unidos o USGS que es la plataforma web de exploración de tierra la cual nos permite descargar imágenes satelitales de diferentes satélites, solo tenemos que registrarnos de forma gratuita y llenar los parámetros de búsqueda que entre los más relevantes son lugar, fecha, satélite y % de nubosidad. (ver Anexo, Figura 12)

La imagen que se descargó y con la cual se trabajó en el proyecto es una imagen Landsat 7 correspondiente al 1 de agosto del 2019, la imagen muestra un % de nubosidad muy bajo en el área de estudio que es la cuenca alta del río Jubones.

4.2.2 Definición de área de estudio

Para definir el área de estudio lo primero que se hizo fue georreferenciar la cuenca hidrográfica del río Jubones a partir del mapa Red Hidrográfica cuenca y subcuenca Unidad Hidrogeológica de Machala. (ver Anexo, Figura 13)

Se creó un shapefile de forma polígono en donde se delimita el área de la cuenca hidrográfica con la ayuda de la imagen de referencia.



Figura 1. Polígono del área de la cuenca Cayambe y Simancas, 2020

A continuación, agregamos las curvas de nivel obtenidas desde la plataforma de SIG tierras y con la ayuda de herramientas de recorte se extrae solo las curvas de nivel que pasan por el área de la cuenca del río Jubones teniendo un rango que van desde los 0 m.s.n.m. a los 4.100 m.s.n.m. debido a que la cuenca hidrográfica abarca tres provincias y va desde los ecosistemas de manglar hasta los páramos en la sierra sur del Ecuador.

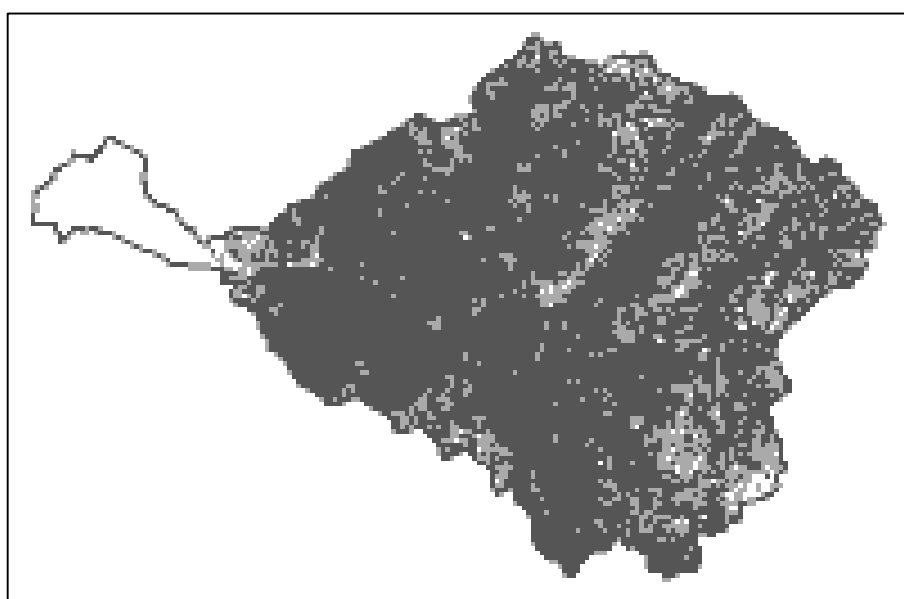


Figura 2. Curvas de nivel de la cuenca del río Jubones Cayambe y Simancas, 2020

Siguiendo con la delimitación del área de estudio se separó la cuenca alta con la ayuda de las curvas de nivel, con un simple cálculo dividimos las curvas de nivel en tres partes quedándonos como la parte alta de la cuenca a partir de la cota 2.750 hasta la cota 4.100 con este criterio se eliminó las cotas que no se encuentran dentro de estos límites y el restante de cotas pertenecerían a la cuenca alta del río Jubones.

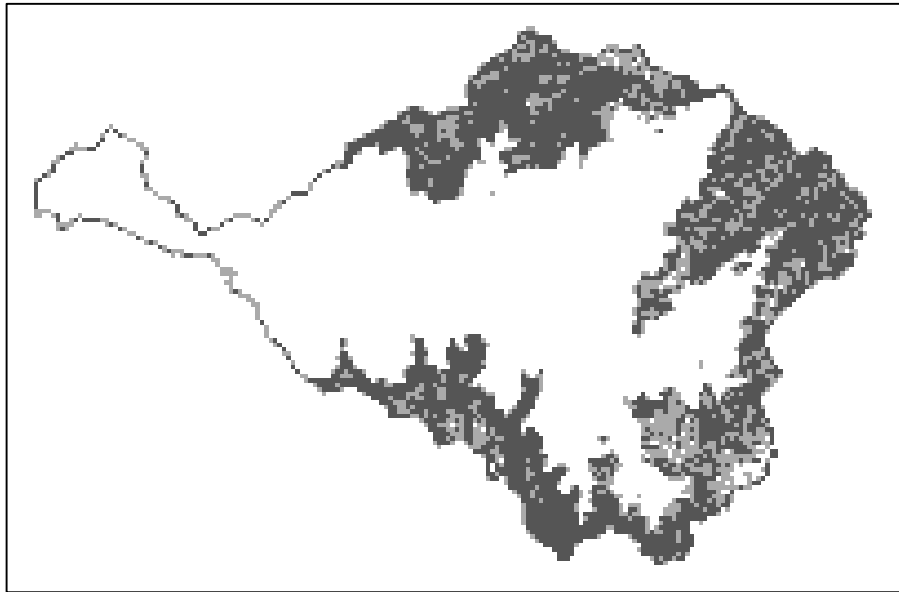


Figura 3. Curvas de nivel de la cuenca alta
Cayambe y Simancas, 2020

Por último para terminar con la delimitación de nuestra área de estudio la cota más baja de la cuenca alta que es la 2.750 se unió a nuestro polígono de la cuenca con la ayuda de la herramienta de conversión a polígono y nos queda un solo polígono que es nuestra área de estudio.

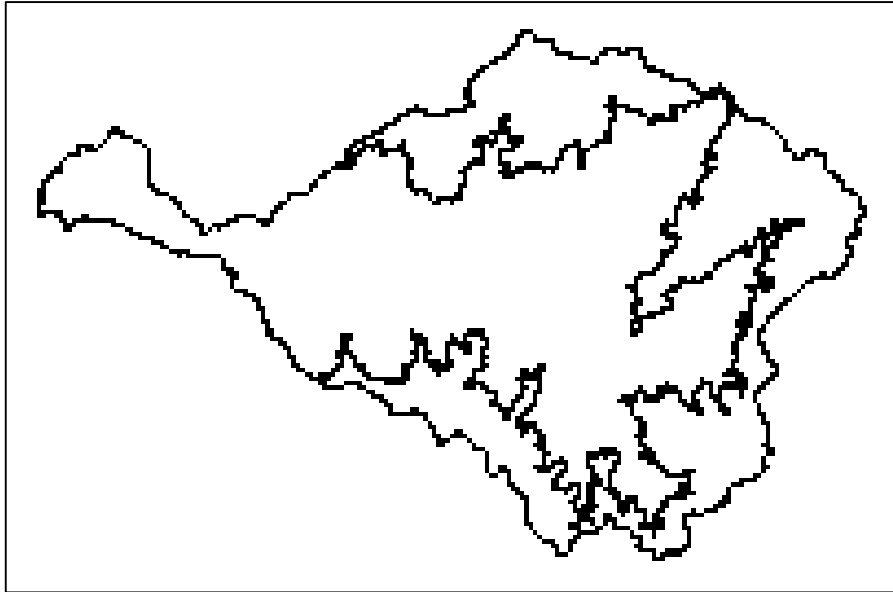


Figura 4. Polígono del área de estudio
Cayambe y Simancas, 2020

4.2.3 Cálculo del Índice de Diferencia de Vegetación Normalizado (NDVI)

Para el cálculo de la distribución espacial del NDVI en el área de estudio se utilizó una imagen Landsat 7 correspondiente al 1 de agosto del 2019 con un % de nubosidad mínimo descargada desde la plataforma USGS, a partir de esa imagen utilizamos las bandas 4(RED) y 5(NIR), se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Obteniendo como resultados valores que van desde el -0,78 hasta el 0,89, valores que se encuentran dentro del rango del NDVI, encontrándonos con áreas en donde hay poca vegetación y áreas en donde la vegetación o cobertura vegetal si es considerable.

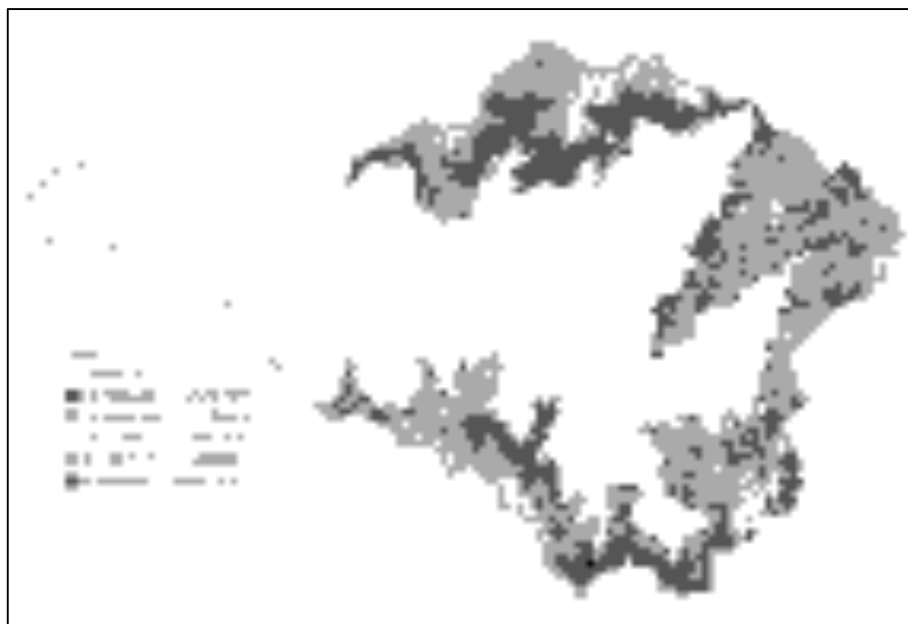


Figura 5. NDVI cuenca alta del río Jubones
Cayambe y Simancas, 2020

En la Tabla 6 encontramos la estadística descriptiva del NDVI teniendo como valor mínimo -0,78, como valor máximo 0,89, como promedio o media 0,57 y como desviación estándar un valor de 0,12, a su vez también podemos observar las hectáreas de vegetación en la cuenca alta del río Jubones que son 171.139ha y su porcentaje que es 98,70% en torno al área de la cuenca alta.

Tabla 6. Estadística descriptiva del NDVI

Año	NDVI					
	Hectáreas Vegetación	Porcentaje %	Mínimo	Maximo	Promedio	Desviación Estándar
2019	171.139	98,70%	-0,78	0,89	0,57	0,12

Cayambe y Simancas, 2020

4.3 Identificación de zonas estratégicas mediante mapas generados a partir de la caracterización de la cobertura vegetal, para dirigir los mecanismos de recuperación de espacios.

Para la identificación de las zonas estratégicas a las cuales serán dirigidos los mecanismos de recuperación de espacios, se realizó un mapa de cobertura

vegetal a partir del NDVI generado en el área de estudio en donde se detalla la cobertura vegetal del área de estudio de acuerdo a los criterios expuestos en la Tabla 3. (ver Anexo, Figura 14)

A partir de este mapa de cobertura vegetal se establecieron las áreas a las que serán dirigidas los mecanismos de recuperación de espacios que representan áreas con poca o casi nada vegetación y que su recuperación es de gran importancia para el resto de la cuenca hidrográfica.

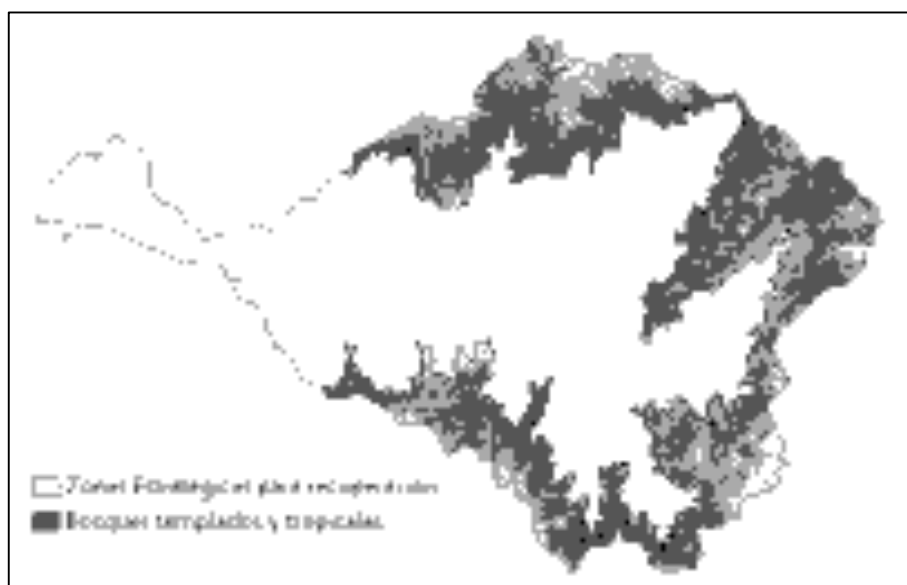


Figura 6. Zonas Estratégicas para recuperación Cayambe y Simancas, 2020

Teniendo como resultado que el área total de la cuenca alta es de 173.317 ha de estas hectáreas las áreas con vegetación corresponde a 171.139 ha y dentro de esta vegetación encontramos las áreas estratégicas para recuperación de espacios que corresponden 39,08% y así mismo encontramos bosques templados y tropicales que corresponden al 60,92% del área con vegetación en la cuenca alta, de acuerdo a estos datos vemos que si hay un porcentaje considerable de esta área en la que la vegetación es poca o casi nada y necesitan una intervención para la recuperación de estas áreas que favorecen de gran manera a toda la cuenca hidrográfica del río Jubones.

Tabla 7. Estadística en hectáreas de la cuenca alta

Cuenca Alta Río Jubones					
Hectáreas	Hectáreas de vegetación	Hectáreas Zonas Estratégicas	Porcentaje	Hectáreas Bosques	Porcentaje
173.317	171.139	668,89	39,08%	104,25	60,92%

Cayambe y Simancas, 2020

Se realizó una verificación en campo donde se recorrió parte de la cuenca alta y cuenca media del río Jubones donde se constató el problema de falta de cobertura vegetal. (ver Anexo, Figura 15, Figura 16)

4.4 Analisis de la gestión actual de la cuenca hidrográfica mediante regulación de gestión ambiental y matriz de conformidad.

Para el analisis de la gestión de la cuenca hidrográfica del río Jubones se utilizó la legislación que regula este sector y con la experiencia de la formación recibida hemos tomado en cuenta y creído más importante los criterios de regulación mostrados en la siguiente tabla y así mismo la observación y condición basada en nuestra formación académica.

Tabla 8. Matriz de conformidad

Numeral	Norma o regulación	Condición	Observaciones
1	Constitución Política de la República del Ecuador.		
Art 14	Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, <i>sumak kawsay</i> .	C	En términos generales este criterio de verificación se cumple porque es base en los gobiernos autónomos.
Art. 73	El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.	Nc-	Este criterio se cumple parcialmente debido a que de acuerdo al analisis de cobertura vegetal realizado encontramos espacios destruidos dentro de la cuenca alta del río Jubones
Art 263	Los gobiernos provinciales tendrán las siguientes competencias exclusivas, sin perjuicio de las otras que determine la ley: 1) Planificar el desarrollo provincial y formular los correspondientes planes de ordenamiento territorial, de manera articulada con la planificación nacional, regional, cantonal y parroquial.	Nc-	Este criterio se cumple parcialmente debido a que existen planes de ordenamiento a nivel de provincias, pero no existe un plan de ordenamiento que abarque la cuenca hidrográfica.

2	Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización.		
Art 32	Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado regional. - Los gobiernos autónomos descentralizados regionales tendrán las siguientes competencias exclusivas, sin perjuicio de otras que se determinen; b) Gestionar el ordenamiento de cuencas hidrográficas y propiciar la creación de consejos de cuencas hidrográficas, de acuerdo con la ley	Nc+	Este criterio no se cumple porque no existe un plan de ordenamiento de la cuenca hidrográfica del río Jubones de forma específica.
3	Código Orgánico del Ambiente		
Art. 5	2. El manejo sostenible de los ecosistemas, con especial atención a los ecosistemas frágiles y amenazados tales como páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales y secos y húmedos, manglares y ecosistemas marinos y marinos-costeros.	Nc-	Este criterio se cumple parcialmente debido a que si existe por lo menos el compromiso de algunos gobiernos autónomos el manejo sostenible pero no se da en toda la cuenca hidrográfica
Art. 5	4. La conservación, preservación y recuperación de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico	Nc+	Este criterio no se cumple debido a que no existen planes de recuperación por parte de los gobiernos autónomos.
Art. 28	1. Elaborar planes, programas y proyectos para la protección, manejo, restauración, fomento, investigación, industrialización y comercialización del recurso forestal y vida silvestre	Nc-	Este criterio se cumple parcialmente porque si existe restauración de espacios degradados en algunos sectores, pero no en toda la cuenca.
Art. 28	2. Efectuar forestación y reforestación de plantaciones forestales con fines de conservación;	Nc-	Este criterio se cumple parcialmente porque si existe reforestación en algunos sectores, pero no en toda la cuenca.
Art. 28	5. Promover la educación ambiental, organización y vigilancia ciudadana de los derechos ambientales y de la naturaleza	Nc-	Este criterio se cumple parcialmente porque si se promueve la educación ambiental pero no en todos los sectores de la cuenca.
4	Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre		
Art. 6	Se consideran bosques y vegetación protectores aquellas formaciones vegetales, naturales o cultivadas, que cumplan con uno o más de los siguientes requisitos: b) Estar situados en áreas que permitan controlar fenómenos pluviales torrenciales o la preservación de cuencas hidrográficas, especialmente en las zonas de escasa precipitación pluvial. c) Ocupar cejas de montaña o áreas contiguas a las fuentes, corrientes o depósitos de agua.	C	Este criterio si se cumple por que la cuenca hidrográfica del río Jubones cumple con estos requisitos para considera sus bosques y vegetación como protegidas
Art. 14	La forestación y reforestación previstas en el presente capítulo deberán someterse al siguiente orden de prioridades: a) En cuencas de alimentación de manantiales, corrientes y fuentes de abastezcan de agua	Nc-	Este criterio se cumple parcialmente porque la cuenca cumple con los requisitos para la forestación y reforestación, pero no se da en todos los sectores de la cuenca.

Art. 78	Si la tala quema o acción destructiva, se efectuare en lugar de vegetación escasa o de ecosistemas altamente lesionados, tales como manglares y otros determinados en la Ley y reglamentos; o si ésta altera el régimen climático, provoca erosión, o propensión a desastres, se sancionará con una multa equivalente al cien por ciento del valor de la restauración del área talada o destruida.	Nc+	Este criterio no se cumple debido a que no existe la sanción correspondiente a esta falta dentro de esta área
Total		12 ítems	12 observaciones

Cayambe y Simancas, 2020

Los resultados de la matriz de conformidad basada en la legislación que regula este sector de estudio se presenta a continuación en la siguiente tabla especificando el grado, abreviatura, actividades y el porcentaje.

Tabla 9. Resultados de la matriz de conformidad

Grado	Abreviatura	Actividades	Porcentaje
Conformidad	C	2	17%
No Conformidad Menor	Nc-	7	58%
No Conformidad Mayor	Nc+	3	25%
Total		12	100%

Cayambe y Simancas, 2020

4.5 Plan de manejo donde se formula mecanismos para la recuperación de espacios degradados mediante los resultados del estudio.

El plan de manejo realizado establece programas que van desde la participación conjunta hasta la recuperación de espacios degradados en la cuenca alta del río Jubones, teniendo en cuenta como aspectos importantes la educación ambiental y la sustentabilidad de la cuenca alta.

4.5.1 Antecedentes

En el marco de los derechos el estado ecuatoriano en la Constitución de la Republica reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir de los ecuatorianos.

Así mismo toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza cuyos principios se establecen en la Constitución de la República.

En el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización establece la competencia a los gobiernos autónomos descentralizados de gestionar el ordenamiento de cuencas hidrográficas y de la creación de consejos de cuencas hidrográficas.

Dentro de las facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados dictadas por el Código Orgánico Ambiental se establece efectuar forestación y reforestación de plantaciones forestales con fines de conservación, promover la educación ambiental, organización y vigilancia ciudadana de los derechos ambientales y de la naturaleza, establecer y ejecutar sanciones por infracciones ambientales dentro de sus respectivas competencias.

De acuerdo a lo dictado en la Ley Forestal y de Conservación de Áreas y Vida Silvestre, en cuencas de alimentación de manantiales, corrientes y fuentes de abastecimiento de agua se dará prioridad para la forestación y reforestación.

4.5.2 Objetivos

En concordancia con las políticas nacionales de conservación y recuperación de espacios degradados el presente plan de manejo tiene como objetivo general impulsar el manejo ambiental de la cuenca alta del río Jubones para proponer los mecanismos necesarios para la sostenibilidad y recuperación de las áreas degradadas.

Cada programa realizado contiene un objetivo planteado el mismo que se logra a partir de las actividades propuestas.

Para el programa 1 se planteó como objetivo concientizar y lograr la participación de todos los actores dentro de la cuenca alta del río Jubones, en el programa 2 se planteó como objetivo la conservación de la cobertura vegetal de la cuenca alta del río Jubones, para el programa 3 se planteó como objetivo la preservación del recurso suelo en la cuenca alta del río Jubones, en el programa 4 se planteó como objetivo recuperación de espacios afectados por la tala o degradados por causas naturales en la cuenca alta del río Jubones y por último en el programa 5 se planteó como objetivo lograr la sustentabilidad de la cuenca alta del río Jubones.

4.5.3 Alcance

Dentro del alcance de plan de manejo esta la concientización y participación de todos los actores involucrados dentro de la cuenca alta del río Jubones para lograr la recuperación de los espacios degradados y la sustentabilidad de la cuenca hidrográfica.

4.5.4 Localización y caracterización

El área de influencia del plan de manejo comprende la cuenca alta del río Jubones que se encuentra dentro de la provincia de Azuay y la provincia de Loja comprende una extensión de 173.317 ha y su topografía va desde los 2750 m.s.n.m. a los 4100 m.s.n.m. tiene un área de vegetación de 171.139 ha.

Es una zona donde las pendientes son muy pronunciadas, encontramos localidades o poblaciones, áreas para la agricultura y la ganadería y su zona con poca o casi nada cobertura vegetal corresponde al 39,08% de la cuenca alta.

La cuenca alta presenta buenas alternativas para un desarrollo sustentable que se deben aprovechar para manejar de buena manera los recursos naturales que nos ofrece y así llegar a la sustentabilidad y sostenibilidad de la cuenca.

4.5.5 Estrategias

Para cumplir con el objetivo del plan se estableció los siguientes lineamientos estratégicos.

- Comunicación y participación vertical
- Educación ambiental
- Conservación y recuperación del recurso suelo
- Implementación de técnicas para una agricultura sustentable
- Implementación de estrategias de regulación y control
- Conservación, forestación y reforestación de bosques
- Técnicas de recarga de agua en el subsuelo y de almacenamiento de agua superficial sustentables.

4.5.6 Estructura general

Con estos lineamientos estratégicos formulados se ha realizado el plan de manejo que atiende las principales problemáticas identificadas.

Dentro de este plan de manejo se realizó cinco programas y cada uno de los programas con sus respectivas actividades, los programas son:

- Programa de Comunicación, educación, concienciación y participación
- Programa de conservación de la cobertura vegetal
- Programa de remediación, mitigación y preservación del recurso suelo
- Programa de recuperación de espacios degradados
- Programa de sustentabilidad de la cuenca alta del río Jubones

Los conjuntos de programas propuesto tienen aplicaciones a corto y mediano plazo enfocados en la conservación y sustentabilidad, que desarrollándose de una forma correcta nos van a permitir cumplir con el objetivo propuesto.

4.5.7 Mecanismos operativos

El plan requiere la participación de la mayoría de las instituciones y entidades que se encuentra actuando o tienen competencia dentro del área de la cuenca alta del río Jubones y fundamentalmente de las comunidades o poblaciones beneficiadas.

Para la ejecución del plan se debe contar con un comité formado por las instituciones gubernamentales con competencia dentro del área y así mismo con representantes de las comunidades beneficiadas, cada uno de los programas contara con un comité de coordinación, agrupando a los representantes de los grupos antes señalados.

4.5.8 Impactos Ambientales

El plan de manejo se ha diseñado específicamente para mejorar la situación ambiental en la cuenca alta del río Jubones y así mejorar la calidad de vida de la población que se encuentra directamente involucrada con la cuenca del río Jubones.

Se ha dado énfasis en la protección de las áreas naturales considerando la gran importancia de los ecosistemas y especies naturales existentes, la recuperación de espacios degradados y buscando la sustentabilidad de la cueca alta.

También se realizarán esfuerzos de organización, capacitación, educación e investigación ambiental que permitirán crear una conciencia y responsabilidad con la naturaleza que modifique permanentemente la actitud de la población, consiguiendo un manejo apropiado de los recursos naturales que nos ofrece la cuenca alta del río Jubones y así poder alcanzar un desarrollo sustentable y sostenible en la cuenca hidrográfica.

4.5.9 Programas

Se presentan los programas propuestos para el plan de manejo cada uno con sus respectivas actividades a realizar para lograr el objetivo planteado en el plan de manejo.

Tabla 10. Programa 1 Plan de manejo

Programa N° 1		P 1
Programa de Comunicación, educación, concienciación y participación		
Objetivo: Concientizar y lograr la participación de todos los actores dentro de la cuenca alta del río Jubones		
Posibles impactos negativos mitigados: Falta de conocimiento y de participación por parte de los actores principales dentro de la cuenca alta del río Jubones		
Responsable: GADs Provinciales, Cantonales y Parroquiales		
Actividad N° 1 Comunicación y participación verticales		P1 – A1
Procedimiento: Proponer reuniones participativas en las cuales participen desde las autoridades provinciales hasta los moradores de comunidades en donde se establezcan las problemáticas directas que afectan a la cuenca alta del río Jubones. Generar la concienciación y la participación por parte de todos los actores involucrados en donde se comprometan a un mejor manejo de la cuenca alta del río Jubones.		
Actividad N° 2 Educación ambiental		P1 – A2
Procedimiento: Impartir conciencia ambiental, conocimientos ecológicos, actitudes y valores hacia el medio ambiente para generar un compromiso de acciones y responsabilidad dirigido a niños y adultos actores dentro de la cuenca alta del río Jubones.		
Recursos: Designación de costos de financiamiento.		
Normativa de referencia: Código Orgánico Ambiental		
Indicadores verificables: Conocimiento ambiental en la población de la cuenca alta del río Jubones.		
Resultados esperados: Participación vertical entre autoridades y población. Compromiso de acciones y responsabilidad ambiental con la cuenca alta del río Jubones.		

Cayambe y Simancas, 2020

Tabla 11. Programa 2 Plan de manejo

Programa N° 2 Programa de conservación de la cobertura vegetal	P 2
Objetivo: Conservación de la cobertura vegetal de la cuenca alta del río Jubones	
Posibles impactos negativos mitigados: Degradación de los suelos, pérdida de cobertura vegetal.	
Responsable: GADs Provinciales, Cantonales y Parroquiales	
Actividad N° 1 Conservación del suelo	P2 – A1
<p>Procedimiento: Capacitación a la población sobre la conservación de la cobertura vegetal y los beneficios de esta para la cuenca alta del río Jubones.</p> <p>Plantear medidas de protección del suelo amparadas en leyes vigentes de conservación de suelos.</p> <p>Regular las actividades agrícolas y sus efectos en la cuenca alta del río Jubones.</p> <p>Sancionar por incumplimiento o malas prácticas que afecten a los suelos de la cuenca alta del río Jubones.</p>	
Actividad N° 2 Implementar técnicas de cultivos, cubierta y abono verde	P2 – A2
<p>Procedimiento: Capacitar a la población acerca de los cultivos, cubiertas y abono verde y su beneficio para los suelos.</p> <p>Implementar técnicas que aborden el buen uso del suelo en los cultivos que se encuentren dentro de la cuenca alta del río Jubones.</p> <p>Controlar la aplicación de las técnicas anteriormente sugeridas y implementadas.</p>	
Recursos: Designación de costos de financiamiento.	
Normativa de referencia: Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre	
Indicadores verificables: Monitoreo de actividades de producción dentro de la cuenca alta del río Jubones, monitoreo de técnicas ambientales aplicadas.	
<p>Resultados esperados: Conservación de la cobertura vegetal. Aplicación de técnicas sustentables para garantizar el buen estado del suelo.</p>	

Cayambe y Simancas, 2020

Tabla 12. Programa 3 Plan de manejo

Programa N° 3	
Programa de remediación mitigación y preservación del recurso suelo	P 3
Objetivo: Preservación del recurso suelo en la cuenca alta del río Jubones	
Posibles impactos negativos mitigados: Suelos contaminados, suelos degradados.	
Responsable: GADs Provinciales, Cantonales y Parroquiales	
Actividad N° 1 Remediación de suelos contaminados	P3 – A1
Procedimiento: Capacitación a la población sobre la contaminación del recurso suelo y sus efectos. Implementación de técnicas y métodos para la recuperación de suelos. Capacitación constante a productores o agricultores de la cuenca alta del río Jubones.	
Actividad N° 2 Implementación de estándares de regulación	P3 – A2
Procedimiento: Proponer estándares de regulación para las actividades que se realicen dentro de la cuenca alta y que afecten al recurso suelo.	
Recursos: Designación de costos de financiamiento.	
Normativa de referencia: Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre	
Indicadores verificables: Cumplimiento de los estándares de regulación y Monitoreo a los suelos remediados.	
Resultados esperados: Preservación del recurso suelo.	

Cayambe y Simancas, 2020

Tabla 13. Programa 4 Plan de manejo

Programa N° 4	
Programa de recuperación de espacios degradados	P 4
Objetivo: Recuperación de espacios afectados por la tala o degradados por causas naturales en la cuenca alta del río Jubones.	
Posibles impactos negativos mitigados: Falta de cobertura vegetal, falta de almacenamiento de agua, degradación del suelo.	
Responsable: GADs Provinciales, Cantonales y Parroquiales	
Actividad N° 1 Reforestación	P4 – A1
Procedimiento: Capacitación a la población sobre las técnicas y beneficios de la reforestación con especies forestales. Elección de especies a utilizar en la reforestación. Selección y preparación de áreas para la reforestación. Plantación de las especies. Monitoreo de la vegetación plantada.	
Recursos: Designación de costos de financiamiento.	
Normativa de referencia: Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre	
Indicadores verificables: Monitoreo de la vegetación plantada.	
Resultados esperados: Mejorar la cobertura vegetal de la cuenca alta. Mejorar la calidad del recurso hídrico.	

Cayambe y Simancas, 2020

Tabla 14. Programa 5 Plan de manejo

Programa N° 5 Programa de sustentabilidad de la cuenca alta del río Jubones	P 5
Objetivo: Lograr la sustentabilidad de la cuenca alta del río Jubones	
Posibles impactos negativos mitigados: Falta de recurso hídrico en subsuelo y superficie, deterioro del recurso bosque.	
Responsable: GADs Provinciales, Cantonales y Parroquiales	
Actividad N° 1 Conservación de bosques	P5 – A1
Procedimiento: Concientización sobre importancia del recurso bosque. Realizar agroforestería para el aprovechamiento de terrenos y al mismo tiempo ayudar a al mantenimiento o a la reforestación de los bosques. Plantear medidas de protección amparadas en leyes vigente para la conservación de los bosques que se encuentran dentro de la cuenca del río Jubones	
Actividad N° 2 Técnicas de recarga de agua en el subsuelo	P5 – A2
Procedimiento: Capacitar a la población sobre las técnicas para la recarga de agua en el subsuelo y acuíferos. Implementar técnicas de recarga de agua como son: <ul style="list-style-type: none"> • Cochas • Amunas • Acequias de infiltración • Diques Implementar medidas para el incremento de la humedad y recarga in situ del suelo y subsuelo como son: <ul style="list-style-type: none"> • Conservación de praderas • Bofedales • Forestación y reforestación • Terrazas y andenes 	
Actividad N° 3 Medidas para el almacenamiento de agua superficial	P5 - A3
Procedimiento: Capacitar a la población sobre las técnicas de almacenamiento superficial de agua. Implementar técnicas de siembra y cosecha de agua como son: Siembra de agua: <ul style="list-style-type: none"> • Laguna reservorio • Micropresas • Microreservorios Cosecha de agua: <ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de riego • Sistemas de aprovechamiento de agua 	
Recursos: Designación de costos de financiamiento.	
Normativa de referencia: Código Orgánico Ambiental	
Indicadores verificables: Estado de los bosques, suministro de recurso agua en temporadas de sequía.	
Resultados esperados: Conservación de los bosques. Recarga de agua en subsuelo y acuíferos. Almacenamiento superficial de agua. Sustentabilidad de la cuenca alta del río Jubones.	

5. Discusión

Por su parte Carrillo (2019) implantó un programa de recuperación en áreas estratégicas para la protección de la cuenca hidrográfica El Platanal, en la vereda la concepción municipio de Santa Rosa del Sur, Colombia donde usó SIGs para determinar las áreas a recuperar y el ecosistema de referencia. Con este autor se concuerda dado que los SIGs son las actuales herramientas bases para la realización de análisis espaciales de áreas bastante extensas (cantones, provincias y regiones) que cubran las zonas de interés.

Los autores Matthey-Trigueros et al. (2017) en su trabajo sobre la caracterización de la cobertura vegetal en de la franja de protección del río Copey, Jacó, Puntarenas en Costa Rica. Usaron una técnica de fotointerpretación de imágenes para generar mapas y gráficos de caracterización de la vegetación; con estos autores se refuta dado a que, para generar los mapas en el trabajo de Tesis se tuvieron que tomar varias fuentes de información, no solo imágenes satelitales libres, sino también otros datos de fuentes Gubernamentales (SIGTIERRAS) que complementan este tipo de estudios.

En el estudio sobre evaluación de cambio de cobertura vegetal y uso de suelo en la cuenca del río Tecolutla, en Veracruz, México de los autores Osuna-Osuna et al. (2015) utilizaron imágenes satelitales Landsat distinguiéndose nueve usos y coberturas del suelo; con estos autores se concuerda, ya que, las imágenes satelitales si sirvieron para la caracterización de los distintos tipos de cobertura vegetal que existen en la cuenca alta del río Jubones.

Leal (2015) en su estudio sobre la incidencia del cambio de las coberturas vegetales en la distribución espacial de los deslizamientos en la cuenca del río Combeima Tolima, en Colombia, usó registros e información cartográfica temática

de la cuenca, obtenidas del Servicio Geológico Colombiano; con estos autores se concuerda, siendo así que la recopilación y ensamblaje de datos espaciales ofrecen un mayor nivel de detalle en el trabajo de titulación presentado, dado que solo se toma en cuenta la parte alta de la cuenca hidrográfica.

El trabajo de Cartaya et al. (2015) comprobó que la aplicación del NDVI en imágenes Rapideye permitió determinar la cobertura vegetal y usos de la tierra en la provincia de Manabí, esto en base a datos de campo y cartografía temática de fuentes gubernamentales, la validación se ajustó entre el 80 y 90% considerándose una técnica confiable; con este estudio se concuerda, dado que el análisis de NDVI es parte esencial de los actuales estudios de vegetación y usos de suelos en las cuencas hidrográficas del Ecuador, esto para su posterior gestionamiento ambiental.

Por otro lado, Gonzaga (2014) aplicó varios índices de vegetación derivados de imágenes satelitales Landsat 7 ETM+ para la caracterización de la cobertura vegetal en la zona centro de la provincia de Loja, Ecuador; con este autor se concuerda por el motivo de que las investigaciones donde se utilizan imágenes del satélite en mención son cada vez más numerosas y más confiables al momento de realizar estudios en el ámbito académico.

Martínez (2013) por su parte, aplicó una zonificación ambiental de la cuenca hidrográfica del río Guachaca en Barranquilla, Colombia, enfocada a designar usos del suelo adecuados para el manejo de sus territorios, en el proceso recomendó que la mayor parte sea preservada y protegida, otra área para producción sostenible con gestión del riesgo, otra sea zona residencial y una parte degradada que entre en proceso de recuperación ambiental; con este autor se concuerda, dado a que si bien no existe un criterio aceptado para determinar

zonas pobladas, si se pueden determinar zonas para la recuperación ambiental en la cuenca alta del río Jubones.

Por su parte, por medio de la investigación documental, Barreiro (2015) estudió el establecimiento de plantaciones forestales y su incidencia en la recuperación de suelos degradados en la comuna El Pital, Ecuador. Generó medidas para el aprovechamiento forestal sostenible de los recursos naturales que permitieron la obtención de mayores beneficios de los ecosistemas; con este autor se concuerda ya que, la parte alta de la cuenca hidrográfica además de ser protegida (porque tiene un índice bajo de suelos con poca o nula vegetación) puede ser explotada de manera prudente y responsable, tomando en cuenta los factores ambientales que puedan aprovechar y posteriormente reponer.

El suelo y la cobertura vegetal se pueden analizar de manera multitemporal como en el estudio que realizó Rosero (2017) en la cuenca del río Tahuando en el cantón Ibarra, Ecuador. Aplicando clasificación supervisada estableció cinco categorías: agricultura, ganadería, zonas pobladas, cuerpos de agua y cobertura vegetal; con este trabajo se concuerda por el hecho de que con el análisis de NDVI y el análisis de zonas estimables para remediación se tomaron en cuenta varios criterios que determinaron zonas en 4 y 2 clasificaciones respectivamente.

Como aporte general, Torres (2014) diseñó un modelo de restauración ecológica aplicable a los ecosistemas de páramos degradados en el Ecuador. Para la evaluación de estas zonas y estrategias orientadas a superar umbrales de degradación, tanto abióticos como bióticos; con este autor se concuerda ya que se tomaron en cuenta estos criterios y matrices de conformidad para realizar los planes de manejo de la cuenca.

En la parte de manejo del agua, Coral (2015) realizó el planteamiento y análisis integral del paisaje de la red hidrográfica del río buena vista en la provincia de Manabí, Ecuador, su enfoque permitió destacar las funciones del ecosistema, dentro de la dinámica hidrológica, con énfasis en la producción de agua; con este estudio se concuerda al establecer la necesidad que tienen las poblaciones con respecto al cuidado y conservación del agua, ya que la cuenca alta del río Jubones es la naciente de la vertiente de muchos ríos que suministran el líquido vital a una buena parte de la costa ecuatoriana.

Pacheco (2015) y Pinos (2016) realizaron estudios sobre una evaluación de la desertificación en la provincia del Azuay. Utilizó un método deductivo inductivo empezando por la fuente primaria de información en conjunto con el uso de SIGs este trabajo demostró que gran parte de la provincia de Azuay está amenazada por procesos de empobrecimiento y desertificación del suelo; con este trabajo se concuerda y justifica las medidas, planes y programas tomados en cuenta para la mitigación de los efectos que causa este fenómeno en la cuenca alta del río Jubones esto por medio de la reforestación.

6. Conclusiones

El levantamiento documental de la línea base denotó la enorme necesidad que existe en la cuenca alta del río Jubones de realizar un estudio por medio de las herramientas que ofrecen los SIGs sobre los riesgos a los que está sujeta la cuenca hidrográfica, esto mediante el uso de imágenes satelitales y otras herramientas de origen gubernamental que complementaron el trabajo.

Al caracterizar la cobertura vegetal del área de estudio por medio del NDVI y el software libre se tomaron en cuenta 5 criterios de salud en lo que respecta al estado de sanidad vegetal, como resultado, la mayor parte de la cuenca alta del río Jubones está en buenas condiciones, y una menor parte (en rojo) sufre amenazas de origen natural y antrópico.

Al clasificar las zonas estratégicas se identificaron áreas saludables y otras áreas para la recuperación y remediación de suelos, esto por medio del mapa generado a partir del análisis del NDVI que se encargó de la caracterización de la cobertura vegetal, diferenciando las zonas donde se debe intervenir, esto para dirigir correctamente los mecanismos de recuperación de espacios.

Como resultado del manejo actual de la cuenca hidrográfica mediante la revisión de su gestión ambiental por medio de la matriz de conformidad, se encontraron los siguientes resultados: 2 Conformidades, 7 No conformidades menores y 3 No conformidades mayores dando a conocer que la cuenca hidrográfica en general, no tiene un correcto gestionamiento para su conservación y posible explotación, siendo en la actualidad explotada de manera indiscriminada y poco amigable con el ambiente.

Los planes propuestos se basan en un buen y prudente manejo ambiental en la cuenca hidrográfica alta del río Jubones, estos se formularon gracias a todos los

insumos generados en la investigación mostrada; los planes se realizaron con el fin de recuperar los espacios degradados y de ser posible la regulación de esta importante red hídrica.

7. Recomendaciones

Se recomienda la actualización de datos de la línea base que se usa en las investigaciones y proyectos realizados en todos los sectores de la cuenca del río Jubones, esto con el fin de favorecer el uso de los SIGs para así mejorar el nivel de exactitud y pertinencia de cada aporte académico realizado.

Se recomienda usar el NDVI para realizar análisis remotos del nivel de salud de la vegetación en los ecosistemas con áreas que abarcan excesiva superficie, así mismo darle una coloración que haga fácil la identificación del estado de salud de las plantas.

El mapa generado a partir del NDVI tiene características básicas con solo 2 clasificaciones, sin embargo, se sugiere utilizar una mayor cantidad de datos para poder clasificar de mejor manera el área de estudio, no solo con zonas a remediar, sino con zonas residenciales y de explotación sostenible y sustentable.

La matriz de conformidad tomo en cuenta los puntos principales de la preservación de la cuenca hidrográfica y el ecosistema que en ella contiene, se recomienda que en posteriores estudios sobre el cuidado de la cuenca se usen más criterios para elaborar una matriz de conformidad que tenga más puntos que analizar.

Se sugiere de igual manera que todos los planes propuestos en la cuenca hidrográfica del río Jubones se basen en la preservación de su ecosistema dado a que es una fuente importante de agua de la población ecuatoriana.

8. Bibliografía

- Acevedo, M. R. (2008). *Modelación de los cambios de cobertura del territorio y sus consecuencias hidrológicas*. Texas-EEUU : Universidad del Norte de Texas .
- Aguilar, I. (2007). *Mas Vale Prevenir que Lamentar: Las cuencas y la Gestion de Riesgo a los desastres naturales en Guatemala*. Representacion de la FAO en Guatemala.
- Alonso, D. (julio de 2015). *MAppingGIS*. Obtenido de NDVI: Qué es y cómo calcularlo con SAGA desde QGIS: <https://mappinggis.com/2015/06/ndvi-que-es-y-como-calcularlo-con-saga-desde-qgis/>
- Amorós, M. (2011). *Sistemas de información geográfica en funcion de la gestión de los servicios de adueductos, alcantarillado y drenaje pluvial* . La Habana: Dirección técnica de empresa de agua de la Habana .
- Ayala, L. V. (2014). Cuantificación del carbono en los páramos del parque nacional Yacuri, provincia de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador. *Cerdamaz*, 4(1), 45-52.
- Balasubramanin, A., & Nagaraju, D. (2017). *The Hydrologic Cycle*. Mysore: University of Mysore - Center for advances studies in earth science.
- Barreiro, J. (2015). *Establecimiento de plantaciones forestales y su incidencia en la recuperación de suelos degradados (Tesis de posgrado)*. Manabí, Ecuador : Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- Barrera, W. (2015). *Evaluación de la cobertura vegetal de las áreas bajo conservación del proyecto socio bosque localizado en la ciudad de Cuenca, Ecuador (Tesis de masterado)*. Quito, Ecuador : Universidad San Francisco de Quito .

- Bateman, A. (2007). *Hidrología básica y aplicada*. Grupo de Investigación en Transporte de Sedimentos.
- Bayo, N. (2014). *Hidrografía: Las aguas continentales y marinas*. Recuperado el 15 de diciembre de 2018, de <http://www.educa.madrid.org/web/ies.alonsoquijano.alcala/carpeta2/sin-titulo/7-hidrografia.pdf>
- Beatriz, P. (2013). *Estadística y metodología de la investigación*. La Coruña-España: Universidad de Santiago de Compostela.
- Cacoango, J. (2014). *Modelamiento de la microcuenca del río Illangama con la utilización del modelo hidrológico soil and water assessment too "SWAR"*. Quito.
- Caranqui, J. (2017). *Árboles y arbustos nativos potenciales para reforestación en la Sierra Central de Ecuador* (Vol. 8). Riobamba: Escuela Superior Politécnica del Chimborazo.
- Carrillo, K. (2019). *Formulación e implantación de un programa de recuperación en áreas estratégicas para la protección de la cuenca Hidrográfica el platanal en la vereda la concepción municipio de Santa Rosa del Sur, Bolívar (Tesis de pregrado)*. Ocaña, Colombia: Universidad Francisco de Paula Santander.
- Cartaya, S. Z. (2014). Comparación de Técnicas para determinar cobertura vegetal y usos de la tierra en áreas de interés ecológico, Manabí, Ecuador. *Revista UD y la geomática*(9), 5-17.
- Cartaya, S., Zurita, S., Rodríguez, E., & Montalvo, V. (2015). Comprobación del NDVI en imágenes Rapideye para determinar cobertura vegetal y usos de

- la tierra en la provincia de Manabí, Ecuador. *Revista San Gregorio*, 2(10), 75-92.
- Chuvienco. (1990). *Fundamentos de Teledetección Espacial*. Madrid, España: Ediciones RIALP S.A.
- Coral, A. (2015). *Planteamiento y análisis integral del paisaje de la cuenca hidrográfica del río buena vista provincia de Manabí, Ecuador (Tesis de masterado)*. Precidente Prudente, Brasil : Universidad Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho .
- Díaz, J. (2015). *Estudio de Índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión*. Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid.
- Earth Observing System. (7 de Mayo de 2020). *NDVI*. Obtenido de eos.com: <https://eos.com/ndvi/es/>
- Encalada, P. (2008). La mancomunidad de la cuenca del río Jubones: Una alternativa para la gestión del territorio en el suroccidente de la República del Ecuador. *EcoCiencia*, 42-46.
- Endara, R. (2018). *Efectos de la deforestación en la producción de caudales en la cuenca media alta del río Mira para el período 2000-2014 (Tesis de pregrado)*. Ibarra-Ecuador : Universidad Técnica del Norte .
- Escaleras, A. (2012). *Propuesta para la implementación de un centro zonal - SENAGUA- para la demarcación hidrográfica de Jubones (Tesis de pregrado)*. Loja-Ecuador : Universidad Técnica Particular de Loja .
- Fajardo, J. (2010). *DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE GERENCIAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO EN LA CUENCA DEL JUBONES*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana .

- FAO. (2003). *Servicios ambientales de la cuencas y producción de agua, conceptos, valorización, experiencias y sus posibles aplicaciones en Perú*. Arequipa - Perú.
- Fons Valencià Per La Solidaritat. (2006). *AGUA Y GOBERNANZA: Apoyo para el desarrollo de los municipios de la Mancomunidad de la Cuenca del Río Jubones (Ecuador)*. Azuay.
- Gómez, L. (2011). Un espacio para la investigación documental. *Revista Vanguardia Psicológica*, 1(2), 226-233. Obtenido de file:///C:/Users/User/Downloads/Dialnet-UnEspacioParaLaInvestigacionDocumental-4815129.pdf
- Gómez, M. (2005). *Índice de Vegetación en áreas del bosque seco del noroeste de Perú a partir de imágenes satelitales*. Universidad de Piura.
- Gonzaga, C. (2014). *Aplicación de índices de vegetación derivados de imágenes satelitales Landsat 7 ETM+ y ASTER para la caracterización de la cobertura vegetal en la zona centro de la provincia de Loja, Ecuador (Tesis de masterado)*. La Plata, Argentina: Universidad Nacional de La Plata .
- Hansen, M. P. (2013). Mapas globales de alta resolución del cambio de la cubierta forestal del siglo XXI. *SciDev.Net*, 342(6160), 850-853.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (25 de Abril de 2016). *Formatos y Escalas de Mapas*. Obtenido de igac.gov: <https://www.igac.gov.co/es/contenido/areas-estrategicas/formatos-y-escalas-de-mapas>
- Izurieta, N. (2015). *La Agricultura y la Sedimentación en el Río Guayas. Primer Simposio: Sedimentación de la cuenca del Río Guayas. Salvemos la mayor fuente acuifera del Pacífico Sur*. Guayaquil: Prefectura del Guayas.

- Leal, J. (2015). *Incidencia del cambio de las coberturas vegetales en la distribución espacial de los deslizamientos en la cuenca del río combeima Tolima, Colombia (Tesis de masterado)*. Tolima, Colombia: Universidad de Tolima.
- López. (15 de febrero de 2019). *Medidas de dispersión* . Obtenido de Economipedia : <https://economipedia.com/definiciones/medidas-de-dispersion.html>
- López, E. M. (2002). Cambio de cobertura vegetal y uso de la tierra. El caso de la cuenca endorreica del lago de Cuitzeo, Michoacán. *Gaceta Ecológica* (64), 19-34.
- López, J. (7 de octubre de 2019). *Medidas de tendencia central*. Obtenido de Economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/medidas-de-tendencia-central.html>
- Manzano, R. N. (2012). *CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LA UNIDAD MACHALA*. Quito: Univercidad Central del Ecuador.
- Martínez, H. (2013). *Zonificación ambiental de la cuenca hidrográfica del río guachaca enfocada a recomendar usos del suelo adecuados para el manejo de sus territorios (Tesis de masterado)*. Barranquilla, Colombia : Universidad del Norte .
- Mattey-Trigueros, D. N.-P.-R.-S.-S. (2017). Caracterización de la cobertura vegetal dentro de la franja de protección del río copey, jacó, puntarenas, Costa Rica. *Revista geográfica de América Central*(58), 275-294.
- Maza, C. (2009). *Clasificación y análisis de la cobertura vegetal sobre la subcuenca Zamora Huayco - Cantón Loja (Tesis de pregrado)* . Loja-Ecuador : Universidad Técnica Particular de Loja .

- Mollins, J. (22 de Mayo de 2020). 2020, el año en que la deforestación debió reducirse a la mitad. *A pesar de los avances, 10 millones de hectáreas de bosques se pierden anualmente.*
- Montoya, S. (18 de Septiembre de 2016). *Cálculo del Índice de Vegetación NDVI de Imágenes Landsat 8 con QGIS.* Obtenido de Gidahatari : <http://gidahatari.com/ih-es/calculo-del-indice-de-vegetacion-ndvi-de-imagenes-landsat-8-con-qgis>
- Moore, R. (27 de Marzo de 2019). *Earth Engine crea un mapa interactivo de la pérdida forestal.* Obtenido de Sustainability.google: <https://sustainability.google/intl/es-419/projects/forest-watch/>
- Muñoz, P. (2013). *Índices de vegetación.* Chile: Centro de información de recursos naturales.
- NOAA. (2017). *Glosario de Introducción a las mareas oceánicas.* Obtenido de https://www.meted.ucar.edu/glossaries/tidesgloss_es.htm
- Obando, T. (2010). *Hidrogeología.* Managua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Ordóñez, M. (2011). *Influencia del uso del suelo y la cobertura vegetal natural en la integridad ecológica de los ríos altoandinos al noreste del Ecuador (Tesis de masterado)* . Quito-Ecuador : Universidad San Francisco de Quito .
- Ordoñez, J. (2011). *Cartilla Técnica: Aguas subterráneas y acuíferos, Primera.* Lima, Perú: Sociedad Geográfica de Lima.
- Ordoñez, J. (2011). *Cartilla Técnica: Cilo Hidrológico.* Lima-Perú: Sociedad Geográfica de Lima.

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura .
(2016). *El estado de los bosques del mundo* . Mongolia : Food and Agriculture Organization of the United Nations .
- Osuna-Osuna, A. D.-T.-S.-G.-V.-V. (2015). *Evaluación de cambio de cobertura vegetal y uso de suelo en la cuenca del río Tecolutla, Veracruz, Mexico* (Vol. 10). Taubaté, Brasil: Universidad de Taubaté.
- Pacheco, H. (2015). *Evaluación de la desertificación en la provincia del Azuay a partir del año 1980 (Tesis de pregrado)*. Cuenca, Ecuador : Universidad Politécnica Salesiana .
- Páez, M. Q. (2019). *Manejo integral de la cuenca del río Napo*. Guayaquil-Ecuador .
- Perez, C., & Shinomi, Y. (2004). Manejo integral de cuencas hidrograficas. En *Boletín Métodos y Estrategias para el desarrollo sustentable del Secano*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- Pérez, L. (2005). *Teoría de la sedimentación*. Instituto de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Obtenido de http://www.fi.uba.ar/archivos/institutos_teoria_sedimentacion.pdf
- Pijal, A. (2015). *Efecto de estructuras conservacionistas en la recuperación de suelos degradados en la cuenca media del río mira (Tesis de pregrado)*. Ibarra, Ecuador : Universidad Técnica del Norte .
- Pinos, N. (2016). Prospectiva del uso de suelo y cobertura vegetal en el ordenamiento territorial caso cantón Cuenca. *Estoa*, 5(9), 7-19.
- Raffino, M. (15 de marzo de 2015). *Diagrama*. Obtenido de concepto.de : <https://concepto.de/diagrama/>

- Rosero, M. (2017). *Análisis multitemporal del uso del suelo y cobertura vegetal de la cuenca del río tahuando y proyección de cambios al año 2031, en el cantón Ibarra, provincia de Imbabura (Tesis de masterado)*. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte .
- Sierra, R. (2013). *Patrones y Factores de deforestación en el Ecuador continental, 1990-2010. acercamiento a los próximos 10 años*. Quito-Ecuador: Conservación Internacional Ecuador y Forest Trends.
- Tapia, M. (2000). *Metodología de Investigación*. Obtenido de Universidad Nacional Autónoma de Misiones: https://aulavirtual.fio.unam.edu.ar/pluginfile.php/6545/mod_resource/content/0/Metodologia_de_la_Investigacion_-_Lect._Compl_1.pdf
- Tenesaca, C. Q. (2017). Generación de mapa de cobertura y uso de suelo de la provincia del Azuay. *Universidad Verde* , 23-37.
- Torres, J. (2014). *Diseño de un modelo de restauración ecológica aplicable a los ecosistemas de páramos degradados en el Ecuador (Tesis de pre grado)*. Loja, Ecuador : Universidad Nacional de Loja .
- Universidad de los Andes. (27 de febrero de 2017). *Cuencas Hidrográficas*. Recuperado el 2018 de septiembre de 2018, de http://www.nurr.ula.ve/saladegeografia/DOCUMENTOS/HIDROGRAFIA/PRESENTACIONES/Presentacion_3_CUENCA_HIDROGRAFICA.pdf
- USGS. (17 de 10 de 2000). *USGS science for a changing world*. Obtenido de Exolorador de Tierra : <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Vargas, Z. (2009). La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Educación*, 33(1), 155-165.

- Vera, C. (2015). *Ciencias naturales: El Ciclo del Agua*. Obtenido de <http://difusion.df.uba.ar/Voluntariados/Aire%20y%20Agua%20Camillioni-Vera.pdf>
- Vistin, A. M. (2018). Restauración forestal del bosque de la comunidad de Guangras en el parque nacional sangay Ecuador, como una alternativa de combate al cambio climático. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. Obtenido de <https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/05/restauracion-forestal-ecuador.html>
- Zachary, M., & Bock, E. (2015). *hidrology Basics and the Hidrologyc cycles*. Virginia: College of Agricultura and life Science.

9. Anexos

9.1 Anexo 1. Figuras complementarias

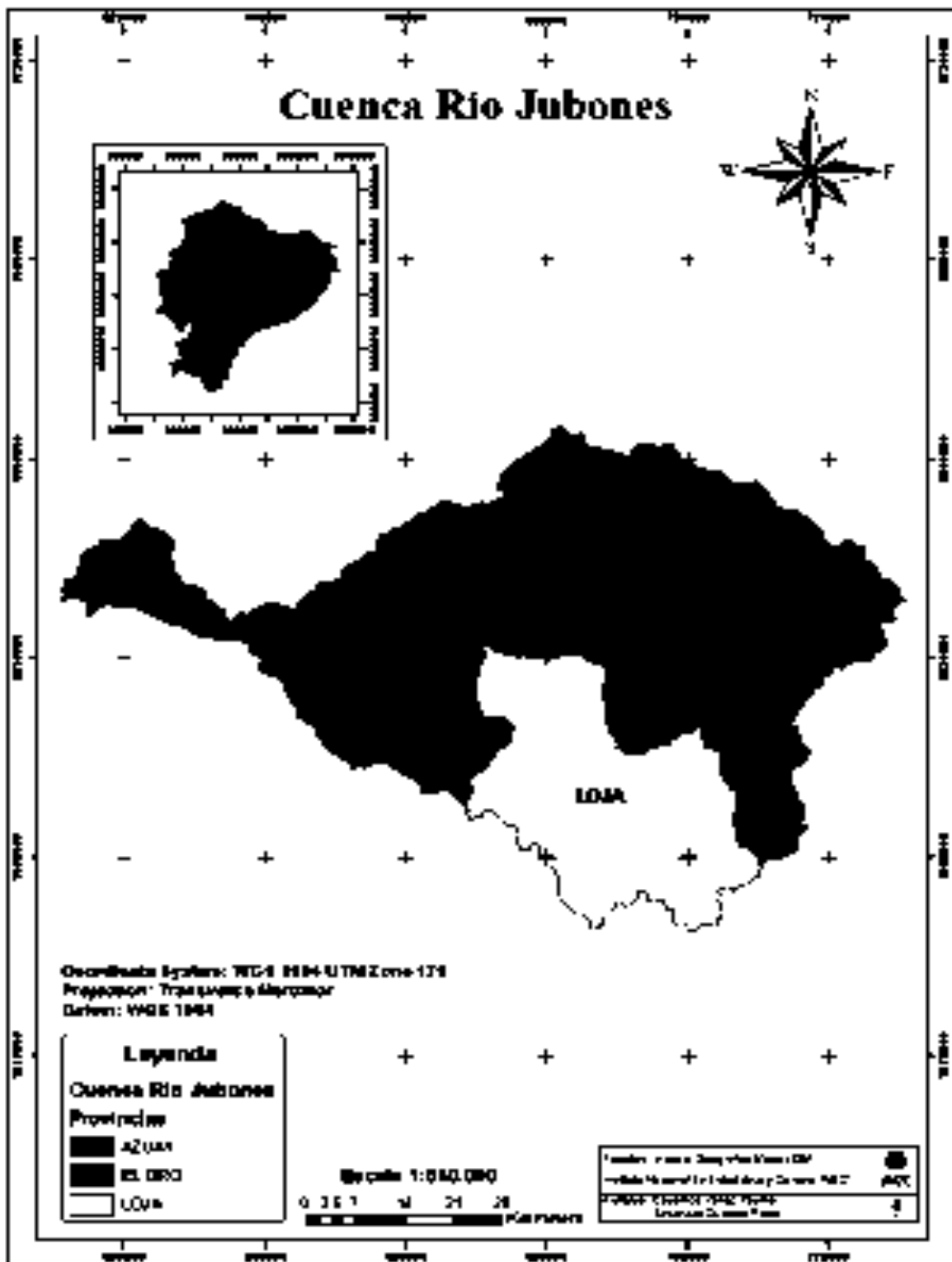


Figura 7. Cuenca hidrográfica del río Jubones Cayambe y Simancas, 2020



Figura 8. Diagrama de flujo del presente proyecto Cayambe y Simancas, 2020

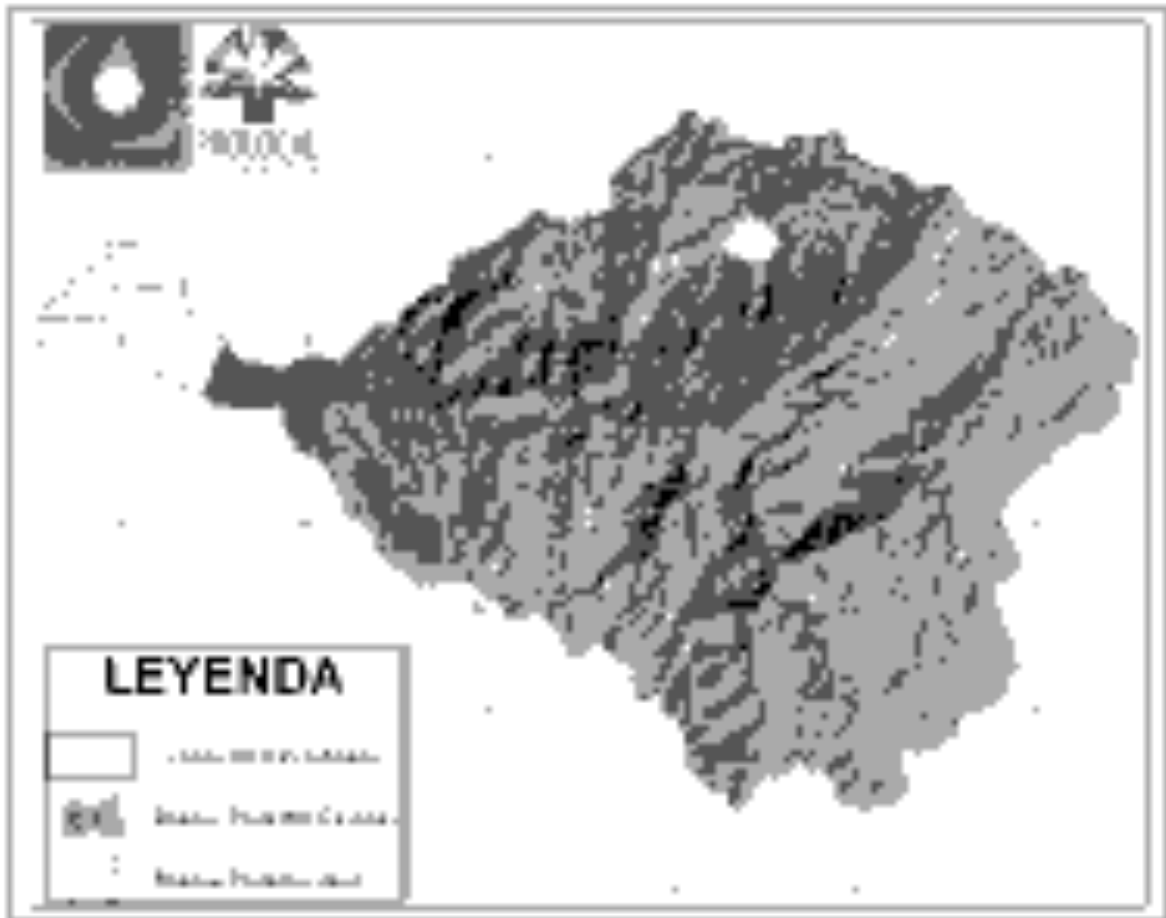


Figura 9. Bosques Protectores en la cuenca hidrográfica Fajardo, 2010

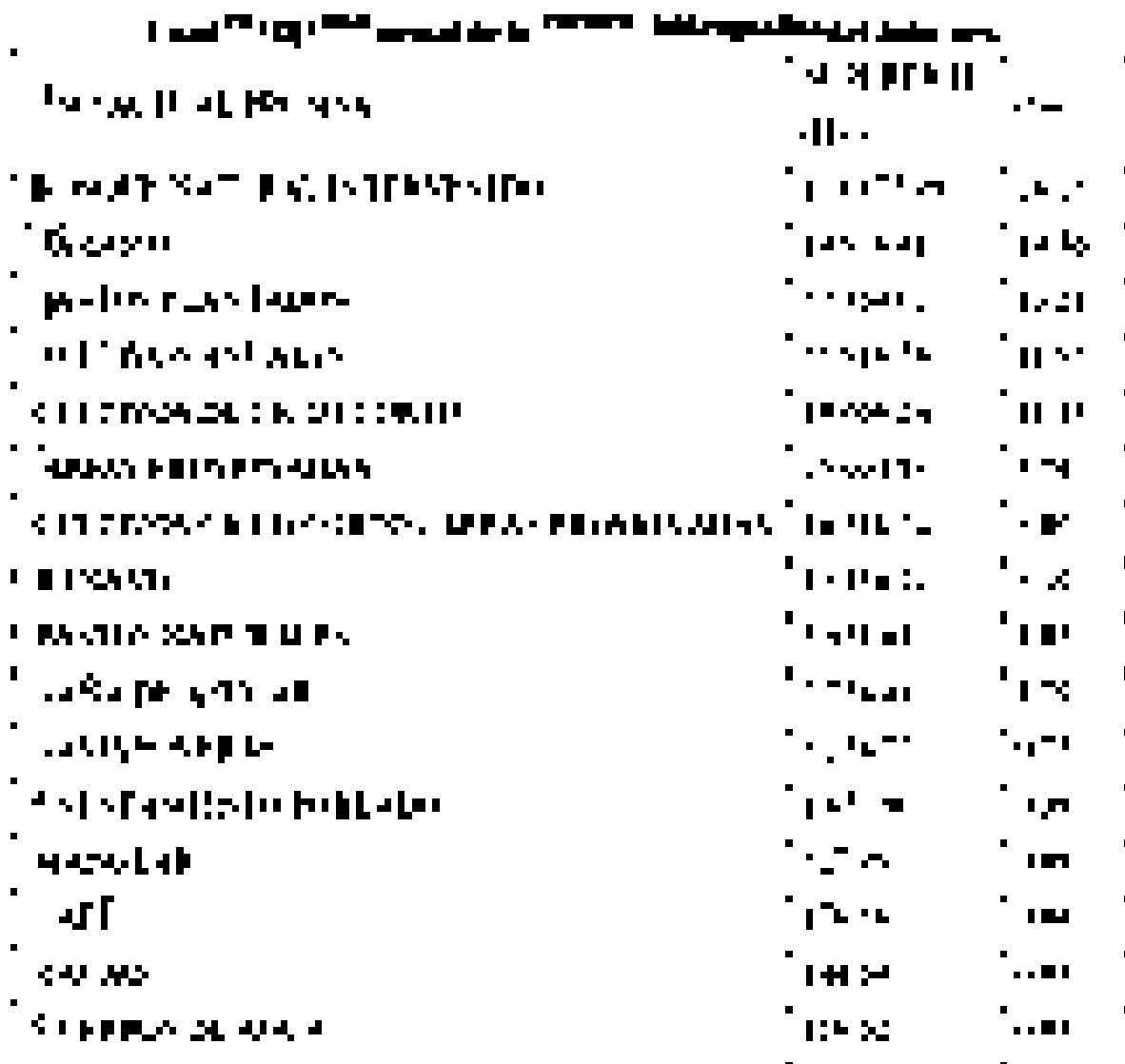


Figura 10. Uso de suelo cuenca hidrográfica jubones Fajardo, 2010

FAMILIA	Especie	Altitud (+)	Altitud (-)	Mostrada	Cultivada
ERICACEAE	Abacostemma sp.	1500	4000	X	X
CAMPULACEAE	Sambucus sp.	1500	3000		X
MYRTACEAE	Myrsine sp.	2500	3000		X
SCROPHULARIACEAE	Boehmeria sp.	3000	4000	X	X
RUBIACEAE	Polypodium sp.	3000	4500	X	
MYRTACEAE	Myrsine sp.	1500	2000	X	
FABACEAE	Casearia sp.	1500	3000		X
MYRTACEAE	Casearia sp.	1500	2500	X	
LEUCANTHACEAE	Agave sp.	2000	2500		X
ANACARDIACEAE	Alnus sp.	0	3000		X
BIGNONIACEAE	Passiflora sp.	500	3000		X
ANGELICACEAE	Oreopanax sp.	2500	4000	X	X
PODOPHYLLACEAE	Podocarpus sp.	3000	4000		X
MYRTACEAE	Myrsine sp.	1500	4500	X	
ELIAGNACEAE	Casearia sp.	1500	2000	X	
FABACEAE	Casearia sp.	3000	3500		X

Figura 11. Lista de especies para reforestación Caranqui, 2017



Figura 12. Plataforma web USGS USGS, 2000

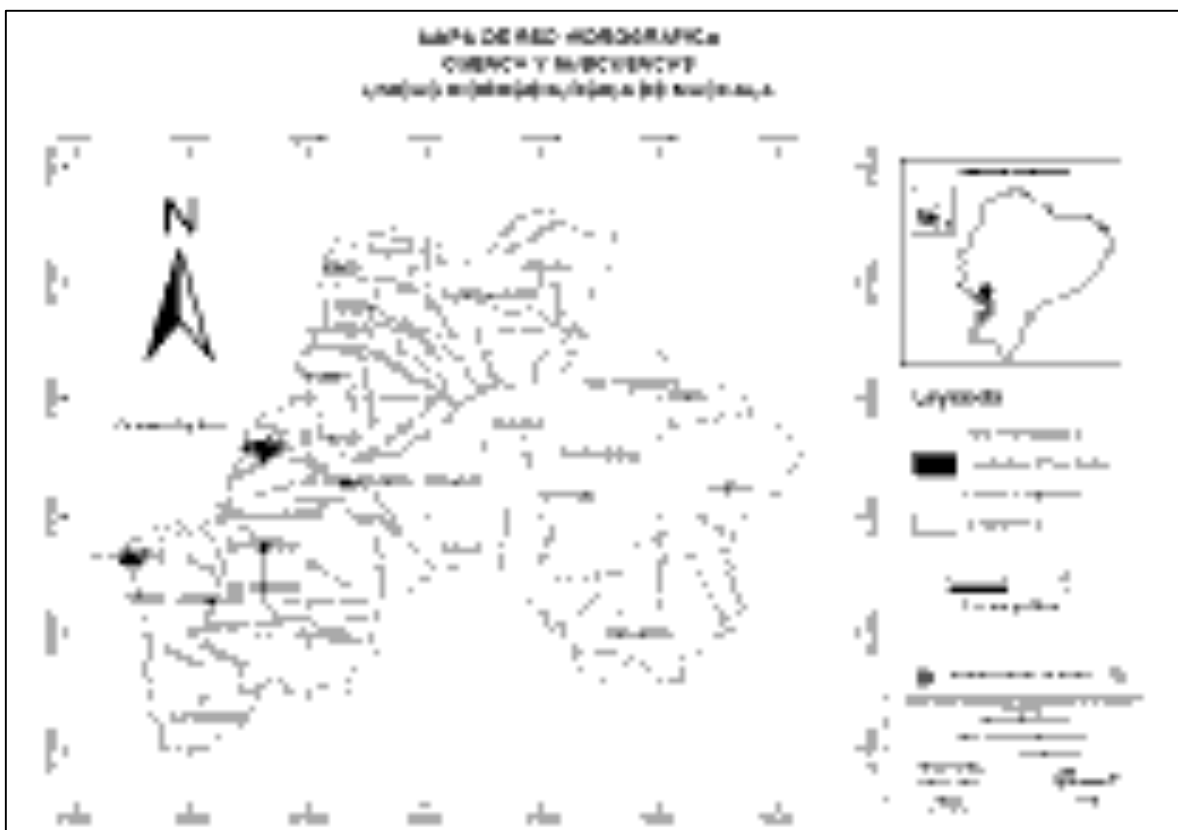


Figura 13. Red Hidrográfica Unidad Hidrogeológica de Machala Manzano, 2012

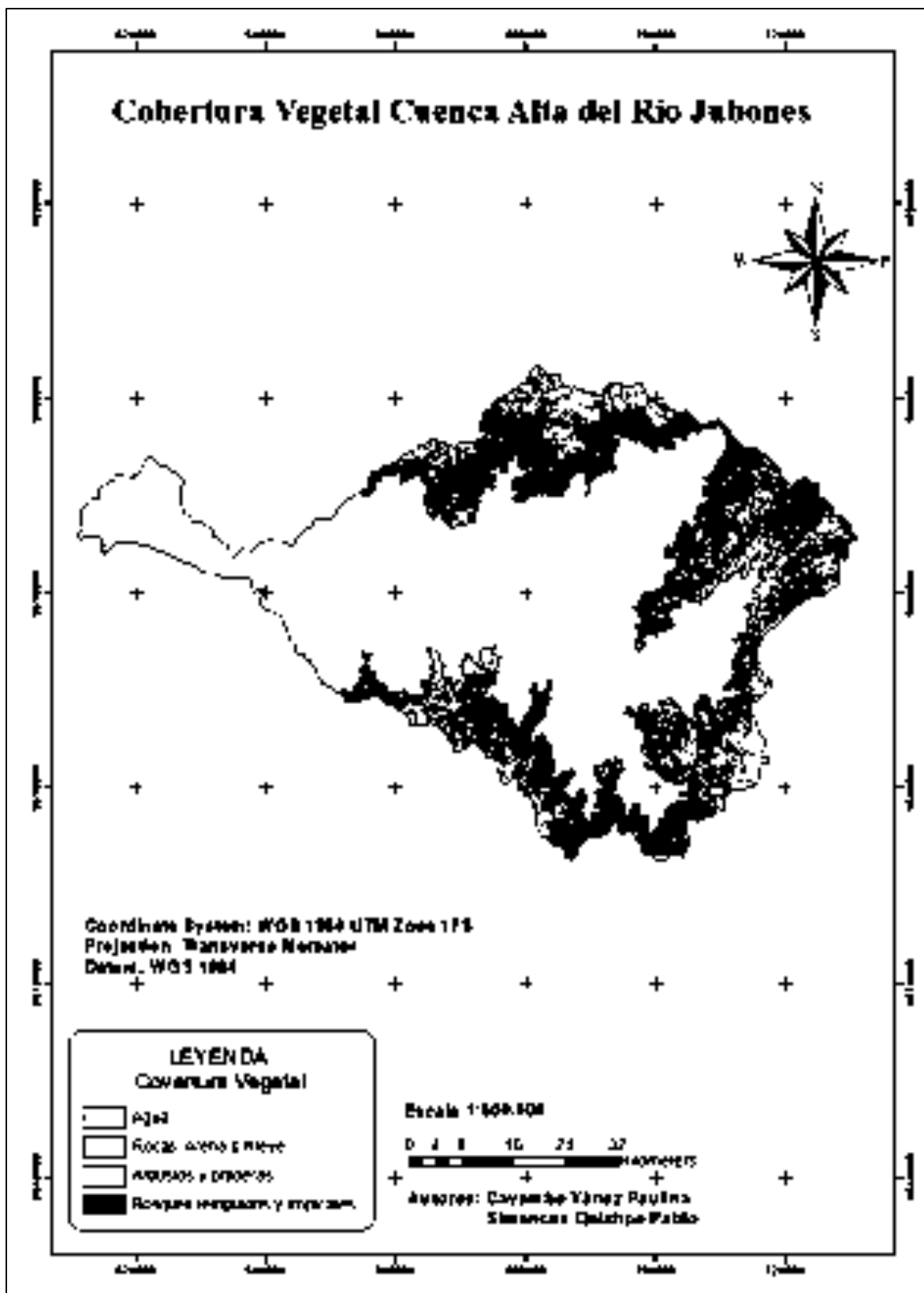


Figura 14. Cobertura vegetal cuenca alta del río Jubones Cayambe y Simancas, 2020



Figura 15. Verificación en campo
Cayambe y Simancas, 2020

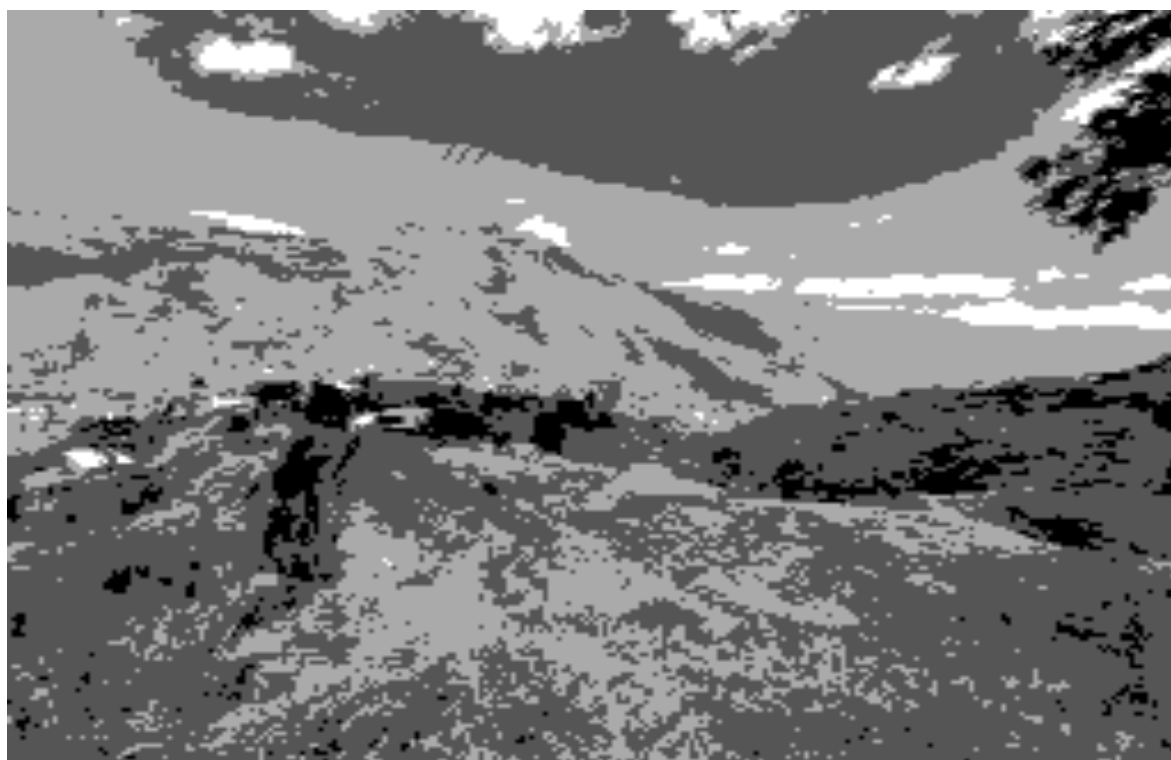


Figura 16. Verificación en campo Girón
Cayambe y Simancas, 2020

9.2 Anexo 2. Tablas complementarias

Tabla 15. Análisis de la gestión actual

Numeral	Norma	Condición	Observaciones
1	Ley...		
		C	
		Nc+	
		Nc-	

Cayambe y Simancas, 2020

Tabla 16. Formato plan de manejo de la cuenca Jubones

PLAN DE MANEJO DE LA CUENCA JUBONES				
Objetivo:				
Metas:				
Problemática	Programa	Medidas propuestas	Responsables	Periodicidad

Cayambe y Simancas, 2020

Tabla 17. Formato descripción de programas

Programa N°...	P...
Objetivo:	
Posibles impactos negativos mitigados:	
Responsable:	
Actividad N°...	P...-A...
Procedimiento:	
Recursos:	
Normativa de referencia:	
Indicadores verificables:	
Resultados esperados:	

Cayambe y Simancas, 2020