



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Ambiental”

TRABAJO DE GRADUACION

Título del proyecto

ESTUDIO MULTITEMPORAL DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO PARA
ESTABLECER MECANISMOS DE DEFENSA Y CONSERVACIÓN EN LA
MICROCUENCA DEL RÍO JUBAL EN LOS AÑOS 1991 AL 2011.

Autor:

Marco Cristhoper Zavala Muñoz

Director:

Ing. Patricio Santillán

Riobamba – Ecuador

2016

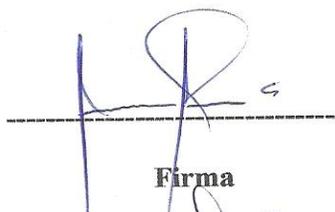
Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título:
“ESTUDIO MULTITEMPORAL DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO PARA ESTABLECER MECANISMOS DE DEFENSA Y CONSERVACIÓN EN LA MICROCUENCA DEL RÍO JUBAL EN LOS AÑOS 1991 AL 2011”. Presentado por:
Marco Cristhoper Zavala Muñoz y dirigida por: Ing. Patricio Santillan.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Iván Ríos

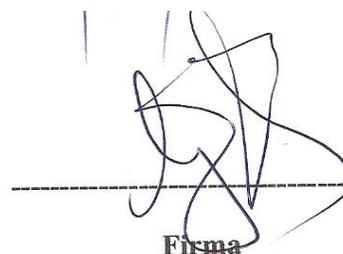
Presidente del Tribunal



Firma

Ing. Patricio Santillán

Director del Proyecto



Firma

Ing. Mauro Jiménez

Miembro del Tribunal

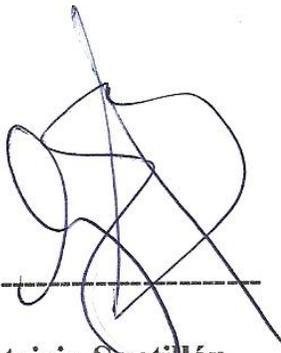


Firma

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Certifico que el presente trabajo de investigación previo a la obtención del Grado de **INGENIERO AMBIENTAL**. Con el Tema: **“ESTUDIO MULTITEMPORAL DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO PARA ESTABLECER MECANISMOS DE DEFENSA Y CONSERVACIÓN EN LA MICROCUENCA DEL RÍO JUBAL EN LOS AÑOS 1991 AL 2011.”**, ha sido elaborado por MARCO ZAVALA MUÑOZ, el mismo que ha sido revisado y analizado en un cien por ciento con el asesoramiento permanente de mi persona en calidad de Tutor, por lo que se encuentra apto para su presentación y defensa respectiva.

Es todo cuanto puedo informar en honor a la verdad.



Ing. Patricio Santillán

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **MARCO CRISTHOPER ZAVALA MUÑOZ**, con cedula de identidad N 060391883-0; soy responsable de las ideas, doctrinas, resultados y propuesta realizadas en la presente investigación y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.

A handwritten signature in blue ink, reading "Zavala Marco", is written over a horizontal dashed line.

Marco Cristhoper Zavala Muñoz,

C.I: 060391883-0

AGRADECIMIENTO.

Mi agradecimiento por esta Tesis se dirige a quien ha forjado mi camino y me ha dirigido por el sendero correcto a Dios, a mi Madre, a mis estimados Docentes y colaboradores.

A Dios el que en todo momento está conmigo ayudándome a aprender de mis errores y a no cometerlos otra vez, es quien guía el destino de mi vida.

A mi Familia porque con sus sacrificios, voluntad, trabajo y buenas lecciones que a lo largo de mi vida me impulsaron a culminar mis estudios.

A todos mil Gracias

A mis estimados maestros los señores Ingenieros: Iván Ríos, Patricio Santillán y Mauro Jiménez quienes con su profesionalismo, soporte y amistad me han permitido alcanzar mi meta final.

Finalmente como no reconocer el apoyo brindado por parte del proyecto “Caracterización biogeográfica” a los Ingenieros: Diego Damián, Marco Rodríguez y Franklin Cargua, quienes con su valiosa ayuda hicieron factible este arduo y sacrificado camino que hoy se cumple.

MARCO C. ZAVALA M.

DEDICATORIA

Eres una mujer que simplemente me hace llenar de orgullo, te amo y no va haber manera de devolverte tanto que me has ofrecido desde que incluso no hubiera nacido. Esta tesis es un logro más que llevo a cabo, y sin lugar a dudas ha sido en gran parte gracias a ti; no sé en donde me encontraría de no ser por tus ayudas, tu compañía, y tu amor.

Te doy mis sinceras gracias, amada madre.

INDICE GENERAL.

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DEDICATORIA.....	v
INDICE GENERAL.....	vi
INDICE DE TABLAS.....	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xii
INDICE DE MAPAS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
CAPITULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2. OBJETIVOS	2
1.2.1. Objetivo General.....	2
1.2.2. Objetivos Específicos	2
1.3. JUSTIFICACIÓN	3
CAPÍTULO II.....	4
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
2.1. CUENCA HIDROGRÁFICA	4
2.1.1. Delimitación de Cuencas Hidrográficas	4
2.1.2. Morfometría de Cuencas	5
2.1.3. Clasificación de Cuencas Hidrográficas.....	5

2.1.4. La Cuenca como unidad de análisis, planificación y manejo.....	6
2.1.5. Manejo de Cuencas Hidrográficas.....	7
2.2. TELEDETECCIÓN EN EL ESTUDIO DEL MEDIO AMBIENTE.....	7
2.2.1. Modelos Digitales de Elevaciones.....	8
2.2.2. Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	8
2.2.3. Estudio Multitemporal.....	8
2.2.4. Imágenes Satelitales Landsat 7.....	9
2.2.5. Definir los puntos de control.....	12
2.2.6. Corrección de las imágenes.....	13
2.2.7. Cobertura del suelo.....	13
2.2.8. Clasificación de imágenes satelitales.....	14
2.2.9. Clasificación Supervisada.....	14
2.3. IMPACTO AMBIENTAL.....	17
2.3.1. Evaluación del Impacto Ambiental.....	17
2.3.2. Matriz de Leopold.....	18
2.3.3. Plan general de Manejo.....	19
2.4. PROPUESTA DE MANEJO AMBIENTAL.....	20
2.4.1. Vivero Forestal.....	20
CAPÍTULO III.....	22
3. METODOLOGÍA.....	22
3.1. TIPO DE ESTUDIO.....	22
3.1.1. Diseño de la Investigación.....	22
3.1.3 Investigación de campo.....	22
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	23

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	23
3.4. PROCEDIMIENTOS	24
3.4.1. Técnicas e Instrumentos	24
3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	25
3.5.1. Ubicación geográfica.....	25
3.5.2. Delimitación de la cuenca hidrográfica.....	29
3.5.3. Estudio multitemporal para determinar el cambio del uso del suelo en las décadas del 1991, 2001 y 2011.....	35
3.5.4. Comprobación de campo.....	42
3.5.5. Elaboración de mapas definitivos.....	42
3.5.6. Evaluación multitemporal de los cambios de uso de suelo para años (1991,2001 y 2011).....	43
3.5.7. Identificación y determinación de los Impactos que genera el cambio de uso del suelo.....	43
3.5.8. Propuesta de Manejo Ambiental	43
CAPÍTULO IV	45
4. RESULTADOS	45
4.1. ZONIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA MICROCUENCA UTILIZANDO LA HERRAMIENTA ARCGIS 10.2	45
4.1.1. Parámetros Morfométricos de la Microcuenca del río Jubal.....	46
4.2. IDENTIFICACIÓN DE LAS TENDENCIAS DE COBERTURA Y USO DEL SUELO UTILIZANDO (ARCGIS Y ENVI).	46
4.2.1. Análisis Multitemporal en ArcGIS.....	46
4.2.2. Análisis de cambio de uso del suelo de la microcuenca del río Jubal.....	48
4.2.3. Análisis Multitemporal en ENVI.....	49

4.2.4. Análisis estadístico del estudio Multitemporal.....	52
4.2.5. Análisis comparativo del estudio multitemporal de los usos de suelo de la microcuenca del río Jubal.....	54
4.3. IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.....	55
4.3.1. Caracterización de la microcuenca del río Jubal.....	55
4.3.2. Problemas ambientales que afrontan los páramos de la microcuenca del río Jubal.....	59
4.3.3. Evaluación de Impactos Ambientales.....	62
CAPITULO V	65
DISCUSIÓN.....	65
CAPITULO VI.....	67
6. CONCLUSIONES.....	67
6.1. RECOMENDACIONES	68
CAPITULO VII.....	69
7. PROPUESTA DE MANEJO AMBIENTAL	69
7.1. FORMULACIÓN DE POLÍTICAS Y LÍNEAS DE ACCIÓN ESTRATÉGICAS..	69
7.2. OBJETIVOS DE LA PROPUESTA DE MANEJO AMBIENTAL	70
7.2.1. Objetivo General de la Propuesta de Manejo Ambiental	70
7.2.2. Objetivos específicos de la Propuesta de Manejo Ambiental.....	70
7.3. FORMULACIÓN DE PROGRAMAS Y PROYECTOS	71
7.3.1. Programa de Protección y Conservación de los ecosistemas frágiles (PPCEF). 71	
7.3.2. Programa de protección y manejo de los Recursos Naturales (PPMRN).	80
CAPITULO VIII	86
8. BIBLIOGRAFÍA	86

CAPITULO IX	90
9. ANEXOS	90
9.1 REGISTRO FOTOGRÁFICO.....	90
9.2 MATRIZ DE LEOPOLD MODIFICADA PARA LA MICROCUENCA	95
9.3 IMÁGENES SATELITALES	96
9.4 MAPAS MICROCUENCA RÍO JUBAL	99

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Características del satélite Landsat-7	10
Tabla 2. Operacionalización de las variables	23
Tabla 3. Parámetros Morfométricos de la Microcuenca del Río Jubal.	26
Tabla 4: Susceptibilidad a Crecidas.....	28
Tabla 5. Multitemporal de los años 1991, 2011, 2011 utilizando ArcGIS.....	48
Tabla 6. Multitemporal de los años 1991, 2011, 2011 utilizando ENVI.....	49
Tabla 7. Niveles de significancia para el análisis comparativo de los software ArcGIS y Envi.....	54
Tabla 8. Problemas ambientales en la microcuenca del río Jubal.	60
Tabla 9. Algoritmo para valorar magnitud e importancia	63
Tabla 10. Políticas y Estrategias se extrajeron del Plan de Desarrollo.....	69
Tabla 11. Programas y Proyectos del Plan de Manejo de la microcuenca del río Jubal.	71
Tabla 12. Proyectos de restauración ecológica de los ecosistemas de páramo.	72
Tabla 13. Proyecto de restauración y protección de humedales.....	74
Tabla 14. Delimitación de zonas productivas.....	75
Tabla 15. Implementación de vivero forestal para la producción de plantas endémicas.	77
Tabla 16. Proyecto de compensación por servicios ambientales.....	81
Tabla 17. Conservación de suelos.	83
Tabla 18. Proyecto de protección y mejoramiento de la calidad del agua.	84

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1: Formas del Índice de Coeficiente de Compacidad.....	28
Figura 2. Fill de la Microcuenca del río Jubal.....	31
Figura 3: Dirección de Flujo de la Microcuenca del río Jubal.	32
Figura 4: Flujo de Acumulación de la Microcuenca del río Jubal.	33
Figura 5: Watershed de la Microcuenca del río Jubal.	34
Figura 6: Diagrama de flujo para corrección de imagen satelital.....	36
Figura 7: Imagen satelital para la zona de la microcuenca del río Jubal.	38
Figura 8: Formación de Áreas de trabajo y Firmas espectrales.....	38
Figura 9: Clasificación Supervisada para el año 1991.	39
Figura 10: Formato vectorial de la clasificación supervisada del año 1991.....	40
Figura 11: Usos de suelo de la microcuenca del río Jubal para el año 1991.....	40
Figura 12. Áreas de la cobertura de suelo obtenidas en ArcGIS para los años 1991, 2011 y 2011.	52
Figura 13. Áreas de la cobertura de suelo obtenidas en ENVI para los años 1991, 2011 y 2011.	53
Figura 14: Cortaderia nítida.....	57
Figura 15: Calamagrostis intermedia.....	57
Figura 16: Disterigma empetrifolium.....	57
Figura 17: Hypericum laricifolium.....	58
Figura 18: Geranium cerastoides.....	58

INDICE DE MAPAS.

Mapa 1. Localización de la microcuenca del río Jubal.....	26
Mapa 2. Delimitación de la microcuenca del río Jubal.	35
Mapa 3. Microcuenca del río Jubal.	45
Mapa 4. Usos de suelo para los años 1991,2001 y 2011 utilizando el software ArcGIS10.2.	47
Mapa 5.Usos de suelo para los años 1991,2001 y 2011 utilizando el software ENVI.....	51
Mapa 6. Imagen satelital con proyección de bandas 2-4-5 del año 1991.....	96
Mapa 7. Imagen satelital con proyección de bandas 2-4-5 del año 2001.....	97
Mapa 8. Imagen satelital con proyección de bandas 2-4-5 del año 2011.....	98
Mapa 9. Microcuenca delimitada río Jubal.	99
Mapa 10. Uso del suelo año 1991 determinado en el software ArcGIS 10.2.....	100
Mapa 11. Uso del suelo año 2001 determinado en el software ArcGIS 10.2.....	101
Mapa 12. Uso del suelo año 2011 determinado en el software ArcGIS 10.2.....	102
Mapa 13. Uso del suelo año 1991determinado en el software Envi.	103
Mapa 14. Uso del suelo año 2001determinado en el software Envi.	104
Mapa 15. Uso del suelo año 2011determinado en el software Envi.	105

RESUMEN

El proceso de transformación constante que se desarrolla en los ecosistemas a nivel mundial originando un deterioro del mismo es un gran problema de afrontar, ocasionado principalmente por acción del hombre, las cuencas hidrográficas no están exentas a esta realidad. El deterioro de las unidades hidrográficas es uno de los problemas ambientales de mayor importancia en el escenario mundial, nacional y regional; de igual manera las unidades hidrográficas de nuestro país y región no son extrañas a estas condiciones, por lo tanto es necesario el desarrollo de acciones orientadas al manejo y conservación de las mismas. Esta realidad motivó al desarrollo de esta investigación teniendo como objetivo principal el realizar un estudio multitemporal del cambio de uso del suelo de la microcuenca del río Jubal, a fin de establecer mecanismos alternativos para la defensa y protección de las fuentes hídricas.

El desarrollo de la investigación se realizó dentro del proyecto “Caracterización biogeográfica de Subcuencas hídricas para la adaptación al cambio climático considerando el paisaje cultural andino de la parroquia Achupallas, cantón Alausí, provincia de Chimborazo”, realizado por la Universidad Nacional de Chimborazo, con la investigación se pretendió en una de sus etapas determinar la calidad y el uso de suelo en el sector de estudio mediante la zonificación y delimitación de la microcuenca del río Jubal, para definir la zona de estudio; dando mayor énfasis a la estructura de la microcuenca realizando un análisis de los parámetros morfométricos de la misma que se realizó a través de sistemas de información geográficos. En segunda instancia se realizó un estudio multitemporal del cambio de uso del suelo en los años 1991 al 2011, con la finalidad de analizar la transformación que se ha realizado en la zona de estudio; se ejecutó en el software ArcGIS 10.2 una clasificación supervisada de imágenes satelitales Landsat 7 de los años 1991, 2001 y 2011, para identificar las clases de usos de suelo. A fin de validar los resultados obtenidos se realizó una segunda clasificación supervisada de las mismas imágenes satelitales en el software Envi.

A partir del estudio multitemporal se ejecutó una caracterización de la microcuenca del río Jubal, dando a conocer el estado del medio físico y biótico de la zona de estudio; Esto consintió valorar los principales impactos que la microcuenca presenta en sus heterogéneos

componentes ambientales: suelo, agua, aire, flora y fauna; los impactos ambientales fueron identificados al realizar la matriz de Leopold modificada para la zona de estudio.

El Plan de manejo ambiental realizado en esta investigación es un documento técnico en el cual se plantean las acciones que promueven la protección y conservación de la microcuenca a corto, poniendo énfasis a las fuentes hídricas, mediano y largo plazo.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

CENTRO DE IDIOMAS INSTITUCIONAL

Lic. Byron Soria

03/08/2016

ABSTRACT

Constant transformation process that develops in the worldwide ecosystems causing a destruction of the ecosystem, It is a big problem to deal mainly caused by human, watersheds are not excused from this reality. The destruction of river is one of the most important environmental problems on the world, national and regional level; in the same way the hydrographic units of our country and region are not out to these conditions, therefore the development of actions focus on management and conservation of them is necessary. This reality prompted the development of this research with the main objective to carry out a multi temporary study of change in land use of the watershed of the river Jubal, to establish alternative mechanisms for the defense and protection of water sources.

The development of research is done within the Project: “Biogeographic characterization of water accounts for adaptation to climate change considering the Andean cultural landscape of the community Achupallas, canton Alausí, Chimborazo province” made by “Universidad Nacional de Chimborazo” The research was done in one of its stages determine the quality and land use in the study sector through zoning and delimitation of the watershed of the river Jubal, to define the study area; paying greater emphasis on the structure of the watershed conducting an analysis of the morphometric parameters of it, which it is performed through geographic information systems. In second time a multi temporal study of land use change was made in the years 1991 to 2011, in order to analyze the transformation that has been made in the study area; It was implemented in the software 10.2 ArcGIS a supervised classification of Landsat 7 satellite images of the years 1991, 2001 and 2011, and thus to identify the types of land uses. In order to validate the results of a second supervised classification of satellite images in the same ENVI software it was performed.

With this deep multi temporal study a characterization of the watershed of the river runs Jubal, providing knowledge the state of the physical and biotic environment of the study area; This study allowed us to assess the main impacts on the watershed presents its heterogeneous environmental

components: soil, water, air, flora and fauna; environmental impacts were identified by performing modified Leopold matrix for the study area.

The Environmental Management Plan made in this research is a technical document in which the actions that promote the protection and conservation of the watershed raised short, paying an emphasis on water sources, medium and long term.



CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el Ecuador a lo largo y ancho del callejón interandino el mal uso del suelo y el cambio de coberturas en las cuencas hidrográficas han sido un factor determinante del cambio del paisaje, este proceso dinámico originado por acción del hombre, que cada vez es más evidente en áreas aledañas a las quebradas y ríos, así como en las partes altas de las montañas; son específicamente las quemas de la vegetación natural, la extensión de la frontera agrícola y el sobre pastoreo (Corponariño, 2008). La provincia de Chimborazo, con una extensión de 648.124 hectáreas, posee más de 236.000 hectáreas de ecosistema páramo (es decir el 36,9% de la superficie de la provincia) a nivel nacional, esto representa el 17,7% del total de superficie de páramo en el país (Beltrán, 2010).

La parroquia Achupallas es considerada de gran riqueza ecológica por su biodiversidad los diferentes rangos altitudinales en el sector hacen que haya una multiplicidad de ambientes, lo que permite que se desarrolle un sinnúmero de plantas y animales. Dentro de la zona de estudio existen acciones y factores antropogénicos influyen en el cambio de uso del suelo y gradualmente en los páramos, produciendo pérdida de biodiversidad, la disminución de la cobertura vegetal y reduce el caudal de agua disponible en las vertientes de la microcuenca (Morocho, 2013).

Ante el escenario mostrado se origina la interrogación.

¿Cuáles son las alternativas a implementar para la defensa y protección de la microcuenca del río Jubal?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

- Realizar un Estudio Multitemporal del uso del suelo de la microcuenca del río Jubal, a fin de establecer mecanismos alternativos para la defensa y protección de la zona de estudio.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Delimitar y realizar un análisis de los parámetros morfométricos de la microcuenca del río Jubal recurriendo a técnicas de sistemas de información geográfica.
- Ejecutar el estudio multitemporal utilizando SIG tales como ArcGIS y Envi, a fin de establecer los cambios de uso del suelo en la microcuenca del río Jubal para los periodos 1991 al 2011.
- Determinar e identificar los impactos ambientales que genera el cambio de uso del suelo, con el propósito de realizar un plan de manejo ambiental que establezcan mecanismos alternativos para la defensa y protección de las fuentes hídricas de la zona de estudio.
- Implementar un vivero forestal de forma sostenible para la producción de especies nativas que contribuya a la reforestación y protección de las fuentes hídricas de la microcuenca del río Jubal.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La actividad humana ha sido la gran transformadora del paisaje en los últimos 300 años (Aguayo, 2009), los ecosistemas se encuentran sometidos a cambios constantes, los cuales se producen a diferentes escalas espaciales y temporales; uno de los principales cambios que los afectan actualmente es la deforestación. La reducción de los bosques y el cambio de uso del suelo juegan un papel clave en el control del calentamiento global, debido a que secuestran las emisiones de carbono desde la atmósfera y a la vez son un reservorio de este a largo plazo (Altamirano & Lara, 2010).

En las últimas décadas la necesidad de implementar herramientas para la adecuada gestión de los páramos, ha mostrado un aumento progresivo proporcional al grado de intervención evidenciado en dichas áreas, ante la inminente necesidad de contar con información veraz y oportuna que refleje las condiciones evolutivas de los páramos, se destaca el uso de imágenes satelitales y el desarrollo de estudios multitemporal utilizando técnicas de Teledetección como las herramientas propicias para monitorear, los estudios multitemporal son llevados a cabo con el objeto de detectar cambios de cobertura entre dos fechas de diferencia, deduciendo de ahí la evolución del medio natural o las repercusiones de la acción humana sobre el medio (Trejos, 2004).

La importancia de esta investigación radica en el análisis de cambios de uso de suelo en la zona de estudio ya que gran parte de esta se encuentra dentro del parque Nacional Sangay, con el paso del tiempo los asentamientos humanos provocan desequilibrios o impactos en el medio ambiente, por las acciones como: el mal manejo de los recursos naturales (agua, suelo y vegetación) causantes del deterioro de grandes zonas frágiles como una cuenca hidrográfica proveedora de agua.

La zona de estudio donde se centra esta investigación es rica en ecosistemas de humedales y páramos, los cuales necesitan un debido análisis tanto de sus factores físicos, biológicos y socio-culturales, la presente investigación procura detallar con una información actualizada, fiable y oficial sobre el cambio del uso de suelo y los impactos que se generan en la microcuenca del río Jubal y a la vez implementar una propuesta de plan de manejo encaminado a conservar y proteger las fuentes hídricas.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

2.1. CUENCA HIDROGRÁFICA

La cuenca hidrográfica es el área en que el agua superficial drena hacia un cuerpo de agua (ríos, lagos o humedales); está delimitada por la línea divisoria de la precipitación fluvial (línea imaginaria que une los puntos de máxima altura relativa) hacia la zona más baja o punto de emisión (Caire, 2008).

Según (Ramakrishna, 1997)“La cuenca la conforman componentes biofísicos (agua, suelo), biológicos (flora, fauna) y antropocéntricos (socioeconómicos, culturales, institucionales), que están todos interrelacionados y en equilibrio entre sí, de tal manera que al afectarse uno de ellos, se produce un desbalance que pone en peligro todo el sistema”.

El límite de una cuenca hidrografía está determinado por la Divisoria de aguas. La divisoria de aguas es una línea imaginaria que delimita la cuenca hidrográfica. También se denomina “parte aguas” (Ordoñez, J, 2011).

La cuenca se divide en subcuencas y microcuencas. El área de la subcuenca está delimitada por la divisoria de aguas de un afluente, que forma parte de otra cuenca, que es la del cauce principal al que fluyen las aguas. La microcuenca es una agrupación de pequeñas áreas de una subcuenca o de parte de ella (Ramakrishna, 1997).

2.1.1. Delimitación de Cuencas Hidrográficas

La experiencia en la aplicación de proyectos con enfoque de cuencas sugiere que la gestión de cuencas es más efectiva en unidades territoriales relativamente “pequeñas” (FAO 2006), especialmente cuando los proyectos son flexibles y se adaptan a las necesidades y contextos sociales, económicos y ambientales. Una cuenca “grande” puede ser visualizada completamente con una escala adecuada en un mapa o con un sistema de información geográfica, que a su vez puede ser subdividida en áreas más pequeñas para facilitar su estudio, interpretación, análisis e intervención (Caire, 2008).

2.1.2. Morfometría de Cuencas

Las propiedades morfométricas de una cuenca proporcionan una descripción física espacial permitiendo realizar comparaciones entre distintas cuencas. Además proporcionan conclusiones preliminares sobre las características ambientales del territorio. La morfometría particular de cada cuenca hidrográfica es proporcional a la posibilidad de cosecha hídrica.

Actualmente, herramientas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG), permiten realizar la caracterización espacio temporal de las propiedades morfométricas de las cuencas hídricas y de las redes de drenaje. El análisis de características morfométricas funcionales de una cuenca por parámetros de forma, relieve y red de drenaje es básico en la modelación hidrológica. Estos parámetros son muy importantes en el estudio y comportamiento de los componentes del ciclo hidrológico (Sellers, Corbelle, Buján, & Miranda, 2015).

2.1.3. Clasificación de Cuencas Hidrográficas

Según (WORLD VISIÓN, 2004) para la clasificación de una cuenca hidrográfica se pueden utilizar varios parámetros, a continuación se detallan algunos de ellos:

a) Por su tamaño geográfico: Las cuencas hidrográficas pueden ser grandes, medianas o pequeñas. Por ejemplo para Centroamérica la cuenca del río Lempa (El Salvador), Chixoy (Guatemala), Reventazón (Costa Rica) pueden considerarse cuencas grandes, en el contexto de Centroamérica, sin embargo, éstas en tamaño son pequeñas si se comparan con la cuenca del río Amazonas o la cuenca del Plata en Sudamérica. De allí que en cuanto a tamaño y complejidad, los conceptos de pequeñas cuencas o microcuencas, pueden ser muy relativos cuando se desarrollen acciones, se recomienda entonces utilizar criterios conjuntos de comunidades o unidades territoriales manejables desde el punto de vista hidrográfico.

b) Por su Ecosistema: Según el medio o el ecosistema en la que se encuentran, establecen una condición natural, así tenemos, las cuencas áridas, cuencas tropicales, cuencas húmedas y cuencas frías.

c) Por su Objetivo: Por su vocación, capacidad natural de sus recursos, objetivos y características, las cuencas pueden denominarse: hidro-energéticas, para agua poblacional, agua para riego, agua para navegación, ganaderas, hortícolas, municipales y de uso múltiple.

Otra manera para clasificar una cuenca hidrográfica, según (Faustino & Jiménez, 2000) puede ser atendiendo al grado de concentración de la red de drenaje, define unidades menores como subcuencas y microcuencas.

Subcuenca, es toda área que desarrolla su drenaje directamente al curso principal de la cuenca. Varias subcuencas pueden conformar una cuenca.

Microcuenca, es toda área que desarrolla su drenaje directamente de una subcuenca. Varias microcuencas pueden conformar una subcuenca.

2.1.4. La Cuenca como unidad de análisis, planificación y manejo.

Según (Basterrechea, Dourojeanni, Garcia, Novara , & Rodríguez, 1996) el análisis, planificación y gestión ambiental son elementos inseparables del desarrollo de un país o región. Diversos criterios de sectorización espacial han sido utilizados para llevar a cabo estas actividades. Entre éstos destacan la dinámica económica regional; las divisiones político-territoriales; el grado de homogeneidad en cuanto a determinadas características físico-naturales y, por último, el patrón de drenaje de las aguas superficiales.

Ningún criterio es superior al otro, todo depende de las características del problema atendido y de los objetivos perseguidos. Obviamente, las cuencas hidrográficas responden básicamente al último de los criterios mencionados.

Tres características fundamentales permiten definir este particular espacio geográfico: Primero:

- Las líneas divisorias de aguas como límites naturales totales o parciales.
- Segundo: Una porción de territorio drenada por un sistema de tributarios que contribuyen a alimentar un curso de agua principal. Este último conduce las aguas

superficiales hasta su nivel de base, donde la cuenca entrega sus aguas a otro sistema generalmente otra cuenca, un lago, o el mar.

- Tercero: Una dinámica ambiental definida por las interacciones sistémicas entre los recursos agua, suelo y vegetación y el impacto que sobre estas interacciones tienen las decisiones en materia de uso de los recursos naturales tomada

2.1.5. Manejo de Cuencas Hidrográficas

El objetivo primordial del manejo de una cuenca es alcanzar un uso verdaderamente racional de los recursos naturales, en especial el agua, el bosque y el suelo, considerando al ser humano y a la comunidad como el agente protector o destructor (Ramakrishna, 1997).

El manejo de cuencas consiste en aprovechar y conservar los recursos naturales en función de las necesidades del ser humano, para que pueda alcanzar una adecuada calidad de vida en armonía con su medio ambiente. Se trata de hacer un uso apropiado de los recursos naturales para el bienestar de la población, teniendo en cuenta que las generaciones futuras tendrán necesidad de esos mismos recursos, por lo que se deben conservar en calidad y cantidad (Ramakrishna, 1997).

2.2. TELEDETECCIÓN EN EL ESTUDIO DEL MEDIO AMBIENTE

La Teledetección de recursos naturales se basa en un sistema de adquisición de datos a distancia sobre la biosfera, que está basado en las propiedades de la radiación electromagnética y en su interacción con los materiales de la superficie terrestre. Todos los elementos de la Naturaleza tienen una respuesta espectral propia que se denomina *signatura espectral*.

La Teledetección estudia las variaciones espectrales, espaciales y temporales de las ondas electromagnéticas, y pone de manifiesto las correlaciones existentes entre éstas y las características de los diferentes materiales terrestres. Su objetivo esencial se centra en la identificación de los materiales de la superficie terrestre y los fenómenos que en ella se operan a través de su *signatura espectral* (Romero, 2006).

2.2.1. Modelos Digitales de Elevaciones

El elemento básico de cualquier representación digital de la superficie terrestre son los Modelos Digitales de Elevaciones (MDE). Constituyen la base de muchas aplicaciones en ciencias de la tierra, ambientales y las ingenierías. Un MDE es un modelo digital de una superficie topográfica representada por puntos regulares o irregulares con valores de elevación. Dentro de este tipo de modelos se encuentran los Modelos Digitales del Terreno (DTM), los cuales representan la superficie topográfica libre de objetos, es decir, representan al suelo (Sellers, Corbelle, Buján, & Miranda, 2015).

2.2.2. Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Los sistemas de información geográfica se han convertido en una herramienta para el análisis geográfico de gran difusión. La causa principal de esto reside en la multitud de actividades en las que pueden ser útiles, las podríamos clasificar en dos grandes grupos:

- a) Gestión y descripción del territorio
- b) Ordenación y planificación del territorio

En cada uno de estos dos grandes tipos de aplicaciones los SIG realizan tareas diferentes y, por lo tanto, se utilizan distintas capacidades y funciones (Sendra & García, 2000)

En la actualidad la construcción de modelos sobre los cambios en el uso de la tierra, con el propósito de mejorar la planificación de la expansión urbana y regional facilita la labor investigativa. Los métodos utilizados van desde el análisis estadístico hasta interpretación de información gráfica y descriptiva, a partir del uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

2.2.3. Estudio Multitemporal

El estudio multitemporal permite detectar cambios entre dos fechas de referencia, deduciendo la evolución del medio natural o las repercusiones de la acción humana sobre ese medio (Chuvienco E. , 1990).

Según (Romero, 2006) el objetivo principal de los estudios multitemporales es encontrar una forma de combinar o integrar en el proceso varias imágenes correspondientes a diferentes fechas, con distintos estados fenológicos en la vegetación, de cara a la obtención de un incremento en la precisión de las clasificaciones.

Según (Romero, 2006) el objetivo principal de los estudios multitemporales es encontrar una forma de combinar o integrar en el proceso varias imágenes correspondientes a diferentes fechas, con distintos estados fenológicos en la vegetación, de cara a la obtención de un incremento en la precisión de las clasificaciones.

La integración de imágenes de satélite relativas a una misma área pero de fechas sucesivas, se realiza a través de un procedimiento de registro multitemporal de las imágenes. Este proceso consiste, en líneas generales, en obtener la posición de una imagen con respecto a otra que proporciona la máxima correlación en el espacio de los datos radiométricos.

En los estudios multitemporales se pueden emplear diversas metodologías, pero conviene tener en cuenta algunas consideraciones:

1. La intersección de clasificaciones de imágenes pertenecientes a distintas fechas reduce generalmente las clasificaciones erróneas, en el sentido de que un elemento que no posea cierta cualidad puede ser clasificado como poseedor de ella, pero también aumenta los errores en el sentido de que un individuo que tiene dicha cualidad puede ser clasificado como que no la posee.
2. La superposición o integración de las imágenes previamente a la clasificación reduce generalmente los errores de clasificación en ambos sentidos.

2.2.4. Imágenes Satelitales Landsat 7

El lanzamiento del satélite LANDSAT 1 en 1972 inauguró una nueva era para los estudios del medio ambiente, proporcionando datos de alta calidad que se pueden obtener a intervalos frecuentes sobre cualquier zona de la superficie terrestre. Sin embargo, la capacidad de obtener información desde los satélites es mayor que la capacidad que hasta hace poco tiempo se tenía para analizar e interpretar los datos de una forma totalmente eficaz (Romero, 2006).

La constelación LANDSAT está formada por 7 satélites que provenían, tanto conceptual como estructuralmente, de los satélites para fines meteorológicos Nimbus. Llevaron a bordo diferentes instrumentos, siempre con la filosofía de captar mayor información de la superficie terrestre, con mayor precisión y a mayor detalle, de ahí sus mejoras radiométricas, geométricas y espaciales.

Actualmente sólo se encuentran activos el LANDSAT 5 y 7, que son administrados por la NASA (National Space and Space Administration), en tanto que la producción y comercialización de las imágenes depende del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

Las imágenes LANDSAT están compuestas por 7 u 8 bandas espectrales, que fueron elegidas especialmente para el monitoreo de la vegetación, para aplicaciones geológicas y para el estudio de los recursos naturales. Estas bandas pueden combinarse produciendo una gama de imágenes de color que incrementan notablemente sus aplicaciones. (INEGI)

Tabla 1. Características del satélite Landsat-7

Anchura de Barrido:	Anchura de Barrido: 185 km
Altitud:	705 kilómetros
Quantización:	8 bits
Inclinación:	Solar-sincrónica, 98.2 grados
Paso Ecuatorial	Descendente; 10:00am +/- 15 min.
Vehículo de Lanzamiento:	Delta II
Fecha de Lanzamiento:	Abril 1999

Fuente: (Fernández & Herrero, 2001)

2.2.4.1. Análisis visual de imágenes. RGB.

El análisis visual de imágenes se realiza empleando tres bandas del sensor, coincidiendo con la capacidad de los monitores, empleados en informática, monitores RGB. Los

monitores poseen un total de tres cañones, RGB, red, green, blue – rojo/verde/azul, con los que, por combinación de estos tres colores básicos, se construyen el resto de los colores.

Estos colores y tonos se emplean para analizar visualmente la imagen, combinando las bandas, de manera que se da un primer acercamiento al contenido de la imagen. Las combinaciones de colores se emplean para discriminar Geología de la imagen, Usos del suelo de la imagen, Morfología Urbana, etc. (Fernández & Herrero, 2001).

2.2.4.1.1. Combinación en color natural: RGB 321 BANDAS –3, 2, 1

Constituye la combinación más próxima a la percepción de la tierra con nuestros ojos desde el espacio, de ahí el nombre de color verdadero. Las bandas visibles dan respuesta a la luz que ha penetrado más profundamente, y por tanto sirven para discriminar el agua poco profunda y sirven para distinguir aguas turbias, corrientes, batimetría y zonas con sedimentos.

- El azul oscuro indica aguas profundas.
- El azul claro indica aguas de media profundidad.
- La vegetación se muestra en tonalidades verdes.
- El suelo aparece en tonos marrones y tostados.
- El suelo desnudo y la roca aparecen en tonos amarillentos y plateados.

2.2.4.1.2. Combinación en falso color: RGB 432 BANDAS – 4, 3, 2 –

Rojo – magenta: Vegetación vigorosa, cultivos regados, prados de montaña o bosques de caducifolias en imágenes de verano y cultivos herbáceos de secano en imágenes de primavera.

Rosa: Áreas vegetales menos densas y / o vegetación en temprano estado de crecimiento. Las áreas residenciales suburbanas en torno a las grandes ciudades, con sus pequeños jardines y árboles diseminados, aparecen a veces en este color. Praderas.

Blanco: Áreas de escasa o nula vegetación pero de máxima reflectividad: nubes, arenas, depósitos salinos, canteras y suelos desnudos.

Azul oscuro a negro: Superficies cubiertas total o parcialmente por el agua: ríos, canales, lagos y embalses. En zonas volcánicas los tonos negros pueden asimismo identificar flujos de lava.

Gris a azul metálico: Ciudades o áreas pobladas, si bien puede asimismo tratarse de roquedo desnudo.

Marrón: Vegetación arbustiva muy variable en función de la densidad y del tono del sustrato. Los tonos más oscuros indican presencia de materiales paleozoicos (pizarras), mientras los materiales calcícolas, menos densos normalmente, ofrecen una coloración más clara.

Beige – dorado: Identifica zonas de transición: prados secos frecuentemente asociados con el matorral ralo.

2.2.4.1.3. Combinación en falso color: RGB 453 BANDAS – 4, 5, 3-

Realza con gran detalle los límites entre el agua y la tierra. Los diferentes tipos de vegetación se muestran en colores marrones, verdes y naranjas. Realza las diferencias de humedad en el suelo y es usada para el análisis de humedad en el suelo y vegetación. Generalmente el suelo húmedo aparece más oscuro.

2.2.4.1.4. Combinaciones en falso color: RGB 742 BANDAS – 7, 4, 2-

Las áreas urbanas aparecen en tonos magentas. Las praderas en verde claro. De verde oliva a verde brillante indica áreas forestales (en general los bosques de coníferas son más oscuros que los de caducifolias (Fernández & Herrero, 2001).

2.2.5. Definir los puntos de control

Para realizar una comparación multitemporal en teledetección es necesario eliminar previamente, en la medida de lo posible, cualquier cambio en los niveles digitales de la escena que no sea debido a cambios reales en la cubierta.

Esto implica asegurar que estemos situados en la misma zona para ambas fechas, y que la variable que estamos comparando se refiera a la misma escala de medida. Una inadecuada superposición entre imágenes podría llevar a conclusiones erróneas, puesto que pondrían en

evidencia cambios entre fechas que serían debidos, no tanto a modificaciones reales en el terreno como a estar analizando píxeles correspondientes a áreas distintas.

Resulta necesario eliminar así mismo, las distorsiones provocadas por la interferencia de la atmósfera en la radiación reflejada por la superficie: para ello se llevan a cabo las oportunas correcciones radiométricas que tratan de acercar los niveles digitales originales a los que habría en caso de una recepción ideal. Este tipo de correcciones son especialmente necesarias cuando se realizan estudios multitemporales, puesto que los factores que afectan a una imagen no suelen ser comparables a los que experimenta otra en fecha distinta (Heredia Laclaustra, Martínez Sánchez, Quintero, Piñeros, & Chuvieco, 2003).

2.2.6. Corrección de las imágenes.

Las correcciones que se deben realizar sobre las imágenes tienden a eliminar los ruidos causados a la señal que llega al satélite luego de haber atravesado la atmósfera, el efecto de la distorsión de la señal produce errores en la localización como en los ND de los píxeles. Pueden presentar alteraciones radiométricas y geométricas de forma que no coincida con el tono, posición y tamaño de los objetos. Algunas técnicas, para corregir estos efectos, son incorporadas de modo rutinario por las estaciones receptoras de las imágenes, pero en otros casos se requieren correcciones más detalladas como en los estudios multitemporales o cuando se requiere incorporar información auxiliar. La atmósfera puede afectar la naturaleza de las imágenes de sensores remotos de diferentes formas, los efectos atmosféricos pueden ser sustanciales por lo que se ofrecen varios enfoques para la corrección atmosférica. (Brizuela, Aguirre, & Velasco, 2007)

2.2.7. Cobertura del suelo

Esta expresión abarca un vasto rango de aplicaciones. Por cobertura del suelo entendemos el tipo de ocupación existente sobre él, ya sea ésta vegetación natural, cultivos agrícolas o espacios urbanos. Este tipo de cartografía resulta básica en la planificación del territorio, ya que es preciso conocer la dedicación actual de terreno para proponer cualquier mejora (Chuvieco E. , 2010)

2.2.8. Clasificación de imágenes satelitales.

Existen dos tipos de clasificación temática: con supervisión y sin supervisión; en la clasificación con supervisión, los píxeles se asignan a clases predefinidas que tienen puntos de control terrestre denominados campos de entrenamiento. En estos campos de entrenamiento el algoritmo estima las características espectrales de la clase que representa, para posteriormente tratar de asignar una clase a todos los píxeles de una imagen (Palacios & Paz, 2006). Las áreas de entrenamiento o muestras espectrales son áreas de interés que el usuario define para operaciones como clasificación y crear máscaras que pueden ser usadas para recortar zonas dentro de una imagen.

2.2.9. Clasificación Supervisada

La clasificación supervisada es realizada por un operador que define las características espectrales de las clases, mediante la identificación de áreas de muestreo (áreas de entrenamiento). Se requiere también que el operador esté familiarizado con el área de interés (Chuvienco E. , 2010).

Los píxeles se asignan a clases predefinidas que tienen puntos de control terrestre denominados campos de entrenamiento. En estos campos de entrenamiento el algoritmo estima las características espectrales de la clase que representa, para posteriormente tratar de asignar una clase a todos los píxeles de una imagen (Palacios & Paz, 2006)

2.2.9.1. Clasificación supervisada en ArcGIS.

El método supervisado parte de un cierto conocimiento de la zona de estudio, adquirido por experiencia previa o por trabajos de campo. Esta mayor familiaridad con el área de interés permite al intérprete delimitar sobre la imagen unas áreas suficientemente representativas de cada una de las categorías que componen la leyenda. Estas áreas se denominan, en la bibliografía anglosajona, training fields (áreas de entrenamiento). El término indica que tales áreas sirven para entrenar al programa de clasificación en el reconocimiento de las distintas categorías (Chuvienco E. , 2010).

Pasos para clasificación supervisada según (Ruiz, Savé, & Herrera, 2013):

1. Selección y edición: identificación de píxeles similares y representativos de las áreas de entrenamiento asignándoles a una firma espectral determinada y calculándole su estadístico con apoyo en los trabajos de campo.
2. Evaluación de las categorías o firmas espectrales; una vez definidas las firmas espectrales y antes de abordar el proceso de clasificación, se evaluó la viabilidad de las categorías para su clasificación.
3. Clasificación de la imagen satelital: el algoritmo de la clasificación supervisada empleado es del tipo paramétrico. El software utilizado para la clasificación de imágenes es ArcGIS 10.2

2.2.9.2. Clasificación supervisada en ENVI

Se parte de un conjunto de clases conocido a priori, estas clases deben caracterizarse en función del conjunto de variables mediante la medición de las mismas en individuos cuya pertenencia a una de las clases no presente dudas (áreas de entrenamiento).

Para ejecutar una clasificación supervisada el investigador o usuario debe poseer conocimiento previo de la zona de interés o por medio de trabajo de campo que le permita delimitar zonas representativas de los usos o coberturas que quiere abstraer, comúnmente llamado “áreas de entrenamiento”.

A partir de esos sitios de entrenamiento (ROIs) en la imagen se está obteniendo los niveles digitales que le corresponde a cada clase. Para ejecutar una clasificación supervisada, se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Selección de áreas de entrenamiento: Se identifica y delimita el o las áreas (polígonos, líneas, etc.) que se consideran representativas de las distintas clases o tipos de respuesta de interés.
- Calculo de parámetros estadísticos: Se calculan los parámetros que caracterizan la distribución de los datos espectrales de las “áreas muestras” escogidas: la media y el desvío.
- Análisis de las muestras: Se analizan los datos de las muestras evaluándose la precisión de “clasificador” generado mediante una clasificación de las “áreas

muestras” con los valores en ella calculados. Se obtiene una matriz que proporciona una medida de priori de los aciertos y errores que resultaran del proceso.

- Clasificación: Se clasifica o categoriza el área de interés utilizando la combinación de muestras que resultó más favorable según los objetivos buscados.

2.2.9.2.1. Selección de áreas de entrenamiento en ENVI.

Se despliega la imagen a clasificar aplicando los realces adecuados que permiten realizar un reconocimiento total de la imagen e identificar los diferentes espacios geográficos. ENVI permite tener la misma imagen en diferentes composiciones de bandas y realces en diferentes ventanas y existe la posibilidad de tomar las muestras espectrales o ROIs en cualquiera de estas lo cual es para el intérprete una gran facilidad.

Para la delimitación más precisa de los ROIs, se recurre a los puntos de calibración, fotografía aérea y la cartografía convencional, teniendo en mente que debe tratarse de ejemplos suficientemente representativos y homogéneos de la clase que pretende definirse.

ENVI, permite delimitar las muestras en cualquiera de las tres ventanas desplegables de la imagen, esto puede ser seleccionado en la ventana de ROI Tool.

Se seleccionan las áreas representativas, escogiendo regiones de interés que sean homogéneas. También existe la posibilidad de separar del ROI mediante su exportación a un visualizador ND y observar la distribución de los puntos dentro de cada ROI, esto es justamente para detectar solapamiento entre las clases

En el estudio resultó más conveniente elegir varias áreas de pequeño tamaño que una sola de mayores dimensiones, ya que con las áreas de mayor tamaño se tendía a infravalorarse la variabilidad de esa categoría.

Método de Máxima Verosimilitud: supone que las estadísticas de cada clase en cada banda tienen una distribución normal y calcula la probabilidad de que un píxel pertenece a una clase específica. A menos que seleccione un umbral de probabilidad, todos los píxeles se clasifican. Cada píxel se le asigna a la clase que tiene la probabilidad más alta (es decir, la probabilidad máxima). Si la probabilidad más alta es menor que un umbral especificado, el píxel permanece sin clasificar.

2.3. IMPACTO AMBIENTAL

Según (Espinoza, 2001) se puede definir ampliamente el impacto ambiental como la alteración significativa de los sistemas naturales transformados y de sus recursos, provocado por acciones humanas. Por tanto, los impactos se expresan en las diversas actividades y se presentan tanto en ambientes naturales como en aquellos que resultan de la intervención y creación humana.

(Challenger, 2003) Lo define como una alteración o modificación resultante de la confrontación entre un ambiente dado y un proceso productivo, de consumo o de un proyecto de infraestructura. Siempre debe estudiarse desde una perspectiva interdisciplinaria que permita comprender de manera integral las múltiples interacciones de procesos biofísicos y sociales.

El impacto de una acción sobre el medio ambiente se considera como la diferencia entre la situación del medio ambiente futuro modificado tal como se manifestaría y la situación del medio ambiente futuro tal como habría evolucionado normalmente sin la alteración provocada por dicho impacto. Esta posible alteración, en la calidad de vida del ser humano debe ser apreciada según la variación de ese impacto en función del tiempo.

Es importante tener en cuenta que el término IMPACTO no implica exclusivamente negatividad, ya que éste puede ser negativo tanto como positivo. El impacto generado en un sistema dependerá en gran medida de su calidad y fragilidad ambiental. Es decir, en otras palabras, el impacto será mayor cuanto mayor sea la calidad y la fragilidad del medio en el que se emplaza la nueva actividad (Dellavedova, 2011).

2.3.1. Evaluación del Impacto Ambiental

Evaluación de Impacto Ambiental (EIA): “es un proceso de análisis para identificar relaciones causa-efecto, predecir cuanti-cualitativamente, valorar, interpretar y prevenir el impacto ambiental de una acción o acciones provenientes de la ejecución de un proyecto, en el caso en que éste se ejecute...”.

Es de carácter multidisciplinario y está basada en procedimientos jurídicos-administrativos con el objeto de mejorar la toma de decisiones en los proyectos, programas o políticas, tanto en el campo ambiental como en lo socialmente sostenible. En síntesis es una herramienta de gestión para la protección del medio ambiente (Dellavedova, 2011).

La evaluación de impacto ambiental es un procedimiento administrativo que incluye el conjunto de estudios e informes técnicos y de consultas que permiten estimar los efectos que la ejecución de un determinado proyecto o actividad causará sobre el medio ambiente, con el fin de prevenir, evitar y corregir dichos efectos.

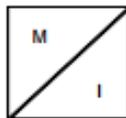
Consiste en un proceso que se inicia con la definición genérica del proyecto que se pretende realizar y culmina con la Declaración de Impacto. La evaluación se realiza sobre la base del estudio de impacto ambiental, que es el documento técnico presentado por el promotor del proyecto o actividad y que debe identificar, describir y valorar de manera apropiada los efectos previsibles que la realización del proyecto o actividad produciría sobre los distintos aspectos ambientales, valorando diferentes alternativas técnicamente viables (Martínez, Martínez, & Zuberogoitia, 2003).

En este proceso se incluye un periodo de información pública para incorporar en las evaluaciones de impacto ambiental las alegaciones de afectados o de cualquier interesado. Con base en la evaluación de impacto y las alegaciones, el organismo competente en materia ambiental (Administración regional o estatal, según el tipo de proyecto) emite una Declaración de Impacto Ambiental, que formula y recoge las condiciones de ejecución del proyecto (incluida la no-ejecución) necesarias para proteger el medio ambiente y los recursos naturales (Martínez, Martínez, & Zuberogoitia, 2003).

2.3.2. Matriz de Leopold

El método cualitativo preliminar sirve para valorar las distintas alternativas de un mismo proyecto. El modelo más utilizado es la llamada Matriz de Leopold, que consiste en un cuadro de doble entrada en el que se dispone como filas los factores ambientales que pueden ser afectados y como columnas las acciones propuestas que tienen lugar y que pueden causar posibles impactos.

Cada celda (producto de la intersección de filas y columnas) se divide en diagonal, haciendo constar en la parte superior la magnitud del impacto (M) y en la parte inferior la intensidad o grado de incidencia del impacto (I).



Según sea la valoración para M: Magnitud del Impacto medido en una escala ascendente de 1 a 10, precedido del signo + ó - , si el impacto es positivo o negativo respectivamente. Según sea la valoración para I: Incidencia del Impacto medido en una escala ascendente de 1 a 10. La suma de los valores que arrojen las filas indicará las incidencias del conjunto sobre cada factor ambiental, mientras que la suma de los valores de las columnas, arrojará una valoración relativa del efecto que cada acción producirá al medio. Ambas estimaciones se realizan desde un punto de vista subjetivo al no existir criterios de valoración, pero si el equipo evaluador es multidisciplinario, la manera de operar será bastante objetiva y servirá como estudio preliminar.

De esta manera la Matriz de Leopold se convierte en eje del Estudio del Impacto Ambiental a la hora de evaluar la magnitud e importancia, y formará parte de Estructura de la Evaluación de Impacto Ambiental (Dellavedova, 2011).

2.3.3. Plan general de Manejo

Instrumento técnico de mediano y largo plazo que orienta las acciones de investigación, uso, manejo y desarrollo de los distintos bienes y servicios que brinda un ASP, con el fin de cumplir con los objetivos de conservación para el cual se estableció el área.

Es el instrumento de planificación que permite orientar la gestión de un área silvestre protegida hacia el cumplimiento de sus objetivos de conservación a largo plazo. Se fundamenta en líneas de acción estratégicas a mediano plazo y en objetivos de manejo para los elementos naturales y culturales incluidos dentro del área, así como en la relación de estos últimos con su entorno socio ambiental (Hernández, 2010).

2.4. PROPUESTA DE MANEJO AMBIENTAL

Es el instrumento de planificación que orienta a un buen uso, manejo y gestión de los recursos de un área natural hacia el logro de sus objetivos de preservación y conservación, a partir de propuestas de largo, mediano y corto plazo enmarcado en realidades naturales, socioculturales, dinámicas territoriales y de desarrollo en la que se encuentra inmersa el área.

La propuesta de manejo ambiental de una cuenca hidrográfica considera estrategias y directrices donde se definen políticas integrales, por lo que toma en cuenta los recursos naturales de tal forma que el aprovechamiento de los mismos nos garantice el bienestar social y el equilibrio de los ecosistemas.

Una propuesta de manejo ambiental requiere ubicar y definir la relación espacial entre los recursos y los usos actuales ya que esto ayuda a definir la línea estratégicas que son la base sobre la cual se puede planificar las actividades para cumplir con los objetivos planteados y a su vez medir el avance (Morocho, 2013).

2.4.1. Vivero Forestal

Los viveros forestales se definen como sitios destinados a la producción de plantas bajo cuidados y técnicas especiales, hasta su trasladado al terreno definitivo de plantación, para lo cual es necesario que la persona encargada de dirigir la actividad del vivero tenga pleno conocimiento en este oficio.

El vivero forestal es el lugar destinado al cuidado y producción de diferentes especies forestales y en donde se les proporciona todos los cuidados requeridos para garantizar un buen prendimiento, supervivencia y crecimiento en el terreno definitivo de plantación.

Para el buen funcionamiento de un vivero, es importante considerar que no basta con disponer de un área donde se puedan producir plantas, sino que se requieren otros espacios destinados a actividades complementarias. Los viveros forestales constituyen el primer paso en cualquier proyecto de forestación y reforestación, tradicionalmente los viveros, de acuerdo con la permanencia y magnitud, se clasifican en permanentes y temporales.

Viveros permanentes: Son aquellos destinados a la producción de grandes cantidades de plántulas en forma sostenida durante todo el año, generalmente abastecen las necesidades de material en regiones extensas, por lo cual deben tener una adecuada ubicación y buena infraestructura.

Viveros temporales: Llamados también móviles, son viveros pequeños cuyo objetivo es la producción y establecimiento de plántulas a proyectos de reforestación definidos. (Rodríguez & Cargua, 2014).

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. TIPO DE ESTUDIO

La presente investigación está enfocada dentro del ámbito aplicativo, es de campo y por lo tanto posee un enfoque cuasi-experimental ya que se efectuó varias investigaciones por medio de las cuales fue posible obtener datos e información importante que sirvió de referencia para el sustento científico y profesional, con lo que se pudo dar solución al problema.

Dependiendo del campo de conocimientos en que se realiza la investigación es científica además conforme al tipo de razonamiento empleado es racional, acorde con el método utilizado es analítica, deductiva y conforme al número de investigadores que la realizan, es personal.

Entendiendo el nivel de conocimientos que se adquirió es explicativa, se expuso la raíz del problema que es la afectación del ecosistema paramo tanto en suelos como en fuentes hídricas.

3.1.1. Diseño de la Investigación.

La presente investigación es un estudio de caso que recurre a el método científico, el cual permite analizar fenómenos que se muestran en la cuenca hidrográfica, manejando variadas fuentes y datos para recoger evidencia cualitativa y cuantitativa con el fin de describir, verificar y generar las medidas de solución a la problemática identificada.

3.1.2 Investigación Documental.

La investigación adquirió información de tipo secundaria de la revisión de diferentes fuentes bibliográficas y/o documentales existentes, las mismas que sirvieron principalmente para la elaboración de la parte conceptual.

3.1.3 Investigación de campo.

Corresponde a la información obtenida directamente en el área de estudio, esto permite valorar la realidad de los impactos negativos a causa de las actividades antrópicas respecto

a los recursos naturales. Las actividades realizadas en la investigación de campo se describen a continuación:

- Reconocimiento del área de estudio, para seleccionar e identificar con el GPS los puntos de muestreo para la clasificación supervisada.
- Levantamiento de información para la elaboración de la línea base de la investigación (flora, fauna, características socioeconómicas) mediante recorridos de campo.
- Implementación del vivero forestal para la producción de plantas nativas de la zona de estudio.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

La conservación y manejo de la microcuenca en estudio es de beneficio directamente para la parroquia de Achupallas que posee una población de 10.529 y de igual manera para la población del cantón Alausí que es de 44.089 habitantes según las cifras del (INEC, 2010).

En el Cantón Alausí 6.330 personas pertenecen al área urbana y 37.759 al área rural según los datos del censo poblacional realizado en el año 2010 por el INEC.

No se tomara una muestra para este tipo de investigación ya que el área de estudio es necesaria tomarla por completo.

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 2. Operacionalización de las variables

Variables	Concepto	Categoría	Indicadores	Técnicas E Instrumentos
Variable independiente – VI				
VI: Cambio de uso del suelo.	“Cambio de la ocupación existente sobre él, ya sea ésta vegetación natural, cultivos agrícolas o espacios urbanos”.	Ambiental	-Acciones Antropogénicas. -Impactos Ambientales.	- Observación -Encuestas -Matriz de Leopold. -Resultados

Variable Dependiente – VD				
VD: Microcuenca del río Jubal.	“Terreno delimitado por las partes altas de una montaña, drenada por un único sistema de drenaje natural que puede desembocar en un lago interior o en río”.	Ambiental	-Estudio Multitemporal. -Clases de coberturas de suelo.	-Observación -Software ArcGIS 10.2 -Tasa de cambio anual (TAC) en la cobertura de suelo.

Fuente: Realizada por el autor.

3.4. PROCEDIMIENTOS

La información requerida para la investigación fue proporcionada por los técnicos investigadores del proyecto PCB_UNACH en el que se realiza la misma, la información secundaria se obtuvo a través de la búsqueda y descargada del internet, además se recolectaran datos en el lugar de estudio.

Esta información fue primordial para poder realizar la delimitación de la microcuenca y el estudio multitemporal a través del cual obtendremos los cambios de usos de suelo, las encuestas realizadas y la matriz de Leopold nos ayudaron a determinar los impactos ambientales en el área de estudio. Una vez determinados los impactos ambientales se realizó una propuesta de manejo ambiental, para lo cual se implemento un vivero forestal como demostración de uno de los programas del plan de manejo ambiental.

3.4.1. Técnicas e Instrumentos

Las técnicas de investigación que se utilizaron son la observación y encuestas. Los instrumentos conducidos al cumplimiento de los objetivos de la investigación son:

- Delimitación de la microcuenca utilizando técnicas SIG (Software ArcGIS 10.2).
- Estudio Multitemporal para determinar los usos de suelo.

- Matriz de Leopold para identificar los impactos ambientales generados.
- Propuesta de manejo ambiental para la conservación y defensa del área de estudio.
- Implementación de un vivero forestal.

3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

Se realizará un análisis bibliográfico sobre los conceptos más importantes referentes a la investigación, de tal manera se puede tener un panorama amplio sobre el trabajo que se realiza y las metas que se quieren alcanzar.

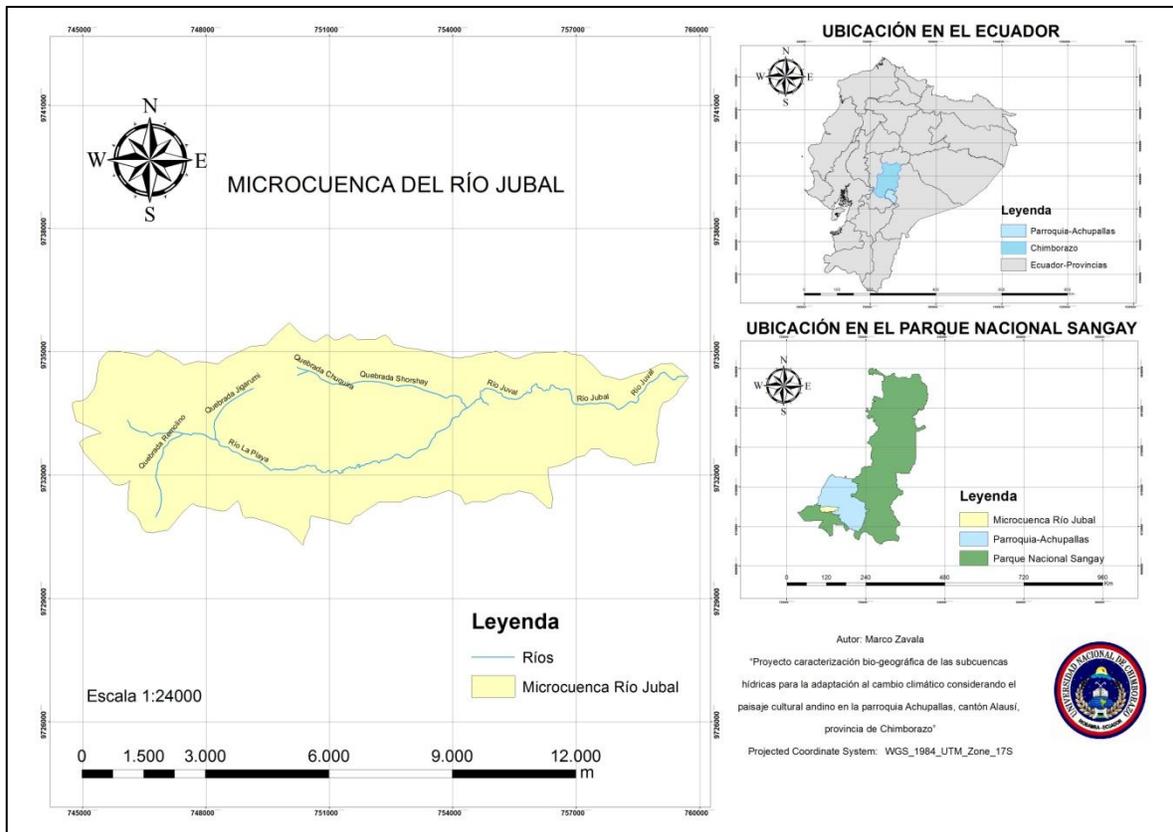
Después de haber asimilado los conceptos y tener definida la metodología a seguir para la investigación se procede a realizar un análisis del modelo de elevación digital del área de estudio para realizar la delimitación de la microcuenca.

Luego se realizara un estudio multitemporal de imágenes satelitales de los años 1991-2001 y 2011 para determinar los usos de suelos en los respectivos años. Además se utilizará un análisis estadístico, puesto que los cambios de uso de suelo están relacionados con numerosos datos sobre las clases de cobertura de suelo en los años descritos. De igual manera será utilizado en la identificación de los impactos ambientales generados en el área de estudio.

3.5.1. Ubicación geográfica

La microcuenca del río Jubal se encuentra ubicada en la parte sur occidental del parque Nacional Sangay, en el cantón Alausí, provincia de Chimborazo. Esta microcuenca tiene varios a portantes aguas abajo que convergen a la cuenca del río Santiago.

Se encuentra ubicada de acuerdo al sistema de coordenadas proyectadas WGS 1984 UTM Zona 17Sen: UTM 756205 Este; 9734269 Norte. A una altura de 3462 ms; posee una superficie de 4921,0 Hectáreas, según la cartografía existente.



Mapa 1. Localización de la microcuenca del río Jubal.

3.5.1.1. Calculo de parámetros morfométricos.

La metodología utilizada para obtener los parámetros morfométricos de la micro cuenca del río Jubal se realizo en el software ArcGIS, versión 10.2.

Tabla 3. Parámetros Morfométricos de la Microcuenca del Río Jubal.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
DE LA SUPERFICIE		
Área	Ha	4953,44
Perímetro	Km	40,37
Cotas		
Cota Max	Msnm	4360

Cota min	Msnm	3120
Centroide (PCS: WGS 1984 UTM Zone 17S)		
X centroide	M	751922,84
Y centroide	M	9733086,87
Z centroide	Msnm	3882,12

Fuente: Los parámetros morfométricos para la microcuenca del río Jubal fueron calculados por el autor en el programa ArcGIS 10.2

3.5.1.1.1. Longitud Axial (La)

Por razón de la extensión del shape de puntos acotados en el ArcGIS se procedió a medir desde el punto acotado más alto hasta el punto acotado más bajo.

$$\mathbf{La= 14, 367 Km}$$

3.5.1.1.2. Ancho Promedio (Ap)

Se lo calculó mediante la siguiente fórmula:

$$Ap = A/La$$

Donde $Ap = 49,5344 / 14, 367$
 $= 3,447 Km$

3.5.1.1.3. Factor Forma (Ff)

Se lo calcula mediante la siguiente fórmula

$$Ff= Ap / La$$

Donde $Ff = 3,447 / 14, 367$
 $= 0,239$

Tabla 4: Susceptibilidad a Crecidas

CLASE	RANGO	SUSCEPTIBILIDAD A CRECIDAS
Ff1	0 – 0.25	Baja
Ff2	0.26 –0,50	Media
Ff3	0,51 –0,75	Alta
Ff4	>0.75	Muy Alta

Según la tabla de susceptibilidad a crecidas el Río Juval tiende a una crecida Baja en lluvias fuertes ya que se encuentra en el rango de susceptibilidad a crecidas BAJA.

3.5.1.1.4. Coeficiente de Compacidad (Kc)

Se lo calcula mediante la siguiente fórmula

$$Kc = \frac{P}{2 \pi * A}$$

Donde
$$Kc = \frac{40,37}{2 \pi * 49,5344} = 1,487$$

La forma de la microcuenca del río Juval es Oval Redonda a Oval Oblonga.

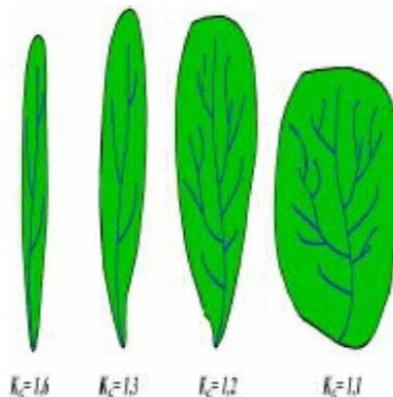


Figura 1: Formas del Índice de Coeficiente de Compacidad

3.5.2. Delimitación de la cuenca hidrográfica

Se hallan diferentes maneras de delimitar o delinear cuencas hidrográficas, se utiliza cada metodología de acuerdo al carácter posterior o intención que se desee conseguir. Según (Rosas, L, 2009) existen maneras de delimitar que van desde las realizadas manualmente, sobre un plano topográfico o directamente en pantalla, hasta las que se realizan digitalmente de forma semiautomática, utilizando las herramientas SIG y la información base aeroespacial. Todas las formas de delimitar conducen al mismo objetivo, sin embargo, la diferencia radica en la precisión; y es allí donde el método que se utilice y la información base, determinarán la calidad del trabajo final.

En el presente trabajo se va a emplear como insumos un modelo digital de elevación (MED) con una resolución de 30 metros y de coordenadas proyectadas WGS 1984 UTM Zona 17S y las curvas de nivel de la cuenca hidrográfica en estudio que en este caso es la microcuenca del río Jubal.

Toda esta cartografía fue proporcionada por el proyecto PCB_UNACH, además se puede obtener de la página web del (SNI, Sistema Nacional de Información, 2014).

El proceso de delimitación de unidades hidrográficas se efectuara mediante dos subprocesos:

- Generación de áreas de drenaje (cuencas de captación) o watersheds
- Generación vectorial de la unidad hidrográfica.

3.5.2.1. Generación del área de drenaje (cuenca de captación) o Watershed

La delimitación de la microcuenca en estudio se desarrolló en el programa ArcMap 10.2, a partir del MED que se encuentra en un formato Raster, Se inicia el proceso:

El primer paso a seguir es extraer la información necesaria de nuestra zona de estudio, con la ayuda del programa ArcGIS partimos del MED y el shape file de la parroquia Achupallas y cual realizamos un polígono.

Generación de un polígono en ArcGIS, en este proceso se realiza un “New Shapefile”, en la ventana catálogo, dando clic izquierdo sobre la carpeta en la que desee crear. Seleccionamos en la ventana desplegada “New Shape file”, en la opción “name”, ingresamos el nombre del nuevo “shape file”, en la opción “feature type”, seleccionamos

polígono, asignamos las coordenadas respectivas. Luego seleccionamos la herramienta “Editor” dentro de la cual se desplegará una ventana, seleccionamos “startediting”, a continuación elegimos “Create Feature” y optamos por “rectangle” y realizamos el polígono alrededor de la parroquia Achupallas, posteriormente guardamos el nuevo Shape file y detenemos la edición.

EXTRAER POR MÁSCARA (EXTRACT BY MASK)

Extrae las celdas de un raster que corresponden a las áreas definidas por una máscara (Esri, 2012). El siguiente paso es utilizar la herramienta “Extract by Mask”, para separar una parte del MED, alrededor de la cuenca de interés. La herramienta “Extract by Mask”, se ubica en “ArcToolbox”, en las herramientas de “Spatial Analyst Tools”, dentro de la categoría de herramientas “Extraction”. En la opción “Input raster”, de la ventana se ingresa el MED, En la opción “Input Raster or feature mask data”, se ingresa el “New_Shapefile” creado y en la opción “Output raster”, de la ventana se ingresa el nombre y la ubicación donde se guardará.

RELLENO (FILL RASTER)

Esta herramienta rellena sumideros en un raster de superficie para quitar pequeñas imperfecciones en los datos. Con frecuencia, los sumideros (y picos) representan errores debido a la resolución de los datos o el redondeo de elevaciones al valor entero más cercano. Los sumideros se deben rellenar para garantizar la representación correcta de cuencas y arroyos. Si los sumideros no se rellenan, una red de drenaje derivada puede ser discontinua (Esri, 2013).

El siguiente paso que se efectúa es corregir errores de sumideros o imperfecciones que se hayan generado al crear el MED. El proceso en ArcGIS, consiste en crear un Raster de tipo “Fill”, cuya ventana se ubica en “ArcToolbox”, en las herramientas de “Spatial Analyst Tools”, dentro de la categoría de herramientas “Hidrology”. En la opción “Input surface raster”, de esta ventana, se ingresa el MED. En la opción “Output surface raster”, de esta ventana, se ingresa el nombre y la ubicación donde se guardará el archivo.

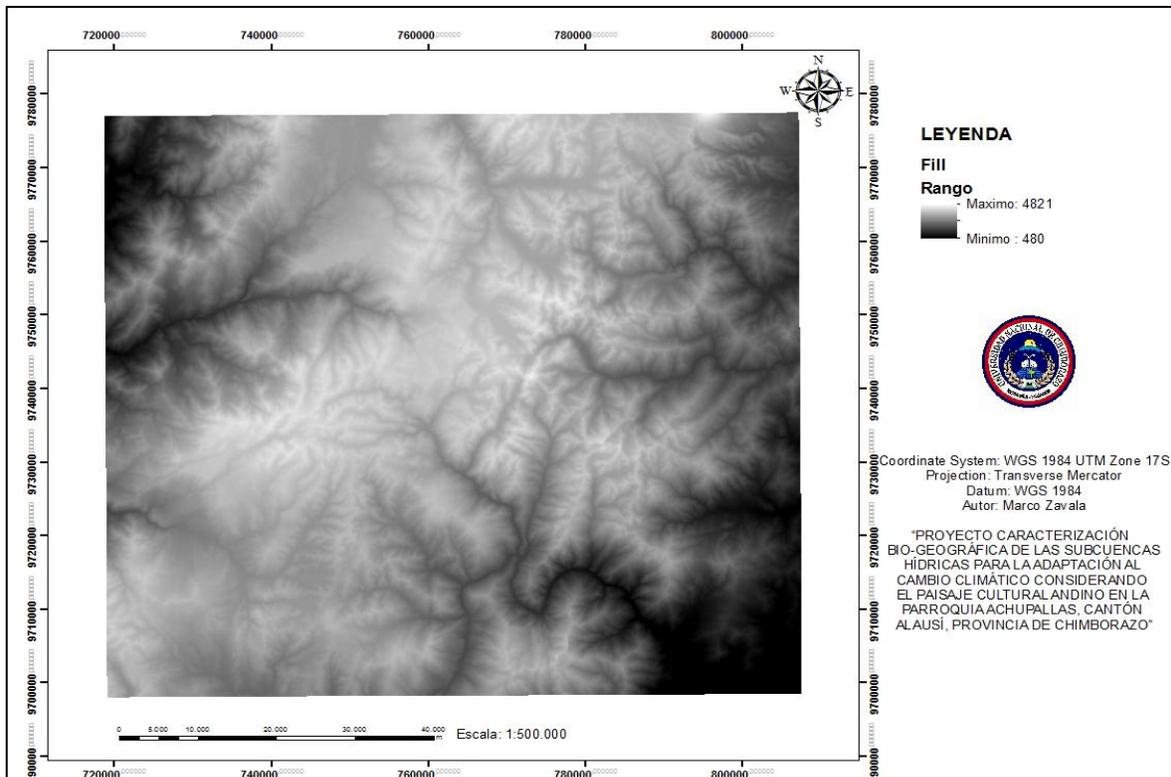


Figura 2. Fill de la Microcuenca del río Jubal.

DIRECCIÓN DE FLUJO (FLOW DIRECTION)

Es una herramienta que crea un ráster de dirección de flujo desde cada celda hasta su vecina con la pendiente descendente más empinada. Una de las claves de la derivación de características hidrológicas de una superficie es la capacidad de determinar la dirección de flujo desde cada celda en el raster. (Esri, 2013).

Una vez generado el nuevo raster, el siguiente paso es determinar las direcciones de flujo en relación a las pendientes y para ello se utilizara la herramienta “FlowDirection” cuya ventana se ubica en “ArcToolbox”, en las herramientas de “Spatial Analyst Tools”, dentro de la categoría de herramientas “Hidrology”. En la opción “Input surface raster”, de esta ventana, se ingresa el “Fill” generado en anterioridad de la zona de estudio. En la opción “Output surface raster”, de esta ventana, se ingresa el nombre y la ubicación donde se guardará el archivo.

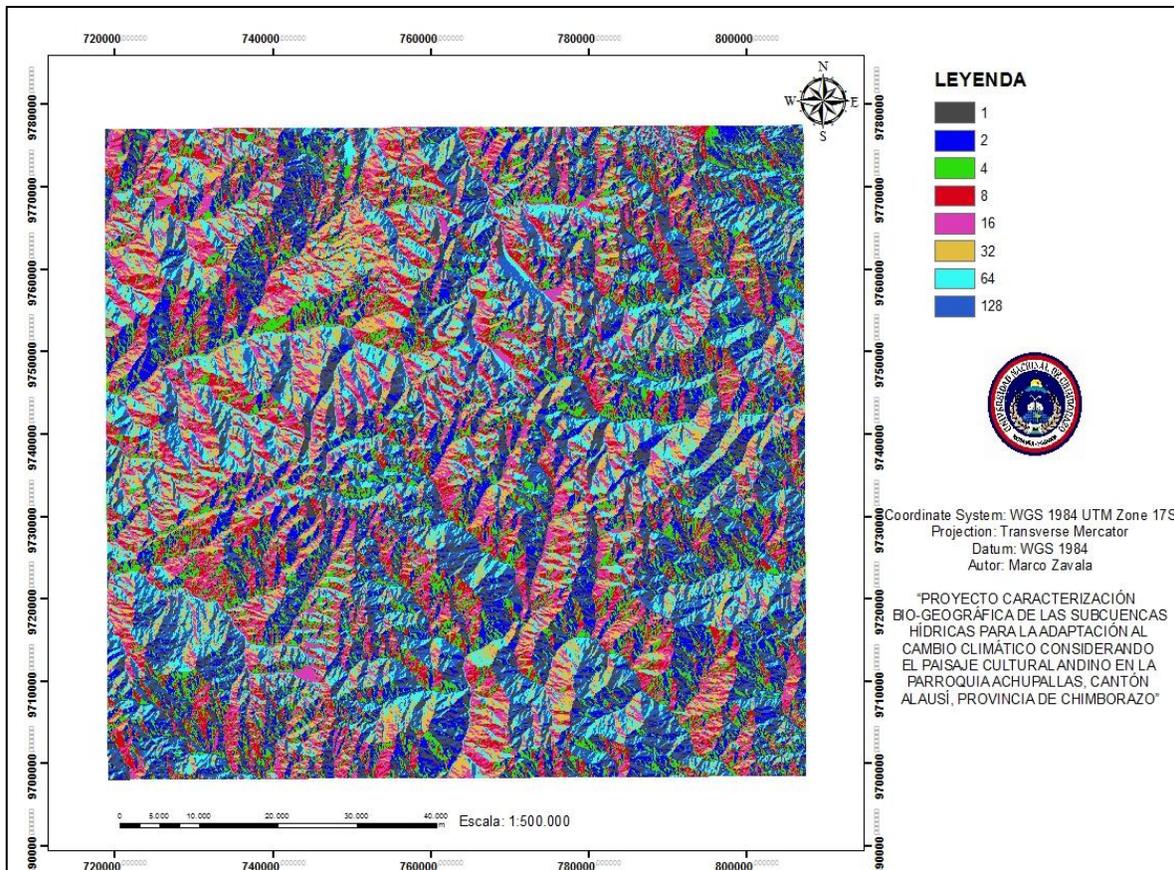


Figura 3: Dirección de Flujo de la Microcuenca del río Jubal.

ACUMULACIÓN DE FLUJO (FLOW ACCUMULATION)

Esta herramienta permite crea un ráster de flujo acumulado para cada celda, como el peso acumulado de todas las celdas que fluyen en cada celda de pendiente descendente en el ráster de salida. (Esri, 2013).

Ya obtenida la dirección del flujo, se procede al siguiente paso que es determinar las acumulaciones de flujo y para ello se utilizara la herramienta “Flow Accumulation” cuya ventana se ubica en “ArcToolbox”, en las herramientas de “Spatial Analyst Tools”, dentro de la categoría de herramientas “Hidrology”. En la opción “Input flowdirection raster”, de esta ventana, se ingresa el “FlowDirection” generado en anterioridad de la zona de estudio. En la opción “Output accumulation raster”, de esta ventana, se ingresa el nombre y la ubicación donde se guardará el archivo.

Para la delimitación de la microcuenca en estudio se necesita generar el punto de desembocadura, este punto se tomara en campo con la ayuda del GPS.

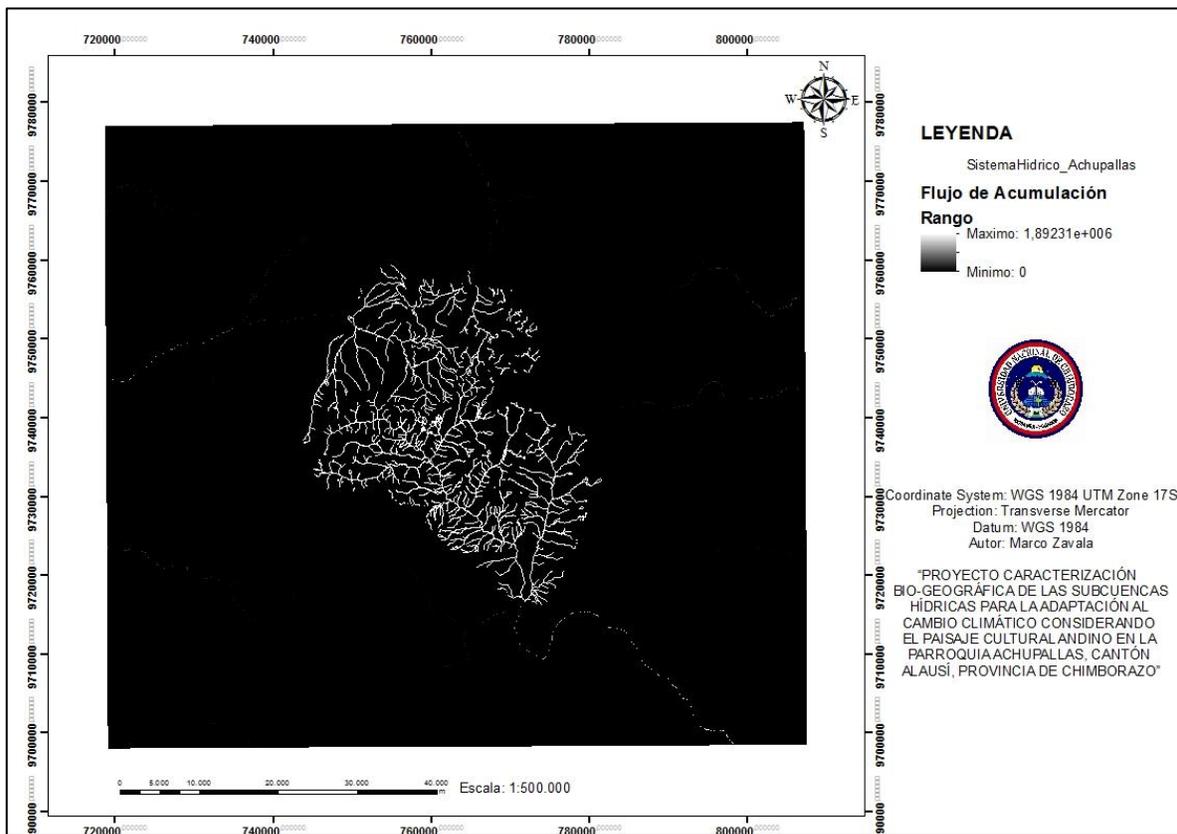


Figura 4: Flujo de Acumulación de la Microcuenca del río Jubal.

Para la generación automática de watersheds (cuencas hidrográficas), se requiere principalmente de la dirección de flujo y el punto de desembocadura o “pour points”, que se emplea para generar de forma controlada por el usuario la unidades de drenaje o watersheds. En ArcGIS, este proceso se realiza con la utilidad “Watershed” del “ArcToolbox”, en el ítem “Hidrology” de “Spatyal Analyst”.

Esta herramienta solicita como información de entrada: la dirección de flujo y el punto de desembocadura, generados en los pasos anteriores. En la opción “Input flowdirection raster” se ingresa el nombre del tema que contiene la información de la dirección de flujo; dejando el nombre del tema “pour point”, para la opción: “Input raster or feature pour point data”. Finalmente, se indica el nombre de un tema de salida, que contendrá la unidad de drenaje o watershed. El producto obtenido es un Raster, en donde la microcuenca es presentada por agrupaciones de pixeles de igual valor.

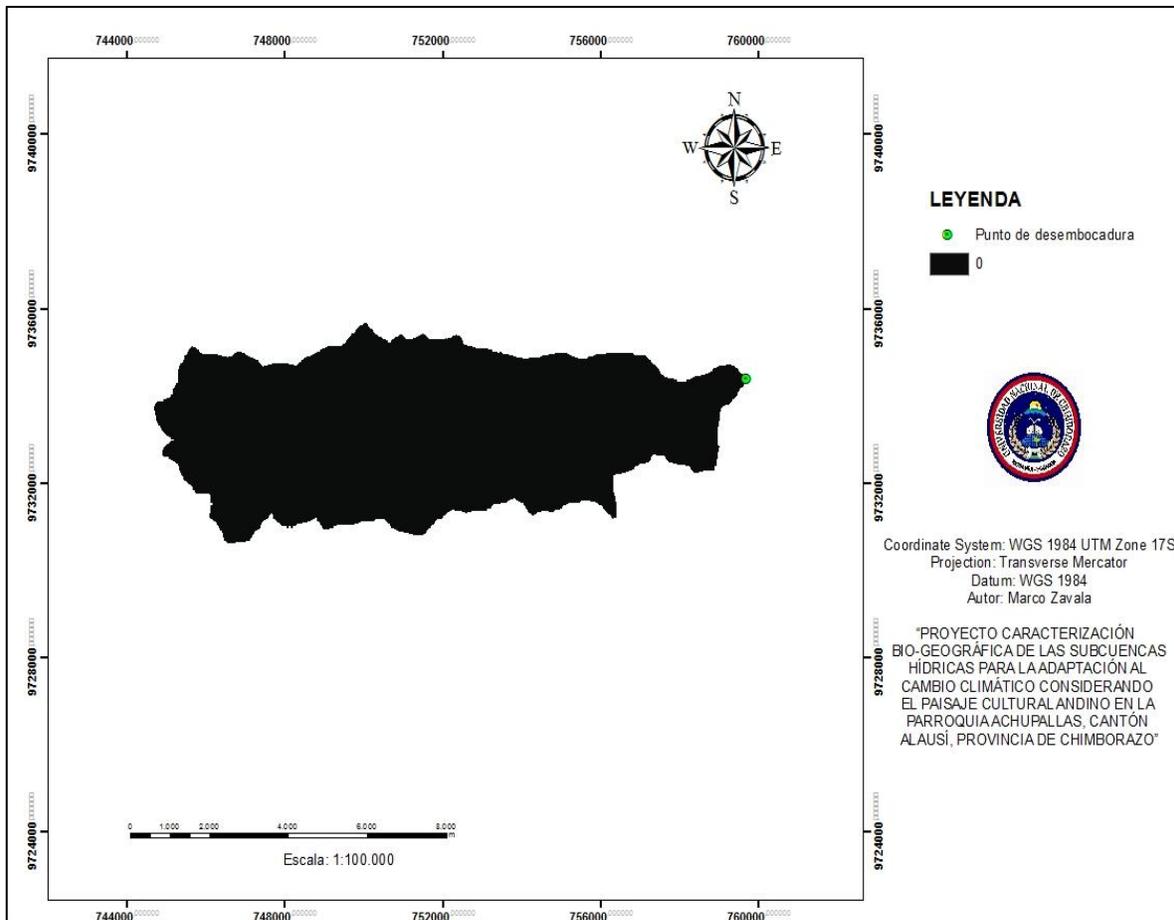
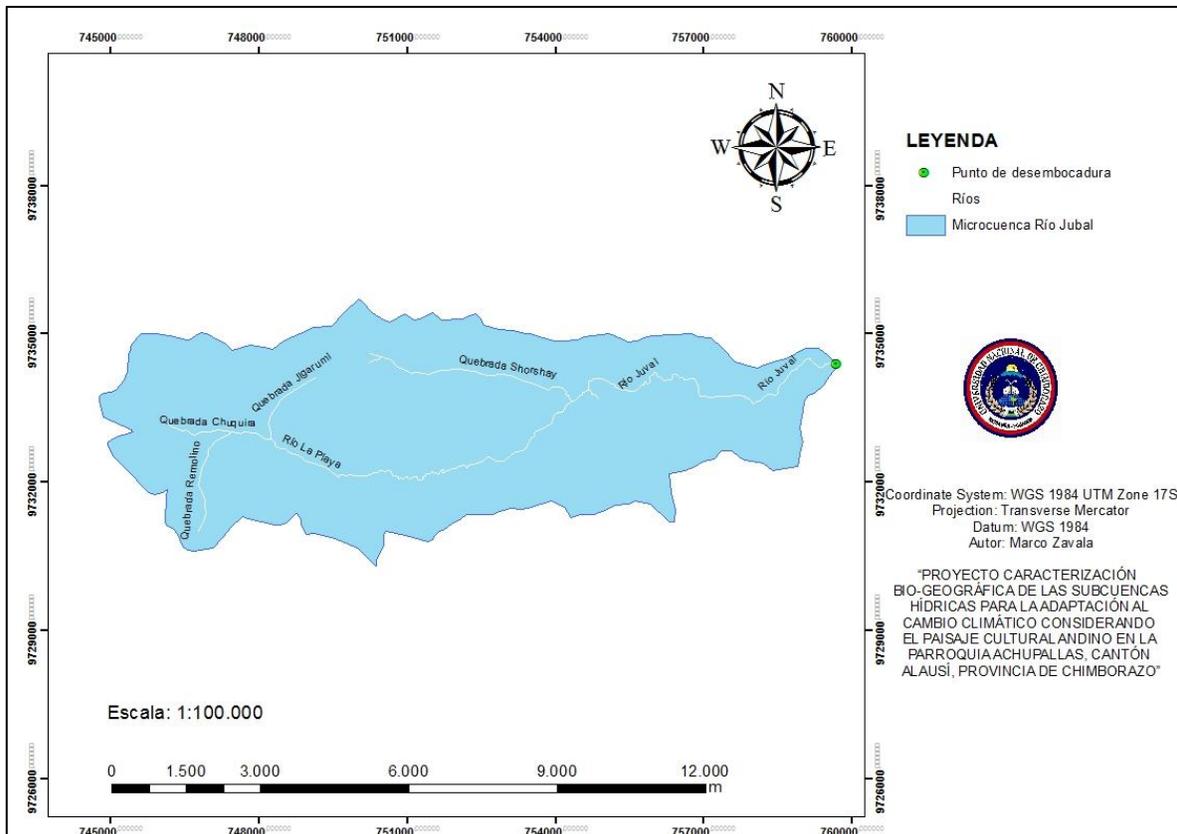


Figura 5: Watershed de la Microcuenca del río Jubal.

3.5.2.2. Generación Vectorial de la Unidad Hidrográfica

Este proceso consiste en convertir la unidad hidrográfica o watershed obtenido, al formato vectorial de tipo polígono.

Conversión de raster a polígono, en ArcGIS, este procedimiento se efectúa con la herramienta “Raster to Polygon”, de la opción “From Raster”, del menú perteneciente al módulo “Conversion Tools”. En la primera opción de esta ventana, “Input Raster” se elige el tema raster a convertir, en este caso, la que contiene el watershed. En la opción “Output polygon features”, se debe asignar un nombre de salida para el nuevo tema vectorial. (Rosas, L, 2009)



Mapa 2. Delimitación de la microcuenca del río Jubal.

3.5.3. Estudio multitemporal para determinar el cambio del uso del suelo en las décadas del 1991, 2001 y 2011.

El estudio multitemporal se realizó integrando en el proceso tres imágenes satelitales correspondientes a los años de análisis 1991, 2001 y 2011.

Previamente se efectuó una ortorectificación de las imágenes satelitales para eliminar en la medida de lo posible los errores que ellas podían poseer.

3.5.3.1. Pre proceso de imágenes satelitales Landsat.

Corrección atmosférica Esta corrección se utiliza para eliminar distorsiones de las imágenes debido a los efectos de las partículas presentes en la atmósfera. Comprende principalmente la eliminación del efecto de la dispersión de la radiación electromagnética originada por parte de los gases y partículas en suspensión en la atmósfera. La imagen Landsat fue corregida atmosféricamente utilizando el modelo de Chávez, donde se indica que los cuerpos u objetos de alta absortividad deberían tener valores de nivel digital 0 (Chuvieco E,

2002), este procedimiento, conocido como Dark Object Subtraction Model (DOSM), necesita datos de la variación solar, de la fecha del año e inclinación del ángulo de elevación del sol, con ellos se puede eliminar el efecto de la niebla sobre la imagen. Este procedimiento se realizó en el programa Idrisi Andes en el modulo ATMOSC con el modelo COS(t), el cual permite realizar las correcciones basándose principalmente en el coseno del cenit solar. También se incorporan al modelo los efectos de la absorción atmosférica y de la dispersión Rayleigh. El procedimiento se realizó para cada una de las 7 bandas del sensor por separado.

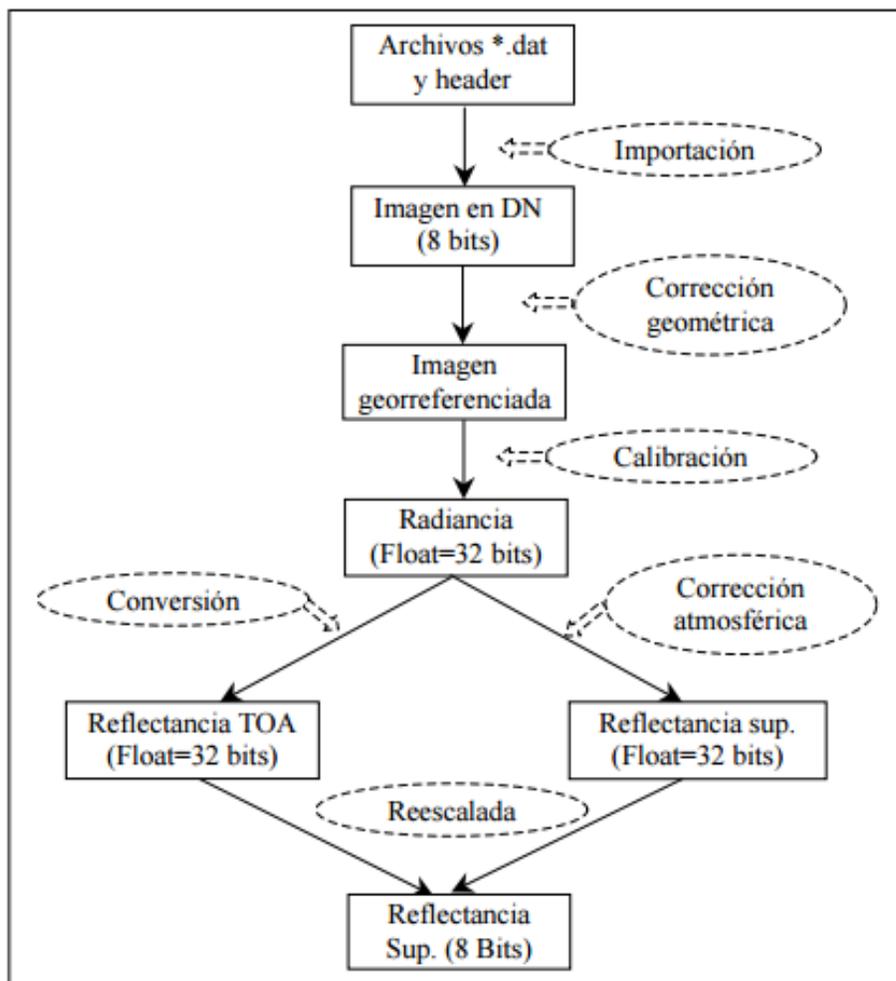


Figura 6: Diagrama de flujo para corrección de imagen satelital.

3.5.3.2. Diseño para la clasificación supervisada en ArcGIS

3.5.3.2.1. Definir los puntos de control

Los puntos de control fueron tomados en el área de estudio durante las salidas de campo realizadas para la geo-referenciación de las distintas clases de uso de suelo que se tomaron en cuenta en la clasificación supervisada de las imágenes satelitales.

La metodología utilizada para la clasificación supervisada en ArcGIS para el área de estudio es la propuesta por (Ruiz, Savé, & Herrera, 2013) y adaptada para la zona de estudio. El procedimiento de clasificación supervisada de usos de suelo del año 1991 servirá como plataforma para los años 2001 y 2011.

Para la determinación del uso de suelo del año 1991, se partió de la imagen Landsat7 perteneciente a la zona de estudio la cual fue previamente tratada y lista para su utilización. Se procedió a cargar la imagen satelital Landsat de la zona de estudio al programa ArcGIS esta imagen inicial abarca toda la parroquia de Achupallas.

Por tal razón se procede a realizar un Clip Raster a la imagen satelital para obtener una imagen únicamente de la zona de la microcuenca del río Jubal; para esto se selecciona esta herramienta que se encuentra en la carpeta de ArcToolbox, en la herramienta Data Management Tools dentro de la categoría de herramientas Raster en la opción Raster Processing.

Dentro de la ventana que se despliega al seleccionar el Clip, en la opción “Input Raster” se introduce la imagen satelital de la zona de estudio, en la opción “Output Raster Dataset” se elige el lugar y el nombre de la nueva imagen. Esta nueva imagen es cargada al programa con una combinación de bandas 2-4-5; esta combinación de bandas permitió identificar de mejor manera los diferentes tipos de uso de suelo.

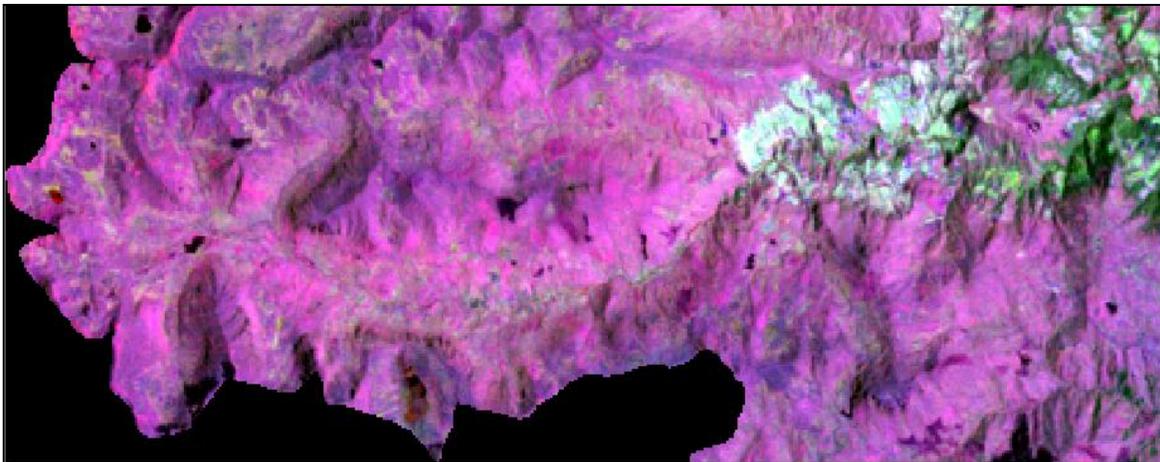


Figura 7: Imagen satelital para la zona de la microcuenca del río Jubal.

Para realizar la correcta clasificación supervisada de la imagen satelital se realizaron las firmas espectrales o las clases en las cuales se clasificó la imagen; este proceso inicia con la creación de las áreas de entrenamiento y los puntos de control esto se lo hizo con la opción “Training Sample Manager” del conjunto de herramientas Image Classification; esta herramienta permite formar polígonos para la formación de las firmas espectrales, se procedió a seleccionar 20 polígonos por cada clase de uso de suelo como se observa en la figura a continuación.

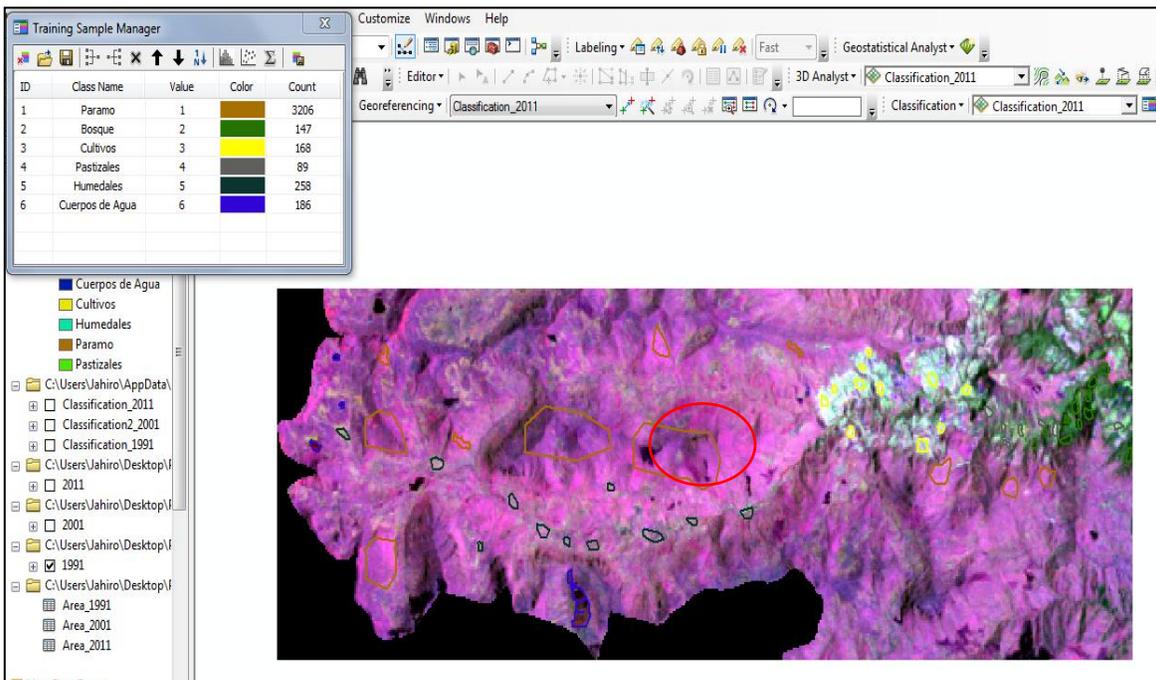


Figura 8: Formación de Áreas de trabajo y Firmas espectrales.

Una vez realizadas las clases se proceden a guardar las firmas espectrales que se han determinado y por lo tanto se procede a realizar la clasificación supervisada con la herramienta “Interactive Supervised Classification”; la herramienta se encuentra dentro del conjunto de herramientas “Classification”.

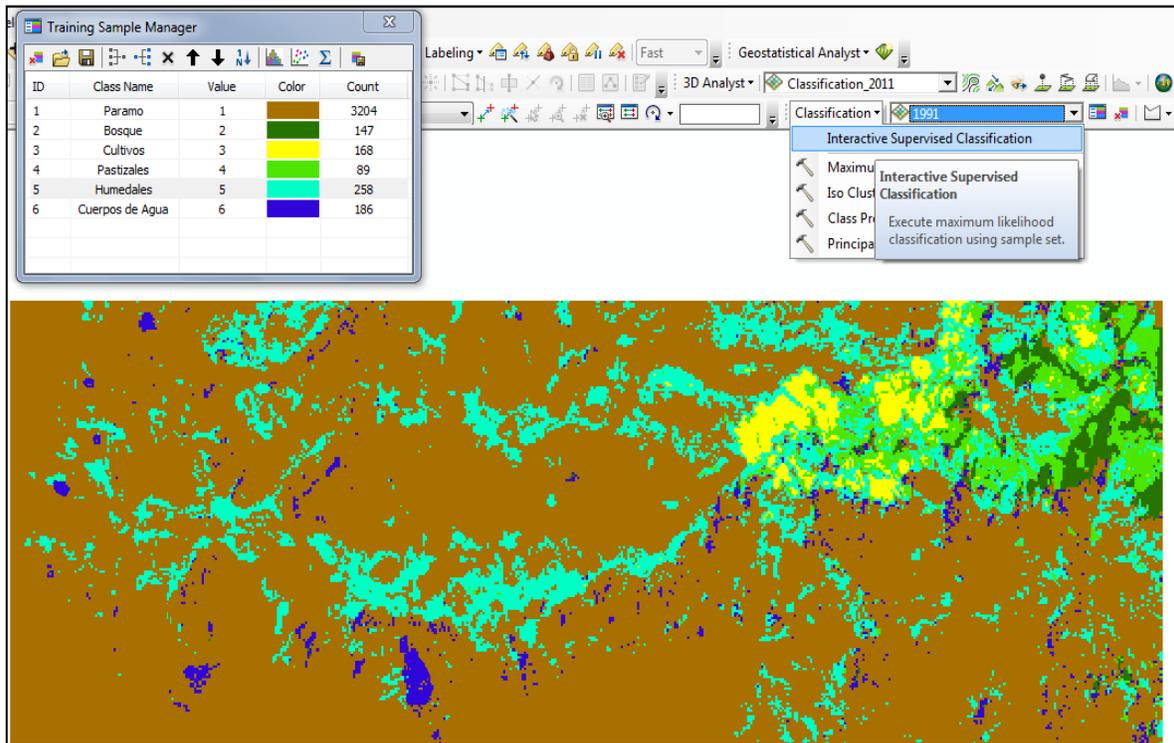


Figura 9: Clasificación Supervisada para el año 1991.

Realizada la clasificación supervisada obtenemos un Raster de la zona de estudio el cual debe ser transformado a formato vectorial, para esta operación seleccionamos la herramienta “Raster to Polygon” que se encuentra dentro de ArcToolBox, en el conjunto de herramientas Conversion Tools, en la opción From Raster. Se despliega una ventana en la primera opción “Input Raster” seleccionamos el Raster de la clasificación, en la segunda opción “Field” seleccionamos “Class Name” y en la última opción “Output polygon features” damos el nombre y el lugar del nuevo archivo. A este nuevo archivo se le realiza un clip con el perfil de la microcuenca del río Jubal como se observa en la figura.

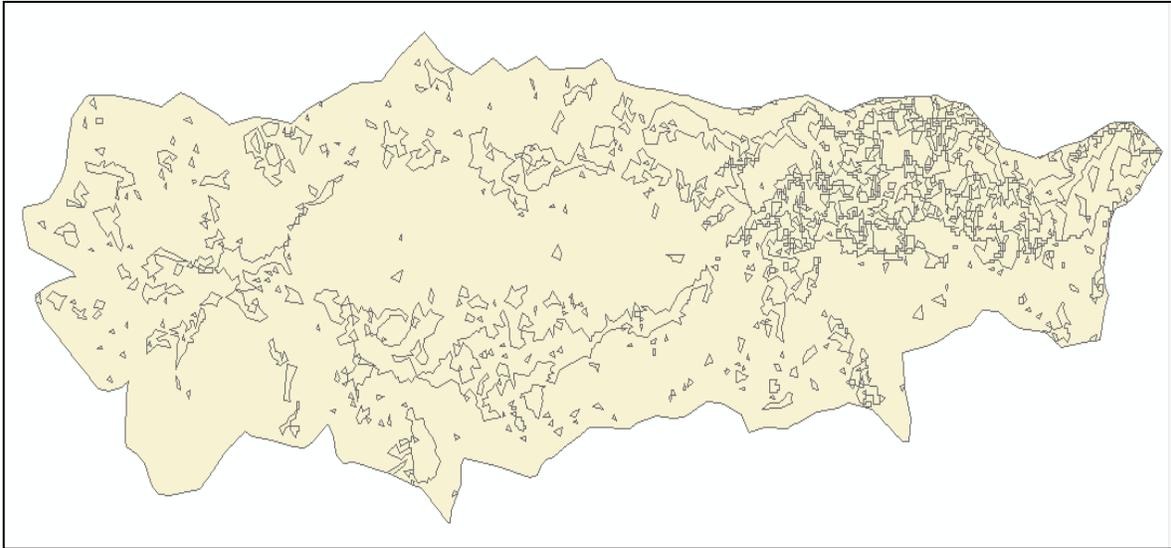


Figura 10: Formato vectorial de la clasificación supervisada del año 1991.

Para una mejor interpretación de la clasificación y de los usos de suelo se recomienda eliminar las áreas menores a una hectárea, dependiendo el área total de la zona de estudio. Una vez realizado este proceso se procede a dar un color respectivo a cada uso de suelo se recomienda mantener los colores utilizados en la clasificación supervisada.

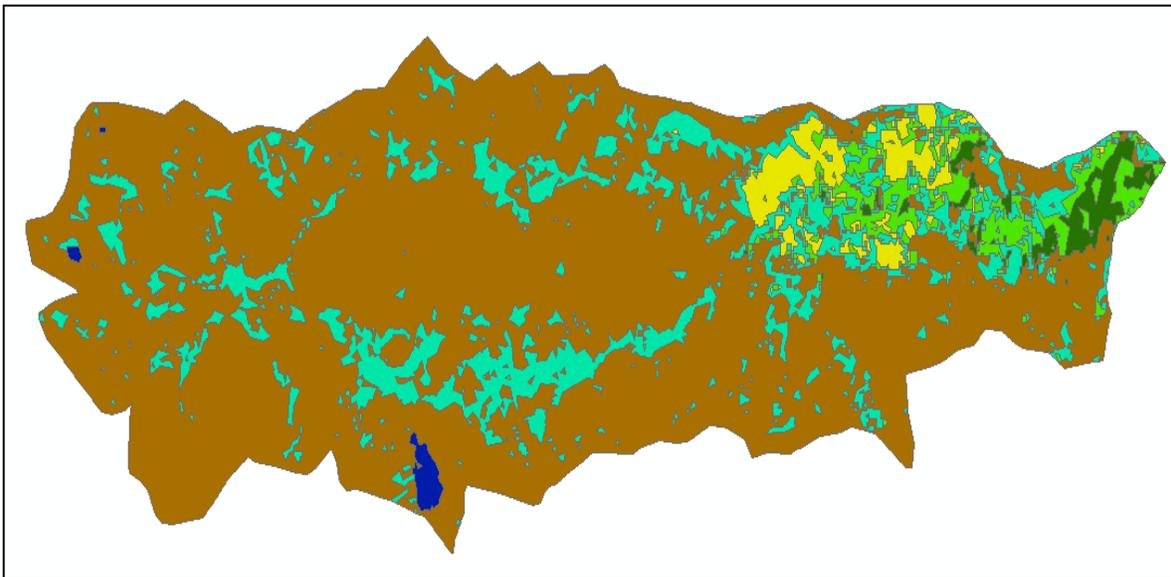


Figura 11: Usos de suelo de la microcuenca del río Jubal para el año 1991.

Este procedimiento se realiza de igual manera para los años 2001 y 2011 obteniendo los datos de usos de suelos para los respectivos años como se ilustra en la figura 13.

3.5.3.3. Validación de la información

Con la finalidad de validar los datos obtenidos en el software ArcGIS 10.2 de los usos de suelo para los años 1991, 2001 y 2011 se decidió realizar nuevamente los procesos de identificación de los usos de suelo para los mismos años en análisis.

Para lo cual esta información fue procesada en el software ENVI de la siguiente manera:

3.5.3.4. Diseño para la clasificación supervisada en ENVI

Se parte de un conocimiento previo de la zona de interés o por medio de trabajo de campo que permite delimitar zonas representativas de los usos, coberturas de suelo que se desea establecer, la metodología usada para el año 1991, es la misma que se manejo para los años 2001 y 2011.

Iniciamos con la apertura del software ENVI, donde se inserto la imagen satelital del año 1991, para ello se accede a “Open Image file” y se selecciona la imagen del año respectivo eligiendo además las bandas con las cuales la imagen se puede observar de mejor manera.

Una vez cargada la imagen se procede a la clasificación de la imagen satelital, previo a este paso se debe poseer las áreas de entrenamiento (ROIs) para cada clase de uso de suelo.

3.5.3.4.1. Selección de áreas de entrenamiento en ENVI.

Se despliega la imagen a clasificar aplicando los realces adecuados que permiten realizar un reconocimiento total de la imagen e identificar los diferentes espacios geográficos. ENVI permite tener la misma imagen en diferentes composiciones de bandas y realces en diferentes ventanas y existe la posibilidad de tomar las muestras espectrales o ROIs en cualquiera de estas lo cual es para el intérprete una gran facilidad.

Para la delimitación más precisa de los ROIs, se recurre a los puntos de calibración, fotografía aérea y la cartografía convencional, teniendo en mente que debe tratarse de ejemplos suficientemente representativos y homogéneos de la clase que pretende definirse.

ENVI, permite delimitar las muestras en cualquiera de las tres ventanas desplegables de la imagen, esto puede ser seleccionado en la ventana de ROI Tool.

Se seleccionan las áreas representativas, escogiendo regiones de interés que sean homogéneas, resultó más conveniente elegir varias áreas de pequeño tamaño que una sola

de mayores dimensiones, ya que con las áreas de mayor tamaño se tendía a infravalorarse la variabilidad de esa categoría.

3.5.3.4.2. Clasificación Supervisada en ENVI.

Una vez realizadas las ROIs para cada clase puesta en consideración se procedió a realizar la clasificación supervisada, para ello seleccionamos la opción “Classification” donde se despliega una ventana en la cual elegimos “Supervised” en la cual nos da las opciones de clasificación para la imagen satelital, aquí seleccionamos el método de Máxima Verosimilitud o “Maximun Likelihood”, luego nos pide cargar las áreas de entrenamiento y el lugar donde se guardara la clasificación supervisada de la imagen; se realizo el mismo procedimiento para los años 2001 y 2011.

3.5.4. Comprobación de campo

En esta etapa de comprobación de campo se efectuaron varias salidas con el objetivo de probar que las clases de uso de suelo identificadas en las fotografías satelitales concuerden con el uso del suelo; Simultáneamente la supervisión de campo se utilizó para identificar la cobertura de determinadas áreas y para la edición de los archivos en formato vector que se realizo en el programa ArcGIS 10.2.

3.5.5. Elaboración de mapas definitivos

En esta fase se elaboran los mapas definitivos de los cambios de uso de suelo, para lo cual luego de finalizar las comprobaciones de campo y haber efectuado las correcciones necesarias, entre estas la digitalización de elementos que no fueron correctamente identificados en la clasificación supervisada de las imágenes satelitales, se obtuvo los mapas de uso del suelo del año 1991, 2001 y 2011 conformados por 6 categorías:

1. Páramo
2. Bosque
3. Cultivos
4. Pastizales
5. Humedales
6. Cuerpos de agua

Estas clases fueron seleccionadas por que son las más representativas en cuanto a su área y además de su importancia para el tipo de investigación que se efectuó.

3.5.6. Evaluación multitemporal de los cambios de uso de suelo para años (1991,2001 y 2011).

Para el desarrollo de la evaluación multitemporal de la dinámica de los cambios, fue necesario la creación de matrices de análisis, tales como las tablas multitemporales para los software ArcGIS y ENVI, las cuales describen las situación que presenta cada clase de uso de suelo en el periodo de tiempo correspondiente, los resultados de las variables fueron obtenidos a través de software ArcGIS 10.2y ENVI.

3.5.7. Identificación y determinación de los Impactos que genera el cambio de uso del suelo

En esta etapa para alcanzar el éxito de identificar los impactos ambientales generados por el cambio de uso de suelo se procedió a efectuar las siguientes acciones:

- Revisión y análisis bibliográfico
- Recopilación de información secundaria y levantamiento de información de campo en el sitio, basado en observación directa
- Conversaciones con los moradores del sector y principalmente con la aplicación de breves entrevistas a los dirigentes de las Cooperativas y propietarios con mayor extensión, esto con la finalidad de determinar los principales problemas ambientales de la microcuenca.
- Para la determinación de los problemas ambientales se basó en cuatro actividades principales que son: agricultura, ganadería, infraestructura vial e infraestructura productiva, ya que estas son las actividades antrópicas de mayor relevancia dentro de la microcuenca.
- Para la identificación y evaluación de los impactos ambientales se consideró la matriz de Leopold modificada para nuestra área de estudio.

3.5.8. Propuesta de Manejo Ambiental

Una vez identificados los parámetros necesarios se puede proceder a realizar la propuesta de manejo ambiental esta es la simbiosis de todos los parámetros analizados en este estudio, en esta etapa interactúan: el análisis de cambio de uso del suelo que nos permite detectar los cambios que han ocurrido en los años 1991, 2001 y 2011; la caracterización

biofísica y la determinación de los problemas e impactos ambientales que nos muestra las características de la microcuenca del río Jubal.

Las actividades de propuesta de Manejo Ambiental se organizaron en programas y proyectos que permitan realizar acciones y actividades de prevención, corrección y mitigación de los principales impactos identificados en el cambio del uso del suelo de la zona de estudio de tal manera se podrá alcanzar el objetivo general de la investigación.

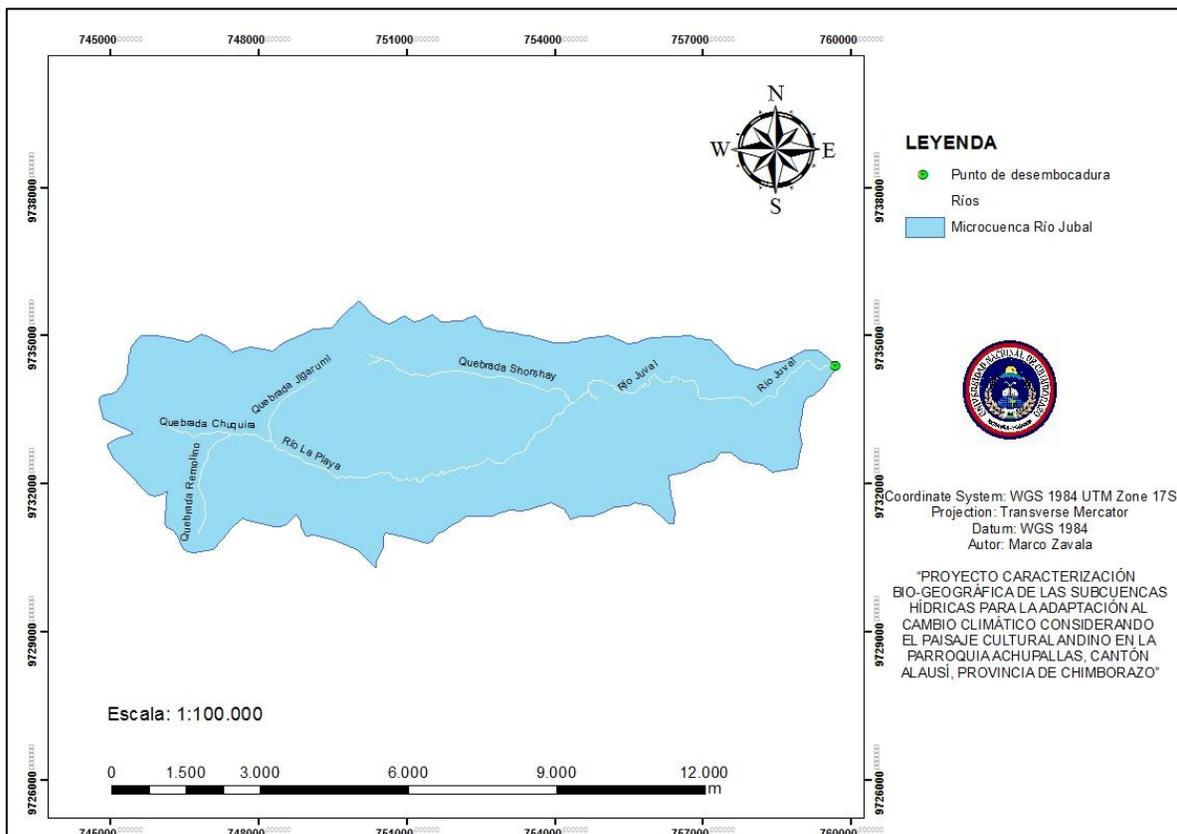
CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. ZONIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA MICROCUENCA UTILIZANDO LA HERRAMIENTA ARCGIS 10.2

La Zonificación y delimitación de la microcuenca del río Jubal se la realizó utilizando cartografía digital, aplicando técnicas SIG e imágenes satelitales Landsat 7 TM; el procedimiento es el detallado anteriormente.

La zona de estudio se encuentra ubicada en la parte sur occidental del parque Nacional Sangay, en el Cantón Alausí, Provincia de Chimborazo, su rango altitudinal es de 3120 – 4360 msnm, por lo tanto según el Ministerio del Ambiente, se establece una clasificación ecológica de Bosque siempre verde montano alto; montano alto superior de páramo y subnival de páramo.



Mapa 3. Microcuenca del río Jubal.

4.1.1. Parámetros Morfométricos de la Microcuenca del río Jubal.

El análisis morfométrico de la zona de estudio permite comprender la influencia que tiene el relieve de la unidad hidrográfica con las variaciones climáticas, precipitaciones, flora, fauna, etc. Este análisis realizado con el ArcGIS determinan los parámetros morfométricos de la cuenca, con los siguientes resultados:

El área de la microcuenca varía al ser comparada; ya que el área proporcionada por la cartografía de Infoplan es de 4921,0 Hectáreas y el área de la microcuenca delimitada por el autor es de 4953,44 Ha es decir es una cuenca de tamaño pequeño.

La orientación del río principal es hacia el este, sus aguas confluyen en la cuenca baja; el índice de compacidad es de 1,487 lo que significa que es una cuenca oval redonda a Oval Oblongapor lo que la precipitación que recibe tarda más en llegar a la salida.

La longitud Axial que es de 14, 367 Km ayudo a calcular el ancho promedio (Ap) que es de 3,447 Km, la relación de estos dos factores permitió calcular el Factor Forma (Ff)

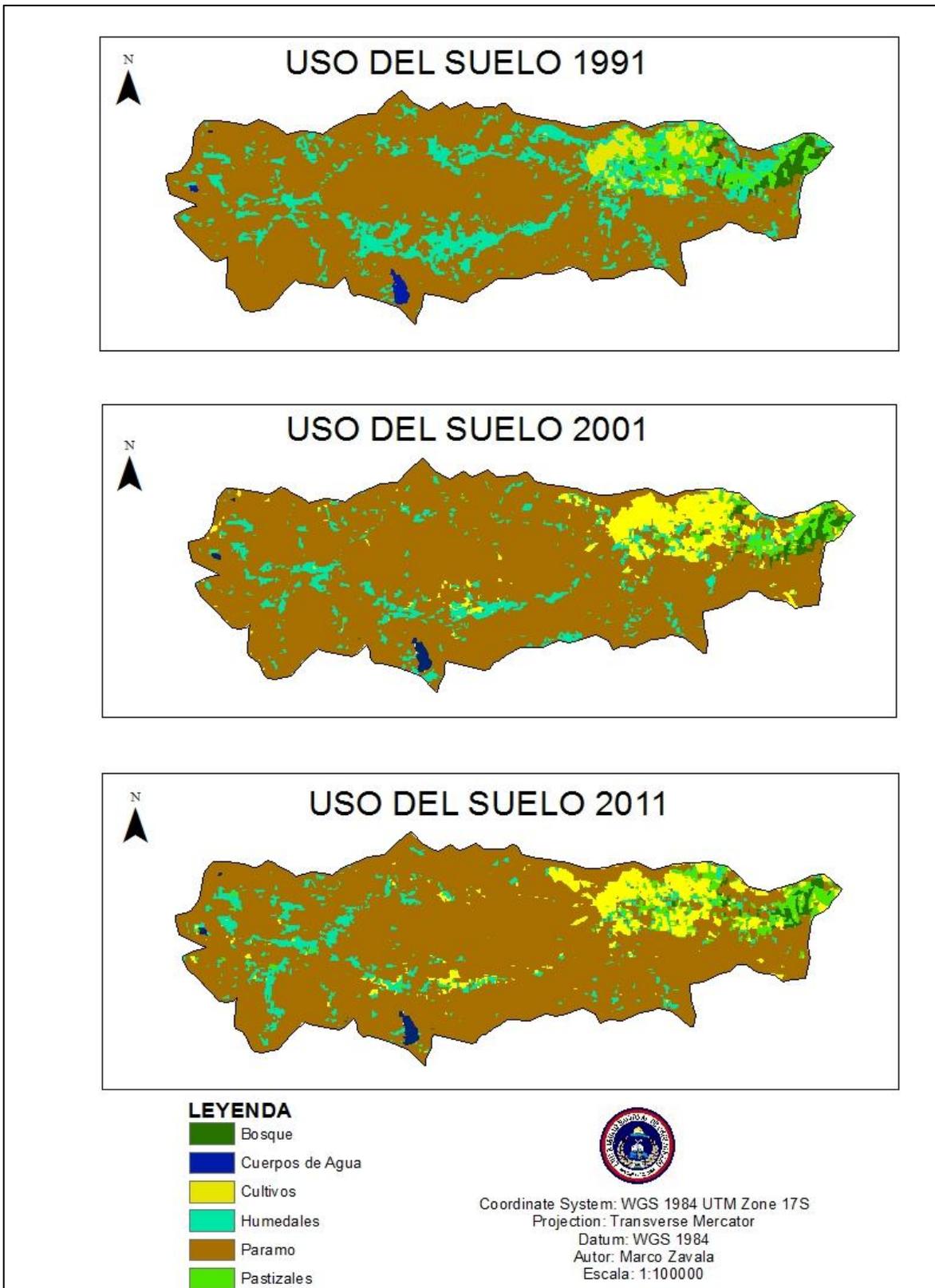
Se lo calcula mediante la siguiente fórmula resultante que es de 0,239 y según la tabla de susceptibilidad a crecidas el Río Jubal tiende a una crecida Baja en lluvias fuertes ya que se encuentra en el rango de susceptibilidad a crecidas BAJA.

4.2. IDENTIFICACIÓN DE LAS TENDENCIAS DE COBERTURA Y USO DEL SUELO UTILIZANDO (ARCGIS Y ENVI).

4.2.1. Análisis Multitemporal en ArcGIS.

La caracterización de los cambios de uso del suelo y coberturas se efectuó utilizando sistema de información geográfica (SIG); operando la técnica de análisis multitemporal, basados en tres imágenes satelitales Landsat 7 TM del año 1991, 2001 y 2011 ha consentido plasmar las condiciones antiguas y actuales del área de estudio, con la obtención de mapas, porcentajes y datos.

Los resultados de la clasificación supervisada realizada en el software ArcGIS 10.2 fueron transferidos a los mapas definitivos de uso del suelo para cada periodo de tiempo evaluado.



Mapa 4. Usos de suelo para los años 1991,2001 y 2011 utilizando el software ArcGIS10.2.

4.2.2. Análisis de cambio de uso del suelo de la microcuenca del río Jubal.

Los datos de cambio de uso de suelo en la microcuenca obtenidos utilizando el software ArcGIS 10,2, se plasmaron en la tabla multitemporal a continuación:

Tabla 5. Multitemporal de los años 1991, 2001, 2011 utilizando ArcGIS.

Cobertura	Áreas de 1991 (ha)	%	Áreas de 2001 (ha)	%	TAC (ha/año)	Áreas de 2011 (ha)	%	TAC (ha/año)
Paramo	3741,0	75,5	3672,9	74,1	-6,8	3566,6	72,0	-10,6
Bosque	78,9	1,6	57,1	1,2	-2,2	41,2	0,8	-1,6
Cultivos	145,6	2,9	351,5	7,1	20,6	541,4	10,9	19,0
Pastizales	190,1	3,8	344,7	7,0	15,5	461,7	9,3	11,7
Humedales	774,6	15,6	507,2	10,2	-26,7	321,5	6,5	-18,6
Cuerpos de Agua	22,8	0,5	20,1	0,4	-0,3	21,0	0,4	0,1
Total	4953,1	100	4953,4	100		4953,5	100	

Fuente: La tabla Multitemporal reporta los datos de área para las clases puestas en consideración por el autor para los años 1991, 2001 y 2011 en el software ArcGIS.

En los periodos evaluados se puede evidenciar cambios de cobertura para todas las clases puestas en consideración:

En el primer periodo de evaluación 1991-2001 se observa que el páramo disminuye progresivamente con una tasa anual de cambio (TAC) de 6,8 ha/año, siendo esta clase la más extensa dentro del área de estudio; para la segunda clase bosque se puede evidenciar una disminución progresiva de 2,2 ha/año; la clase de cultivos se observa un aumento masivo de ellos ya que la TAC es de 20,6 ha/año; en la clase de los pastizales se observó que aumenta con una 15,5 ha/año; la clase en la cual se identifican mayores cambios es en la de humedales ya que se reduce con una TAC muy alta de 26,7 ha/año, la clase con menor área dentro de la microcuenca es la de Cuerpos de Agua que de igual manera disminuye en este periodo con una TAC de 0,3 ha/año.

En el segundo periodo de evaluación 2001-2011 se observa una ulterior disminución del páramo con una rapidez de 10,6 ha/año; se mantiene de igual manera la tendencia de pérdida para el bosque con una TAC 1,6 ha/año; en la clase de cultivos se mantiene la tendencia de incremento con una TAC de 19 ha/año; de igual manera para la clase de Pastizales que aumentan con una TAC de 11,7 ha/año; los humedales mantienen su tendencia disminuyendo ulteriormente con una TAC de 18,6 ha/año; se da además una recuperación de los Cuerpos de agua con una TAC de 0,1 ha/año, ver figura 13 y tabla 3.

4.2.3. Análisis Multitemporal en ENVI.

Para la validación de los datos obtenidos en ArcGIS 10.2 sobre las coberturas del suelo de la zona de estudio, se procedió a realizar la clasificación supervisada en el programa Envi.

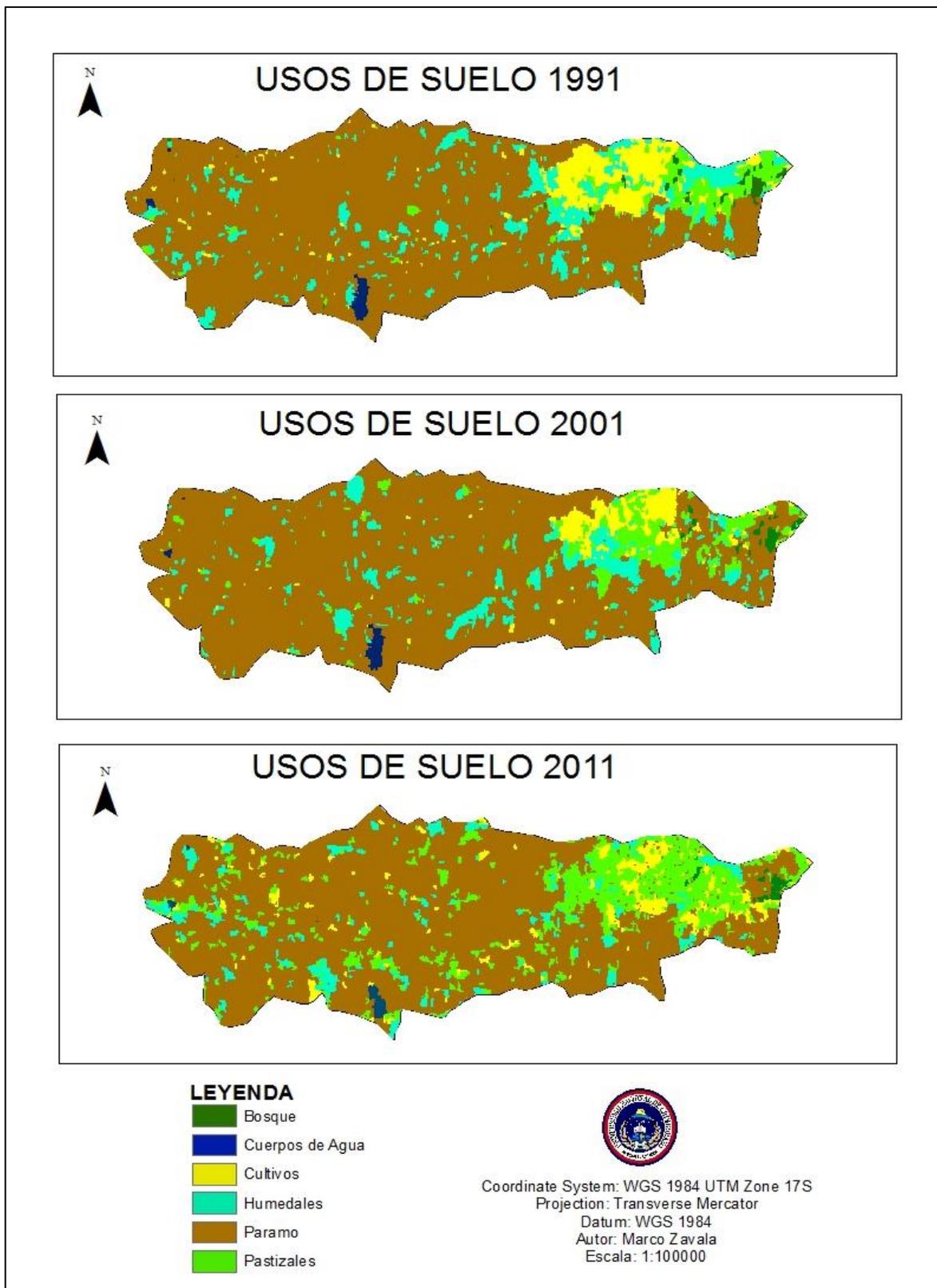
Tabla 6. Multitemporal de los años 1991, 2001, 2011 utilizando ENVI.

Cobertura	Áreas de 1991 (ha)	%	Áreas de 2001 (ha)	%	TAC (ha/año)	Áreas de 2011 (ha)	%	TAC (ha/año)
Paramo	3812,2	77,0	3703,2	74,8	-10,9	3515,6	73,0	-18,8
Bosque	40,8	0,8	28,7	0,6	-1,2	24,9	0,5	-0,4
Cultivos	355,8	7,2	412,7	8,3	5,7	545,7	5,0	-13,3
Pastizales	216,0	4,4	379,8	7,7	16,4	568,3	15,5	18,9
Humedales	505,3	10,2	406,8	8,2	-9,9	276,8	5,6	-13,0
Cuerpos de Agua	23,1	0,5	22,7	0,5	-0,04	22,3	0,4	-0,04
Total	4953,1	100	4953,9	100		4953,7	100	

En los periodos evaluados se puede evidenciar cambios de cobertura para todas las clases puestas en consideración:

Para el primer periodo de evaluación 1991-2001 se observa que el páramo disminuye progresivamente con una tasa anual de cambio (TAC) de 10,9 ha/año, siendo esta clase la más extensa dentro del área de estudio; para la segunda clase bosque se puede evidenciar una disminución progresiva de 1,2 ha/año; la clase de cultivos en contra tendencia aumenta 5,7 ha/año; en la clase de los pastizales se observó un aumento de 16,4 ha/año; la clase de humedales disminuye con una TAC de 9,9 ha/año, la clase con menor área dentro de la microcuenca es la de cuerpos de agua que de igual manera disminuye en este periodo con una TAC de 0,04 ha/año.

En el segundo periodo de evaluación 2001-2011 se observa una ulterior disminución del Páramo de 18,8 ha/año; se mantiene de igual manera la tendencia de pérdida para el Bosque con una TAC 0,4 ha/año; en la clase de Cultivos se distingue un aumento de 13,3 ha/año manteniendo la tendencia a lo que sucedió en el periodo anterior; la clase de Pastizales aumentan ulteriormente con una TAC de 18,9 ha/año; los Humedales mantienen su tendencia disminuyendo ulteriormente con una TAC de 13 ha/año; se da además una pérdida de los Cuerpos de agua con una TAC de 0,04 ha/año, ver figura 14 y tabla 4.



Mapa 5. Usos de suelo para los años 1991, 2001 y 2011 utilizando el software ENVI.

4.2.4. Análisis estadístico del estudio Multitemporal.

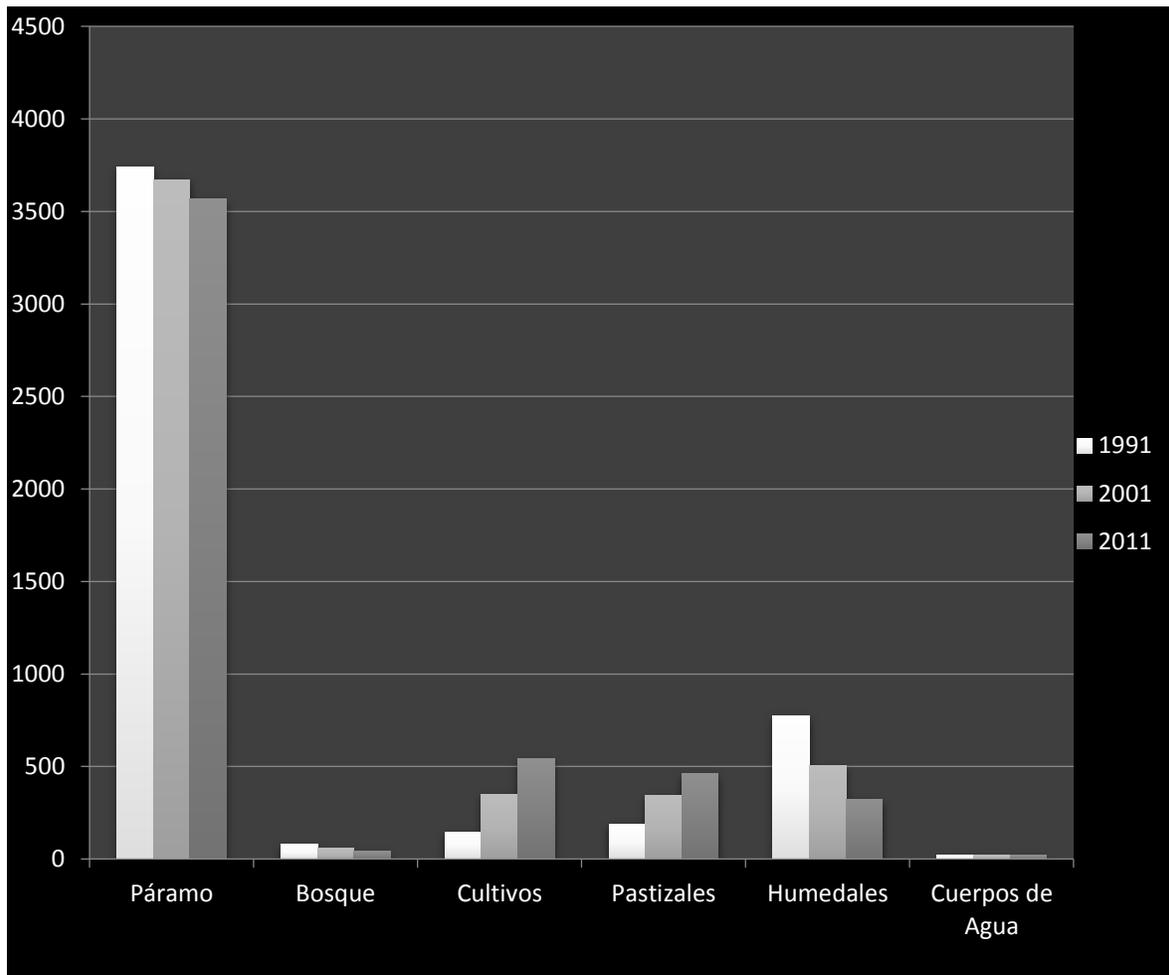


Figura 12. Áreas de la cobertura de suelo obtenidas en ArcGIS para los años 1991, 2001 y 2011.

Los datos obtenidos del cambio de uso de suelo a través del software ArcGIS nos permite realizar un análisis estadístico donde se puede observar que la clase con mayor área para los periodos de tiempo en análisis, es la clase Paramo con una tendencia decreciente desde el año 1991 hasta el año 2011, de igual manera sucede para la clase Bosque, Humedales y Cuerpos de agua esta clase además es la que posee una menor superficie dentro del área de estudio; en contra tendencia podemos observar que los Cultivos y Pastizales aumentan desde el año 1991 hasta el 2011.

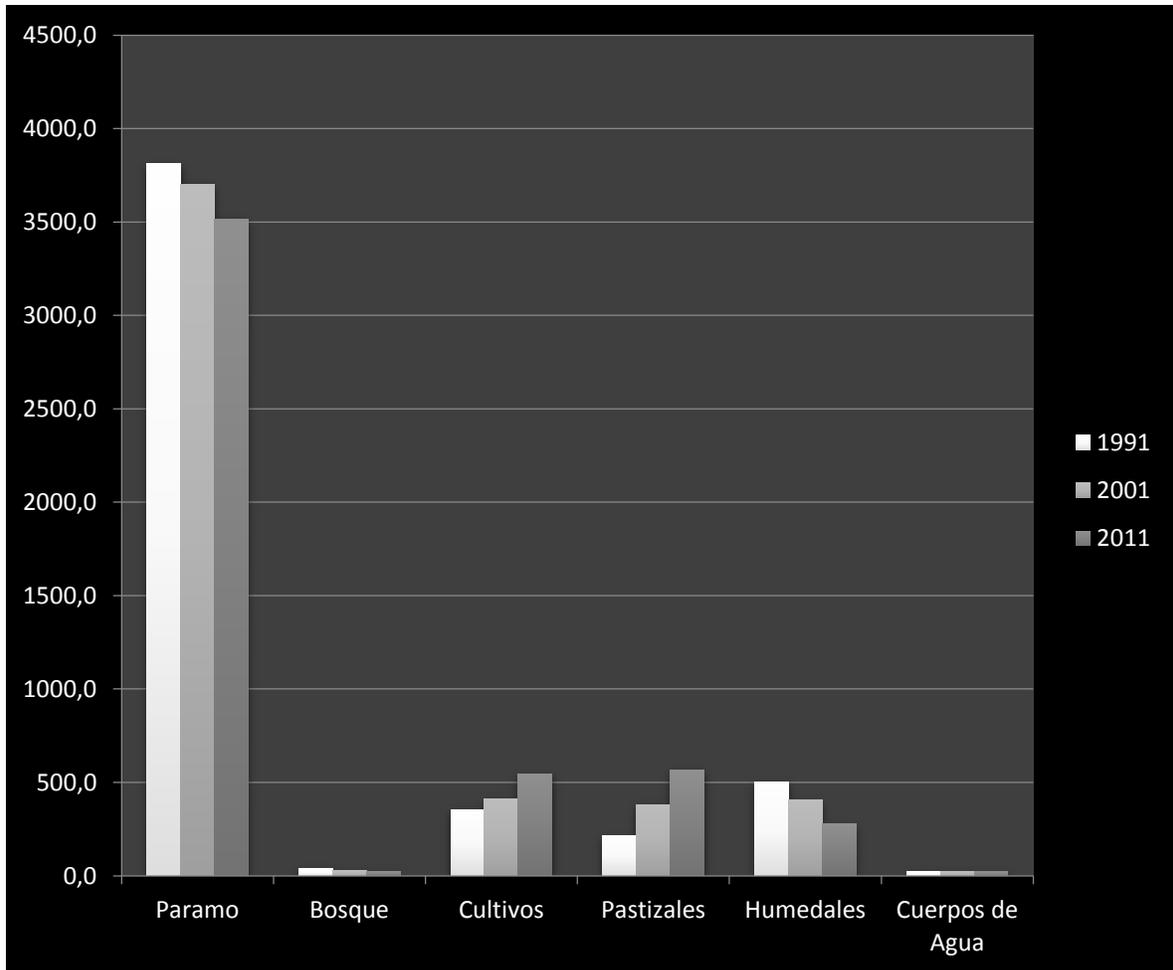


Figura 13. Áreas de la cobertura de suelo obtenidas en ENVI para los años 1991, 2001 y 2011.

Los datos obtenidos del cambio de uso de suelo a través del software ENVI nos permite realizar un análisis estadístico donde se puede observar que la clase con mayor área para los periodos de tiempo en análisis, es la clase Paramo con una tendencia decreciente desde el año 1991 hasta el año 2011, de igual manera sucede para la clase Bosque, Humedales y Cuerpos de agua esta clase además es la que posee una menor superficie dentro del área de estudio; en contra tendencia podemos observar que los Cultivos y Pastizales aumentan desde el año 1991 hasta el 2011.

4.2.5. Análisis comparativo del estudio multitemporal de los usos de suelo de la microcuenca del río Jubal.

Tabla 7. Niveles de significancia para el análisis comparativo de los software ArcGIS y Envi.

Paramo	Programa	GIS	ENVI	Significancia	
	GIS	0	0,02	* <0,05	95% de certeza
	ENVI	0,99966	0		
BOSQUE	Programa	GIS	ENVI		
	GIS		0,12899	NS > 0,05	95% de certeza
	ENVI	0,97954			
CULTIVOS	Programa	GIS	ENVI		
	GIS		0,1596	NS > 0,05	95% de certeza
	ENVI	0,96874			
PASTIZALES	Programa	GIS	ENVI		
	GIS		0,076531	NS > 0,05	95% de certeza
	ENVI	0,99278			
HUMEDALES	Programa	GIS	ENVI		
	GIS		0,1166	NS > 0,05	95% de certeza
	ENVI	0,98327			
CUERPOS DE AGUA	Programa	GIS	ENVI		
	GIS		0,54563	NS > 0,05	95% de certeza
	ENVI	0,65465			

Una vez obtenidas las áreas para cada clase de uso de suelo en los años analizados de la microcuenca del río Jubal se realizó un análisis estadístico para valorar la significancia de los datos obtenidos en los programas ArcGIS y Envi de este análisis se puede señalar que estadísticamente queda demostrado que el programa ArcGIS no difiere del programa Envi

en su mayoría, solo en una clase que es la de páramo donde se obtiene una variación significativa entre los dos software, lo que nos permite validar los datos obtenidos para el uso del suelo de la microcuenca del río Jubal en los años puestos en consideración.

4.3. IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.

4.3.1. Caracterización de la microcuenca del río Jubal.

Para un análisis de los impactos ambientales generados en el área de estudio se procedió a realizar una caracterización de la microcuenca, se determinaron los siguientes parámetros para una mejor comprensión de la zona de estudio.

4.3.1.1. Clasificación Ecológica:

Para la determinación ecológica de la zona de estudio se tomó en cuenta su rango altitudinal que es de 3120 – 4360 msnm, por lo tanto según el Ministerio del Ambiente (2012), se establece una clasificación ecológica de Bosque siempre verde montano alto; montano alto superior de páramo y subnival de páramo.

4.3.1.2 Tipos de Suelo.

Según datos obtenidos previamente por los técnicos del proyecto PCB_UNACH, a continuación se realizó una clasificación taxonómica del tipo de suelo de la Microcuenca del río Jubal:

Inceptisol: Tipo de suelo perteneciente al suborden Andept y al gran grupo Hydrandept (Cryandept); muy negro pseudolimoso, muy suave untuoso, esponjoso. Posee una retención de agua sobre una muestra sin desecación de 100 a 200 de agua y 100 de suelo seco a 105°C.

Inceptisol + Entisol: Tipo de suelo perteneciente al suborden Andept + Orthenty al gran grupo Dystrandept + Troporthent; suelo muy negro pseudolimoso, muy suave untuoso, esponjoso. Posee una retención de agua sobre muestra sin desecación de 100 a 200 de agua y 100 de suelo seco a 105°C.

Afloramiento Rocoso: Tipo de suelo perteneciente al suborden Afloramiento Rocoso y al gran grupo Afloramiento Rocoso.

4.3.1.3 Clima.

En general el clima del páramo es muy frío-húmedo con temperaturas de entre 6 - 8 °C disminuyendo hasta 1°C por cada 100 m de altura, debido a su gran altitud las heladas se presentan durante todo el año.

Según datos de información de la estación meteorológica EMA_Jubal_2013; en el área de estudio se registra una temperatura media anual de 8,3°C, con temperaturas diarias que fluctúan entre los 0 a 17 °C y posee una humedad relativa del 83,6%.

4.3.1.4 Flora.

Según un estudio realizado y llevado a cabo por técnicos especializados PCB_UNACH, en el mes de marzo del año 2011, entregándose el informe de actividades en Julio del mismo año, el trabajo se lo llevo a cabo en cuatro localidades representativas como son: Ozogоче, Achupallas, Jubal y Huangra, obteniéndose una totalidad de tres salidas de campo y sumando 19 días entre ellas; salidas en las cuales se realizaron caminatas exhaustivas para la observación y reconocimiento de las diferentes especies florísticas y faunísticas de la zona de estudio, el rango altitudinal recorrido en las salidas de campo fue de 2480 a 4420 m.s.n.m.

Al ser la Jubal la localidad de menor rango altitudinal de muestreo, se encontraron apenas dos formaciones vegetales, registrándose 85 especies.

La actividad antrópica ha provocado una fragmentación de los bosques e impacto y disminución de los páramos (agricultura, erosión, pastoreo, etc.) en el sector, encontrándose parches o remanentes en buen estado muy distantes entre sí y de tamaño reducido.

La vegetación presente corresponde a pajonales de páramo, líquenes y licopodios, plantas más simples como musgos y líquenes que forman colonias de rosetas y almohadillas.

Páramo.- Únicamente se encontraron páramos herbáceos, donde se registraron un total de 54 especies.

Páramo herbáceo (Ph).- Muy predominante en el sector, los páramos se encuentran en tres sectores principalmente: en la unión de los ríos De la Playa y Shorshay (los cuales dan origen al río Jubal), Cuchiloma y en Jubalyacu (límite entre Jubal y Huangra).

Las especies más comunes son:

· Cortaderia nítida:



Figura 14: Cortaderia nítida

· Calamagrostis intermedia:



Figura 15: Calamagrostis intermedia

· Disterigma empetrifolium:



Figura 16: Disterigma empetrifolium

· *Hypericum laricifolium*:



Figura 17: *Hypericum laricifolium*

· *Geranium cerastoides*:



Figura 18: *Geranium cerastoides*

Bosque siempre-verde montano alto (Bsvma).- En los bosques de la cuenca del río Jubal, se pueden observar árboles de gran altura (alrededor de 20 m en promedio), se reconocieron 35 especies, siendo las más representativas:

- *Escallonia* y *tilloidea*.
- *Escalloniarolloti*.
- *Gaiadendron punctatum*

4.3.1.5. Fauna.

A través del registro directo e indirecto de algunos individuos, y la información obtenida por medio de las entrevistas a los comuneros y guías, se registraron para el área de estudio, un total de 14 especies de macro y meso mamíferos, las cuales pertenecen a 13 familias.

En lo referente a aves en el páramo, el cual fue el ecosistema focal de estudio y de mayor muestreo, se registraron 62 especies de 27 familias en este ecosistema. Las familias más representativas en este ecosistema (por el porcentaje de las especies registradas en el páramo del total para el área de estudio) son:

- Scolopacidae (playeros).
- Anatidae (patos).
- Podicipedidae (zambullidores).
- Accipitridae (gavilanes).
- Rallidae (polluelas).
- Thinocoridae (agachonas).
- Charadriidae (chorlos).
- Laridae (gaviotas).
- Cinclidae (cinclos).
- Motacillidae (bisbitas).

4.3.2. Problemas ambientales que afrontan los páramos de la microcuenca del río Jubal

Con el sustento en la caracterización biofísica y el acercamiento ejecutado a los propietarios, dirigentes de las organizaciones ubicados en la zona de estudio; se identificaron aspectos que desde su punto de vista instituyen problemas ambientales que afectan a los recursos naturales de la microcuenca.

Tabla 8. Problemas ambientales en la microcuenca del río Jubal.

RECURSO	DESCRIPCIÓN	CAUSAS
Ganadería	La degradación del suelo se presenta por el uso indistinto y persistente de bovinos, ovinos y equinos.	<p>Se alimentan del pasto o la capa superficial de raíces, exponiendo el suelo al impacto directo de las aguas lluvias y del escurrimiento.</p> <p>Uso de fuego para renovación de pasturas.</p> <p>Implementación de actividades ganaderas en terrenos de fuerte pendiente.</p> <p>Por el pisoteo sobre el suelo y el consumo de vegetación.</p> <p>El pastoreo persistente causa una erosión en masa del suelo, por el peso de los bovinos.</p>
Agricultura	Por su naturaleza, la agricultura afecta drásticamente al ambiente, en particular al suelo.	<p>Prácticas agrícolas inapropiadas y la presión que se ejerce en actividades complementarias.</p> <p>Erosión causada por la remoción de tierra por los procesos de labranza Alteración del ambiente, en especial de la flora y fauna y el recurso suelo.</p> <p>Eliminación indiscriminada de los bosques nativos.</p> <p>La quema y el cultivo excesivo e incorrecto.</p> <p>Presión demográfica y la pobreza.</p>
Infraestructura vial	La construcción de caminos sin tener en cuenta el impacto sobre los recursos naturales existentes. Afectarían al paisaje y sobre los que no existe remediación.	<p>Aperturas de vías de acceso sin tener en cuenta el impacto hacia el ambiente.</p> <p>Deficiente mantenimiento de las vías existentes.</p>

4.3.2.1. Ganadería

La ganadería en los páramos de la microcuenca presenta dos impactos ambientales: los directos, que es el pisoteo sobre el suelo y el consumo de vegetación; e indirectamente es causa de las quemadas.

La actividad Pecuaria en la zona de estudio es muy relevante, las personas de la zona se dedican a la crianza de animales de granja como cerdos y gallinas, después en las zonas más altas existen rebaños de ganado ovino y caprino. El ganado vacuno es usado tanto para leche como para carne.

Según (De Bièvre, 2004) la resistencia mecánica de los Andosoles e Histosoles es muy baja, al ser pisados éstos suelos se compactan y pierden así su extraordinaria capacidad de retención de agua.

De acuerdo a (Buytaert, Célleri, De Bièvre, & Cisneros, 2006) el sobre pastoreo deja al suelo sin protección contra el sol, secándose la parte superficial del suelo en forma irreversible, volviéndose extremadamente vulnerable a la erosión Hídrica y eólica.

4.3.2.2. Agricultura

Poco a poco la agricultura en la comunidad se expande de manera descontrolada, esto produce una pérdida de vegetación y deja indefensa a la microcuenca del río Jubal ante la erosión e incluso con el pasar del tiempo ante la total desertificación.

La actividad agrícola es la principal actividad productiva de la zona, los productos más importantes que se cultivan son papas, habas, cebada, maíz, cebollas. En la zona cercana a las poblaciones existen cultivos diversos de ciclo corto tales como papa, haba, maíz entre otros, que van creciendo cada vez hacia zonas más altas, expandiendo la frontera agrícola y cambiando el uso de suelo existente, que de páramo se convierte en cultivos.

De acuerdo a (De Bièvre, 2004) el principal efecto de la labranza en los suelos del páramo es la degradación irreversible de la estructura, como consecuencia de la disminución de la materia orgánica y de ciertos minerales (alófona, imogolita). Esto causa generalmente una disminución de la retención de agua, aumento de la hidrofobicidad y destrucción de la materia orgánica, dando como resultado una menor regulación del agua (Buytaert, Célleri, De Bièvre, & Cisneros, 2006).

4.3.2.3. Infraestructura Vial

El trascendental inconveniente que se ha notado es dado por la presión que ejerce el ser humano sobre el territorio a fin de poder comercializar sus productos ya además mejorar la comunicación entre comunidades

La población de Jubal limita con la población de Saucay al norte y la población de Huangra al sur, solo por uno de sus límites tienen una vía por la cual movilizarse en algún medio de transporte ya sea privado o público, la vía por donde se movilizan los comuneros de Jubal es la vía que llega desde la comunidad de Saucay.

4.3.3. Evaluación de Impactos Ambientales

Todas las actividades desarrolladas por el hombre provocan impactos que pueden ser positivos o negativos, por lo que la valoración de impactos apunta a discriminar entre los distintos factores ambientales en función de sus consecuencias sobre la calidad ambiental.

Más de la mitad de la superficie en los Andes del Norte ha sido transformada por las actividades humanas (Josse et al. 2009), en el caso de los páramos se estima que aproximadamente 30% se encuentra completamente transformado, un 40% ha sido parcialmente modificado en su cobertura y solo un 30% se encuentra bien conservado. Aún cuando desde el punto de vista de la superficie transformada, la ganadería extensiva es seguramente la actividad humana más importante, desde el punto de vista de la intensidad de los impactos ecológicos y de su importancia socio-económica la agricultura tiene un papel preponderante (además de afectar también extensiones muy importantes).

Para la evaluación de los impactos ambientales, se utilizó un método de evaluación cualitativo que está conformado por los siguientes factores ambientales:

- Actividades Humanas
- Usos del Suelo
- Suelo
- Agua
- Atmosfera
- Flora
- Fauna
- Cultural

Las actividades realizadas dentro del área de estudio que provocan impactos sobre los factores ambientales fueron:

Agricultura

- Preparación del suelo: quema, roturación del suelo, arada y cruzada.
- Labores culturales: siembra, abonadura, aporque, controles fitosanitarios
- Cosecha y transporte

Ganadería

- Ganadería extensiva: pastoreo extensivo
- Implementación de pastos: preparación del suelo y siembra de pastos (roturación del suelo)
- Abonadura y pastoreo

De acuerdo a Sarmiento (2008), para valorar los impactos según la magnitud e importancia se consideró el siguiente cuadro.

Tabla 9. Algoritmo para valorar magnitud e importancia

Calificación	MAGNITUD		IMPORTANCIA	
	Intensidad	Afectación	Duración	Influencia
1	Baja	Baja	Temporal	Puntual
2	Baja	Media	Media	Puntual
3	Baja	Alta	Permanente	Puntual
4	Media	Baja	Temporal	Local
5	Media	Media	Media	Local
6	Media	Alta	Permanente	Local
7	Alta	Baja	Temporal	Regional
8	Alta	Media	Media	Regional
9	Alta	Alta	Permanente	Regional
10	Muy Alta	Alta	Permanente	Nacional

Fuente: Sarmiento, 2008

Adaptando a la metodología de la matriz de interacción de Leopold, las actividades y acciones que pueden provocar impacto, así como los factores y componentes ambientales que pueden ser afectados por las actividades realizadas, se destaca en los resultados que los factores ambientales más afectados por las actividades desarrolladas en la microcuenca del río Jubal son: suelo, agua, flora y fauna como se puede observar en el (Anexo 9.2).

Suelo: La actividad agrícola es la principal actividad productiva de la zona de tal manera que las acciones que se realizan para la preparación del suelo como la quema, roturación del suelo, arada, cruzada, entre otros. Además la actividad ganadera es relevante, el ganado

Vacuno, Ovino y Caballar son los existentes en la comunidad de Jubal, los animales que mas resaltan son las vacas, borregos, chivos, caballos y mulas; dichas actividades han generado un impacto ambiental significativo como es la pérdida, calidad y compactación del suelo.

Agua: Las actividades pre-culturales y culturales de la agricultura y ganadería han generado un impacto significativo en la calidad de agua, escurrimiento superficial y en aguas freáticas.

Flora y fauna: La agricultura, ganadería y movimiento de tierras en la infraestructura productiva y vial, han generado un impacto significativo en la eliminación de ecosistemas naturales (páramo y bosques) y principalmente de microflora y microfauna.

Las principales actividades desarrolladas en la microcuenca que afectan al ecosistema son las siguientes:

Agricultura: que ha causado gran presión al ecosistema y destrucción de los recursos naturales. Las actividades que afectan negativamente al ecosistema son: Labores pre culturales (quema, roturación del suelo, arada, cruzada); Labores culturales (siembra, abonadura, aporque, controles fitosanitarios); la cosecha y transportación.

Ganadería: las actividades que afectan negativamente al ecosistema son ganadería extensiva (pastoreo extensivo); Implementación de pastos (roturación del suelo, siembra de pastos); la abonadura y pastoreo.

La actividad que se considera benéfica es la protección de entorno natural, en la que ha generado un impacto beneficioso al ecosistema.

Las actividades que aunque no tengan representatividad numérica en la matriz y que presentan riesgos para la calidad ambiental de la microcuenca son: cosecha y transporte, adecuación de taludes.

CAPITULO V

5. DISCUSIÓN

La presente investigación, ha generado varios resultados correspondientes respectivamente a los objetivos planteados para la misma, como beneficio de una detallada investigación y generación de información relevante de la zona de estudio.

La zonificación y delimitación realizada del área de estudio permite identificar y determinar el límite geográfico de la microcuenca, la zona de estudio se encuentra ubicada en la parte sur occidental del parque Nacional Sangay, en el Cantón Alausí, Provincia de Chimborazo.

Se establece una clasificación ecológica de Bosque siempre verde montano alto; montano alto superior de páramo y subnival de páramo, se registra una temperatura media anual de 8,3°C, con temperaturas diarias que fluctúan entre los 0 a 17 °C y posee una humedad relativa del 83,6%.

El análisis de los parámetros morfométricos reveló una importante variación en la superficie conocida anteriormente a la calculada por el autor, esta variación de área es de 4462,44 Ha. La cuenca hidrográfica es de tamaño pequeño (microcuenca), es una cuenca oval redonda a Oval Oblonga por lo que la precipitación que recibe tarda más en llegar a la salida según su factor de forma tiende a una crecida baja en lluvias fuertes.

El estudio multitemporal efectuado de la microcuenca posee una gran importancia dentro de la investigación, ya que permitió identificar la transformación y el deterioro acaecido en la zona a través de los años, por lo tanto se determina que la clase Paramo es la más afectada, posee una tendencia decreciente desde el año 1991 hasta el año 2011, acarreado así una pérdida de su superficie de 296,6 Ha, equivalente al 7,78%. De igual manera sucede para otras clases como: Bosque ha sufrido una pérdida de 15,9 Ha, equivalente al 38,97%; Los Humedales sufrieron una pérdida 228,5 Ha, equivalente al 54,78%; Los cuerpos de agua, poseen una menor superficie dentro del área de estudio, sufriendo una pérdida del 3,46 % de superficie. En contra tendencia se pudo determinar que los Cultivos en la zona de estudio han aumentado su superficie 189,9 Ha, equivalente al 34,79 %; los Pastizales de igual manera han aumentado 352,3 Ha, equivalente al 163,10 %.

La caracterización de la microcuenca describe los aspectos físicos, bióticos y socio económicos relevantes de la unidad hidrográfica; El análisis meteorológico de los datos de información de la estación meteorológica EMA_Jubal_2013; indica que en el área de estudio se registra una temperatura media anual de 8,3°C, con temperaturas diarias que fluctúan entre los 0 a 17 °C y posee una humedad relativa del 83,6%.

Realizado el análisis de datos obtenidos previamente por los técnicos del proyecto PCB_UNACH, se pudo realizar una clasificación taxonómica del tipo de suelo; la biota del sector la cual tiene una gran diversidad de especies animales y vegetales entre especies endémicas como introducidas; la calidad y cantidad de agua indican que la zona alta de la cuenca tiene una buena calidad, acorde progresa el río el agua posee cierto grado de contaminación y en el punto más bajo de la zona es evidente la contaminación del recurso hídrico, por tal razón se debe considerar que el agua en las zonas altas de la microcuenca es apta para cualquier tipo de uso, a la vez que va descendiendo el agua por los cauces de los afluentes hacia la parte media y baja se va contaminando, principalmente por las actividades antrópicas ya identificadas en la zona como: agricultura, ganadería, descargas sanitarias.

El análisis de la matriz de Leopold modificada para la zona de estudio, permitió identificar y cuantificar los impactos ambientales relevantes, se destaca en los resultados que los factores ambientales más afectados por las actividades desarrolladas en la microcuenca del río Jubal son: suelo, agua, flora y fauna. La actividad que se considera benéfica es la protección del entorno natural, en la que se ha generado un impacto beneficioso al ecosistema. Las actividades que aunque no tengan representatividad numérica en la matriz y que presentan riesgos para la calidad ambiental de la microcuenca son: cosecha y transporte, adecuación de taludes.

El plan de manejo ambiental formulado para la microcuenca plantea acciones encaminadas al aprovechamiento, protección y conservación de los recursos naturales de la microcuenca, haciendo énfasis en los recursos hídricos, en función a las necesidades sociales y ambientales.

CAPITULO VI

6. CONCLUSIONES

- Se realizó la zonificación y delimitación de la microcuenca del río Jubal utilizando el software ArcGIS, el modelo digital de elevación (MED) con una resolución de 30 metros, de coordenadas proyectadas WGS 1984 UTM Zone 17S y las curvas de nivel que proporciona el Sistema Nacional de Información del Ecuador; de tal manera podemos obtener una delimitación de la microcuenca precisa.
- Se identificaron las tendencias de cobertura y uso del suelo utilizando dos software (ENVI y ARCGIS), con imágenes satelitales Landsat 7 TM, para el periodo 1991-2001-2011, en la microcuenca del río Jubal, parroquia Achupallas, cantón Alausí, provincia de Chimborazo, determinando seis clases para su análisis Páramo, Bosque, Cultivos, Pastizales, Humedales y Cuerpos de Agua; la clase páramo es la que posee una mayor superficie, mientras que la de superficie menor es cuerpos de agua.
- Efectuado el análisis estadístico comparativo del estudio multitemporal de los cambios de uso de suelo de la microcuenca del río Jubal, entre los dos software (ARCGIS vs ENVI) puestos en consideración se puede afirmar que el software ArcGIS posee una precisión equivalente al determinar los usos de suelo que el software ENVI, con una mínima diferencia significativa en la clase Paramo que puede ser causada por un efecto de distorsión, de igual manera (Espíritu & Ortiz, 2011) afirman que el ENVI presenta mayor distorsión por el efecto del sombreado de topografía y dificultaría su clasificación para determinar los usos de suelo.
- El análisis de los cambios de uso del suelo, de las actividades antropogénicas que afectan a la zona de estudio y la relación de los factores ambientales, permitieron determinar e identificar los impactos ambientales, la evaluación determina que la mayor afectación es hacia la flora y fauna, luego está el impacto hacia el suelo y agua.
- La determinación de los impactos ambientales y el estudio multitemporal, permitieron la realización de un plan de manejo ambiental que establece

mecanismos alternativos para la defensa y protección de los ecosistemas frágiles, dentro de dos programas y siete proyectos a corto, mediano y largo plazo.

- Se realizó el proyecto de implementación de un vivero forestal con la colaboración de PCB_UNACH y USAID para la producción de especies nativas que contribuya a la reforestación y protección de las fuentes hídricas de la microcuenca del río Jubal.

6.1. RECOMENDACIONES

- Realizar la delimitación del área de estudio ya que para estudios de caso en los PDOT o estudios de un sector específico no siempre se encuentra delimitada la microcuenca más pequeña.
- El área de estudio debe considerarse como un área de conservación y protección, debido a que los páramos poseen especies de flora y fauna con un alto grado de diversidad.
- Ejecutar estudios multitemporales, con mayor frecuencia de periodos para estimar una mayor evolución de la unidad hidrográfica.
- Impulsar el desarrollo de actividades alternativas económicas en el sector como el ecoturismo, ciclo rutas, paseos por senderos, entre otras actividades para mejorar el manejo y conservación de la microcuenca.
- Promover acciones en asociación con el Municipio de Alausí y los habitantes del área de estudio, situación necesaria para ejecutar planes de manejo y conservación a nivel de microcuenca.
- Socializar la presente investigación en los diferentes niveles de gobierno con el propósito de ejecutar la presente Plan de Manejo Ambiental y se coordinen acciones para el cumplimiento del mismo.

CAPITULO VII

7. PROPUESTA DE MANEJO AMBIENTAL

En base a los resultados del análisis de cambio de uso del suelo, la realización de la caracterización biofísica con las actividades de la identificación de problemas ambientales y la evaluación de impactos ambientales de la microcuenca del Río Jubal, se obtuvieron alternativas de solución que consta de varios programas y proyectos que deberían ser puestos en práctica para conservar, proteger, recuperar y restaurar el ecosistema actual.

7.1. FORMULACIÓN DE POLÍTICAS Y LÍNEAS DE ACCIÓN ESTRATÉGICAS

Las siguientes políticas y estrategias se extrajeron del Plan de Desarrollo 2009-2013 que forma parte del Plan Nacional del Buen Vivir creado por la SENPLADES.

Tabla 10. Políticas y Estrategias se extrajeron del Plan de Desarrollo

POLÍTICAS	ESTRATEGIAS
1. Manejar de forma integral los recursos hídricos y en general los recursos naturales poniendo como un conjunto total de recursos a una cuenca hidrográfica.	Desarrollar políticas integrales principalmente con respecto al recurso agua.
	Desarrollo de un marco legal e institucional coherente y participativo tomando en cuenta siempre las necesidades primarias y poniendo como ente fundamental de desarrollo al ser humano.
2. Incentivar el desarrollo local participativo y promover un desarrollo territorial equilibrado e integrado.	Apoyo a la ejecución de los planes de desarrollo local, con el apoyo de la inversión pública.
	Fortalecimiento de la autonomía de los gobiernos locales y de las organizaciones

	sociales.
3. Impulsar procesos de innovación institucional para la gobernanza participativa.	Promoción a la institucionalización de veedurías ciudadanas con financiamiento público. Promoción de mecanismos de cogestión y control participativos a nivel de los territorios: Consejos Gestores de Salud, Educación, Recurso Agua, Ambiente y Servicios Públicos.
4. Capacitar a las comunidades que viven en las cercanías a la cuenca hidrográfica del río Jubal de manera continua.	Brindar talleres continuos en el área agropecuaria y en la elaboración de proyectos sustentables.

Fuente: Plan de Desarrollo 2009-2013

7.2. OBJETIVOS DE LA PROPUESTA DE MANEJO AMBIENTAL

Los objetivos planteados y que se pretenden alcanzar en la Propuesta de Manejo Ambiental son los siguientes:

7.2.1. Objetivo General de la Propuesta de Manejo Ambiental

Formular diversos programas y proyectos que contribuirán a la protección y conservación de la microcuenca del río Jubal.

7.2.2. Objetivos específicos de la Propuesta de Manejo Ambiental

- Proponer acciones y medidas para restaurar, proteger y conservar los factores ambientales frágiles de la microcuenca del río Jubal.
- Formar conciencia ambiental en los actores sociales en el área de influencia de ecosistemas frágiles frente a actividades agropecuarias desarrolladas, dándole uso compatible al suelo y a los recursos naturales.

7.3. FORMULACIÓN DE PROGRAMAS Y PROYECTOS

Para dar solución a los problemas analizados anteriormente, el Manejo Ambiental propuesto se dividió en dos programas y seis proyectos.

Tabla 11. Programas y Proyectos del Plan de Manejo de la microcuenca del río Jubal.

PROGRAMAS	PROYECTOS
1. Programa de protección y conservación de los ecosistemas frágiles	<ul style="list-style-type: none">• Restauración ecológica de los ecosistemas de páramo.• Restauración y protección de humedales.• Delimitación de Zonas Productivas• Implementación de Vivero Forestal para la restauración y protección del bosque.
2. Programa de protección y manejo de los Recursos Naturales.	<ul style="list-style-type: none">• Compensación por servicios ambientales.• Conservación de Suelos.• Protección y Mejoramiento de la calidad del agua.

Fuente: Autor

7.3.1. Programa de Protección y Conservación de los ecosistemas frágiles (PPCEF)

Descripción del Problema

Según los datos obtenidos de la investigación realizada se observa que la mayor parte de áreas de páramo y bosque nativo, han sido extensamente intervenidas por el desarrollo de actividades antrópicas, escenario que atenta contra las especies de flora y fauna presente, la permanencia y mantenimiento de los cuerpos de agua, la fertilidad de los suelos y la estabilidad de los ciclos naturales de estos ecosistemas.

La flora característica de este paisaje de ecosistema alto andino, es cada vez más pobre en términos de diversidad debido a la enorme presión ejercida por el hombre y el cambio de uso del suelo, de tal manera que los fragmentos de bosque y paramo tienen un riesgo latente de desaparecer, situación equivalente para las poblaciones de fauna silvestre.

Ante estas circunstancias de deterioro del medio natural, el programa presenta cuatro proyectos, que buscan mediante su implementación y realización, un uso eficiente y racional de los recursos naturales de este ecosistema.

Objetivos:

- Proteger los ecosistemas del páramo de la microcuenca del río Jubal, para mantener su estructura y funcionamiento de manera que aseguren su biodiversidad y captación de agua.
- Realizar un trabajo a mediano y largo plazo promoviendo las diferentes actividades productivas de una manera sostenible, para que su impacto en el ambiente sea el mínimo posible.
- Recuperar en sitios estratégicos la vegetación nativa existente en la zona para la protección y conservación del ecosistema.

PROYECTOS:

Tabla 12. Proyectos de restauración ecológica de los ecosistemas de páramo.

NOMBRE PROYECTO:	PROYECTO DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE LOS ECOSISTEMAS DE PÁRAMO.	
LOCALIZACIÓN:	MICROCUENCA DEL RÍO JUBAL	PPCEF-01
TIEMPO:	LARGO PLAZO	
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:		
Este proyecto va encaminado a la restauración ecológica del ecosistema Páramo.		
JUSTIFICACIÓN:		
Existe un gran problema en la comunidad de Jubal y en sus sectores aledaños ya que gracias al gran valor productivo que tiene la zona se la utiliza para agricultura y ganadería, pero el problema no es que utilicen las tierras para estas actividades productivas sino que		

se lo haga de forma desorganizada sin ninguna planificación, que permita minimizar los impactos ambientales.

Un porcentaje importante de su superficie está cubierta por actividades productivas, que corresponden principalmente a pastos para ganadería y cultivos, con las consecuencias que esto conlleva en términos de permanencia de las especies de flora y fauna presentes, el mantenimiento de los flujos hídricos superficiales, la estabilidad del suelo y el desarrollo de procesos ecológicos básicos, adicional al hecho que continuamente se extiende la frontera agropecuaria para establecer nuevas áreas productivas para pastoreo hacia los márgenes de ríos y quebradas.

Por tal razón, es necesario que en algunas de estas zonas se suspendan las explotaciones agropecuarias y se realice en forma complementaria un proceso de restauración ecológica con especies propias de la región, encaminado a que retomen lo más cercanamente posible a su condición original y recuperen su función ecológica.

OBJETIVOS:

- Ayudar al restablecimiento de la cobertura vegetal.
- Conocer las técnicas, métodos y prácticas adecuadas para restaurar cada uno de los ecosistemas nativos de la microcuenca.
- Acelerar los procesos de restauración natural del páramo.

RESULTADOS ESPERADOS:

- Aumento de la diversidad florística del área y de las poblaciones de fauna asociadas.
- Incremento de la superficie cubierta por paramos y bosques.
- Estabilidad de los regímenes hídricos e incremento del caudal de las corrientes.

ACTIVIDADES:

- Capacitación a los moradores en la importancia de conservar la cobertura vegetal.
- Acuerdos con las cooperativas agrícolas representada por el cabildo y los propietarios individuales para destinar áreas representativas de cada ecosistema a la restauración.

- Definición de la metodología de restauración a implementar y de las especies y tratamientos específicos a utilizar.
- Implementación de medidas factibles para favorecer la regeneración natural y vegetación propia del páramo.
- Producción del material para las actividades de regeneración de vegetales nativos.

Tabla 13. Proyecto de restauración y protección de humedales.

NOMBRE PROYECTO:	PROYECTO DE RESTAURACIÓN Y PROTECCIÓN DE HUMEDALES.	
LOCALIZACIÓN:	MICROCUENCA DEL RÍO JUBAL	PPCEF-02
TIEMPO:	MEDIANO-LARGO PLAZO	
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:		
Este proyecto va encaminado a la restauración y protección de humedales.		
JUSTIFICACIÓN:		
Los humedales desempeñan diversas funciones ecológicas relacionadas como el control de inundaciones, la regulación de los flujos hídricos superficiales, el control de la erosión y la retención de sedimentos y nutrientes. Por tal razón, se hace necesario emprender acciones dirigidas a proteger los humedales actualmente existentes en el área y a restaurar en la medida de lo posible aquellos que han sido alterados por el desarrollo de las diversas actividades antrópicas, de tal manera de lograr la recuperación de sus funciones ecológicas.		
OBJETIVOS:		
<ul style="list-style-type: none"> • Identificar y caracterizar los humedales presentes en el área. • Contribuir a la protección, restauración de los humedales existentes y a la estabilidad del sistema hídrico local. 		

RESULTADOS ESPERADOS:

- Georeferenciación e inventario detallado de los humedales presentes en el área.
- Humedales de mayor importancia aislados.

ACTIVIDADES:

- Ubicación y georeferenciación de humedales existentes.
- Identificación de los humedales que se encuentran en mejor estado de conservación.
- Determinación de las acciones necesarias para la restauración de los humedales degradados.
- Selección de los humedales prioritarios para su recuperación.
- Establecimiento de un protocolo de restauración ecológica para estos humedales.

Tabla 14. Delimitación de zonas productivas

NOMBRE PROYECTO:	DELIMITACIÓN DE ZONAS PRODUCTIVAS	
LOCALIZACIÓN:	MICROCUENCA DEL RÍO JUBAL (Zona de producción Agrícola y Pecuaria).	PPCEF-03
TIEMPO:	LARGO PLAZO	
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO: Este proyecto va orientado a designar zonas aptas para cada uso y principalmente donde se pueden llevar a cabo actividades productivas. JUSTIFICACIÓN: La vegetación natural y los páramos existentes en la microcuenca del río Jubal se están viendo amenazados gravemente y el crecimiento de esta amenaza es cada vez mayor. Principalmente la amenaza se debe a que la microcuenca ve cómo crece sin ningún tipo de planificación la frontera agrícola, si no se realiza una planificación inmediata la		

proyección muestra que podría incluso desaparecer la vegetación natural y en varios años más incluso podrían desaparecer los páramos.

La idea principal es designar zonas aptas para cada uso y principalmente donde se pueden llevar a cabo actividades productivas, parar la expansión de la frontera agrícola y así conservar el páramo y la vegetación natural, sin afectar a la calidad de vida de la comunidad de Jubal.

OBJETIVOS:

- Socializar e involucrar a los actores sociales en el proyecto.
- Realizar la planificación para una posterior zonificación predial rural encaminada al uso sostenible del territorio.
- Definir la propuesta técnica y Económica.
- Identificar las fortalezas y debilidades de zonas aptas para el desarrollo de actividades productivas y buscar consensos entre los propietarios.

RESULTADOS ESPERADOS:

- Indicar a la comunidad de Jubal y a las autoridades pertinentes consientes de la problemática y la ponderosa necesidad de dedicar zonas a la conservación de los recursos naturales.

ACTIVIDADES:

- Socialización el proyecto con la comunidad de Jubal, explicar su alcance y concertar un cronograma de actividades.
- Delimitar límites de los predios y reconocer las diversas actividades productivas que se realizan.
- Definición de requerimientos técnicos y financieros para la realización de la planificación predial.
- Establecer acuerdos con los propietarios de los terrenos para una redistribución equitativa y en zonas aptas para cada actividad.

Tabla 15. Implementación de vivero forestal para la producción de plantas endémicas.

NOMBRE PROYECTO:	IMPLEMENTACIÓN DE VIVERO FORESTAL PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANTAS ENDÉMICAS.	
LOCALIZACIÓN:	MICROCUEENCA DEL RÍO JUBAL.	PPCEF-04
TIEMPO:	CORTO PLAZO	
<p style="text-align: center;">DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:</p> <p>Este proyecto va orientado a la implementación de un vivero forestal para la producción de plantas endémicas para la recuperación de la flora en las zonas afectadas.</p> <p style="text-align: center;">JUSTIFICACIÓN:</p> <p>Principalmente la amenaza se debe a que la microcuenca ve cómo crece sin ningún tipo de planificación la frontera agrícola, si no se realiza una planificación inmediata la proyección muestra que podría incluso desaparecer la vegetación natural y en varios años más incluso podrían desaparecer los páramos.</p> <p>La vegetación natural y los páramos existentes en la microcuenca del río Jubal se están viendo amenazados gravemente y el crecimiento de esta amenaza es cada vez mayor.</p> <p>Por tal razón se ha propuesta implementar un vivero forestal, lugar destinado al cuidado y producción de diferentes especies forestales endémicas y así conservar el páramo y la vegetación natural, sin afectar a la calidad de vida de la comunidad de Jubal.</p> <p style="text-align: center;">OBJETIVOS:</p> <p>General :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Implementar un vivero forestal de forma sostenible para la producción de plantas nativas que contribuya a la reforestación y protección de las fuentes hídricas de la microcuenca del río Jubal. <p>Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacitar a los beneficiarios del vivero de la comunidad de Jubal, sobre el manejo 		

y propagación de especies endémicas.

- Implementar sistemas técnicos adecuados para la propagación vegetativa.
- Reforestar con especies endémicas implementando sistemas agrosilvopastoriles en áreas degradadas.

RESULTADOS ESPERADOS:

- Recuperación de las zonas frágiles a través de la reforestación de plantas endémicas.
- Protección y recuperación de las fuentes hídricas de la microcuenca del río Jubal.

ACTIVIDADES:

1. ELECCION DEL SITIO PARA LA CONSTRUCCION DE UN VIVERO

Es trascendental que antes de decidirse a construirlo se discutan al interior de los grupos interesados varios aspectos que necesitan ser tomados en cuenta con el fin de asegurar el éxito durante el proceso de producción de las plantas. Identificación de los humedales que se encuentran en mejor estado de conservación.

Criterios de selección del sitio:

- **Acceso:** El sitio tiene que estar cerca de un buen camino para tener acceso en vehículo durante cualquier época del año, para facilitar la entrada de materiales y la salida de plantas.
- **Disponibilidad de mano de obra:** El vivero forestal necesita mano de obra calificada la mayor parte del año. Las actividades que se destacan son: preparación de la semilla, enfundado, siembra, poda de raíces y trasplantes, cuando el vivero no está mecanizado, demandan mucho personal.
- **Disponibilidad de agua:** Es el requisito más importante que debe ser tomado en cuenta en la implementación de un vivero forestal. Se debe contar con una fuente permanente de agua durante todo el año y de buena calidad. A pesar de la disponibilidad constante es recomendable instalar un reservorio de almacenamiento para las épocas de escasez.

- **Topografía del terreno:** Es ideal que se instale en un terreno plano o con muy poca inclinación, para evitar el encharcamiento y para facilitar las labores culturales.
- **Protección:** Es importante contar con sitios protegidos de vientos fuertes, sin susceptibilidad a heladas o granizadas constantes y fuertes, se deben evitar los excesos de sombra.
- **Tamaño:** El tamaño del vivero se decidirá en función de la cantidad de plantas que se producirán. Al inicio se debe empezar con un terreno pequeño, pero en el que se puedan hacer ampliaciones a medida que se incrementa la producción.
- **Suelo:** Para instalar el vivero se prefiere terrenos planos a ligeramente inclinados.
- **Cercado:** Es indispensable cercar toda el área del vivero para impedir la entrada de los animales y evitar daños a las plantas. Además de cercar se puede implementar cercos vivos (siembra) con especies locales disponibles.

2. REQUERIMIENTO DE SEMILLA

La semilla es la estructura que permite la supervivencia y dispersión de la especie en diferentes condiciones ambientales, así como una subsiguiente germinación y desarrollo de una nueva generación.

La vida de la semilla encierra una serie de eventos biológicos, que comienzan con la floración de los árboles y terminan con la germinación de la semilla madura. El conocimiento de los procesos del desarrollo de las semillas (floración, polinización, desarrollo, maduración, diseminación o forma como se dispersan y la germinación), es básico en cualquier programa de producción vegetal.

La habilidad para estimar correctamente la época de cosecha o maduración de la semilla en los árboles, depende del conocimiento que se tenga acerca del desarrollo de cada especie y se relaciona con los efectos del medio ambiente, como luz, temperatura, humedad y viento.

3. TAMAÑO DEL VIVERO

El tamaño se decidirá en función de la cantidad de plantas que se producirán, para lo cual es necesario tomar en cuenta los siguientes puntos:

- El área a forestar o reforestar anualmente
- El distanciamiento y sistemas de plantación
- Las especies a plantar
- La técnica de producción
- Tiempo de permanencia en el vivero
- Al área útil de producción, agregar 40% de más para la infraestructura: Cercos, caminos, calles, sistemas de riego, almacenes, oficinas, cortinas rompe vientos, bodega, reservorio de agua, etc.

La forma, de preferencia debe ser regular (cuadrado o rectangular) prefiriendo que el eje sea lo más corto posible, evitando que la longitud sea superior al doble del ancho. Sin embargo, no siempre es posible conseguir las formas deseadas, por lo que hay que adecuar las instalaciones a la forma natural del terreno.

4. CONSTRUCCIÓN DEL VIVERO FORESTAL.

Se realizan los trabajos necesarios para la implementación del vivero forestal.

5. CAPACITACIÓN

- Capacitación sobre la implementación de un vivero forestal.
- Capacitación sobre la producción de plantas forestales.

6. PRODUCCIÓN

- Capacitación sobre la producción de plantas.
- Evaluación de la producción de plantas.

7.3.2. Programa de protección y manejo de los Recursos Naturales (PPMRN).

Descripción del Problema

Tomando como punto de partida el mal uso de los recursos naturales; los páramos y el bosque nativo están desapareciendo, la microcuenca del río Jubal ha sido considerablemente intervenida por el desarrollo de actividades productivas.

Al hablar de páramo y bosque endémico o nativo no solo se habla de dos elementos sino de dos ecosistemas fundamentales para que la vida se desarrolle en toda su extensión, las especies de flora y fauna presentes, la permanencia y mantenimiento de los cuerpos de

agua, la fertilidad de los suelos y la estabilidad de los ciclos naturales son parte de estos ecosistemas.

La mayor parte del área de estudio están cubiertas por páramos (natural e intervenido) y vegetación arbustiva, las cuales aún muestran en algunos sectores buen estado de conservación; estas manchas de vegetación albergan especies de fauna y flora de gran valor biológico, se encargan de captar el agua presente en el ambiente y regular su flujo, y protegen los suelos, sin descontar sus demás funciones ambientales.

Debido a la situación que podría llegar a ser crítica, el presente programa está orientado al desarrollo de acciones de manejo óptimo de los recursos naturales presentes en la zona.

Objetivos:

- Reconocer las iniciativas de conservación y protección de coberturas vegetales nativas.
- Implementar métodos de recuperación del recurso suelo en la microcuenca.
- Proteger y recuperar los cuerpos de agua existentes en la microcuenca del río Jubal.

PROYECTOS:

Tabla 16. Proyecto de compensación por servicios ambientales.

NOMBRE PROYECTO:	PROYECTO DE COMPENSACIÓN POR SERVICIOS AMBIENTALES.	
LOCALIZACIÓN:	MICROCUENCA DEL RÍO JUBAL.	PPMRN-01
TIEMPO:	MEDIANO PLAZO	
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:		
Este proyecto va orientado hacia la protección y el mejoramiento de la calidad del agua.		
JUSTIFICACIÓN:		
En la actualidad en el mundo existen pocas zonas en las cuales se mantienen las condiciones iniciales o naturales, esto esencialmente se debe a las actividades antrópicas, la microcuenca del río Jubal se compone en sus partes altas de vegetación nativa y páramo		

principalmente, el ecosistema en general es muy importante ya que gracias a él se mantiene el equilibrio ecológico.

Bajo estas circunstancias, este proyecto está basado en la idea principal que en pie a todos los beneficios que nos brinda la microcuenca del río Jubal se debe implementar estrategias de compensación de pago por todos los servicios ambientales que nos brinda la microcuenca del río Jubal, los beneficiados directores vendrían a ser la comunidad de Jubal.

OBJETIVOS:

- Mantener el área no intervenida de la microcuenca del río Jubal y recuperar la cobertura vegetal natural de las zonas afectadas.
- Diseñar e implementar un mecanismo de pago por servicios ambientales a favor de los propietarios que mantienen zonas de páramo o bosques de la comunidad de Jubal y sus alrededores.
- Sensibilizar a propietarios sobre la prioridad en mantener la cobertura vegetal de la región y crear conciencia ambiental en los comuneros de la microcuenca del río Jubal.

RESULTADOS ESPERADOS:

- Implementar el mecanismo de pago más efectivo de pago por servicios ambientales en funcionamiento.
- Propietarios de predios al interior del área recibiendo compensación por la conservación de páramos y bosques.
- La comunidad de Jubal consiente de la necesidad de conservación de los ecosistemas.

ACTIVIDADES:

- Socialización el proyecto con la comunidad de Jubal, explicar su alcance.
- Identificación de las entidades que hacen uso directo de los bienes y servicios ambientales de la microcuenca y valoración económica de los mismos.
- Búsqueda del mecanismo de pago idóneo por concepto de servicios ambientales.
- Realización de reuniones de concertación con los beneficiarios para definir las

estrategias específicas de pago.

- Suscripción de acuerdos con la comunidad de Jubal y sus aledaños para asegurar el mantenimiento de los ecosistemas.

Tabla 17. Conservación de suelos.

NOMBRE PROYECTO:	CONSERVACIÓN DE SUELOS.	
LOCALIZACIÓN:	MICROCUEENCA DEL RÍO JUBAL.	PPMRN-02
TIEMPO:	CORTO PLAZO	
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:		
<p>Este proyecto va orientado hacia la protección y el mejoramiento del recurso suelo.</p>		
JUSTIFICACIÓN		
<p>Las actividades humanas que se realizan en la microcuenca claramente han ocasionado procesos erosivos de tipo laminar se, que por lo general se da debido a actividades como cultivos y pastoreo de ganado. Sin embargo, estos procesos se los puede detener con una buena zonificación y delimitación orientando así a la comunidad de Jubal al buen uso del suelo, llamando a buen uso del suelo al uso potencial del suelo, es decir usarlo en base a sus capacidades, características y propiedades físico químicas.</p>		
<p>La reforestación de vegetación nativa sería una buena posibilidad para parar los procesos erosivos que se llevan a cabo, así mismo en el caso de la micro cuenca del río Jubal se debe conservar sin ningún reparo la vegetación nativa que existe en la ribera del río Jubal con el fin de minimizar el arrastre de sedimentos hacia la cuenca baja.</p>		
<p>Este proyecto tiene como propósito realizar actividades de protección y mejoramiento ambiental que promueva el mejoramiento de las condiciones de vida de los pobladores de la zona de Jubal.</p>		
OBJETIVOS:		

- Socializar e involucrar a los actores sociales en el proyecto.
- Zonificar las tierras de la microcuenca del río Jubal en base a las potencialidades y aptitudes del suelo, así como las zonas más afectadas.

RESULTADOS ESPERADOS:

- Usar el área de suelo apto para el tipo de actividad correspondiente.
- Recuperación de zonas degradadas al interior de la microcuenca del río Jubal.
- Reducción del arrastre de sedimentos hacia la cuenca baja del río Jubal.

ACTIVIDADES:

- Socialización el proyecto con la comunidad de Jubal, explicar su alcance.
- Definir las zonas más deterioradas de la microcuenca del río Jubal y sus posibles causas.
- Establecer los requerimientos de materiales y mano de obra necesarios para la implementación de los métodos de tratamiento de recuperación y conservación del suelo.
- Concertar con la comunidad de Jubal el buen manejo de la zonificación definida.
- Implementar los métodos escogidos.

Tabla 18. Proyecto de protección y mejoramiento de la calidad del agua.

NOMBRE PROYECTO:	PROYECTO DE PROTECCIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA.	
LOCALIZACIÓN:	MICROCUENCA DEL RÍO JUBAL.	PPMRN-03
TIEMPO:	LARGO PLAZO	
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:		

Este proyecto va orientado hacia la protección y el mejoramiento de la calidad del agua.

JUSTIFICACIÓN:

Las actividades que los agricultores realizan como aplicación de productos químicos, lavado de equipos y la acumulación de desechos sólidos causan alteraciones a la calidad del agua. Esto se vuelve más preocupante cuando se usa para el riego y en actividades domésticas, por lo que es necesario controlar las fuentes de contaminación.

Este proyecto tiene como propósito realizar actividades de protección y mejoramiento ambiental que promueva el mejoramiento de las condiciones de vida de los pobladores de la zona de Jubal.

OBJETIVOS:

- Controlar las fuentes de contaminación del agua y los vectores de enfermedades para mantener la calidad del agua.
- Realizar un monitoreo periódico de la calidad de agua de la zona.

RESULTADOS ESPERADOS:

- Controlar la eliminación de desechos sólidos y el derrame de agroquímicos, cercano a los ríos.
- Proporcionar una agua de buena calidad a las comunidades de la microcuenca del río Jubal y aledañas a la misma.

ACTIVIDADES:

- Socialización el proyecto con la comunidad de Jubal, explicar su alcance y concertar un cronograma de actividades.
- Capacitación a los agricultores sobre los peligros para la salud, por el mal manejo de agroquímicos y desechos sólidos.
- Programación de giras de observación para identificar las fuentes de contaminación de los ríos y el canal de riego.
- Toma de muestras periódicas para la determinación del índice de calidad de agua.

CAPITULO VIII

8. BIBLIOGRAFÍA

Aguayo, A. P. (2009). Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX. Entendiendo la dinámica a espacial y temporal del paisaje. *Revista chilena de historia natural* , 361-374.

Altamirano, A., & Lara, A. (2010). Deforestación en ecosistemas templados de la precordillera andina. *BOSQUE* 31(1) , 53-64.

Basterrechea, M., Dourojeanni, A., Garcia, L., Novara , J., & Rodríguez, R. (1996). Lineamientos para la preparación de proyectos de manejo de cuencas hidrográficas para eventual financiamiento del Banco Interamericano de desarrollo. Washington, D.C.

Beltrán, K. (2010). Áreas prioritarias para conservación de páramos en la provincia de Chimborazo. Quito.: EcoCiencia y Condesan.

Brizuela, A., Aguirre, C., & Velasco, I. (2007). Aplicación de métodos de corrección atmosférica de datos Landsat 5 para análisis multitemporal. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

Buytaert, W., Célleri, J., De Bièvre, B., & Cisneros, F. (2006). Hidrología del páramo andino: propiedades, importancia y vulnerabilidad. Departamento de Investigación de la Universidad de Cuenca.

Caire, G. (2008). El manejo integrado de cuencas como instrumento para el desarrollo regional. Adriana Abardía y Federico Morales (coords.) *Desarrollo Regional. Reflexiones para la Gestión de los Territorios*. Ciudad de México, México: Alternativas y Capacidades, AC, 187-.

CAMAREN. (1999). Experiencia sobre manejo de microcuencas. Quito.

Challenger, A. (2003). Estrategias para la conservación de los ecosistemas. Quito.

Chuvieco, E. (1990). Fundamentos de teledetección espacial. Madrid: Rialp.429 p.

Chuvieco, E. (2002). Teledetección Ambiental La observación de la Tierra desde el espacio. Ariel .

Chuvieco, E. (2010). Teledetección Ambiental La observación de la Tierra desde el espacio. Barcelona: Ariel Ciencia. Nueva edición actualizada.

Corponariño. (2008). Actualización del plan de ordenamiento y manejo la cuenca del río Pasto.

De Biévre, B. (2004). Efectos de la cobertura vegetal en Microcuencas de páramo. Departamento de Investigación de la Universidad de Cuenca.

Dellavedova, M. G. (2011). Guía metodologica para la elaboración de una evaluación de impacto ambiental. La Plata: Taller vertical media Altamirano Yantorno.

Espinoza, G. (2001). Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. Santiago-Chile: BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO - BID.

Espíritu, T. C., & Ortiz, D. C. (2011). Identificación de lagunas de Alta Montaña en el Perú mediante técnicas de Teledetección Espacial y Modelos de Elevación Digital. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, , (pág. 7836). Curitiba.

Esri. (9 de 11 de 2013). Acumulación de flujo (Spatial Analyst). Recuperado el 1 de 10 de 2015, de Ayuda de ArcGIS 10.1:

<http://resources.ArcGIS.com/es/help/main/10.1/index.html#/na/009z00000051000000/>

Esri. (9 de 11 de 2013). Dirección del flujo (Spatial Analyst). Recuperado el 1 de 10 de 2015, de Ayuda de ArcGIS 10.1:

<http://resources.ArcGIS.com/es/help/main/10.1/index.html#/009z00000050000000>

Esri. (11 de 7 de 2012). Extraer por máscara (Spatial Analyst). Obtenido de ArcGIS Resource Center:

<http://help.ArcGIS.com/es/ArcGISdesktop/10.0/help/index.html#/009z0000002n000000>

Esri. (9 de 11 de 2013). Relleno (Spatial Analyst). Obtenido de Ayuda de ArcGIS 10.1:
<http://resources.ArcGIS.com/es/help/main/10.1/index.html#/na/009z00000050000000/>

Faustino, J., & Jiménez, F. (2000). Manejo de cuencas hidrógraficas. Turrialba, Costa Rica.

Fernández, I., & Herrero, E. (2001). Analisis visual de imágenes obtenidas del sensor ETM+ satellite Landsat. El satellite Landsat , 2-29.

Heredia Laclaustra, A., Martínez Sánchez, S., Quintero, E., Piñeros, W., & Chuvieco, E. (2003). Comparación de distintas técnicas de análisis digital para la cartografía de áreas quemadas con imágenes LANDSAT ETM+. GeoFocus , 216-234.

Hernández, M. (2010). Elaboración de una propuesta de Plan de Manejo para el Refugio de Aves Dr. Alexander Skutch “Los Cusingos” . SAN JOSE, COSTA RICA.

INEGI. (s.f.). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Recuperado el 06 de 10 de 2015, de

http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/doc/aspectos_tecnicos_imagenes_landsat.pdf

Martínez, J. A., Martínez, J. E., & Zuberogoitia, I. (2003). La evaluación de impacto ambiental sobre las poblaciones de aves rapaces: problemas de ejecución y posibles soluciones. Ardeola , 50(1), 85-102.

Morocho, M. (2013). Análisis multitemporal del uso del suelo de la Microcuenca del Río Chacapata - Patococha, en base a fotografías aéreas de los años 1989 y 2000.

Ordoñez, J. (2011). ¿Qué es cuenca hidrología? Aguas Subterráneas - Acuíferos , 11.

Palacios, L., & Paz, F. (2006). Clasificador genérico de objetos en imágenes ETM+. Agrociencia 40 , 613-626.

Ramakrishna, B. (1997). Estrategias de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: conceptos y experiencias (No. 3). IICA.

Rodríguez, M., & Cargua, F. (2014). El vivero forestal Manual de producción de plantas nativas. Riobamba.

Romero, F. S. (2006). La Teledetección satelital y los sistemas de protección ambiental. AquaTIC, nº 24 , 20.

Rosas, L. (2009). Manual de procedimientos de delimitación y codificación de unidades hidrográficas. Sistema Nacional de Información , 16-32.

Ruiz, V., Savé, R., & Herrera, A. (2013). Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Mirafior Moropotente Nicaragua, 1993 – 2011. *Ecosistemas* 22(3) , 117-123.

Sellers, C., Corbelle, E., Buján, S., & Miranda, D. (2015). MORFOLOGÍA INTERPRETATIVA DE ALTA RESOLUCIÓN CON DATOS LIDAR EN LA CUENCA DEL RÍO PAUTE - ECUADOR. *REVISTA DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY* , 132-180.

Sendra, J. B., & García, R. (2000). El uso de los sistemas de Información Geográfica en la planificación territorial. In *Anales de Geografía de la Universidad complutense* , Vol. 20, p. 49.

SNI, Sistema Nacional de Informacion. (31 de 12 de 2014). Archivos de inforamación Geográfiaca. Recuperado el 20 de 09 de 2015, de <http://sni.gob.ec/coberturas>

Trejos, N. (2004). dinámica del uso de la tierra e identificación de las áreas críticas de la región de playa venado, provincia de Los Santos, república de Panamá.

WORLD VISIÓN. (2004). Manual de Manejo de Cuencas.

CAPITULO IX

9. ANEXOS

9.1 REGISTRO FOTOGRÁFICO



Foto 1. Panorámica N1 de la microcuenca del río Jubal



Foto 2. Panorámica N2 de la microcuenca del río Jubal.



Foto 3. Estación Meteorológica y Cultivos en la microcuenca del río Jubal.



Foto 4. Ladera en la microcuenca del río Jubal.



Foto 5.Cultivos en laderas en la microcuenca del río Jubal.



Foto 6.Actividades ganaderas en la microcuenca del río Jubal.



Foto 7.Pastizales en la microcuenca del río Jubal.



Foto 8.Bosque nativo en la microcuenca del río Jubal.



Foto 9.Construcción del vivero forestal.



Foto 10.Capacitación sobre la utilización del vivero forestal.

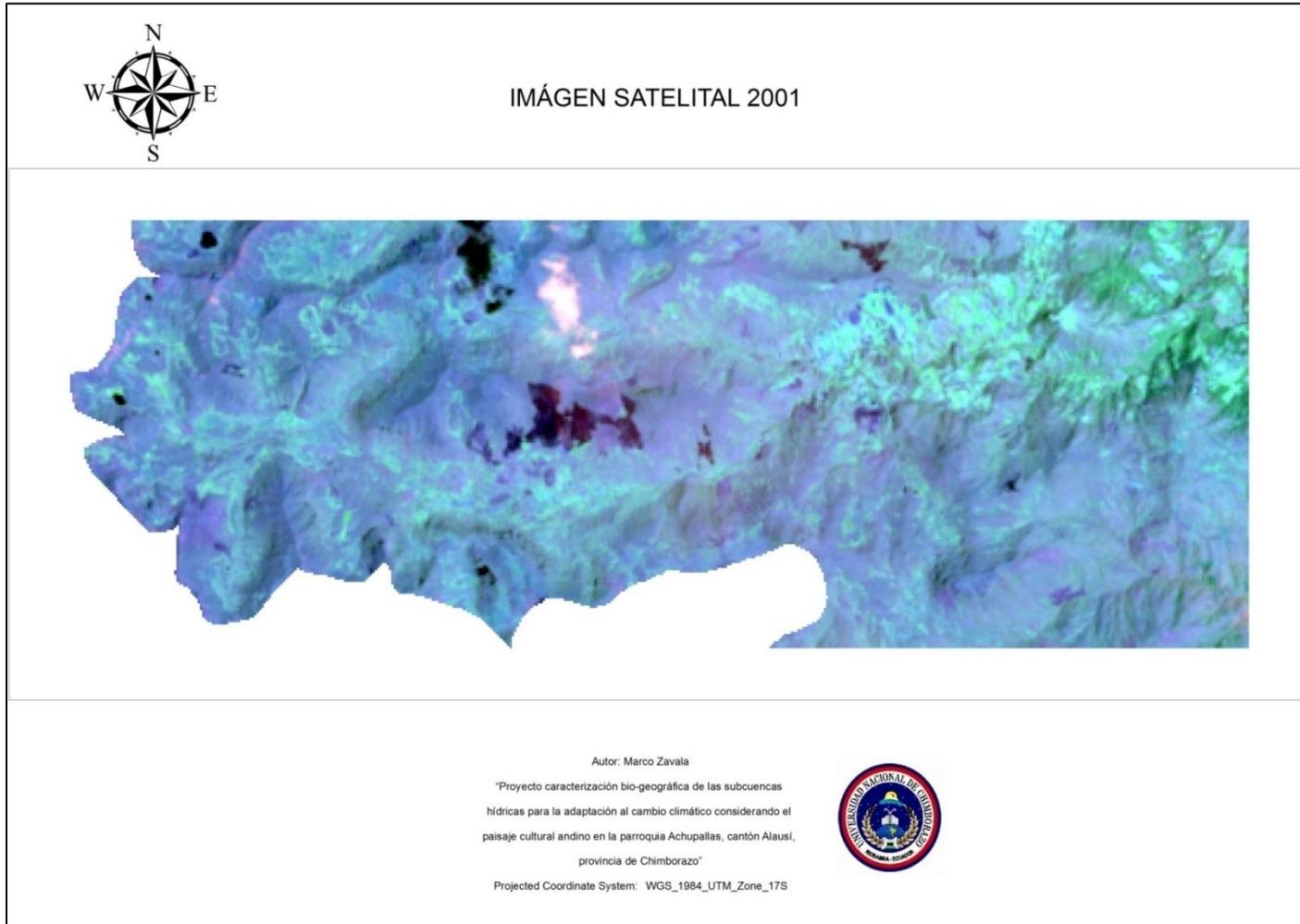
9.2 MATRIZ DE LEOPOLD MODIFICADA PARA LA MICROCUENCA

MATRIZ DE INTERACCIONES ENTRE ACTIVIDADES REALIZADAS Y COMPONENTES AMBIENTALES															
ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO JUBAL															
		AGRICULTURA			GANADERÍA			INFRAESTRUCTURA PRODUCTIVA Y VIAL			VALORACION				
		Preparación del suelo: Quemado, roturación del suelo, arada, cruzada.	Labores culturales: siembra, abonadura, aporque, controles fitosanitarios.	Cosecha y transporte	Ganadería extensiva: pastoreo extensivo	Implementación de pastos: preparación del suelo y siembra de pastos (roturación del suelo)	Abonadura y pastoreo	Implementación de obras civiles (áridos y cemento)	Adecuación de taludes	Protección del entorno natural	NEGATIVOS	POSITIVOS	TOTAL		
FACTORES AMBIENTALES EXISTENTES	FISICO	SUELO	Pérdida de suelo	-9	-7	-4	-8	-9	4	-7	-6	9			
				4	4	-2	6	2	5	1	1	6	7	2	-77
			Calidad	-7	-8	-6	-5	-7	-3	-3	-1	4			
				3	5	2	5	3	2	1	1	6	8	1	-105
			Compactación	-7	-7	-7	-10	-10	-7	-6	-5	-3			
		2	2	2	6	3	4	3	2	1	9	0	-191		
		Relieve	-2		-1					-2					
		3		2						2	3	0	-12		
		Excavación y Movimiento de tierras	-7	-2	-6	-2	-10	-1	-7	-3	-4				
		2	2	3	3	2	2	3	1	1	9	0	-92		
	AGUA	Calidad	-3	-7	-5	-8	-8	-8	-7	-6	3				
			4	4	3	5	3	4	3	4	6	8	1	-178	
		Escurrimiento Superficial	-7	-9	-7	-8	-7	-7	-6	-5	5				
			6	3	2	4	6	5	3	2	6	8	1	-190	
		Aguas freáticas	-2	-6	-4	-7	-6	-7	-6	-5	5				
		2	3	2	6	5	4	3	3	6	8	1	-133		
	ATMOSFERA	Olores		-1	-1	-1	-1	-8	-3	-3					
				1	1	1	1	4	1	1	7	0	-42		
		Gases													
											0	0	0		
		Ruido	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-7	-6					
		3	1	1	1	1	1	3	3		8	0	-50		
	FLORA	Eliminación de Árboles	-6	-1	-1	-2	-6	-1	-3	-3					
			4	1	1	1	1	1	3	1	8	0	-47		
		Eliminación de Arbustos	-7	-1	-1	4	-8	-1	-3	-4					
		2	1	1	2	1	1	3	1		7	1	-30		
		Eliminación de Microflora	-8	-9	-4	-5	-10	-1	-6	-6					
		9	5	2	5	2	2	6	3		8	0	-226		
	FAUNA	Aves	-3	-5	-2	-1	-3	-3	-3	-1	8				
		5	3	1	2	1	2	3	1	9	8	1	19		
Animales terrestres		-5	-1	-1	-1	-2	-2	-1	-1	7					
		6	1	1	1	1	1	2	1	8	8	1	16		
Microfauna		-10	-9	-5	-3	-10	-6	-6	-6	8					
	9	4	3	4	4	4	3	4	8	8	1	-195			
	Vectores de enfermedades	-4	-6	-6	-6	-1	-7	-1							
	3	2	4	4	1	4	2			7	0	-103			
SOCIO-ECONOMICAS	USOS DEL SUELO	Pastizales	-3	-5	-2	6	4	9	-5	8					
			1	4	1	3	3	2	2		5	4	4	53	
		Agricultura	8	7	-1	-2	-2	2	-5	6					
		4	4	1	1	1	3	3	5	4	4	76			
	ESTETIC A E INTERES HUMANO	Paisaje y Panorama	-7	5	-1	-7	-10	-3	-7	-1	10				
			9	3	1	6	5	3	6	1	9	7	2	-103	
		Lugares y actividades de recreación									8				
										5	0	1	40		
	CULTURAL	Salud y seguridad	-1	-5	2	-4	-7	-2	-3		5				
			3	2	2	5	5	2	2		6	6	2	-44	
		Empleo	4	6	4		2	3	6	6	3				
			1	1	1		2	1	4	2	1	0	8	60	
		Patrones culturales								-3					
										1	1	0	-3		
	ACTIVIDADES HUMANAS	Sistema de transporte			-1						-1				
					1						2	2	0	-3	
Infraestructura pública										-1					
										2	1	0	-2		
	Relaciones Sociales	-8	-6	-4	-9	-6	-5	5	4	8					
	8	4	2	6	3	2	2	2	5	6	3	-120			
	Servicios públicos									-1					
									1	1	0	-1			
POSITIVO		2	3	2	2	4	4	2	4	12					
NEGATIVO		24	19	22	19	19	18	20	17	6					
TOTAL		-509	-277	-150	-413	-356	-204	-254	-126	606					

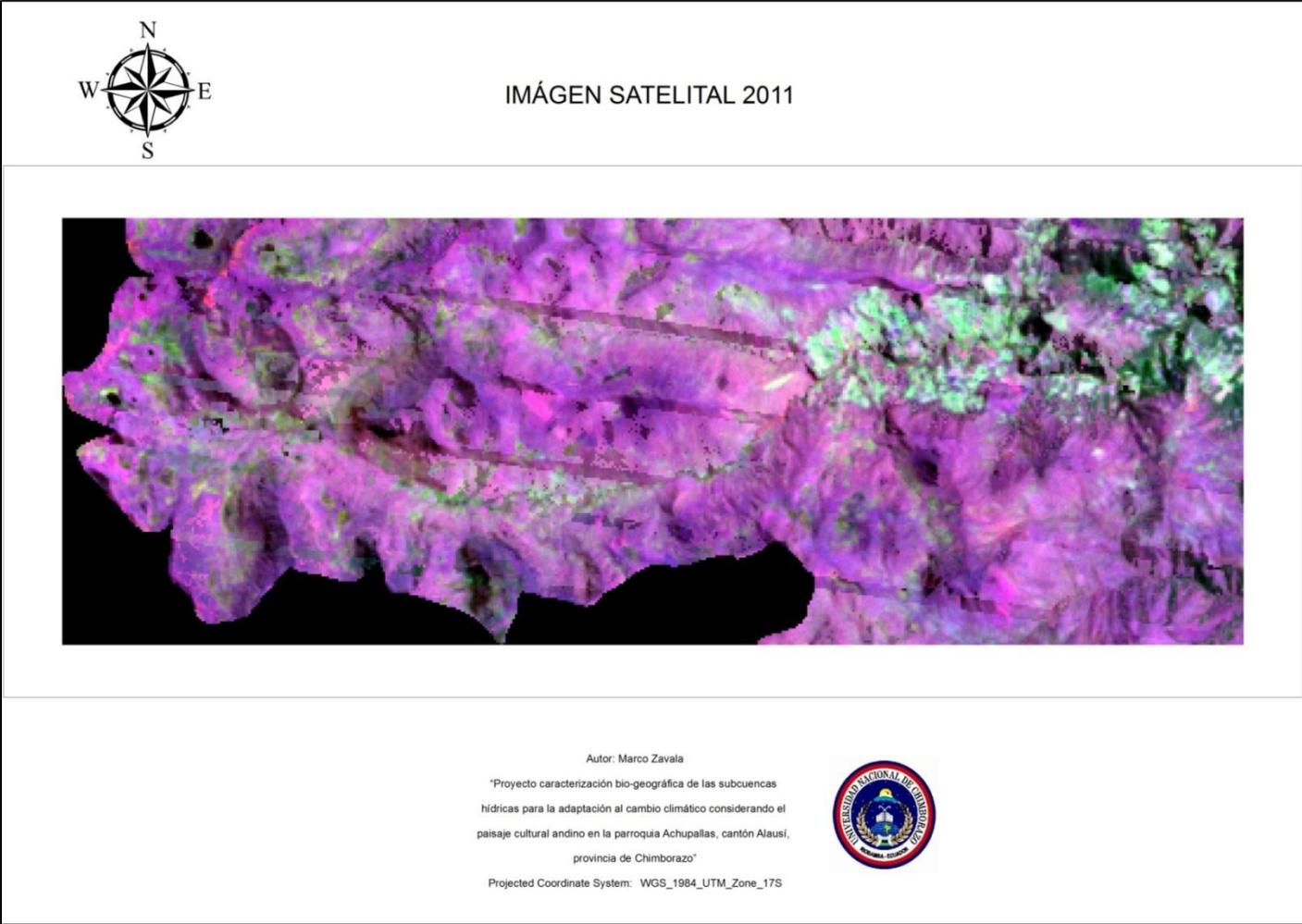
9.3 IMÁGENES SATELITALES



Mapa 6. Imagen satelital con proyección de bandas 2-4-5 del año 1991.

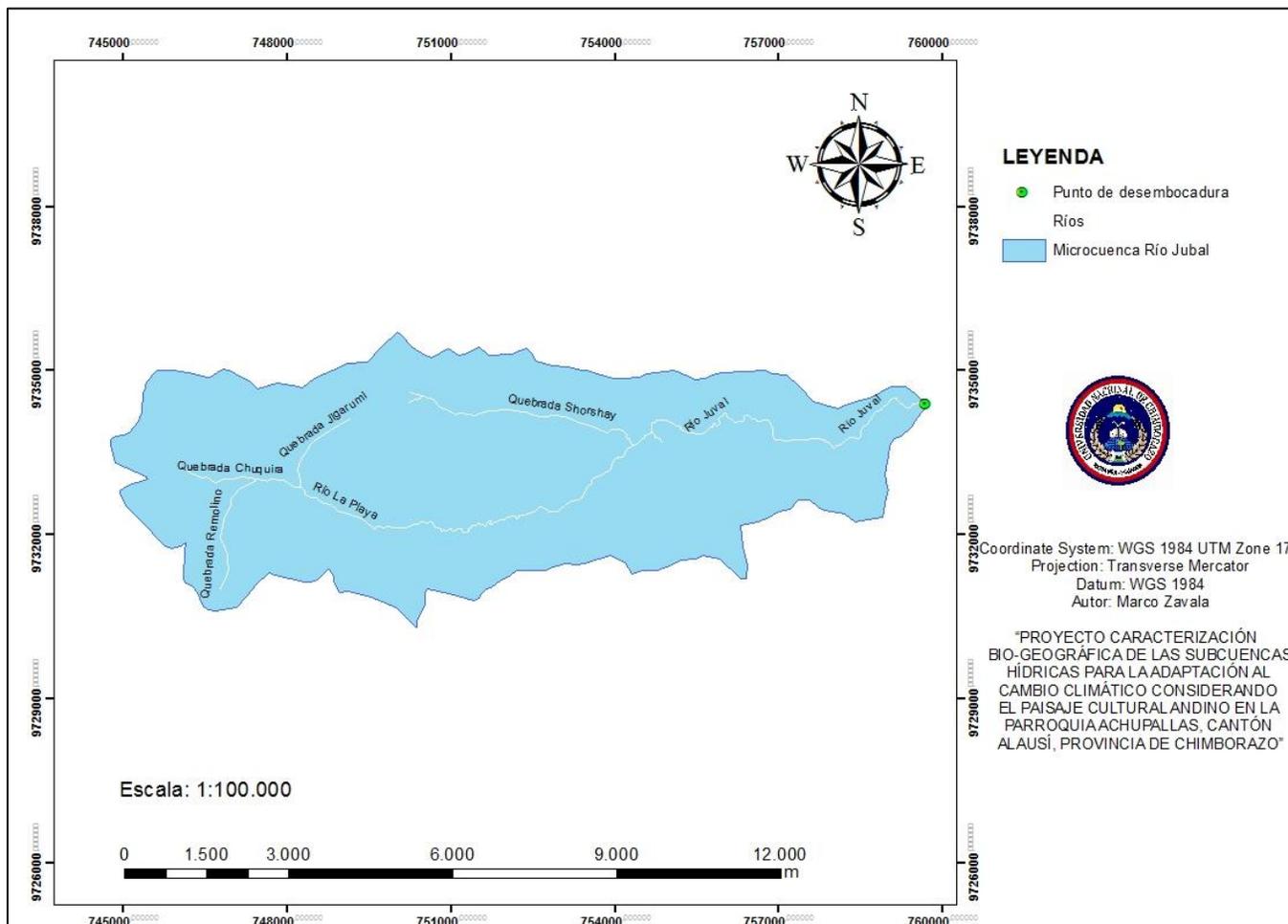


Mapa 7. Imagen satelital con proyección de bandas 2-4-5 del año 2001.

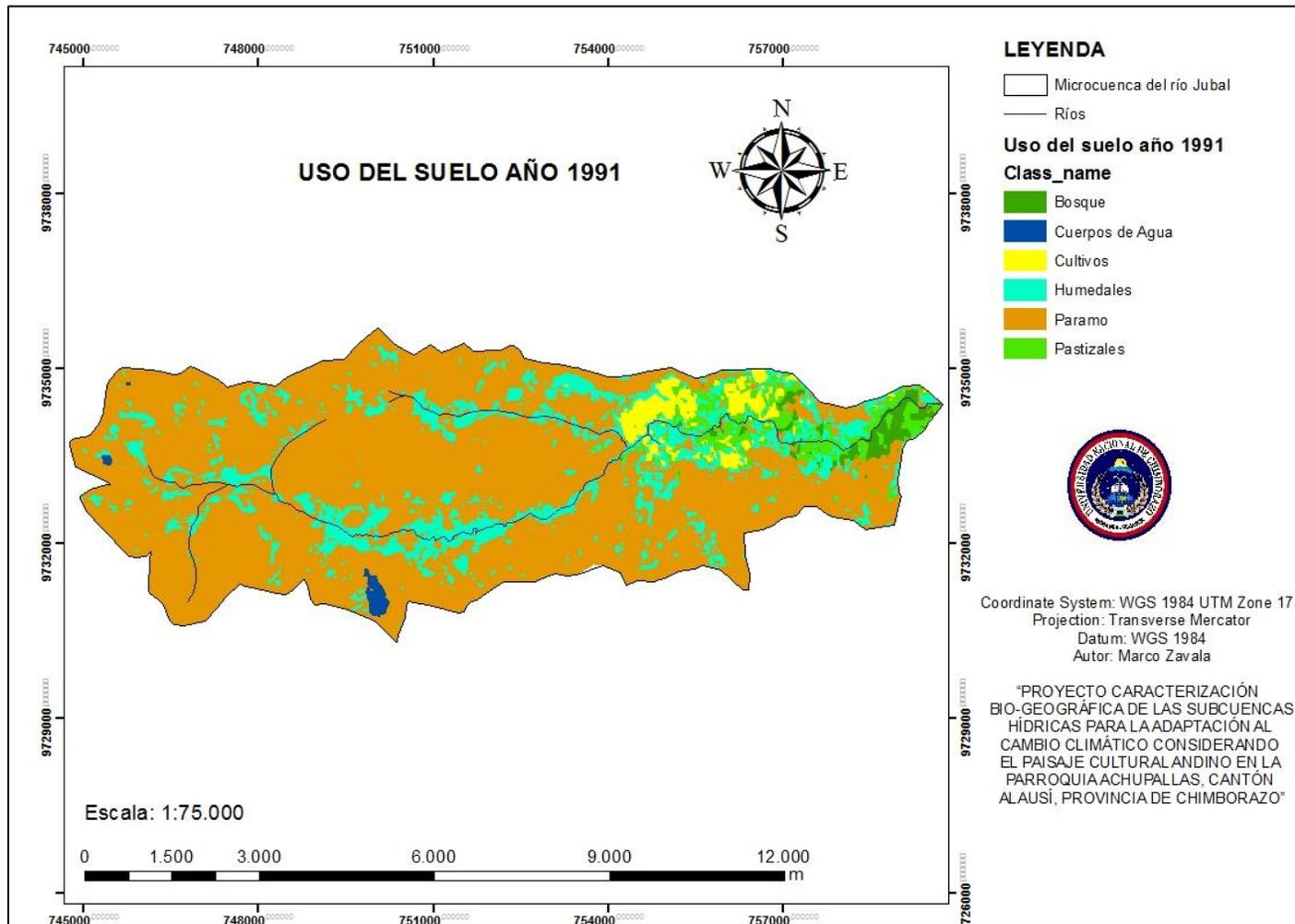


Mapa 8. Imagen satelital con proyección de bandas 2-4-5 del año 2011.

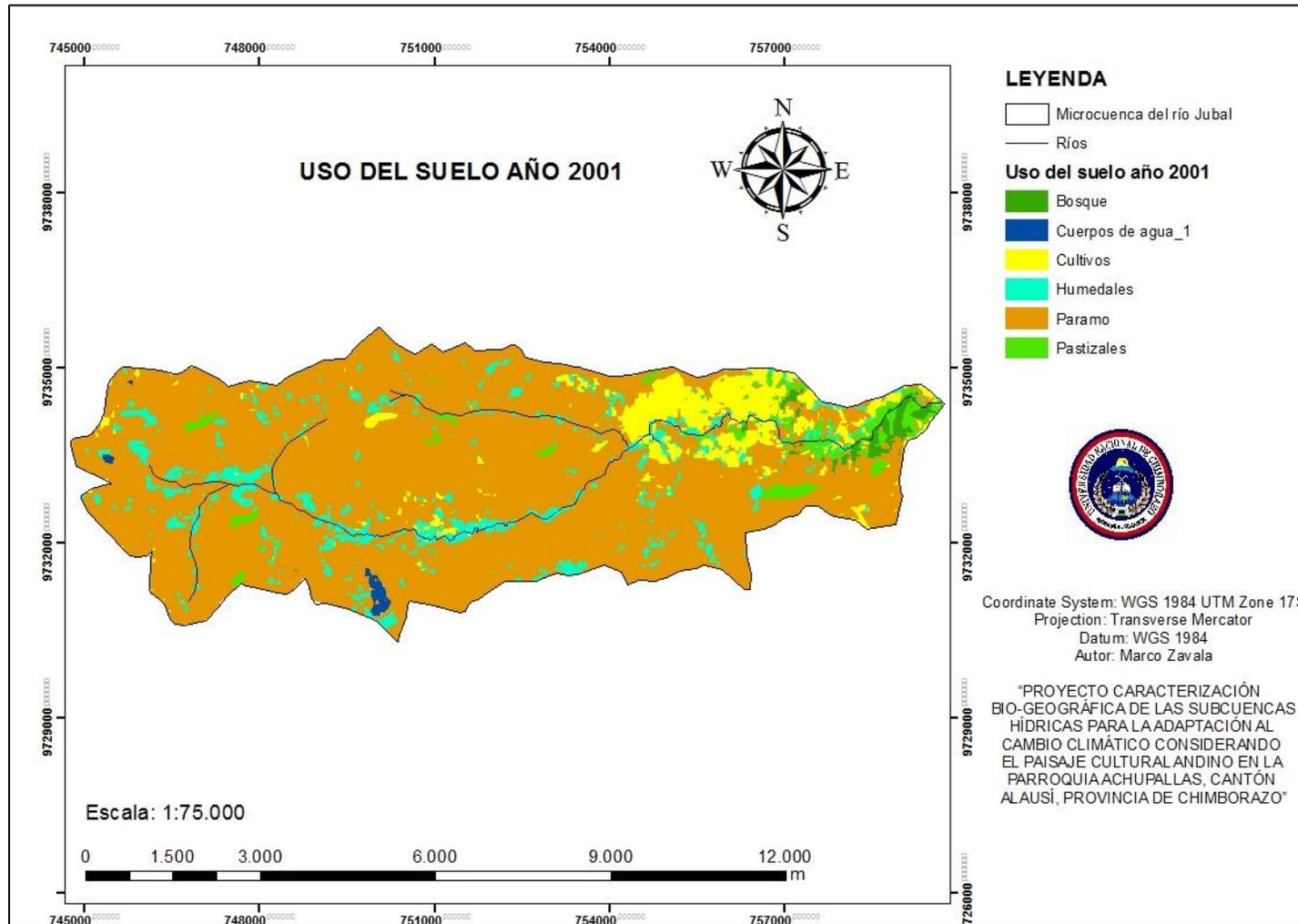
9.4 MAPAS MICROCUENCA RÍO JUBAL



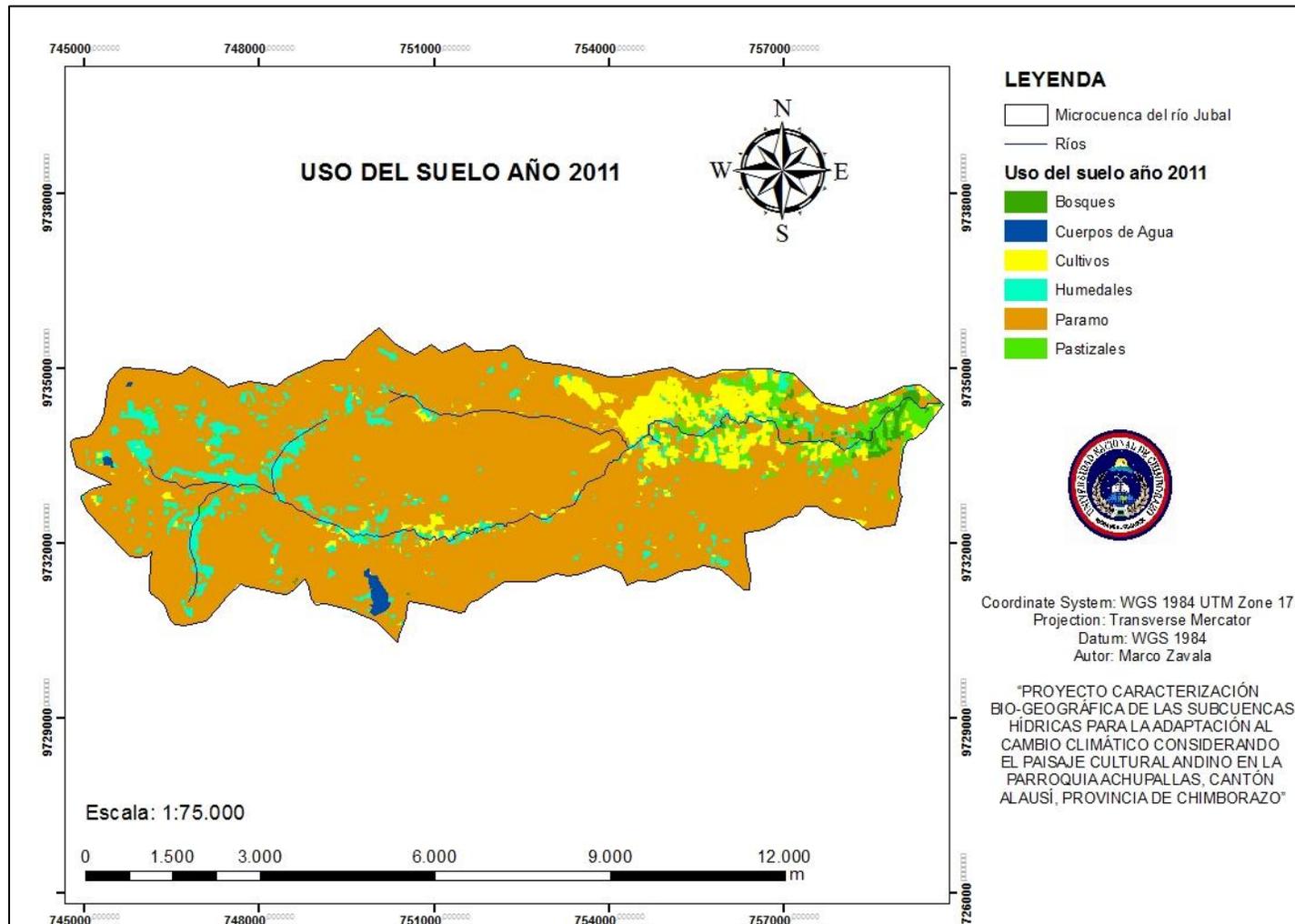
Mapa 9. Microcuenca delimitada río Jubal.



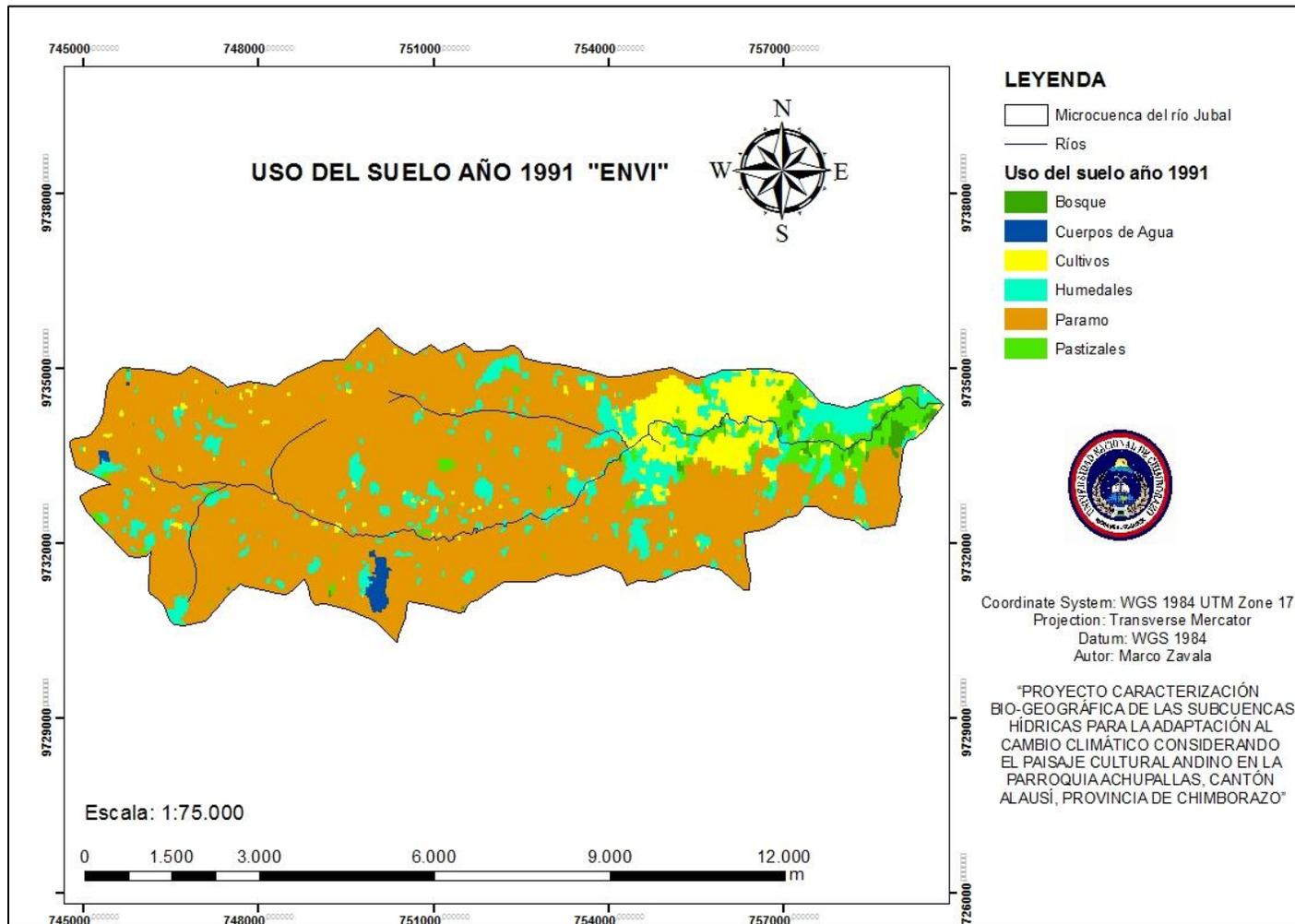
Mapa 10. Uso del suelo año 1991 determinado en el software ArcGIS 10.2.



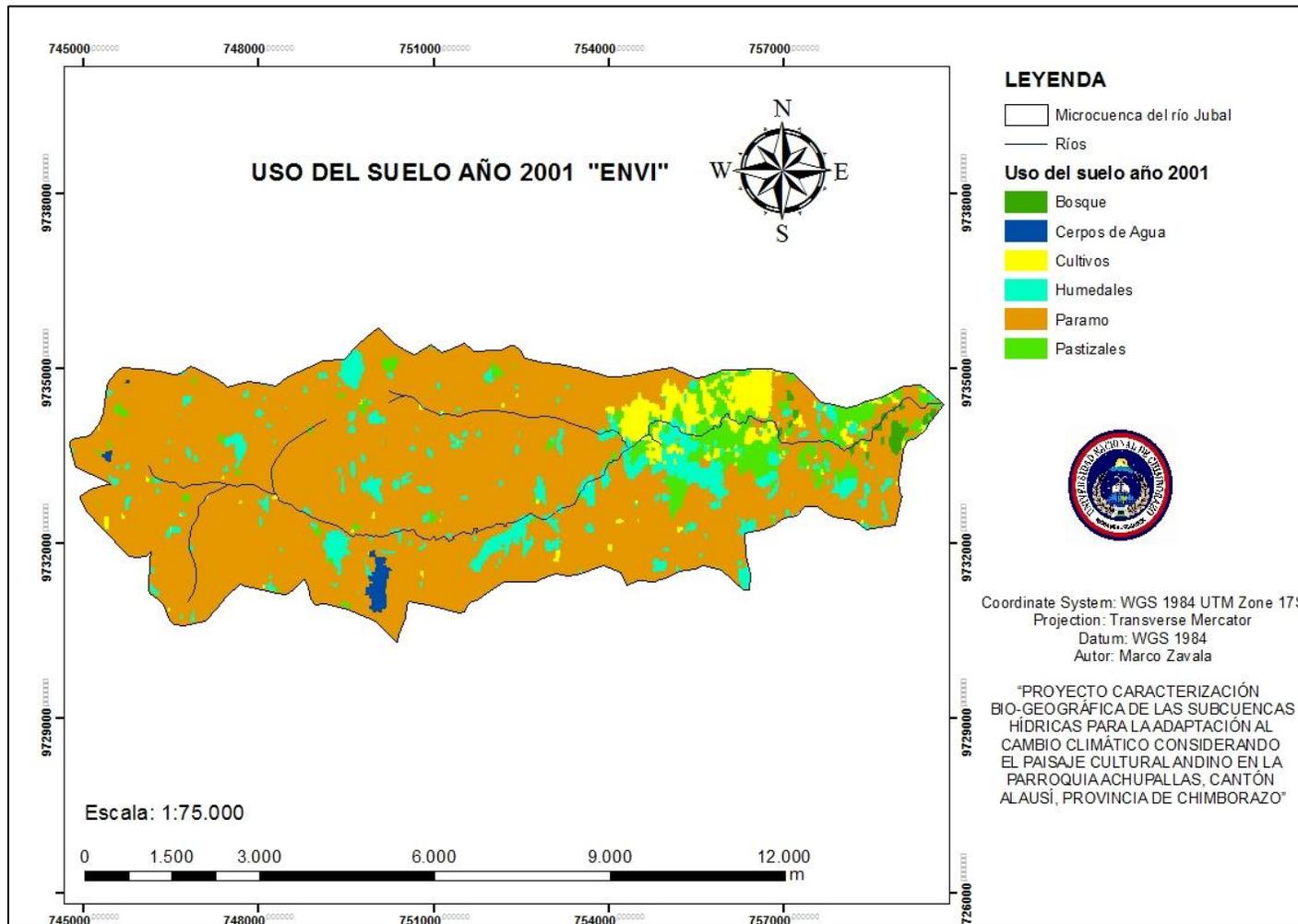
Mapa 11. Uso del suelo año 2001 determinado en el software ArcGIS 10.2.



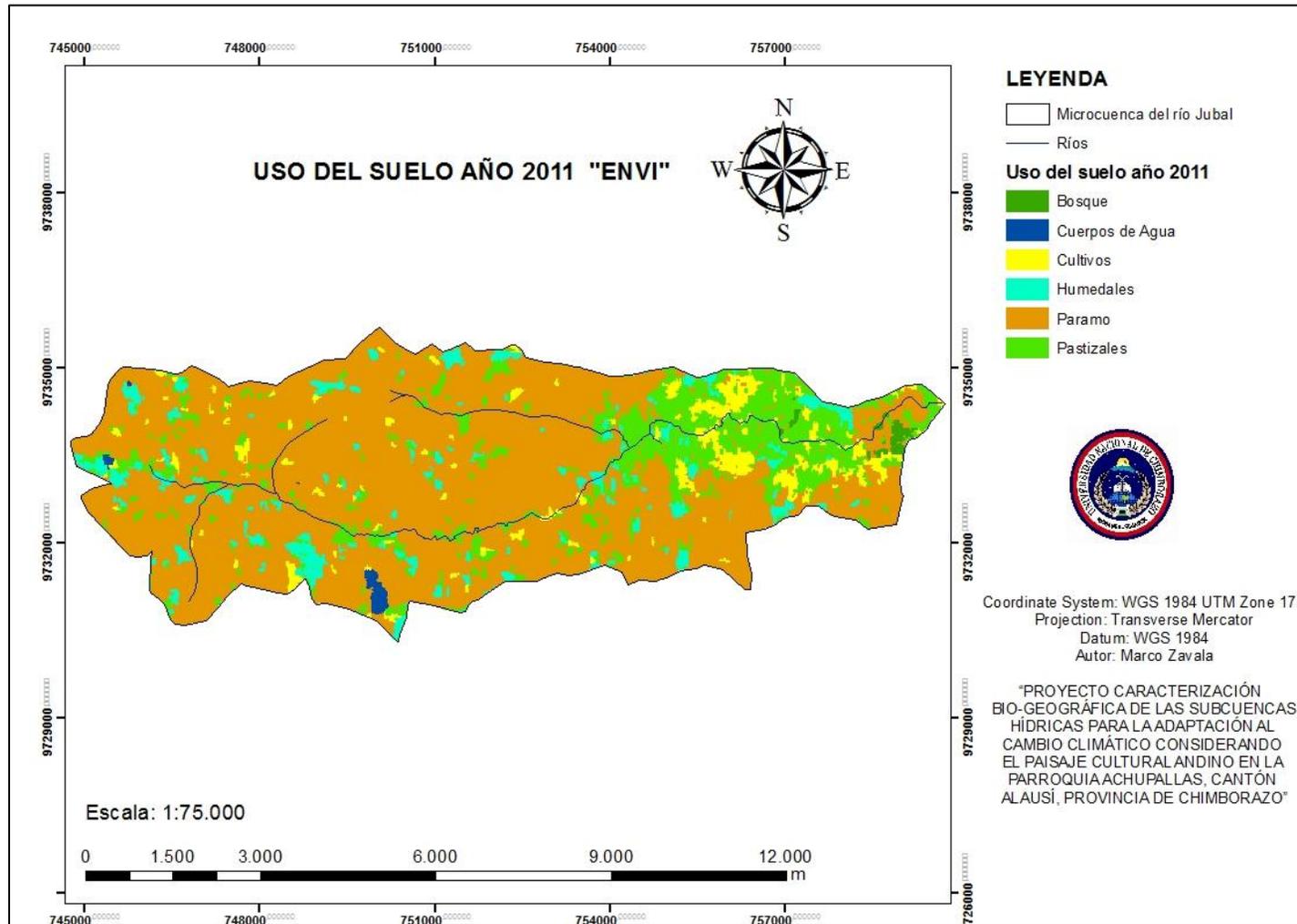
Mapa 12. Uso del suelo año 2011 determinado en el software ArcGIS 10.2.



Mapa 13. Uso del suelo año 1991 determinado en el software Envi.



Mapa 14. Uso del suelo año 2001 determinado en el software Envi.



Mapa 15. Uso del suelo año 2011 determinado en el software Envi.