UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis previa a la obtención del Título de

Ingeniero Ambiental

"DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL CAMBIO DE USO DE SUELO EN LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO DÉLEG"

AUTORA:

LISSETH MARÍA CURE LÓPEZ.

DIRECTOR:

INGENIERO PABLO ARÉVALO.

Cuenca, Febrero del 2012

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD.

Los conceptos desarrollado, analizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de la autora.

Cuenca, Marzo del 2012.

_ _

Lisseth María Cure López.

CERTIFICADO

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Lisseth María Cure López, bajo mi supervisión.

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

Ingeniero Pablo Arévalo Moscoso.
DIRECTOR DE TESIS

AGRADECIMIENTO

Es inevitable agradecer a ese ser supremo que en las cosas más mínimas ha cuidado de mi como un verdadero Padre, GRACIAS mi DIOS, por la fortaleza que me has dado en cada mañana y por ser esa fuerza interna que nos vuelve guerreros cada día.

De manera muy especial quiero agradecer al Ingeniero Pablo Arévalo, por su colaboración, paciencia, dedicación, interés y aporte de conocimientos para el desarrollo del presente trabajo.

A los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana, por su preocupación y apoyo.

A la Ilustre Municipalidad del cantón Déleg y al Consejo de Gestión de Aguas de la Cuenca del Río Paute, por brindar la información necesaria para el desarrollo de esta tesis.

A todas aquellas personas que, con su ayuda desinteresada, esclarecieron las dudas que se presentaron en este período de trabajo, encaminando los conocimientos para conseguir establecer las finalidades de este trabajo.

DEDICATORIA

No existen mejores resultados que los obtenidos con base en el esfuerzo, constancia, perseverancia y que se realizan con convicción, ya que son aquellos los que permiten seguir adelante, esforzándose para construir un futuro lleno de logros personales y profesionales.

Este trabajo está dedicado a mis padres, quienes me han enseñado que no existe mayor satisfacción que sentir el orgullo de levantarse y seguir adelante, cuando te encuentras con piedras en el camino.

A mis abuelitos, quienes, con la sabiduría en sus palabras, han sabido seguir guiando mi vida, paso a paso, a pesar de no tenerles a mi lado.

A toda esa gran familia a la cual me siento muy orgullosa de pertenecer, muchos dicen que uno no escoge a la familia, pero no creo que hubiera podido tener una mejor.

A mis amigas, que muchas veces me dieron los empujones necesarios para tomar aliento y seguir adelante; gracias por hacerme volver a creer en mí y en mis capacidades, cuando sentía que no podía lograrlo.

A todas esas personas que he tenido el gusto de conocer el último año, que han sabido inundar de conocimientos, afecto y ayuda desinteresada, entendiendo que han pasado de ser simples compañeros de estudios a amigos, que me han apoyado de la forma que solo un hermano lo hace.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1. 1

MARCO TEÓRICO 1

1.1. DEFINICIONES 1

1.1.1. Escala 1

1.1.2. Datum 2

1.1.3. Imágenes satelitales 3

1.1.4. Sistemas de Información Geográficas 5

1.2. PROGRAMAS 6

1.2.1. ARCGIS 6

1.2.2. ENVI 6

1.2.3. IDRISI 7

1.3. LÍNEA BASE 7

1.3.1. Recopilación de información 8

1.3.2. Cuenca hidrográfica 8

1.3.3. Uso de suelo 20

1.3.4. Análisis socio-económico 23

1.4. ANÁLISIS MULTITEMPORAL. 23

1.4.1. Procesamiento de imágenes satelitales 23

1.4.2. Generación de mapas de uso de suelo 25

1.4.3. Análisis multitemporal 29

1.4.4. Calidad Ambiental 30

1.5. GENERACIÓN DE POSIBLES ESCENARIOS 38

1.5.1. Modelos de cambio de uso de suelo 38

1.6. PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE MANEJO 41

1.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO 41

CAPÍTULO 2. 43

MATERIALES Y MÉTODOS. 43

2.1. UBICACIÓN 43

2.2. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA 44

2.3. GENERACIÓN DE LA LÍNEA BASE 46

2.4. ANÁLISIS MULTITEMPORAL MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) 47

2.4.1. Tratamiento de las imágenes satelitales existentes 47

2.4.2. Generación de mapas de uso de suelo 52

2.4.3. Análisis multitemporal del uso de suelo 57

2.4.4. Valoración ambiental 61

2.5. GENERACIÓN DE ESCENARIO TENDENCIAL 66
2.5.1. Cadenas de Markov. *66*
2.5.2. Validación de la información generada *69*
2.6. PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE MANEJO 70
2.6.1. Delimitar áreas problemáticas *70*
2.6.2. Plan de recuperación ambiental *71*
2.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO 71

CAPÍTULO 3. 74

RESULTADOS 74

3.1. LÍNEA BASE 74
3.1.1. Límites de la microcuenca *74*
3.1.2. Demarcación hidrográfica nacional *75*
3.1.3. Fisiografía *75*
3.1.4. Características morfométricas *77*
3.1.5. Geología *78*
3.1.6. Importancia de la cuenca *83*
3.1.7. Características Biofísicas de la cuenca *84*
3.1.8. Uso de suelo *92*
3.1.9. Análisis Socio-Económico e infraestructura *93*
3.2. ANALISIS MULTITEMPORAL 99
3.2.1. Mapas de uso de suelo de los años de estudio *99*
3.2.2. Tasas de cambio *103*
3.2.3. Cambios ocurridos en las superficies *104*
3.2.4. Cambios ocurridos en la calidad ambiental de la microcuenca *108*
3.3. POSIBLES ESCENARIOS 110
3.3.1. Validación de la metodología *110*
3.3.2. Análisis del escenario tendencial para el año 2030 ..... *113*
3.1.1. Análisis de cambio *116*
3.4. PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE MANEJO 118
3.4.1. Delimitar áreas susceptibles *118*
3.4.2. Plan de recuperación ambiental *122*
3.4.3. Fortalecimiento de actividades productivas *127*
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS 132
3.5.1. Análisis de la variable de salida Valoración Ecológica *132*
3.5.2. Análisis de la variable de salida Valoración Paisajística *140*

CAPÍTULO 4. 150

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 150

4.1. CONCLUSIONES 150

4.2. RECOMENDACIONES 151

CAPÍTULO 5. 153

BIBLIOGRAFÍA. 153

TABLA DE CONTENIDO DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN N° 1. CLASIFICACIÓN MÍNIMA DISTANCIA. 28
ILUSTRACIÓN N° 2. CLASIFICACIÓN POR PARALELEPÍPEDO. 28
ILUSTRACIÓN N° 3. ETAPAS SERIALES. 35
ILUSTRACIÓN N° 4. DESARROLLO DE ETAPAS SERIALES 35
ILUSTRACIÓN N° 5. SISTEMAS DE ACUERDO A SU COMPLEJIDAD 36
ILUSTRACIÓN N° 6. IMÁGENES SATELITÁLES. 48
ILUSTRACIÓN N° 7. DESPLAZAMIENTO DE LAS IMÁGENES 49
ILUSTRACIÓN N° 8. CORRECCIÓN GEOMÉTRICA DE LAS IMÁGENES 51
ILUSTRACIÓN N° 9. IMÁGENES CORREGIDAS GEOMÉTRICAMENTE. 51
ILUSTRACIÓN N° 10. REGIONES DE INTERÉS (ROIS) 54
ILUSTRACIÓN N° 11. REPORTE DE SEPARABILIDAD 55
ILUSTRACIÓN N° 12. MAPAS DE COBERTURA DE SUELO DE LAS DIFERENTES ÁREAS. 56
ILUSTRACIÓN N° 13. MAPAS DE USO DE SUELO 57
ILUSTRACIÓN N° 14. RESULTADOS CROSSTAB 59
ILUSTRACIÓN N° 15. CRITERIOS DE VALORACIÓN DE LA BML (BUREAU OR LANDMANAGEMNT) 64
ILUSTRACIÓN N° 16. RESULTADOS PROCESO MARKOV 67
ILUSTRACIÓN N° 17. RESULTADOS STCHOICE 68
ILUSTRACIÓN N° 18. MAPAS DE USO DE SUELO PROYECTADOS 68
ILUSTRACIÓN N° 19. PARCELAS DE MUESTREO. 72
ILUSTRACIÓN N° 20. FOTOGRAFÍA PANORÁMICA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO DÉLEG. 76
ILUSTRACIÓN N° 21. HISTOGRAMA DE PRECIPITACIONES 89
ILUSTRACIÓN N° 22. POBLACIÓN. 96
ILUSTRACIÓN N° 23. ESTRUCTURA FAMILIAR 97
ILUSTRACIÓN N° 24. PORCENTAJE DE ÁREAS DE USOS DE SUELO 102
ILUSTRACIÓN N° 25. PORCENTAJE DE ÁREA DE USOS DE SUELO. 103
ILUSTRACIÓN N° 26. SUPERFICIE DE CAMBIO. 104
ILUSTRACIÓN N° 27. VALORACIÓN AMBIENTAL 1991Y 2001 110
ILUSTRACIÓN N° 28. MAPA USO DE SUELO 2010. 111
ILUSTRACIÓN N° 29. PUNTOS DE MUESTREO. 113
ILUSTRACIÓN N° 30. USO DE SUELO 2030. 114
ILUSTRACIÓN N° 31. PORCENTAJE DE ÁREAS DE USOS DE SUELO 115
ILUSTRACIÓN N° 32. PORCENTAJE DE ÁREA DE USOS DE SUELO. 115
ILUSTRACIÓN N° 33. SUPERFICIE DE CAMBIO 116
ILUSTRACIÓN N° 34. PÉRDIDA DE VEGETACIÓN Y PÁRAMO. 119
ILUSTRACIÓN N° 35. ZONAS DE CULTIVOS EN LOS AÑOS 2010 Y 2030 120
ILUSTRACIÓN N° 36. INCREMENTO DE ZONAS EROSIONADAS. 121
ILUSTRACIÓN N° 37. GRÁFICA DE CADA DE VALORACIÓN ECOLÓGICA 133
ILUSTRACIÓN N° 38. GRÁFICAS DE RESIDUOS PARA VALORACIÓN ECOLÓGICA. 134
ILUSTRACIÓN N° 39. GRÁFICA DE CADA DE VALORACIÓN ECOLOGICA 2 138

ILUSTRACIÓN N° 40. GRÁFICAS DE RESIDUOS PARA VALORACIÓN ECOLÓGICA 2. 139
ILUSTRACIÓN N° 41. GRÁFICA DE CADA DE VALORACIÓN PAISAJÍSTICA. 142
ILUSTRACIÓN N° 42. GRÁFICAS DE RESIDUOS PARA VALORACIÓN PAISAJÍSTICA. 143
ILUSTRACIÓN N° 43. GRÁFICA DE CADA DE VALORACIÓN PAISAJÍSTICA 2..... 147
ILUSTRACIÓN N° 44. GRÁFICAS DE RESIDUOS PARA VALORACIÓN PAISAJÍSTICA 2. 148

TABLA DE CONTENIDO DE MAPAS

MAPA 1. UBICACIÓN DE LA MICROCUENCA DEL RÍO DÉLEG. 44
MAPA 2. LÍMITES DE UNA CUENCA. 74
MAPA 3. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS. 78
MAPA 4. GEOLOGÍA DE LA MICROCUENCA. 79
MAPA 5. RELIEVE 85
MAPA 6. HIDROGAFÍA 87
MAPA 7. CLIMA 90
MAPA 8. BOSQUES PROTEGIDOS. 92
MAPA 9. INFRAESTRUCTURA 95
MAPA 10. USO DE SUELO 1991 100
MAPA 11. USO DE SUELO 2001 101

TABLA DE CONTENIDO DE TABLAS.

TABLA N° 1. UNIDAD MÍNIMA DE MAPEO. 1
TABLA N° 2. CARACTERÍSTICAS DE IMÁGENES SATELITALES 4
TABLA N° 3. CLASIFICACIÓN DE CUENCAS, SUBCUENCAS Y MICROCUENCAS 11
TABLA N° 4. UNIDADES HIDROGRÁFICAS EN EL ECUADOR 13
TABLA N° 5. TABLA ANOVA 42
TABLA N° 6. INFORMACIÓN RECOPILADA. 46
TABLA N° 7. CARACTERÍSTICAS DE LAS IMÁGENES. 48
TABLA N° 8. NUMERACIÓN DE LOS USOS DE SUELO. 58
TABLA N° 9. VALORACIÓN ECOLÓGICA. 62
TABLA N° 10. VALORACIÓN PENDIENTES (VP1) 63
TABLA N° 11. VALORACIÓN ALTURAS. (VA2) 63
TABLA N° 12. DOMINANCIA PAISAJÍSTICA 65
TABLA N° 13. VALORACIÓN USO DE SUELO (VU3) 65
TABLA N° 14. MUESTREO ESTRATIFICADO. 69
TABLA N° 15. ÍNDICE KAPPA 70
TABLA N° 16. VALORACIÓN AMBIENTAL DE LAS PARCELAS. 72
TABLA N° 17. CODIFICACIÓN DE LA MICROCUENCA 75
TABLA N° 18. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS 77
TABLA N° 19. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE FORMACIONES GEOLÓGICAS. 83
TABLA N° 20. PRECIPITACIONES. 88
TABLA N° 21. POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA (PEA) 99
TABLA N° 22. USO DE SUELO EXISTENTE PARA CADA PERIODO DE ESTUDIO. 102
TABLA N° 23. TASAS DE CAMBIO DE USO DE SUELO. 103
TABLA N° 24. CAMBIO DE UN TIPO DE USO A OTRO 105
TABLA N° 25. CAMBIO SOBRE LOS 3200 M. 106
TABLA N° 26. CAMBIO BAJO LOS 3200 M. 107
TABLA N° 27. VALORACIÓN ECOLÓGICA. 108
TABLA N° 28. RANGO DE VALORACIÓN PAISAJÍSTICA. 109
TABLA N° 29. VALORACIÓN PAISAJÍSTICA. 109
TABLA N° 30. VALORACIÓN AMBIENTAL. 110
TABLA N° 31. MATRIZ DE CONFUSIÓN. 112
TABLA N° 32. USO DE SUELO EXISTENTE PARA LOS AÑOS 2001 Y 2030 115
TABLA N° 33. TASAS DE CAMBIO DE USO DE SUELO. 116
TABLA N° 34. CAMBIO DE UN TIPO DE USO A OTRO 117
TABLA N° 35. PORCENTAJE DE CAMBIO 117
TABLA N° 36. ÁREA DE VEGETACIÓN LEÑOSA. 119
TABLA N° 37. ZONAS DE INCOMPATIBILIDAD 121
TABLA N° 38. INCOMPATIBILIDAD DE USOS 122
TABLA N° 39. PLAN DE MANEJO 131

TABLA N° 40. VALORACIÓN ECOLÓGICA. ANOVA DE UN FACTOR 132
TABLA N° 41. TASAS DE CAMBIO DE USO DE SUELO. 136
TABLA N° 42. COMPARACIÓN ENTRE CUENCAS. ANOVA DE UN FACTOR 137
TABLA N° 43. VALORACIÓN PAISAJÍSTICA. ANOVA DE UN FACTOR 141
TABLA N° 44. COMPARACIÓN ENTRE CUENCAS. ANOVA DE UN FACTOR 146

INTRODUCCIÓN

En la República del Ecuador, los recursos hídricos están sujetos a una presión que se encuentra en función de la demanda del agua, para satisfacer múltiples necesidades que dependen de ellos en la desigual distribución de los recursos en espacio y en tiempo.

Muchas instituciones públicas y privadas nacionales tienen que ver con este recuso nacional, cada vez más escaso, lo cual perjudica su racional accionar al momento de servir a las comunidades y habitantes asentados dentro de sus fronteras, los cuales en muchos de los casos comparten y litigan con fronteras naturales, políticas y administrativas.

En el Ecuador existen varios sistemas hidrográficos, algunos de estos nacen en los Andes y drenan hacia el Océano Pacífico, representando un 48,07% del territorio nacional y el 51,41% drenan hacia la región oriental.

En el Ecuador, el 70% de la energía eléctrica es generada hidráulicamente, por lo que la conservación, el manejo adecuado y sustentable del agua es importante, ya que la desigualdad de riqueza potencial entre diferentes cuencas y entre los diferentes actores sociales está estrechamente vinculada al acceso al agua. (Galárraga Sánchez, 2004)

Al existir una producción hidroeléctrica alta en el país, se deben generar planes de estudio, manejo y conservación de las principales cuencas, ya que el tiempo de vida útil de las represas y la cantidad de energía producida, están en estrecha relación con los problemas de contaminación y preservación en las zonas altas de las cuencas, ya que en estas zonas, por las condiciones altitudinales y

climáticas, es donde mayor cantidad de precipitaciones ocurren. (Galárraga Sánchez, 2004)

La cuenca del río Paute es una de las de mayor interés hidroeléctrico del Ecuador ya que genera el 40% de la energía eléctrica y, por su posición geográfica, contiene áreas protegidas y ecosistemas únicos; en esta se encuentra el Parque Nacional Sangay, que es considerado por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) Patrimonio Natural de la Humanidad; el Parque Nacional Cajas, considerado Humedal RAMSAR[1] de importancia internacional y Área de Importancia Internacional para la Conservación de Aves – IBA"; el Bosque Protector Machángara-Tomebamba, entre otros. (Carmona, y otros, 2008)

Esta cuenca comprende importantes usuarios como: la Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC) con su unidad de negociación Hidropaute y Electro Generadora del Austro (Elecaustro) como generadora de energía eléctrica y la Empresa Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (ETAPA), al igual que la Empresa Pública Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Ambiental del cantón Azogues (EMAPAL) como empresas que dotan de agua potable a una gran parte de la población.

La tasa de deforestación anual en la cuenca, debido a su complejidad, conlleva a que sea más alta que la media nacional, con alrededor de 5.000 ha/año, lo que afecta al funcionamiento general de la cuenca, volviéndose de interés de todos la necesidad de gestionar para evitar la pérdida de recursos naturales.

[1] *RAMSAR: Es un tratado intergubernamental que sirve de marco para la acción nacional y la cooperación internacional en pro de la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos.* (2008)

En forma general, la cuenca del río Paute presenta un conjunto de signos y síntomas que nos permiten identificar y diagnosticar la realidad de un deterioro ambiental, debido a los altos niveles de erosión, reducción de la cobertura vegetal, pérdida de la capacidad productiva de los suelos, altos índices de migración, y deterioro de la vida de las comunidades rurales, es lo que ha originado la sobre utilización de las unidades de producción agrícolas, en algunos casos, y, en otros, el abandono de las fincas dentro del territorio de la provincia del Cañar. (Cabrera Proaño, 2010)

El concepto de desarrollo sostenible de las cuencas, se orientan a mantener el equilibrio entre la conservación de recursos naturales con las actividades de producción y extracción de los bienes y servicios que es capaz de producir la cuenca, es difícil de aplicar en un territorio que tiende a aprovechar los recursos de una cuenca sin pensar en su capacidad de producción.

Debido a la acelerada destrucción de la cuenca del río Paute y conociendo la importancia a nivel nacional, es de vital importancia analizar sectores dentro de la misma, la cual nos ayudará a mejorar las condiciones de esta zona ante las condiciones de deterioro que se presentan.

Al existir una sinergia dentro de la cuenca, cabe recalcar que un adecuado manejo de los recursos naturales a nivel de subcuenca o microcuenca, ayudará a mejorar y a mitigar los problemas existentes a nivel de la cuenca.

La microcuenca del río Déleg representa el 19,3% del área de la subcuenca del río Burgay, de esta microcuenca se realizan las captaciones que distribuyen o brindan servicio de agua potable y riego a cerca de 50 comunidades asentadas en la misma.

La zona alta de la microcuenca tiene un mejor estado de conservación; con el incremento de la frontera agrícola se puede evidenciar intervenciones antrópicas que inciden negativamente sobre uno de los ecosistemas andinos más sensibles, el páramo; aunque las comunidades tienen conciencia de la importancia de su conservación, son las que realizan intervenciones sobre este territorio. Esta zona tiene mayor importancia ambiental ya que en ella encontramos los últimos remanentes de bosque primario y parte del mismo pertenece al bosque protector Machángara-Tomebamba, definido por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas. (Universidad del Azuay, 2008)

En la zona media alta se asientan comunidades como Bayandel, Surampalti, El Rocío, Hornapala, Gulaquín, Déleg centro, Sigsipamba, Domay, Borma; sobre ellas se observa el desarrollo disperso de actividades pecuarias y agrícolas familiares, existe gran cantidad de bosques de eucalipto como un rasgo vegetativo predominante.

En la zona media se observa sectores con un acelerado proceso de erosión y degradación del suelo, donde se encuentran estratos fallados, plegados y deformados, que originalmente se encuentran compactados; pero, a la intemperie, son fácilmente meteorizados y erosionados.

En las partes bajas del valle del río Déleg encontramos un proceso de urbanización acelerada, cultivos y aprovechamiento minero; la actividad agrícola es limitada únicamente a parcelas donde existe disponibilidad de agua. (Valencia, 2010)

El uso de modelos predictivos para la generación de escenarios futuros sobre los cambios de uso de suelo, permiten una oportuna planificación territorial, para anticipar, prevenir y mitigar ciertas dinámicas que afectan a la calidad ambiental de una microcuenca.

Las metodologías utilizadas para realizar una valoración territorial, tomando en cuenta diferentes parámetros que consideran las potencialidades del territorio, permiten desarrollar criterios para mejorar la calidad ambiental.

JUSTIFICACIÓN

Las ciudades de Azogues y Cañar están influenciadas naturalmente por una red hidrológica de importancia nacional; la cuenca del río Paute abastece al complejo hidroeléctrico más importante en la actualidad, parte de esta cuenca es la subcuenca del río Burgay, la misma que está formada por varias microcuencas, entre ellas la del río Déleg, que representa el 19,3% de la subcuenca, siendo esta última de gran importancia ya que abastece de agua potable y riego a cerca de 50 comunidades asentadas en la microcuenca.

La cuenca del río Déleg ha sido aprovechada, para la formación de diferentes sistemas de agua tanto potable como de riego para la zona del cantón Déleg, los cuales son: Chini, Déleg, Domay, Borma y Jacarín, Regional El Rocío, San José de Surampalti, San Pedro, Solano y Yolón, considerando además el importante aporte pecuario del sector, debemos considerar a esta cuenca como de importancia principal para los intereses para el desarrollo del cantón Déleg.

El objetivo de estudio propuesto para esta investigación está centrado en valorar la calidad ambiental de la cuenca del río Déleg, la cual, como se indicó, es de suma importancia para el cantón; consideramos que un adecuada gestión y manejo de la cuenca aguas arriba, procurará garantizar la calidad y cantidad de agua que se dispone para su aprovechamiento.

Debido al acelerado proceso de urbanización y al proceso erosivo, que generan una alta degradación del suelo en la zona baja de la cuenca, al contar con una alta actividad pecuaria en la zona alta y media de la cuenca y la inestabilidad del terreno dentro de la cuenca, las cuales comprometen la calidad del agua y el suelo, en general de los recursos naturales, es importante conocer la dinámica de la incidencia de estas actividades sobre el estado y calidad del medio ambiente

Además, existen conflictos dentro de las comunidades por la falta de abastecimiento de agua; se debe recalcar que la cuenca alta forma parte del área de bosque y vegetación protectora Machángara - Tomebamba.

Existen varios factores antropogénicos y naturales que afectan la calidad de la cuenca, como es lo dicho anteriormente, la forestación y deforestación de bosques primarios, el crecimiento de la frontera agrícola, pérdida de páramo, al igual que procesos de urbanización.

Se debe resaltar que la calidad ambiental de la cuenca está en función de varios factores, entre los que podemos citar: el aprovechamiento agropecuario y su frontera, deforestación y reforestación, tanto de bosque primario cuanto de forestación.

En el estudio, se plantea realizar un análisis de los cambios que ciertos factores han ido presentando en los últimos 30 años, mediante técnicas especializadas asistidas por S.I.G., lo cual nos ayudará a determinar una dinámica de tendencia de la calidad ambiental que más adelante servirá para determinar los posibles escenarios de la cuenca.

El determinar los posibles escenarios de la calidad ambiental de la zona de estudio permitirá establecer criterios para un manejo adecuado, priorizando de esta manera zonas de intervención, políticas, planes y programas procurando, el aprovechamiento sustentable en la cuenca del río Déleg.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Determinar la influencia del cambio de uso de suelo en la calidad ambiental en las zonas alta, media y baja de la cuenca del río Déleg.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Elaborar la línea base de la cuenca del río Déleg.
- Elaborar un análisis comparativo multitemporal de la frontera agrícola, deforestación y reforestación, tanto de bosque primario cuanto de forestación, entre las zonas, alta, media y baja de la cuenca del río Déleg.
- Modelación para la generación de escenarios posibles en la cuenca del Déleg.
- Propuesta estratégica de manejo de la cuenca del río Déleg.

HIPÓTESIS.

En estos últimos años se ha hablado mucho que existe un deterioro ambiental por varios factores presentes en los entornos de las cuencas hidrográficas del país, por la información que se dispone en estos momentos, podemos establecer si existe una variación de la calidad ambiental de la microcuenca del río Déleg.

CAPÍTULO 1.

MARCO TEÓRICO

1.1. DEFINICIONES

1.1.1. Escala

La escala es la relación ya sea de aumento o disminución que existe entre las dimensiones reales y las representadas de un objeto, se las denomina también como la razón de estos valores **y** se representa con dos números separados entre sí por dos puntos, la primera cifra que se denomina numerador es siempre la unidad**,** el valor del plano en la medida que corresponda (mm, cm, m, entre otras**)** y la segunda, el denominador nos muestra el valor que en dicha medida representa el plano en la realidad**,** por ejemplo 1: 50.000, que significa que 1 mm representa 50.000 mm.

Al realizar mapas, las escalas van a depender del área que se quiere representar, el detalle requerido, y la cantidad de información que se quiere mostrar.

Para definir la escala de trabajo se deben establecer los objetivos y alcances del proyecto, con el fin de garantizar que las respuestas coincidan de la manera más cercana a la realidad.(Pérez G, 2006)

Tabla N° 1. Unidad Mínima de Mapeo.

Nivel de Detalle	Escala Trabajo	UMM	Alcance
Nacional Cuencas Transfronterizas (Muy pequeño)	1: 1,000,000 1: 3,000,000	15 Km^2 150Km^2	Formulación de políticas nacionales. Planificación a escala nacional. Cuencas o ecosistemas transfronterizos. Identificación general de proyectos.
Regional Cuencas (Pequeño)	1: 100,000 1: 500,000	625 ha 625 ha	Formulación e implementación de políticas regionales. Planificación a escala regional: Departamentos, regiones, cuencas.
Subregional Subcuencas	1: 50,000 1: 100,000	6.25 ha 25 ha	Planificación a escala subregional – local: provincias, subcuencas, municipios, distritos. Factibilidad técnica de proyectos.
Local Microcuencas (Grande)	1: 25,000 1: 50,000	1.56 ha 6.25 ha	Implementación de programas y proyectos a nivel local: municipios, veredas, fincas, microcuencas. Estudios de factibilidad técnica y económica de proyectos.
Microlocal (Muy Grande)	1: 25,000 1: 5,000	1.56 ha 0.06 ha	Monitoreo y seguimiento específico.

Fuente: Análisis Multitemporal y Modelo Prospectivo del Parque Nacional Llaganates, Víctor Hugo Bernis Llanos

La escala de trabajo debe ser correspondiente a la unidad mínima de mapeo y el nivel de detalle que se requiere como se puede observar en la Tabla N° 1.

1.1.2. Datum

El Datum es un modelo matemático creado para que el geoide sea ajustado en parte o en su totalidad. Está definido por un elipsoide y se relaciona con un punto de la superficie topográfica, para establecer el origen del datum. La relación existente se define mediante seis parámetros: latitud, longitud geodésica y la altura del origen, los dos componentes de la deflexión de la vertical en el origen y el azimut geodésico de una línea de dicho origen a cualquier punto. (CPIAA Chubut, 2002)

La elipsoide del Datum es aquella que respecto de un punto llamado "Fundamental" el elipsoide y la tierra son tangentes; desde el mismo punto se especifican longitud, latitud y el azimut de una dirección desde él establecida.

1.1.2.1. *Datum geodésico vertical*

Datum geodésico vertical es el punto de referencia que se toma en cualquier superficie nivelada a partir del cual se calculan las elevaciones. Generalmente el geoide que se elige es aquel cuya superficie equipotencial del campo gravitacional terrestre se acerque al nivel medio del mar; estas alturas se denominan alturas ortométricas (H) y son las que se encuentran representadas en las cartas topográficas. Si el geoide se reemplaza por un biaxial, las alturas se pueden definir con la altura elipsoidal (h) o altura geométrica.

1.1.2.2. *Datum geodésico horizontal*

Datum geodésico horizontal es el punto de referencia para los levantamientos de puntos de control horizontal que son representados por la latitud, longitud y azimut de una línea a partir de este punto y los parámetros del elipsoide de referencia. El uso del elipsoide como referencia de alturas no es muy práctico; sin embargo, el de las coordenadas horizontales, latitud y longitud es amplio.

1.1.3. Imágenes satelitales

Las imágenes satelitales son las que se obtienen de la captación energética reflejada o emitida por los objetos que se encuentran en la superficie terrestre, dichas imágenes son digitales y se encuentran conformadas por un conjunto de píxeles que definen la unidad mínima de identificación digital. Cada pixel de la imagen tiene un valor numérico que determina la respuesta de los objetos situados en la superficie a una fuente de energía, esta respuesta varía en función a las características bio-físico-químicas de los cuerpos y es lo que permite diferenciarlos en una imagen.

Estas imágenes son capturadas gracias a los sensores de las plataformas que se encuentran en los satélites, estos sensores captan la energía reflejada o emitida por los objetos, las imágenes pueden ser caracterizadas a partir de tres parámetros: espacial, espectral y radiométrica. Los parámetros son los que definen las aplicaciones de las imágenes en las diferentes órbitas. (Portillo, y otros, 2005)

En el mercado existen diferentes plataformas, las mismas que se mencionarán a continuación:

Tabla N° 2. Características de Imágenes Satelitales

Satélite	Fecha de Lanzamiento	OPERADO	Velocidad en órbita	Velocidad sobre la tierra	Número de revoluciones alrededor de la tierra	Bandas	Resolución Espacial	Resolución Radiométrica	Resolución Temporal	Anchura del Escaneado
IKONOS	24 de septiembre de 1999	Geoeye	7.5 kilómetros por segundo	6.8 kilómetros por segundo	14.7 cada 24 horas	Banda 1-4	4 metros	11 bits	3 - 5 dias	13 Km
						Banda 5(panc	1 metros			
ASTER	18 de diciembre de 1999	Meti				Banda 1-3	15 m	8 bits	1 -3,5 días	60 Km
						Banda 4-9	30 m			
						Banda 10-14	90 m			
Quick Bird	18 de octubre de 2001	Digital Globe	7,1 Km por segunda		14,27 cada 24 horas	Banda 1-4	2,8 m	11 bits	1 - 3,5 días	16,5 Km
						Banda 5	0,7 m			
Rapid Eye	28 de agosto de 2008	Rapideye AG				Banda 1-5	5 m	16 bits p	3 dias	12,5 km
Spot	21 de febrero de 1986	CNES	7.4 Km/segundos - 26,640 Km/hora			Banda 1-3	20 m		26 dias	60 Km
						Banda 4	10 m			17 Km

Fuente: INEGI, 2011.
Elaborado por: Lisseth Cure López.

1.1.3.1. *Imágenes Landsat.*

El término Landsat es anglosajón y viene de**:** LAND=Tierra y Sat=Satélite. Son satélites que sirvieron para monitorear recursos terrestres fue la primera misión de este tipo que emprendieron los Estados Unidos. El LANDSAT está formado por 7 satélites de los cuales todavía se encuentran en funcionamiento el 5 y 7, su mantenimiento y operación es administrada por la Administración Nacional Aeronáutica y Espacial (NASA), y la producción y comercialización de las imágenes depende del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

Con el transcurso del tiempo, la plataforma LANDSAT fue tratando de captar más información de la superficie terrestre, buscando mayor precisión y detalle, mejorando la radiometría, geométrica y espacialmente, para lo cual se incorporaron sensores pasivos, los mismos que se mencionan en orden cronológico a continuación: Multispectral Scanner Sensor (MSS), Thermatic Mapper (TM) con mayor sensibilidad radiométrica, y el Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) el mismo que se destaca por una banda espectral con resolución de 15 metros (Pancromática); (INEGI, 2011)

Estas imágenes se aplican principalmente en la identificación y clasificación de las coberturas existentes en la superficie terrestre, para determinar humedad,

clasificación de la vegetación, mapas hidrotermales y estudios multitemporales, ya que existen archivos desde 1982. (GeoSoluciones, 2011)

1.1.4. Sistemas de Información Geográficas

En los últimos años, la manera de obtener información ha evolucionado de tal manera que en la actualidad encontramos información de muy buena calidad y bajo costo, como lo son las imágenes satelitales de alta resolución que proporcionan navegadores GPS para poder realizar levantamientos de campo georeferenciados, herramientas de software que procesan y analizan la información de manera gráfica y alfanumérica, si a esto sumamos un equipo multidisciplinario, podemos hablar de lo que se denomina un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Los SIG son herramientas muy versátiles que tienen un campo amplio de aplicación, mediante un conjunto de procedimientos sobre una base de bases no gráfica o descriptiva de objetos con representaciones reales que tienen representación gráfica y son propensos a mediciones ya sea de su tamaño y dimensión relativa a la superficie de la Tierra. Toda información que es medible y tiene localización es considerada como geográfica.

La versatilidad de los SIG se verifica en su aplicación, que se presenta en un marco extenso dentro del cual podemos nombrar trabajos de investigación científica, gestión de los recursos y activos, arqueología, evaluación de impactos ambientales, generación de cartografía temática y otros.(Carmona, y otros, 2008); (Confederación de Empresarios de Andalucía, 2010)

1.2. PROGRAMAS

1.2.1. ARCGIS

Mediante el software ARCGIS se puede visualizar, crear, manipular y gestionar la información geográfica con la que se trabaja de manera sistémica, permitiendo explorar, ver y analizar datos según sus parámetros, relaciones y tendencias, obteniendo nuevas capas de información con nuevas bases de datos. El programa consta de una interfaz gráfica amigable, es fácil de usar y contiene una gran ayuda en línea. Gracias a esta herramienta es posible construir mapas que permiten la visualización de patrones, tendencias y singularidades, una librería que ayuda a la elaboración rápida de mapas, permite guardarlos en diferentes formatos y editarlos rápidamente

ARCGIS permite realizar análisis espaciales como: consulta de datos, realizar predicciones y revisar la relación entre estos, tiene además la capacidad de realizar geoprocesos, permitiendo desarrollar ajustes dinámicos de la información. (Sortwaregis, 2010)

1.2.2. ENVI

ENVI, Entorno para Visualización de Imágenes (*Environment for Visualizing Images*) es un programa mediante el cual es posible realizar un análisis multiespectral de datos obtenidos por teledetección desde aviones y satélites, se trata de un sistema moderno de procesamiento de imágenes, con un entorno potente, novedoso y de fácil uso para llevar a cabo análisis de imágenes de cualquier tamaño y tipo de datos. Su procesamiento se basa en ficheros y bandas, pudiendo trabajar con cualquiera de los mencionados, cuando se abre un fichero de entrada se dispone para todas las funciones del sistema cada banda individualmente. (Iturrate, 1998)

1.2.3. IDRISI

IDRISI es un programa integrado que contiene un software SIG y permite el procesamiento de imágenes que ofrece una gran variedad de módulos diferentes para el análisis y la visualización de información espacial.

Se caracteriza por tener herramientas propias del planeamiento espacial, toma de decisiones y análisis de riesgos; comparten la misma interfaz con herramientas propias de la estadística espacial, análisis de superficies y modelos espaciales. (Universitat de Girona, 2005)

1.3. LÍNEA BASE

La línea base es un conjunto de indicadores, que son seleccionados para el seguimiento y evaluación de la situación del área de intervención, reflejando el estado actual de la misma; estos indicadores son cualitativos y cuantitativos, y sirven para poder desarrollar un seguimiento de los posibles cambios dentro del área de estudio con la implementación de proyectos o programas de manejo. (Uquillas, 2008)

Existen diferentes metodologías para realizar un levantamiento de línea base, como lo es la estructuración de la misma a partir de fuentes secundarias de información tales como: censos, encuestas anteriores, estadísticas oficiales, estudios previos, cartografía existente, entre otras, enfocando la misma desde un aspecto general a la extensión territorial. Si es necesario y el estudio requiere de una calidad de información más específica, o cuando no existe información secundaria de la zona, se recurre a fuentes primarias como entrevistas a personas calificadas o encuestas por muestreo.(Rascón Ramos, 2007 págs. 7, 8).

1.3.1. Recopilación de información

La recopilación de información se refiere a todo tipo de información existente, ya sean investigaciones, entrevistas, búsquedas de datos, entre otras, la misma que de forma específica servirá para el análisis del área de estudio, basándose en la información que se tiene de primera mano, sin tener que efectuar una investigación mucho más exhaustiva. La recopilación de información ayuda a determinar aspectos generales que definirán los alcances de la investigación. En esta etapa se debe:

- Determinar las fuentes de información.
- Gestionar la entrega de información e insumos requerida.

Cuando se trata de información primaria, es decir información levantada por el propio usuario, es importante determinar los datos que se requiere levantar y de esta manera valerse de diferentes metodologías como: observación directa, experimentación y encuestas. (ITESCAM, N.D.)

1.3.2. Cuenca hidrográfica

1.3.2.1. *Definición*

La cuenca hidrográfica constituye un espacio de terreno limitado por el relieve; es decir, por las partes más altas de las montañas, laderas y colinas. La característica principal es el sistema de drenaje superficial que se desarrolla dentro de la cuenca, debido a que sus aguas escurren a un punto en común, que fluye a un río principal y se integra al mar, lago u otro río más grande. (CATIE, 1996)

La cuenca se establece de forma cóncava, lo que permite que todas las fuentes de agua dentro de estos límites converjan a un río principal y sus tributarios, de la cual la cuenca toma su nombre. El tamaño y forma de una cuenca hidrográfica está

influenciada directamente por las condiciones geológicas del terreno. (Fraume Restrepo, 2007)

La FAO en 1990[2] define a las cuencas hidrográficas como: *"Una unidad territorial formada por un río con sus afluentes, y por un área colectora de las aguas. En la cuenca están contenidos los recursos naturales básicos para múltiples actividades humanas, como: agua, suelo, vegetación y fauna. Todos ellos mantienen una continua y particular interacción con los aprovechamientos y desarrollos productivos del hombre."*

La cuenca es un sistema que está formada por un conjunto de elementos que se interrelacionan, incluye factores naturales, sociales, económicos, políticos e institucionales muy complejos, así como variables en el tiempo y en el territorio. (FAO, 1993)

1.3.2.2. *Límites de una cuenca*

Los límites de una cuenca dependen de la topografía y están determinados por una línea imaginaria divisoria de aguas; por lo general, en las zonas que conforman los límites de la cuenca, se presentan cambios de dirección de las pendientes. Otra forma de considerar los límites de una cuenca, es la línea que se define por las elevaciones más altas de la capa freática.

[2] FAO. 1990. Manejo Integrado de cuencas hidrográficas en América Latina: Red Latinoamericana de cooperación técnica en manejo de cuencas hidrográficas.

1.3.2.3. *Clasificación de cuencas hidrográficas*

1.3.2.3.1. Clasificación por elevación relativa

Una forma de dividir las cuencas hidrográficas está basada en la elevación relativa de sus partes, que da lugar a los tipos de cuenca alta, media y baja. (CATIE, 1996)

- *Cuenca alta:* En las partes altas se presenta una topografía normalmente empinada y generalmente están cubiertas de bosque o páramo. Constituye una zona de captación y almacenamiento de precipitaciones, es una zona húmeda y se localiza la gran mayoría de las nacientes y ríos.
- *Cuenca media:* En la parte media se encuentra un menor número de nacientes de ríos, se conoce como zona de transporte de sedimentos o de escurrimientos.
- *Cuenca baja:* Las partes bajas de las cuencas presentan menor pendiente, un caudal de flujo continuo, un cauce definido y amplia planicie de inundación. También se conoce como cono de deyección o zona de depósito. En esta parte generalmente, el uso de tierra es para la agricultura y existe gran presencia de asentamientos humanos.

1.3.2.3.2. Clasificación por balance hídrico.

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, en 1996, establece que una cuenca se puede clasificar por su balance hídrico, en el que se compara la oferta y demanda.

- *Cuencas balanceadas:* cuando la demanda y la oferta son compatibles
- *Cuencas deficitarias:* cuando se da una mayor demanda que oferta
- *Cuencas con exceso:* existe mayor oferta que demanda

1.3.2.3.3. Clasificación por unidades menores

El CATIE, en 1996, establece también que las cuencas hidrográficas pueden dividirse en unidades menores, dependiendo del grado de concentración de la red de drenaje y su tamaño: subcuenca, microcuenca.

La clasificación que se establece en la Tabla N° 3 es relativa y su aplicación varía según las condiciones de cada región.

Tabla N° 3. Clasificación de cuencas, subcuencas y microcuencas

UNIDAD	Nº DE ORDEN	ÁREA (Km^2)
Microcuenca	1, 2, 3	10- 100
Subcuenca	4, 5	100-700
Cuenca	6,7 o más	700 - 6000

Fuente: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1996

1.3.2.4. *Demarcación hidrográfica nacional*

1.3.2.4.1. Cuencas hidrográficas en el Ecuador

En el país, las cuencas hidrográficas pueden estar en diferentes cantones o provincias, dependiendo de la extensión de la cuenca. En el año 2002, la propuesta de división por cuencas hidrográficas en la que se consideró el área total del Ecuador fue:

Vertientes del Pacífico: 72 cuencas, 2 de las cuales son áreas insulares del Amazonas: 7 cuencas, 137 subcuencas y aproximadamente 890 microcuencas, no definidas en su totalidad, cuya disposición no fue oficializada.

1.3.2.4.2. Marco político y legal

Mediante Decreto N° 1088, el 15 de mayo del 2008 y el Decreto 1090, firmados por el presidente de la República: Rafael Correa Delgado, Ecuador dio un paso hacia la consolidación de un Sistema Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos por cuenca, lo que establece la reorganización del Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) para convertirse en la nueva Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA).

En diciembre del 2009 se establece como parte de las funciones del SENAGUA la de gestionar en forma integral el manejo del agua por cuencas, creando las demarcaciones hidrográficas y los centros zonales de gestión de agua.[3]

1.3.2.4.3. Delimitación y codificación de unidades hidrográficas

Para procurar una gestión adecuada de los recursos naturales a nivel nacional y llevarla más allá de las fronteras, se requiere la elaboración de un mapa de unidades hidrográficas codificadas bajo un sistema estándar de delimitaciones, tanto a nivel nacional cuanto continental, lo que quiere decir que cada cuenca contará con un código único de identificación dentro del continente y, por lo tanto, dentro del país.

La Secretaría General de la Comunidad Andina (SG CAN), con la iniciativa de estandarizar la información de unidades hidrográficas en el ámbito sudamericano y subregional andino; y junto con la oficina sudamericana de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN Sur), han elaborado el mapa de Delimitación y Codificación de Unidades hidrográficas de la Comunidad Andina, en escala 1:250.000 y hasta el nivel 5, según la metodología de Pfafstetter[4].

Esta metodología no utiliza los términos de subcuenca y microcuenca, y las categorías de cuenca o intercuenca están dadas por el nivel en el que se encuentra la unidad.

Actualmente, con la nueva delimitación de cuencas, en el Ecuador se mantienen las vertientes principales: la del Pacífico y la del Amazonas, forman el

[3] SENAGUA: Ley de transparencia, A1) Base legal, Normas de Creación de la SENAGUA. (http://www.senagua.gob.ec/?page_id=3319)

[4] La Metodología de Pfafstetter consiste en asignar Identificadores (Ids) a unidades de drenaje basado en la topología de la superficie o área del terreno.

nivel 1; cuatro unidades hidrográficas en el nivel 2; 18 unidades hidrográficas en el nivel 3; 123 unidades en el nivel 4; 734 unidades en el nivel 5.

Tabla N° 4. Unidades Hidrográficas en el Ecuador

DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS EN EL ECUADOR					
Región Hidrográfica	**Unidades Hidrogáficas**				
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Región Hidrográfica 1	1	3	16	117	711
Región Hidrográfica 4	1	1	2	6	23
TOTAL	**2**	**4**	**18**	**123**	**734**

Fuente: Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA).
Elaboración: Lisseth Cure López.

El número de redes hidrográficas dentro de la región amazónica es menor, debido al tamaño de la cuenca.

1.3.2.5. *Fisiografía*

Al hablar de fisiografía, se hace referencia a una descripción de la naturaleza a partir del estudio de sus características físicas y la litósfera, es decir; la relación existente entre el clima, la geología, morfología, origen y edad de los materiales rocosos, la hidrología y los aspectos bióticos de forma indirecta. Un estudio fisiográfico tiene como objetivo reconocer y delimitar las zonas con diferentes características. (Sifuentes, 2011; Cárdenas Quintana, 2011)

1.3.2.5.1. Orografía

Dentro de la geografía física se encuentra una rama llamada orografía que se define como la descripción de montaña, esta es importante para poder plantear diversas obras de infraestructura, porque al conocer las características del suelo, es posible determinar zonas aptas para el desarrollo agrícola y minero. (Definicion.de, 2008)

1.3.2.6. *Características morfométricas.*

Lo que pretende la morfometría es hallar parámetros que permitan caracterizar un ambiente geomorfológico, susceptible a un tratamiento estadístico o matemático, que permita disminuir la influencia de la subjetividad en las conclusiones que se deriven de esos parámetros. En particular, la morfometría de cuencas hidrográficas ha reunido un conjunto numeroso de parámetros que representan propiedades inherentes al sistema fluvial. (Universidad de San Luis - Argentina, 2010; Hotti, 2010)

Dos cuencas sometidas a condiciones climáticas similares, pueden tener regímenes de flujo totalmente distintos, estas diferencias son determinadas principalmente por distintas características físicas de las cuencas. Factores como el tipo de suelo y el espesor de la capa permeable, ejercen un gran efecto sobre el régimen de flujo; la fisiografía puede ser importante en la respuesta de la cuenca a las precipitaciones. (Universidad de San Luis - Argentina, 2010; Hotti, 2010)

Los parámetros que se evalúan son:

- *Área:* Este parámetro determina la escala de varios fenómenos hidrológicos como el volumen de agua que ingresa por precipitación, la magnitud de caudales, entre otros.
- *Perímetro:* Es la longitud del límite exterior de la cuenca y depende de la superficie y la forma de la cuenca.
- *Longitud del canal principal:* Se refiere a la distancia LC, medida a lo largo del curso fluvial de mayor orden, desde las nacientes hasta el final del mismo.
- *Factor de forma (Ff):* Es un índice que permite establecer la tendencia morfológica general en función de la longitud axial (medido sobre el cauce más largo desde la cabecera hasta la salida de la cuenca) de la cuenca, y de su ancho promedio (representado por el cociente entre el área y la longitud axial).

Ecuación 1. $$Ff = \frac{A}{{L_a}^2}$$

Si el factor de forma tiende a valores de cero, la cuenca tiende a ser alargada, mientras que si este valor tiende a 1 la forma tiende a ser redonda. Este factor es un referente para establecer la dinámica esperada de la escorrentía superficial en una cuenca; de esta manera, aquellas cuencas con formas alargadas tienden a presentar un flujo de agua más veloz, en comparación con las cuencas redondeadas, teniendo un mayor desarrollo de energía cinética en el arrastre de sedimentos hacia el nivel de base.

La longitud axial es determinada con una línea recta que pase cerca del cauce principal y va desde la naciente de este hasta el final de la hoya.

- *Coeficiente de compacidad (Kc):*.Este coeficiente propuesto por Gravelius, realiza una comparación de la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en estudio, que vendría a ser la razón entre el perímetro de la cuenca, que es la misma longitud del parteaguas que la encierra y el perímetro de la circunferencia.

La ecuación que nos permite el cálculo de este coeficiente corresponde a:

Ecuación 2. $$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

K_c: Coeficiente de compacidad

P: Perímetro de la cuenca (longitud de la línea de parteaguas)

- Clase K_c: Rango entre 1 y 1.25 corresponde a forma redonda a oval redonda
- Clase K_c: Rango entre 1.25 y 1.5 corresponde a forma oval redonda a oval oblonga
- Clase K_c: Rango entre 1.5 y 1.75 corresponde a forma oval oblonga a rectangular oblonga.

- *Orden de los drenajes:* El orden de una unidad hidrológica aumenta a medida que se tiene más afluentes de orden menor, hasta llegar a un drenaje mayor. Este parámetro también ayuda a definir la disponibilidad de agua.
- *Densidad de drenaje:* Este parámetro generalmente se utiliza para determinar la disponibilidad hídrica de la cuenca en cada sector de la misma, estableciendo que existe una proporcionalidad entre la densidad y la disponibilidad de agua en un área determinada. Esta se obtiene a partir del cociente entre la longitud de los cauces que conforman el sistema fluvial de la cuenca en km. y el área total de dicha unidad en km^2.

Ecuación 3. $$D = \frac{Lk}{A}$$

Debiéndose interpretar el resultado como el número de cauces existentes por Km^2.

La densidad de drenaje expresa las características geoecológicas del territorio de la cuenca. Los factores que controlan la densidad de drenaje son:

- Litología del sustrato.
- Permeabilidad del suelo y capacidad de infiltración.
- Cobertura vegetal y tipo de la misma.

Estas características deben evaluarse en forma global, ya que alta densidad de drenaje expresa materiales geológicos friables, suelos relativamente impermeables o escasa cobertura vegetal. Constituye por lo tanto un indicador del potencial de erosividad intrínseco al territorio en estudio.

- *Relieve de la cuenca:* La *elevación máxima* está determinada por la cota superior que aparece dentro de la cuenca, indicada por las curvas de nivel o un valor de referencia altitudinal. La *elevación mínima c*onstituye la cota menor que aparece en el área de la cuenca no coincidiendo. La *elevación promedio* se calcula a partir del promedio entre la elevación máxima y mínima existente dentro de la cuenca. *Desnivelación:* se obtiene restando la elevación máxima y la elevación mínima dentro de la cuenca. *Pendiente media:* es la pendiente ponderada para toda

la cuenca. Se obtiene a partir del cociente entre el producto de la longitud de las curvas de nivel que aparecen en la cuenca por la equidistancia entre las mismas y la superficie total de la cuenca.

- *Sistema de drenaje:* Existen diferentes tipos de patrones de drenaje, estos patrones dependen de varios factores como lo son:
- Pendiente de las laderas y del área de drenaje

- Cobertura vegetal
- Resistencia de la litología
- Caudal
- Permeabilidad del suelo
- Nivel e intensidad de lluvias
- Actividad estructural

Dependiendo de estos factores, se generan diversos patrones de drenajes los cuales solo serán enumerados, a excepción del perteneciente a la microcuenca en estudio

- Drenaje Dendrítico.
- Drenaje en Enrejado o Trenzado (trellis).
- Drenaje Rectangular.
- Drenaje Radial.
- Drenaje Anular.
- Drenaje Meándrico.
- Drenaje Anastomosado.
- Drenaje Angular.
- Centrípeto o Radial Inverso.
- Drenaje Subparalelo.
- Drenaje Colineal.
- Drenaje Paralelo.
- Drenaje Subdendrítico.

- *Curva hipsométrica:* La curva hipsométrica nos permite conocer la distribución de masas en la cuenca desde arriba hacia abajo, se obtiene colocando los valores de las diferentes alturas de la cuenca referidos a la máxima de la misma en el eje de las ordenadas, y en el eje de las abscisas los valores de área que se encuentra por encima de las alturas correspondientes, refiriéndoles al área total de la cuenca, de esta manera se trabaja con valores relativos en conceptos de porcentaje, haciendo esto posible comparar curvas de diferentes cuencas contando con dimensiones absolutas

En la curva hipsométrica encontramos dos puntos de inflexión, justificados por la variación litológica de los materiales volcánicos cristalinos sobre la parte alta y la elevada incidencia de los procesos erosivos en la parte baja.(Ambiente y Salud, 2010)

1.3.2.7. *Geología*

El término geología viene de los vocablos palabros griegos *geo* que significa Tierra y *logos* que significa tratado o estudio, es decir, es la ciencia que estudia la tierra, en diferentes aspectos como lo son su composición, estructura y los procesos a lo largo del tiempo, gracias a esto se puede contar con una historia del comportamiento de la misa y su evolución. La geología es de gran importancia para diferentes ramas de estudio. (Cardenas Quintana, 2011)

1.3.2.8. *Importancia de la cuenca*

Las cuencas hidrográficas comprenden un sistema natural que está formado por un conjunto de elementos que se interrelacionan entre sí, dentro de estos elementos se pueden destacar el agua, el bosque, el suelo y los estratos geológicos. Las unidades hidrológicas tienen gran importancia por la relación directa que existe a lo largo de las cuencas entre sus partes altas y bajas, de forma que las acciones que el hombre realiza en la parte alta afectan de forma definitiva en la parte baja. (Franquet Bernis, 2005)

Las cuencas hidrográficas son importantes, además, porque cumplen diferentes funciones tales como:

- *Función hidrológica:* Captación de agua de diferentes fuentes (ríos, arroyos, entre otras) almacenamiento de agua y descarga de la misma en diferentes tiempos a través de escurrimiento.
- *Función ecológica:* Provee diversidad de zonas en la cuenca que permiten que el agua intercambie elementos con el suelo y además es el hábitat para diversidad de flora y fauna.
- *Función ambiental:* Constituye un sumideros de CO_2, alberga bancos de germoplasma (especies no genéticamente modificadas), regula la carga hídrica y los ciclos bio geoquímicos, así como conserva la biodiversidad.
- *Función socioeconómica:* Suministra recursos naturales para el desarrollo de actividades productivas que dan sustento a la población; genera un espacio para el desarrollo social y cultural de la sociedad.

De esta manera la importancia de las cuencas hidrográficas trasciende los límites cantonales, provinciales e incluso nacionales.

1.3.2.9. *Características biofísicas de la cuenca*

Las características biofísicas están definidas por ciertos parámetros que se presentan dentro de una cuenca hidrográfica y determinan las condiciones de la cuenca, como lo son:

- Relieve.
- Hidrografía.
- Clima.
- Vegetación y pisos altitudinales.
- Área de Bosque y Vegetación Protectora.

1.3.3. Uso de suelo

Cuando se utiliza el término "uso de suelo" se hace referencia a la actuación humana dentro de la naturaleza, entendiéndose a estos como asentamientos humanos, zonas agrícolas, áreas de protección, entre otras El uso que se determina para el suelo causa cambios en los paisajes, los ecosistemas y el medio ambiente, existen usos de suelo como los sectores urbanos que se vuelven consumidores de la cobertura vegetal y a expensas de zonas productivas. (Miliarium, 2004)

El uso de suelo es una forma de clasificación de diferentes ocupaciones dependiendo del comportamiento del mismo, desde el punto de vista del aporte hídrico, ya que el tipo de ocupación del mismo afecta la interacción del agua con el suelo y la vegetación, y las implicaciones de la demanda de estos.

Al estudiar el uso de suelo podemos determinar diferentes enfoques tales como:

- *Funcional:* Por la función que desarrolla el suelo en la actividad que se desarrolla en él. (Forestales, agrícolas, urbanismos, espacios protegidos, entre otras)
- *Formal:* Siendo la ocupación del suelo lo que se identifica en el momento de analizar el uso, este tipo de análisis se da a partir de características visuales como color, textura, forma, entre otras (Monocultivos, usos estables, entre otras)
- *Multidimensional:* Una mezcla de los anteriores.

Existe una diferencia entre lo que es uso y ocupación del suelo, esto implica si se realiza referencias o no a las actividades humanas sobre el territorio o a los materiales que existen sobre el mismo.

Gracias al desarrollo de programas y metodologías que permiten realizar estudios de los usos de suelo, como la teledetección y el análisis de imágenes satelitales, con un manejo de Sistemas de Información Geográfica, existe la posibilidad de gestión y el análisis de datos geográficos y datos estadísticos.(Dr. Medellín Milán, 2002)

1.3.3.1. *Cambio de uso de suelo*

El cambio de uso se suelo es la variación existente en un territorio determinado del uso desarrollado en el mismo; es decir, en función del tiempo, existen varios usos de suelo en un mismo sector de estudio y análisis.

La importancia del cambio de uso de suelo afecta a diferentes factores que llegan a tener implicaciones a nivel global, generando altos índices de deforestación y degradación.

1.3.3.2. *Importancia del cambio de uso de suelo*

Al ser el suelo el lugar de donde el hombre obtiene la mayor parte de los alimentos, y una infinidad de materias primas, es de vital importancia el estudio de su variación, es decir del cambio que sufre su uso, ya que un mal manejo de los recursos y de la explotación del mismo conlleva a uno de los mayores problemas que presentan los suelos, su degradación, erosión y por ende, la baja o nula productividad

Los impactos ecológicos generados por el cambio en el uso de suelo se asocian a la presión social presente por el crecimiento poblacional, también la constante deforestación y destrucción de la biodiversidad provoca y afecta al clima global, al ser las zonas de bosques fuentes de captura de carbono, siendo mucho más evidente el cambio que sufre el territorio.

Debido a las actividades realizadas por el hombre y a la presión que estas ejercen al medio ambiente y por ende al uso de suelo, se ha provocado un cambio inminente en los últimos años, motivo por el cual este tema se ha vuelto de gran interés en diferentes disciplinas ambientales, siendo el cambio del uso del suelo uno de los factores primordiales, ya que altera los ciclos biogeoquímicos como el agua o carbono, pérdida de la biodiversidad, materializando de esta forma nuestra relación con el medio ambiente.

Uno de los cambios más preocupantes se produce debido al crecimiento de la frontera agrícola en zonas forestales, lo cual genera zonas frágiles y sumamente susceptibles a problemas erosivos que provocan una baja productividad. (SEMARNAT, 2002)

Es normal que dentro de los ciclos naturales existan variaciones graduales del suelo, sin tomar en cuenta los desastres naturales; al aumentar zonas de cultivos se priva al suelo de su cubierta vegetal, siendo esta una defensa natural del suelo contra la erosión provocada por el agua y el viento.

Al existir una relación del uso de suelo con temas de sustentabilidad, los cambios de estos determinan la cobertura vegetal, volviéndose este una limitante para obtener los recursos y materias primas que necesitamos para la vida diaria, por ello es necesario evaluar estas transiciones desde el punto de vista ambiental, social y económico.

Por los motivos referidos es importante generar información que permita realizar una comparación de datos, no solo para determinar las tasas de cambios existentes año a año sino para lograr una serie de datos para futuras evaluaciones y

planes de manejo para la recuperación, preservación y conservación. (Pineda Jaimes, y otros, 2008)

De acuerdo con diversos experimentos realizados, se ha demostrado que el cambio de uso del suelo puede causar un aumento en la temperatura en menos 1°C y las precipitaciones variarán entre el 10 y 15% en un promedio actual, de tal manera que el manejo del uso de suelo y el control en las variaciones o cambios del mismo debe ser fundamental para evitar la disminución de la calidad ambiental del área de análisis. (Magaña Rueda, 2007)

1.3.4. Análisis socio-económico

Un análisis social y económico tiene entre sus fines el conocer las reacciones y percepciones que la gente perteneciente al lugar de estudio tiene con respecto a los recursos naturales, así como conocer ciertas características que son propias del sector, como lo son su cultura, actividades económicas, demografía, determinar necesidades y aspiraciones, sociales y educativas. (VEREDA, S.d.)

1.4. ANÁLISIS MULTITEMPORAL.

1.4.1. Procesamiento de imágenes satelitales

Inicialmente, a los datos crudos se les debe dar un tratamiento o un procesamiento que consiste en corregir las distorsiones radiométricas y geométricas de la imagen y eliminar el ruido. Las distorsiones radiométricas se generan por mecanismos que alteran el brillo de los pixeles debido a acción de interferencias atmosféricas y a la instrumentación. (Medina Mena, 2001)

1.4.1.1. *Corrección de imágenes*

1.4.1.1.1. Corrección geométrica

Normalmente, la información obtenida de los sensores presenta errores geométricos que se atribuyen a fallos sistemáticos, los mismos que pueden ser corregidos utilizando la información de la plataforma y conociendo los datos de distorsión interna de los sensores, y también presenta orígenes no sistemáticos, los mismos que deben tener los suficientes puntos de control terrestres para poder ser corregidos con una precisión aceptable, estos errores sistemáticos se pueden dar por la velocidad de la plataforma y la rotación de la Tierra, mientras que los no sistemáticos se generan por la altitud y posición del sensor. Las distorsiones sistemáticas generalmente vienen corregidas por los sensores remotos comerciales, siendo los errores no sistemáticos los que se deben corregir, existiendo dos tipos de procedimientos para llegar a este objetivo:

1.4.1.1.1.1. Rectificación imagen a imagen

Se trata de un procedimiento de traslación y rotación por medio de dos imágenes de igual geometría y zona geográfica, que deben ponerse una respecto de la otra, de forma que sus elementos correspondientes aparezcan en el mismo sitio una vez que la imagen esté corregida. Esa corrección se realiza cuando un pixel no tiene coordenadas x y y única en una proyección ortogonal.

1.4.1.1.1.2. Rectificación imagen a mapa

En este proceso, utilizando puntos de control terrestre, lo que se pretende es convertir la geometría de una imagen a planimetría mediante la medición de área, dirección y distancia con una gran precisión, se debe tomar en cuenta que las distorsiones generadas por la topografía del terreno no pueden ser removidas. Primero se realiza una interpolación espacial que se establece para convertir las coordenadas geométricas las mismas que ubican a cada pixel de su posición inicial a una rectificada en la imagen, después la intensidad de la interpolación aplica

mecanismos para un ajuste de gran nivel de detalle el cual determina el valor del brillo.

1.4.1.1.2. Calibración radiométrica

Si no existieran interferencias o errores que ingresan al sistema, el flujo de radiación que se recoge por el sensor en cada banda lograría la representación precisa del flujo de las características de la superficie terrestre; sin embargo, los errores que se introducen se pueden dar por obtener errores radiométricos en los datos recolectados, por introducción por el mismo sensor cuando no funciona bien o no se encuentra bien calibrado, la intervención atmosférica entre el terreno y el sensor, contribuyendo de esta manera con tanto ruido, lo que no permitiría representar lo que fue reflejado a lo emitido por el terreno.

- *Calibración absoluta:* al entrar en contacto con la atmósfera terrestre la radiación solar es difundida y absorbida, la energía que es emitida desde el cielo al sensor es un indicador verdadero, aunque nuestra habilidad para medir la reflectancia espectral de los patrones no sea posible. El efecto de difusión y absorción atmosférica se considera como fuente de error que minimiza la posibilidad de extraer información del terreno con datos adquiridos por sensores. Se puede considerar a la difusión y absorción atmosférica de la energía como un indicador y, a la energía reflejada, como el origen de ruido. Dentro de la calibración se consideran ciertos parámetros como la transmitividad atmosférica, irradiancia difusa del cielo y la ruta de la radiancia y, de esta manera, ver la afección del efecto atmosférico en la radiancia que mide el sensor.

1.4.2. Generación de mapas de uso de suelo

1.4.2.1. *Clasificación digital de imágenes*

Mediante la clasificación se extrae la información para remplazar el análisis visual de la imagen mediante técnicas cuantitativas, lo que permite computarizar los

datos contenidos en un área de estudio determinada, para esto, existen distintas técnicas que analizan datos de escenas multiespectrales, entre ellas, reglas de decisiones basadas en conceptos estadísticos, para definir la identidad de cada pixel de la imagen.

Debemos recordar que cada pixel en una banda de la imagen que coincide en cada una de las demás bandas, por lo que una imagen con i número de bandas tendrá i niveles de grises asociados a cada pixel, por lo tanto, los i niveles de grises generan un espacio espectral i-dimensional, en el que cada pixel está representado por un factor que es su firma espectral.

Cada cubierta terrestre no está caracterizada por una curva de reflectancia única debido a factores naturales (topográficos, atmosféricos, genéticos, fenológicos, etc.) que hacen que exista una familia de curvas similares que produce una indeterminación de la cobertura considerada. Al existir una superposición de clases se presentan dificultades para la asignación a cada pixel, por lo que es necesario recurrir a procedimientos de clasificación, con el objetivo de asignar una categoría a cada pixel de una imagen digital, lo cual se puede realizar con ciertos programas de computadora que cuentan con estrategias específicas para estos procesos. Entre los métodos de clasificación se encuentran:

1.4.2.1.1. Método no supervisado:

En este método se crean agrupamientos espectrales que no tienen mayor significado para el usuario, por lo que el análisis intenta asociar una clase temática a cada grupo. En este método se examinan las clases espectralmente separables y luego se define clases temáticas de interés.

1.4.2.1.2. Método supervisado:

En este método, el analista supervisa el proceso en el cual se cataloga a cada pixel, determinando algoritmos numéricos descriptivos de los tipos de coberturas que se presentan en la escena; para ello, se lleva a cabo un muestreo de sitios representativos de las coberturas conocidas, que serán llamadas área o sitios de entrenamiento, esto permite recopilar un código de interpretación con atributos espectrales para cada cobertura. El enfoque supervisado define sus categorías de interés y examina la separabilidad espectral.

Este método cuenta con diferentes etapas, que se describen a continuación:

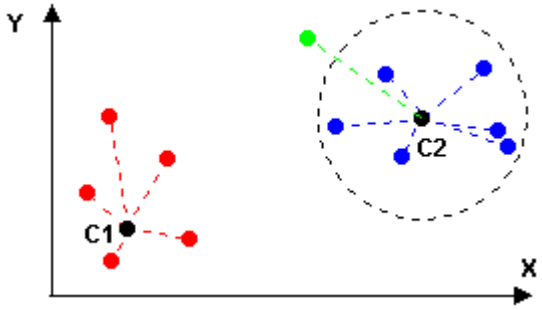
- *Etapa de entrenamiento:* Durante esta etapa, el usuario identifica y determina áreas conocidas de cubiertas como son: cultivos, páramos, suelo descubierto, entre otras, definiéndolas en la imagen digital mediante polígonos, los cuales dan datos numéricos que quedan grabados en la computadora, constituyendo regiones de interés (ROIs). Para poder realizar este proceso, se debe tener un conocimiento del área de estudio que permita el reconocimiento de estas regiones, ya sea con el apoyo de mapas, fotografías aéreas, entre otras Con este conjunto de datos, se debe tratar de asignar a cada pixel de la escena a alguna clase, para lo cual existen algoritmos como:

1.4.2.1.2.1. Clasificador por mínima distancia

Los ROIs en este clasificador sirven para determinar la media de las clases, lo que se hace es que a cada pixel no identificado en la clase cuya media se encuentra más cercana, es asignado a esa clase, este clasificador utiliza la distancia euclidiana para definir la distancia.

Al no existir una identificación para algún pixel este será agregado a una clase cuya distancia euclidiana entre el pixel y el centroide de cada clase sea la mínima, una de las limitaciones que presenta insensibilidades a los grados de varianza en las respuestas espectrales de las diferentes clases.

Ilustración N° 1. Clasificación Mínima Distancia.

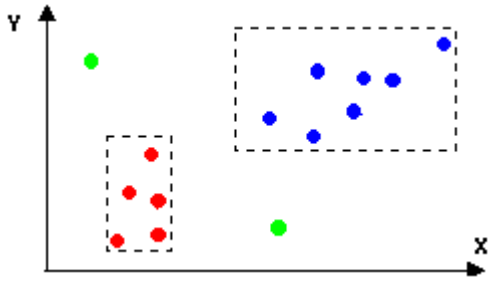


Fuente:(Innova, 2001)

1.4.2.1.2.2. Clasificador por paralelepípedo

Este clasificador pretende implementar un subespacio en forma de paralelepípedo definiendo cada clase; si bien este método introduce sensibilidad con respecto a la varianza de las clases, este paralelepípedo cuenta con rangos de valores limitados para cada clase, este rango toma los valores máximos y mínimos de los números digitales de las áreas de interés; estos límites de rango pueden definirse por las desviaciones estándar para ambos lados del área de entrenamiento. Este procedimiento pretende que el pixel sin identidad caiga dentro de alguno de los paralelepípedos.

Ilustración N° 2. Clasificación por Paralelepípedo.



Fuente:(Innova, 2001)

Este clasificador presenta errores de solapamiento, ya que un pixel puede caer dentro de más de un paralelepípedo o darse la posibilidad de que no caiga en ninguno, lo que quita robustez al clasificador. (Innova, 2001)

1.4.2.1.2.3. Clasificador por máxima probabilidad:

Se trata de un algoritmo paramétrico que asume alguna distribución estadística en particular para las clases consideradas; como su nombre lo indica, utiliza un modelo probabilístico, con una distribución gaussiana para definir reglas de decisión en la categorización de los pixeles. Este clasificador considera una distribución normal de los niveles digitales en el centro de cada categoría que se encuentra en función de la probabilidad de que un pixel se parezca a la clase, y, de esta manera, asignar el pixel que maximice la función de probabilidad. Es uno de los clasificadores más utilizados debido a su robustez estadística. (Universidad del Azuay - IERSE., 2010)

En los casos en que la definición de las áreas de entrenamiento y la correspondiente codificación de las clases de interés sea satisfactoriamente realizable, el método supervisado va a ser superior al no supervisado y será el preferido. (Idrobo, y otros, 2009)

1.4.3. Análisis multitemporal

Cuando hablamos de análisis multitemporal, nos referimos a realizar una comparación entre dos fechas, la misma que permitirá detectar los cambios existentes en el medio natural por el accionar del hombre o de la misma naturaleza, la detección del cambio, gracias al uso de teledetección, posibilita observar el tipo de ocupación que existe en el suelo, permitiendo que se pueda llevar a cabo una cuantificación en la disminución de la cobertura vegetal y las tasas de cambio existente entre una cobertura y otra, gracias a la gran variedad de Imágenes satelitales en una variedad de fechas que permite realizar este tipo de análisis. (Ing. M.Sc. Mendoza Jara., 2010)

1.4.4. Calidad Ambiental

"El grado en que el estado *actual o previsible de algún componente básico permite que el medio* ambiente *desempeñe adecuadamente sus funciones de* sistema *que rige y condiciona las posibilidades de vida en la Tierra. Este grado no se puede cuantificar; solo se lo califica con fundamentos, a* través *de un* juicio *de valor."* (Glosario.net, 2007)

1.4.4.1. *Degradación*

La degradación de una cuenca hidrográfica es la pérdida de valor en el tiempo, incluyendo el potencial productivo de tierras y aguas, acompañadas de cambios pronunciados en el comportamiento hidrológico de un sistema fluvial, que se traduce en una peor calidad, cantidad y regularidad en el tiempo, del caudal hídrico.

La degradación de una cuenca hidrográfica procede de los efectos recíprocos, de las características fisiográficas, el clima y el uso inadecuado de las tierras; lo cual ocasiona a, su vez, una degeneración ecológica acelerada, menores oportunidades económicas y mayores problemas sociales.

1.4.4.2. *Problemas*

Las cuencas hidrográficas se han visto afectadas por un sinnúmero de factores que han causado graves problemas de deterioro ecológico. La expansión agrícola, un inadecuado ordenamiento territorial, la degradación de los bosques, la erosión del suelo, la pérdida de diversidad biológica, los daños a los hábitats de la fauna y la flora silvestres, han generado repercusiones y una fuerte degradación de las cuencas. (FAO, 1992)

Los problemas de las cuencas varían de una región a otra, pero los principales problemas que se interrelacionan entre sí se presentan a continuación:

- *Socioeconómicos: S*e presenta pobreza rural en las tierras altas de las cuencas, lo que motiva la emigración a centros urbanos superpoblados y/o la destrucción de los recursos naturales de la cuenca. Existe además un alto porcentaje de deforestación, lo que incrementa los riesgos de inundaciones y sequías; asimismo, el uso inapropiado de las tierras con agricultura migratoria y sin un barbecho apropiado, sobrepastoreo, entre otras, genera una degradación acelerada de las tierras y otros recursos de la cuenca.
- *Técnicos e institucionales:* Las actividades de desarrollo mal planificadas y ejecutadas (caminos, viviendas, minería, recreación, entre otras) dañan los cursos de agua y contaminan el ambiente natural.
- *Naturales:* Desastres naturales como deslizamientos de tierras, incendios, erosión del suelo, entre otras, perjudican las condiciones de la cuenca.

1.4.4.3. *Indicadores ambientales*

Para poder obtener información simplificada, cuantificada y que sea representativa, que permitan evaluar la evolución de ciertos criterios a lo largo del tiempo, se utilizan los denominados indicadores ambientales; es decir, son una herramienta que ayuda a medir los cambios de los parámetros a ser estudiados; estos deben ser reducidos y muy fáciles de comprender. (Terrari, 2007)

1.4.4.3.1. Factores de calidad ambiental

Los factores ambientales son todos aquellos que permiten una descripción de las componentes del medio como lo son: ambiente físico, social y actitudinal en donde se presentan acciones de las personas.

La interrelación que existe entre el ambiente y los seres vivos hace que cada acción en el uno tenga su impacto en el otro y viceversa, influenciándose o

condicionándose. A esta influencia se la conoce como factores o condicionantes ambientales o ecológicos.

Los factores ambientales pueden ser no vivos o abióticos: características de la tierra, características ecogeográficos que son específicas de un paisaje natural, características físico-químicas, entre otras

Los factores bióticos que son aquellos que tienen vida, como la flora, fauna, diversidad, entre otras (Monsa, 2010)

1.4.4.4. *Valoración ambiental*

"La valoración no es una ciencia exacta y por tanto no se ajusta a las reglas propias de estas; aun reproduciendo en laboratorio las mismas condiciones que se han observado en campo no siempre se llega a las mismas conclusiones. Se trata básicamente de un juicio de valor sobre un 'algo' determinado que podrá variar si se modifican las condiciones que lo rodean... Con todo ello, lo que debe exigirse a un profesional de la valoración es que los juicios de valor que este realice los haga de una forma objetiva y nunca subjetiva. De esta forma será posible que los diversos juicios dictados por diferentes profesionales coincidan sensiblemente en los resultados finales" (Zambrano, y otros, 2003)

1.4.4.4.1. Valoración ambiental del territorio

Son de conocimiento global los estudios de los impactos que se generan sobre el medio ambiente, por lo que la valoración de la calidad ambiental territorial pretende tener una referencia de valor a las zonas que los integran; tratando, de esta manera, de disminuir los impactos sobre el medio, esperando una actuación que garantice la conservación de los valores. (Hernández Morcillo, y otros, S.d.)

Desde el punto de vista del ordenamiento territorial, la valoración que se realiza se la hacen unidades homogéneas, con el propósito de analizarlas desde el punto de vista de su valor ecológico, productivo, paisajístico y científico-cultural. A cada unidad se le da un valor potencial que representa los méritos de conservación que presentaría esa unidad en un estado óptimo para su desarrollo ambiental. (Ezquiaga, 2009)

La valoración del territorio consiste en determinar, de alguna forma, los méritos de cada unidad de integración, a las mismas que se les dará una interpretación valorativa de sus funciones en términos estéticos, culturales, científicos, entre otras Para lo cual Gómez Orea determina dos posibilidades para este tipo de valoración:

- *Aplicación de modelos de impacto/aptitud*: Este modelo se aplica bajo conceptos de impactos; es decir, el efecto que tiene una actividad sobre el medio y la aptitud que tiene el mismo para para cubrir los requisitos de una actividad. Para el desarrollo de este método se determinan dos fases:
  - Generación de matrices de aptitud e impacto.
  - Determinación de criterios para definir la capacidad de acogida

- *Aplicación de modelos empíricos:* Este método se basa en la experiencia de los miembros del equipo, requiriendo un menor grado de sistematización. Se aplica confeccionando una matriz de capacidad de acogida en las que se cruzan las unidades de integración y las actividades, expresando la relación existente en términos vocacionales, compatibles e incompatibles.

1.4.4.4.1.1. Valor ecológico

La complejidad de los ecosistemas conlleva a una valoración que puede resultar bastante complica por la gran cantidad de factores existentes, tanto bióticos como abióticos y la interrelación que tienen unos con otros. La valoración se realiza parcialmente para luego obtener el valor ecológico total. Por un lado, se puede

realizar una valoración por sus parámetros estructurales (riqueza, naturalidad, singularidad y resilencia), y, por otro, desde el punto de vista antropocéntrico. (Ayuntamiento de Amurrio, 2009).

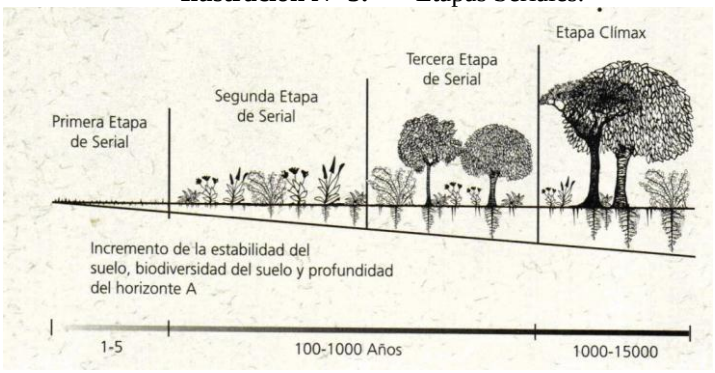
"Esta herramienta permitirá identificar los elementos débiles o sensibles en el ecosistema y nos ayudará a priorizar acciones para fortalecer a estos elementos ya que requieren mayor atención de tal forma que podamos ir mejorando la salud general del ecosistema". (Red Internacional de Forestería Análoga, 2008)

Al ser la valoración ecológica una herramienta, se seleccionan indicadores sencillos y fáciles de interpretar, capaces de reflejar cambios ambientales; se define una escala de clasificación, donde el valor mayor será asignado a los ecosistemas más complejos, generalmente bosque natural o clímax y ecológicamente sostenible, y el valor menor será asignado a ecosistemas más simples y ecológicamente frágiles; con esto se genera una escala referencial para el tipo de unidades que se tiene en el área de estudio. (Red Internacional de Forestería Análoga, 2008)

- *Suelo:* Este factor es importante por la relación que existe entre el suelo y la vegetación.
- Biodiversidad: "*La ciencia nos revela que los bosques son ecosistemas de tremenda complejidad. Los árboles, a pesar de otorgar el sostén básico de un bosque, constituyen sólo una fracción de su biodiversidad. Todos los bosques contienen una enorme cantidad de organismos que cambian continuamente formas y funciones. La biodiversidad es lo que le confiere a los bosques su identidad*". (Red Internacional de Forestería Análoga, 2008)
- *Estructura:* Se puede diferenciar, en primera instancia, una estructura formada por las copas de arboles altos y discontinuos, debajo de esta sin una clara diferenciación otros discontinuos, en un tercer punto encontramos un estrato continuo el cual absorbe la mayor parte de luz, debajo de este encontramos zonas de sombra y escasa vegetación; para terminar se encuentran zonas de estratos basales

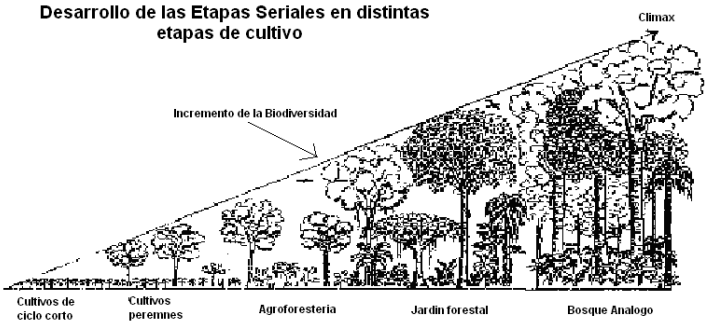
- *Sucesión ecológica:* Hace referencia a la evolución que de manera natural se produce en un ecosistema por su propia dinámica interna. La sucesión produce ecosistemas cada vez más estables y más resistentes a las perturbaciones, así que suele describirse como un proceso de maduración.

Ilustración N° 3. Etapas Seriales.



Fuente: (Red Internacional de Forestería Análoga, 2008)

Ilustración N° 4. Desarrollo de Etapas Seriales



Fuente: (Red Internacional de Forestería Análoga, 2008)

El primer paso para la valoración de la estructura sería identificar a que etapa serial corresponde la estructura de la vegetación del área en tratamiento, considerando lo antes mencionado.

- *Complejidad:* Es importante determinar la complejidad del ecosistema; es decir, observar y establecer lo simple o lo complejo del ecosistema en estudio. Esto se lo realiza por medio de apreciación visual y se lo puede calificar como:

Ilustración N° 5. Sistemas de acuerdo a su complejidad

a.)Ecosistema poco complejo b.)Ecosistema complejo c.)Ecosistema muy complejo
Fuente: (Red Internacional de Forestería Análoga, 2008)

1.4.4.4.1.2. Valor paisajístico

"…Entre ellos se encuentra el paisaje; en su condición tanto de elemento de calidad ambiental como de valor histórico y cultural, que además representa un recurso económico en cuanto a que influye en la localización y desarrollo de determinadas actividades…"(Arenaza, 2002)

La valoración del paisaje se considera como recurso al momento de delimitar espacios de uso, entre ellos podemos destacar el valor del paisaje para usos conservacionistas o proteccionistas, y su gestión.(Arenaza, 2002)

El paisaje es uno de los elementos territoriales más significativos del recurso natural avalado por documentos, muchos de estos institucionales, por ejemplo, *"la Convención del Patrimonio Mundial de la UNESCO destaca la dimensión cultural del paisaje, entendida esta como un "reflejo de la evolución de las sociedades, influidas por los imperativos materiales y las posibilidades que ofrece el entorno natural"* (Ayuntamiento de Durcal, S.d.)

El paisaje se encuentra considerado como un elemento del medio físico antes que una clave ambiental, se trata de un objeto visual que debe ser valorado. Los análisis paisajísticos son múltiples, pueden tomar en cuenta la evaluación del paisaje conociendo su estado, como un factor de planificación, recordando que al realizar una variación en la conceptualización la valoración también cambiar. Por esta razón,

existen muchas formas de valorar el paisaje distinguiendo por una parte la valoración del estado del paisaje y por otra la valoración de la calidad visual del mismo.

Las metodologías que evalúan la calidad visual del paisaje según Ormaetxea Arenaza (1997) son:

- Métodos independientes de los usuarios del paisaje: Realizado por expertos

  - *Métodos directos de valoración*: Por medio de la contemplación del paisaje, por reconocimiento del territorio o a través de algún insumo (esta valoración es de carácter subjetiva, utilizando calificativos, escalas de rango o de orden).
  - *Métodos indirectos de valoración:* Son métodos cualitativos y cuantitativos que a través de la descripción de sus componentes o categorías estéticas, en donde podemos seguir diferentes valoraciones como el método ecológico, en el que la valoración se basa en conceptos ecológicos y de naturalidad, otro método por el cual optan arquitectos de paisaje o estética formal referida a propiedades formales.

- *Métodos dependientes de los usuarios del paisaje:* También llamados de evolución observacional en los cuales se pueden distinguir tres líneas de trabajo:

  - Una línea en donde se atiende a la valoración del paisaje tomando en cuenta la relación entre aspectos físicos y los juicios o respuesta de la percepción de estímulos; se han diferenciado varias técnicas para la misma, como la comparación por pares, escalas de valor, ordenes de rango o estimación de magnitudes.
  - Otra línea se basa en modelos psicológicos relacionados con la teoría de la personalidad, valorando al paisaje en términos cognitivos de complejidad, legibilidad, misterio o profundidad.
  - Finalmente, el método fenomenológico, que centra en la interpretación del ambiente.

1.5. GENERACIÓN DE POSIBLES ESCENARIOS

Para poder desarrollar modelamientos capaces de reproducir la generación de patrones complejos mediante reglas simples, es importante contar con herramientas capaces de esto, para ello, se han desarrollado varias soluciones asociadas a la adaptación de técnicas de inteligencia artificial, como la lógica difusa, los sistemas de conexiones híbridas, los modelos de multinivel, las redes neuronales y los modelos de autómatas celulares.

Los modelamientos dinámicos con ecuaciones diferenciales han resultado eficientes en procesos de alta complejidad como el crecimiento urbano, pero al momento de modelar sistemas espaciales complejos resultan ser casi impracticables; por lo cual la utilización de modelos de autómata celular ha sido propuesta para sistemas espaciales complejos, que resultan importantes en estudios urbanos que deben ser complementados con otras técnicas de modelamiento.

Los llamados modelos celulares como los autómatas, tienen muchas ventajas técnicas debido a su alcance en los detalles espaciales, esto se vuelve muy importante por su precisión en opciones de localización, lo que hace que exista un manejo integrado de los factores físicos y ambientales en el modelamiento económico y social. (Rovira, y otros, 2008)

1.5.1. Modelos de cambio de uso de suelo

Los modelos que simulan el cambio de uso de suelo utilizan parámetros claramente identificados en factores físicos y socioeconómicos, los cuales determinan la presión sobre el cambio de uso de suelo en un determinado territorio.

Existen dos modelaciones de patrones espaciales para el cambio de uso de suelo, las cuales se describen a continuación (Cambio de uso del suelo y escorrentía

superficial: aplicación de un modelo de simulación espacial en Los Ángeles, VIII Región del Biobío, Chile, 2006):

1.5.1.1. *Modelos basados en regresiones*

Estos modelos establecen relaciones existentes entre un rango de variables predictivas y las probabilidades de cambio de uso del suelo. Estos factores locales influyen de manera tradicional con la función de decaimiento de distancia, donde la influencia decrece con el incremento de la misma. Este método utiliza aproximaciones lineales, la regresión logística no lineal vinculada a redes neuronales y a modelos aditivos generalizados. (Cambio de uso del suelo y escorrentía superficial: aplicación de un modelo de simulación espacial en Los Ángeles, VIII Región del Biobío, Chile, 2006)

Se establecen relaciones fundamentales de un conjunto especializado de variables que luego sirven para estimar los cambios, estos valores dados por las variables en los casos reales de cambio son observados a partir de datos históricos que otorgan las fotografías aéreas o las imágenes satelitales. *"El valor de los modelos de regresión es la fácil obtención de la contribución relativa de diferentes variables, que permiten pronosticar un determinado cambio de uso del suelo."* (Cambio de uso del suelo y escorrentía superficial: aplicación de un modelo de simulación espacial en Los Ángeles, VIII Región del Biobío, Chile, 2006)

Al manejar muchas variables de entrada se debe integrar a los SIG, lo que permite manejar y analizar espacialmente los datos asociados a los datos, de tal manera los SIG nos ayudan a construir variables de entrada, identificar patrones espaciales de datos, luego cuantifican los cambios observados y se produce la evaluación de factores que operan cruzando una variedad de escalas y resultados.

1.5.1.2. *Modelos en base a transición espacial*

Estos modelos comprenden técnicas estocásticas basadas en metodologías como Cadenas de Markov y Autómatas Celulares, los mismos que asumen que las áreas vecinas influyen explícitamente en la probabilidad de transición del área, aquí se discute la función tradicional de decaimiento de distancias. Se incorporan reglas simples sobre los efectos de aproximaciones espaciales que predominan la dinámica del sistema, dando lugar a patrones de comportamiento que generalmente son más complejos que aquellos generados por modelos simples de equilibrio. (Cambio de uso del suelo y escorrentía superficial: aplicación de un modelo de simulación espacial en Los Ángeles, VIII Región del Biobío, Chile, 2006)

1.5.1.2.1. Análisis de cadenas de Markov

Es una herramienta de análisis que permite observar el comportamiento y el gobierno de ciertos procesos estocásticos, es decir procesos que evolucionan de una manera no determinada a lo largo del tiempo alrededor de un grupo de variables. Las cadenas de Markov representan un sistema que varía en función del tiempo, convirtiéndose cada cambio en una transición del sistema, estos cambios no se encuentran predeterminados; sin embargo, cabe la probabilidad del próximo estado en función de los estados anteriores, siendo esta probabilidad constante y por ende volviéndose un sistema homogéneo en el tiempo. En un cambio, el nuevo estado podría ser el mismo que el anterior y puede ser que exista una posibilidad de influir en la probabilidad de cambio actuando sobre el sistema, lo que llevará a una decisión. (Autores, 2002)

1.5.1.2.2. Análisis autómatas celulares

Son sistemas directos dinámicos, es decir, se presenta una variación continua de los parámetros; se denominan sistemas simples donde el estado de cada celda de una matriz, depende del estado previo de las celdas cercanas que siguen una serie de reglas de transición. Por ser un sistema discreto, opera interactivamente existiendo

una relación interna de áreas locales antes que entre pares de celda. (Rovira, y otros, 2008)

1.6. PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE MANEJO

"Los planes de manejo o propuestas, son la herramienta que permite servir de base para la implementación de una serie de acciones dirigidas hacia una conservación y desarrollo integral de los recursos. Son parte de la planificación de las áreas protegidas y toman en cuenta aquellos factores indispensables para el desarrollo de áreas específicas. Estos elementos incluyen conocimiento científico del área, el diagnóstico biofísico, identificación de los principales problemas que deben ser abordados, los objetivos de planificación y manejo de los recursos del área, la zonificación y una serie de instrumentos de manejo que deben ser implementados a través de planes operativos específicos."(Pacto por la Vida, 2010)

1.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis de la varianza (o Anova: Analysis of variance) es un método para comparar dos o más medidas, se trata de una colección de modelos estadísticos y sus procedimientos asociados, en la cual la varianza está particionada en ciertos componentes debidos a diferentes variables explicativas.

El procedimiento para comparar estos valores está basado, en la varianza global observada en los grupos de datos numéricos a comparar. Típicamente, el análisis de varianza se utiliza para asociar una probabilidad a la conclusión de que la media de un grupo de puntuaciones es distinta de la media de otro grupo de puntuaciones.

Con el objeto de optimizar recursos y aumentar la precisión de experimentos, se estudian varios factores a la vez, incluyendo algunos niveles dentro de cada factor.

Las observaciones se expresan en forma numérica, cada diseño tiene su propio ADEVA o ANOVA. Los resultados de un ANOVA se suelen representar en una tabla como la siguiente:

Tabla N° 5. Tabla ANOVA

Fuente de variación	G.L.	SS	MS	F
Entre grupos Tratamientos	k-1	SSA	SSA/(k-1)	MSA/MSE
D. Error	(n-1)k	SSE	SSE/k(n-1)	
Total	kn-1	SST		

Fuente: (Gutiérrez Pulido, y otros, 2008)

Y el cociente F se usa para realizar el contraste de la hipótesis de medias iguales. La región crítica para dicho contraste es $F > F_{\alpha(k-1,(n-1)k)}$

CAPÍTULO 2.

MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1. UBICACIÓN

La microcuenca del río Déleg se encuentra ubicada al sur de la provincia del Cañar, en la región Sierra, en el límite con el cantón Cuenca, es afluente de la subcuenca del río Burgay, la cual pertenece a la cuenca del río Paute.

En la microcuenca se encuentra el cantón Déleg ubicado a 22 Km del cantón Azogues y la parroquia rural llamada Solano. Las coordenadas del centro urbano en el sistema UTM WGS84[5] son: 731069.4148; 9693245.1516.

Sus límites cantonales son:

Norte: Parroquia Turupamba y Nazón (Biblián-Cañar).

Sur: Parroquia Llacao y Sidcay (Cuenca-Azuay).

Este: Parroquia Cojitambo y Javier Loyola (Azogues-Cañar).

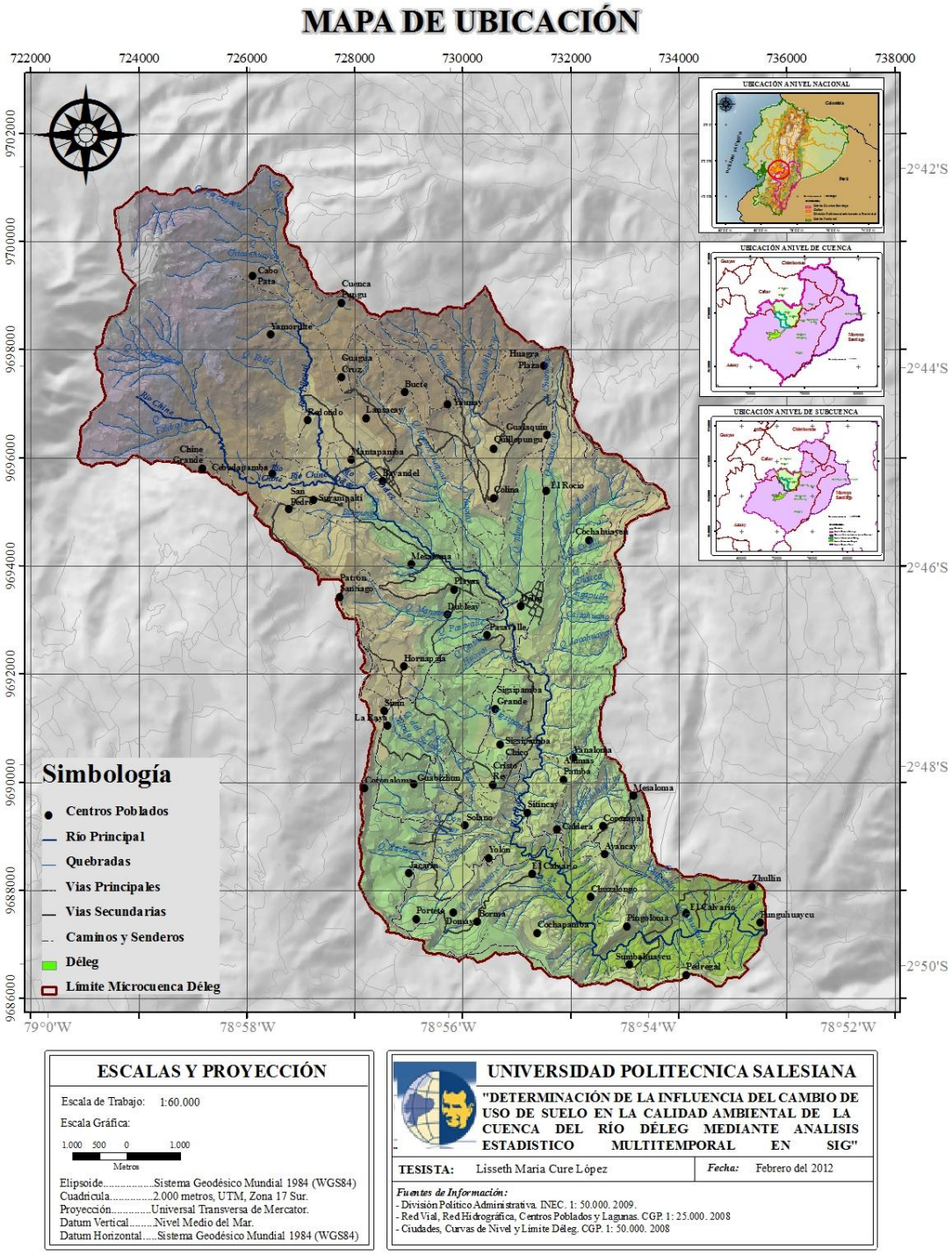
Oeste: Parroquia Octavio Cordero Palacios (Cuenca-Azuay).

Su jurisdicción administrativa pertenece a la provincia del Cañar y a los cantones Déleg y Azogues.

La microcuenca del río Déleg tiene una extensión de 8.637,77 hectáreas, el punto del centroíde de la misma se encuentra en las coordenadas 729336,623; 9693730,829

[5] UTM WGS84.- Sistema de coordenadas cartográficas mundial UNIVERSA TRANSVERSA MERCATOR, utiliza una proyección cilíndrica y el elipsoide de referencia el **W**orld**G**eodetic**S**ystem**84W**orld **G**eodetic **S**ystem **84** (Sistema Geodésico Mundial 1984) (Dalda Mourón, y otros, 2008)

Mapa 1.Ubicación de la microcuenca del río Déleg.



Fuente: Consejo de Gestión de Aguas de la Cuenca del Paute (CGP)
Elaboración: Lisseth Cure López.

2.2. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

En este proceso se organizó la información cartográfica de libre acceso, ya sea cartografía vectorial base y temática, así como archivos raster, con lo que en principio se ha conformado la línea base, la misma que fue alimentada con

información otorgada por el Consejo de Gestión de Aguas de la Cuenca del Paute (CGP) que data del año 2008; como se ha mencionado anteriormente, la microcuenca en estudio pertenece a la cuenca del río Paute.

Se contó también con informes y proyectos realizados en el área de estudio por ser parte de la CRP, los mismos que fueron fuentes de consulta para determinar las características físicas, sociales y económicas de la microcuenca para poder cumplir el primer objetivo que se relaciona con el diagnóstico de la microcuenca, luego se realizó una visita a la cabecera cantonal de Déleg en donde fue posible, gracias a la colaboración de las entidades locales, obtener información tanto en documentación cuanto en orthofotomosaicos de fechas diferentes, siendo la del año 2010 de utilidad para la validación en el proceso de generación de escenarios futuros.

Con el objetivo de generar mapas de cobertura vegetal de distintos años, se vio la necesidad de obtener imágenes satelitales de diferentes años, las mismas que se obtuvo de la plataforma LANDSAT de libre acceso y que han sido publicadas por el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) en su sitio web.

La información recopilada fue evaluada y normalizada, para lo cual se definió los siguientes parámetros:

- *Proyección y Datum:* La información recopilada ha sido estandarizada al sistema de Referencia Geodésico Mundial WGS84, realizando la proyección de la información que se encuentra en el sistema PSAD56[6].
- *Formato de la información cartográfica:* La cartografía se encontrará en formato shapefile de ESRI (Enviromental System Research Institute) ya que el mismo facilita la interacción entre los programas SIG.
- *Nomenclatura:* Los nombres de los archivos llevan el nombre del shape, el lugar que representan, la escala, el sistema de referencia y la fuente de información, como por ejemplo: Ríos_Principales_Deleg_25K_WGS84_CGp.shp

[6] UTM SAM56.- Sistema métrico de coordenadas UNIVERSA TRANSVERSA MERCATOR, utiliza una proyección cilíndrica y el elipsoide de referencia el Sudamericano de 1956.

Para el desarrollo del presente trabajo se contó con la siguiente información:

Tabla N° 6. Información recopilada.

	INFORMACIÓN				
		ESCALA	TIPO	PROYECCIÓN	INTITUCIÓN
CARTOGRAFÍA	Cartografía Cuenca del Río Paute	Varias	Vector y Raster	PSAD56	IERSE
	Almanaque Electrónico Ecuatoriano	Varias	Vector	PSAD56	RECOPILACIÓN.
	Ministerio del Ambiente del Ecuador	Varias	Vector	PSAD56	MAE
	Cartografía del Cantón Déleg 2001	1: 20.000	CAD	WGS84	Ilustre Municipalidad del Cantón Déleg
	Cartografía del Cantón Déleg 2010	1: 5.000	CAD	WGS84	Ilustre Municipalidad del Cantón Déleg
	Formaciones Vegetales	1: 200.000	Vector	PSAD56	SIERRA
DOCUMENTOS	Inventario Hídrico de la Subcuenca del río Burgay		Documento Word		CGP - IERSE
	Plan Maestro de la cuenca del río Paute		Documento Word		CGP - IERSE
	Plan de manejo y conservación de las cuencas del río Burgay y Déleg.				CGP
	Programa de gestión de la microcuenca del río Déleg.				CGP
	"Informe técnico de investigación de precios de las tierras de agrícolas, rubros de edificaciones y costos de producción de los principales cultivos del cantón Déleg"		Documento Word		Ilustre Municipalidad del Cantón Déleg
FOTOGRAFÍAS	Fotografía 1989 Proyecto Carta Nacional	1: 60.000	Papel fotográfico		IGM
	Fotografía 2001 Proyecto PRECUPA	1: 30.000	Papel fotográfico		IGM
IMÁGENES	Orthofotomosaico año 2001	1: 20.000	Imagen	WGS84	Ilustre Municipalidad del Cantón Déleg
	Orthofotomosaico año 2010	1: 5.000	Imagen	WGS84	Ilustre Municipalidad del Cantón Déleg
	Imágenes Satelitales distintos años	30 - 60 metros		WGS84	USGS
	Imagen Satelital año 1991	30 metros		WGS84	IERSE

Elaborado por: Lisseth Cure López.

Una vez definidos los parámetros de normalización de la cartografía y la estructura del SIG, se procedió a la conformación de este, para lo cual se ha utilizado el paquete informático ArcGIS, que, por su gran versatilidad, permite almacenar, gestionar y analizar información gráfica y alfanumérica de manera eficiente

2.3. GENERACIÓN DE LA LÍNEA BASE

Para el desarrollo y el cumplimiento de este objetivo se procedió a la interpretación de la información sistematizada anteriormente, la misma que sirvió de punto de partida para la descripción de las características biofísicas, metamórficas, entre otras, así como para el diagnóstico socio-económico y de infraestructura de la microcuenca, cuyos datos fueron provenientes de las fuentes secundarias

mencionadas. Luego de analizar la información recopilada, se establecieron los parámetros a ser evaluados en los diferentes aspectos que conforman la línea base.

2.4. ANÁLISIS MULTITEMPORAL MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

Para llegar al cumplimiento de este objetivo fue necesario realizar distintos procedimientos los cuales van desde darle un tratamiento a las imágenes satelitales, hasta la generación de los mapas de cobertura vegetal.

2.4.1. Tratamiento de las imágenes satelitales existentes

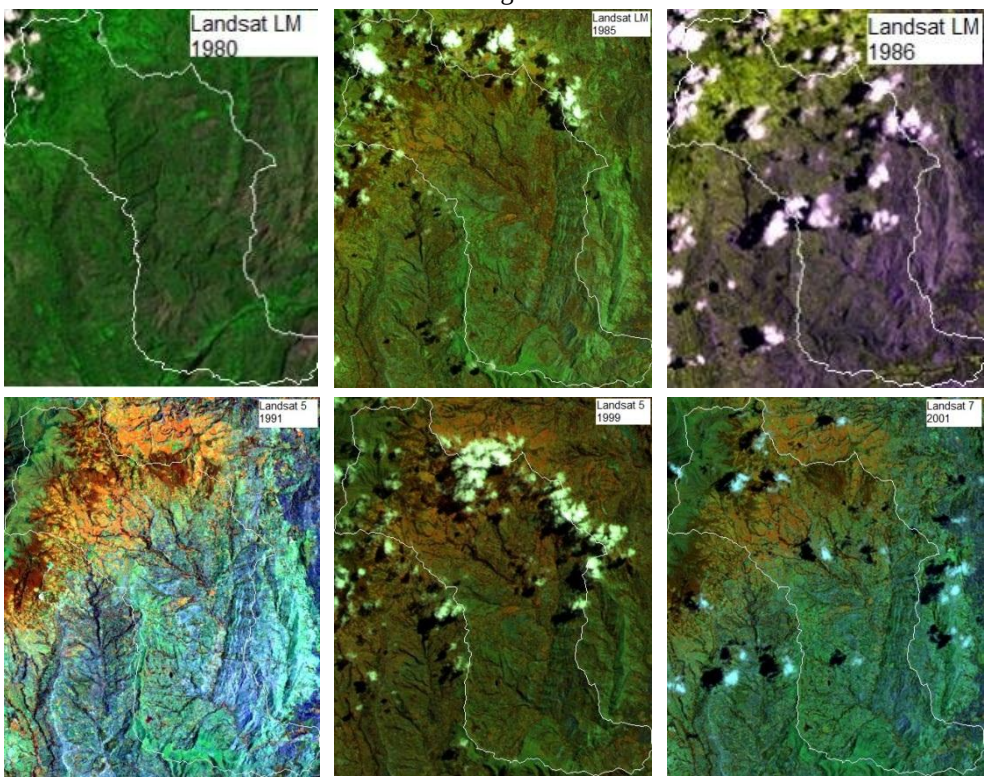
De la página web de la USGS[7] fue posible descargar varias imágenes de diferentes años, como las que se muestran en la Ilustración N° 6:

Las imágenes fueron analizadas en la zona de estudio para identificar las que mejores características presentaban, tomando en cuenta: la presencia de nubes dentro del área de estudio, ya que zonas cubiertas de nubes no van a ser consideradas para el análisis; el año de las imágenes, puesto que para el análisis multitemporal se necesita un tiempo entre las imágenes considerables mínimo de 10 años para que puedan visualizarse cambios en la cobertura; y, por último, la resolución de las imágenes iguales para realizar una comparación bajo las mismas condiciones de los mapas resultantes.

Luego de considerar los parámetros anteriormente mencionados, se escogió dos imágenes satelitales LANDSAT, descritas en la Tabla N° 7, las cuales presentaron las mejores características.

[7] En la pagina de USGS (Servicio Geológico de Estados Unidos) es posible descargarse imágenes satelitales pertenecientes a diferentes años desde 1980. http://www.usgs.gov/

Ilustración N° 6. Imágenes satelitáles.



Fuente: Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS).
Elaborado por: Lisseth Cure López.

Tabla N° 7. Características de las imágenes.

IMÁGENES SATELITALES LANDSAT			
ZONA	**FECHA**	**SENSOR**	**RESOLUCIÓN**
Microcuenca Río Déleg.	15-oct-91	TM L5	30 metros
	02-oct-01	ETM L7	30 metros

Elaborado por: Lisseth Cure López.

2.4.1.1. *Verificación y corrección geométrica.*

Las imágenes obtenidas deben ser evaluadas, lo cual consiste en la validación de la precisión geométrica (georeferenciación) con la finalidad de determinar si es necesario o no llevar a cabo el procedimiento de corrección de errores geométricos causados por la rotación de la Tierra y el ángulo de incidencia del sensor.

Para esta verificación de la georeferenciación de las imágenes Landsat, se ha comprobado dichas imágenes con la cartografía oficial del Instituto Geográfico Militar (IGM) a escala 1: 25.000 (Información dentro de la cuenca del río Paute), obteniendo los siguientes resultados:

La imagen de satélite del 2 de octubre del 2001 y la cartografía del IGM muestra un desplazamiento uniforme que oscila entre 50 a 60 metros como se ve a la izquierda de la siguiente imagen, siendo la parte derecha la correspondiente a la imagen de 1991:

Ilustración N° 7. Desplazamiento de las imágenes

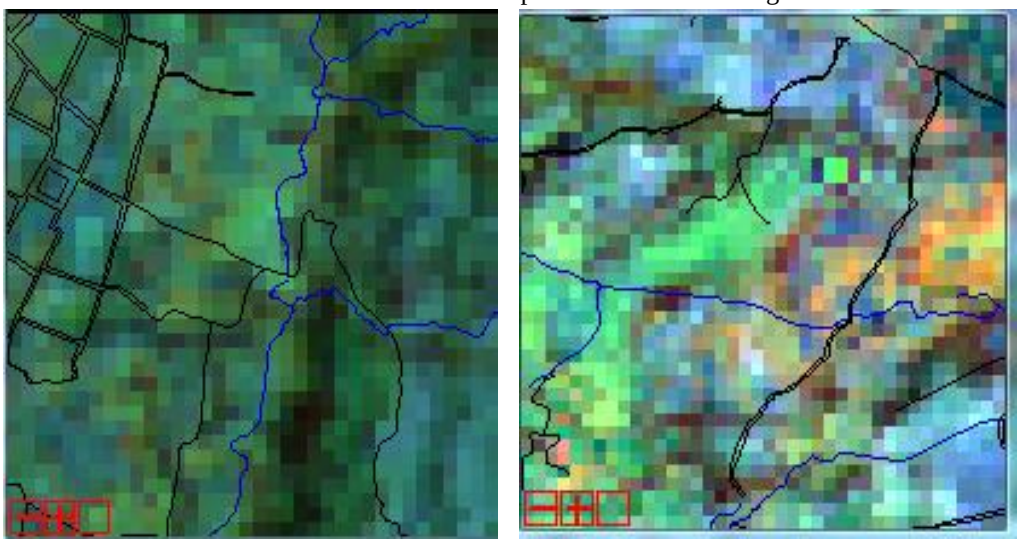


Imagen Landsat 7 año 2001. **Imagen Landsar 5 año 1991.**
Elaborado por: Lisseth Cure López.

La imagen del año 2001 se georeferenció mediante el procedimiento de imagen a mapa (1.4.1.1.1.2), tomando como referencia la cartografía del IGM a escala 1: 25.000, considerando los shapes de ríos, quebradas y vías. Los puntos de control principalmente fueron intersecciones de ríos y vías, se deben definir puntos que no cambian en función del tiempo, ya que la fecha de la imagen no es la misma de la cartografía.

Con el fin de mejorar la resolución espacial de 30 x 30 a 15 x 15 se fusionó el archivo creado con la banda pancromática con los métodos HSV y Gram-Schmidt,

Spectral Sharpening, dando mejor resultado este último, de esta manera, se obtiene una imagen de mejor resolución como se muestra más adelante.

Una vez georeferenciada la imagen del año 2001, se toma la segunda imagen seleccionada del año 1991, a esta última; de igual manera, se la debe georeferenciar, esta vez lo haremos imagen a imagen (24) tomando como base la imagen del año 2001, esto ayudará a tener un trabajo con mayor precisión y disminuir los errores presentes.

Al realizar la georeferenciación imagen a imagen, el resultado presenta las mismas características de resolución de la imagen anterior; de esta manera, se obtendrá imágenes con una resolución de 15m. Al no contar con la banda pancromática en la imagen del año 1991, se realiza este proceso para mantener homogenización en la información a tratar.

En la georeferenciación de ambas imágenes se tomaron los puntos necesarios para disminuir el error medio cuadrático (RMS) menor a 0.8 en el proceso, como se puede observar en la Ilustración N° 8, valor que está dentro de los parámetros aceptados para una corrección geométrica; el método utilizado fue el de vecinos cercanos.

Como resultado se obtuvo las imágenes corregidas de los años 1991 y 2001 con un desplazamiento de tres metros con respecto a la cartografía oficial del IGM, como se puede observar en la Ilustración N° 9.

Ilustración N° 8. Corrección geométrica de las imágenes

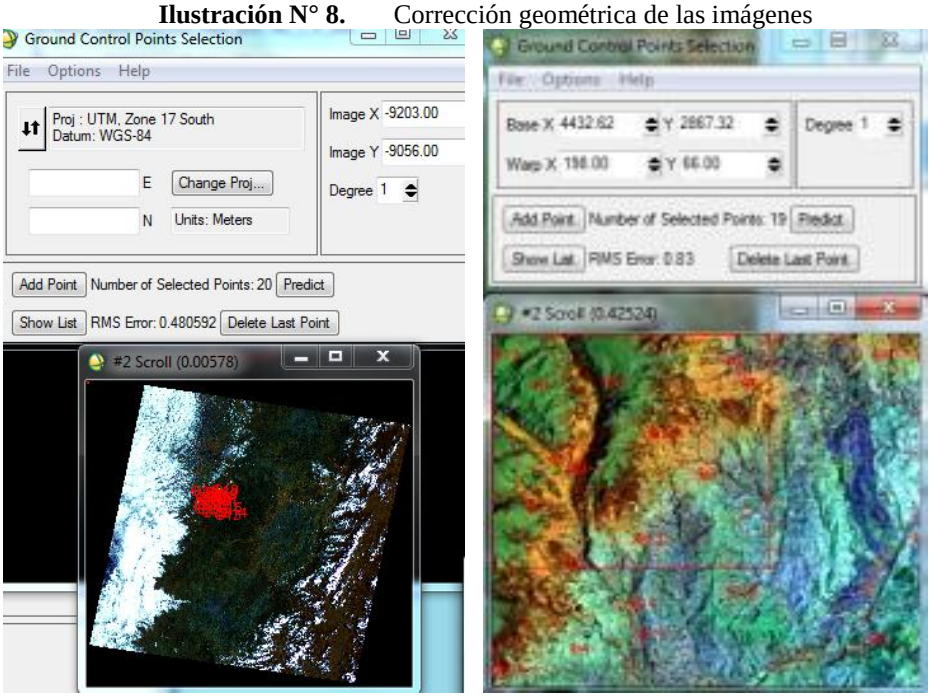
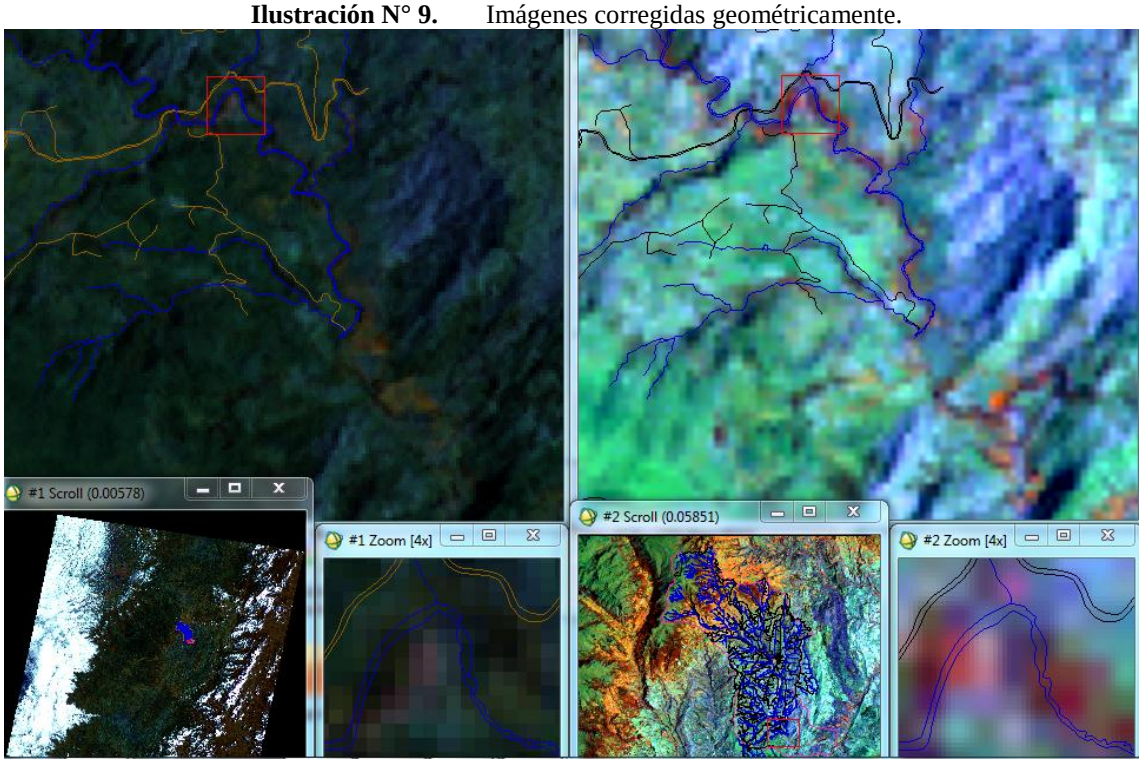


Imagen a mapa **Imagen a Imagen.**

Elaborado por: Lisseth Cure López.

Ilustración N° 9. Imágenes corregidas geométricamente.



2001 **1991**

Elaborado por: Lisseth Cure

Los siguientes procesos se realizan tanto para la imagen del 2001 como para la de 1991.

2.4.2. Generación de mapas de uso de suelo

Para la generación de los mapas de uso de suelo tanto del año 1991 como del 2001, se cuenta con las imágenes corregidas de los años en mención, con las cuales se procede a generar un archivo estándar de las bandas de cada imagen, para luego realizar una combinación de bandas 453, la misma que permite la identificación de cobertura vegetal, vegetación leñosa, pastos, cultivos, agua, suelo descubierto.

2.4.2.1. *Determinación de la escala y la leyenda de trabajo*

Como se mencionó anteriormente, al utilizar la banda pancromática de la imagen del 2001 y al georeferenciar la imagen de 1991 en función de la del 2001, vamos a tener ambas imágenes con una resolución espacial de 15 metros, de esta manera, la cartografía, en este caso los mapas de uso de suelo tendrán una escala 1: 50.000 con una unidad mínima cartografiable de 4mm^2 equivalentes a 6.25 ha de acuerdo a la Tabla N° 1.

Se estableció e identificó el tipo de coberturas que se identificó en ambas imágenes las cuales son:

- Páramo.
- Vegetación leñosa.
- Pastos.
- Cultivos.
- Cuerpos de agua.
- Suelo descubierto
- Nubes (Zonas sin información.).

2.4.2.2. *Clasificación de imágenes*

La clasificación digital de las imágenes se realiza de la siguiente manera:

Es fundamental determinar los valores numéricos; es decir, los Niveles Digitales (ND) de los pixeles de la imagen, de forma que se pueda definir el valor que identifica a cada cobertura a discriminar según lo establecido en la leyenda, para así generar la cartografía temática de cobertura del suelo.

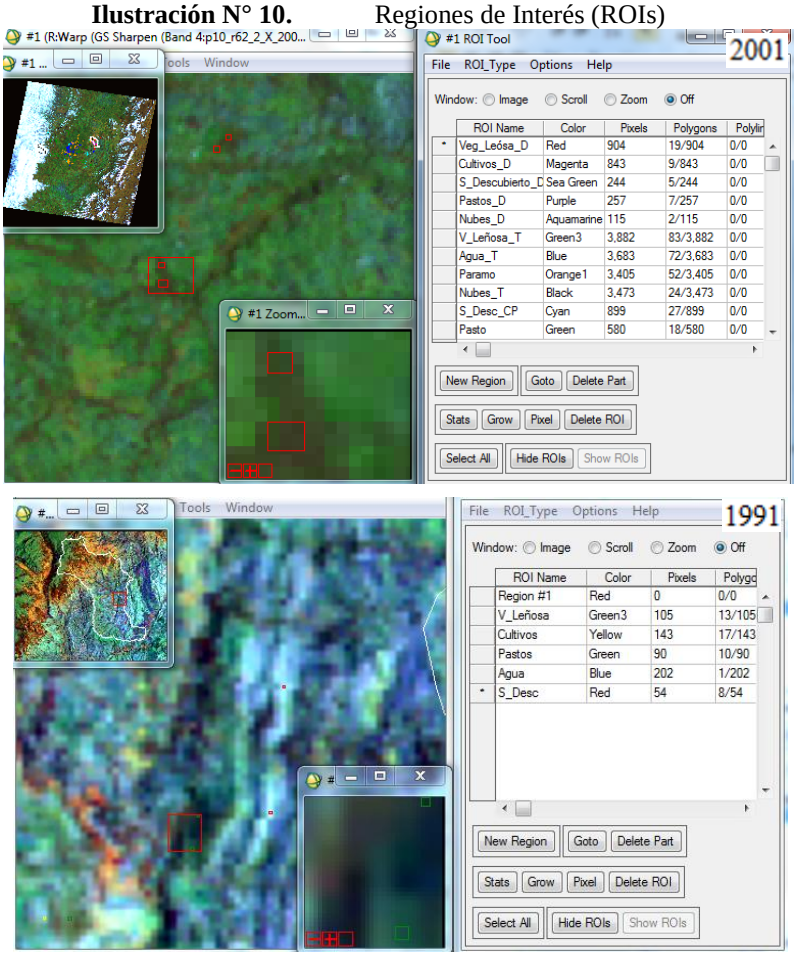
Como se definió anteriormente, los métodos de clasificación según la forma en que sean obtenidas las estadísticas de entrenamiento, pueden ser: supervisado y no supervisado. En el presente estudio se realizó la clasificación por el método supervisado, el cual se encuentra descrito en el numeral (1.4.2.1.2)

2.4.2.2.1. Identificación de sitios de entrenamiento

Se debió definir sitios de entrenamiento con características espectrales homogéneas por cada categoría, tomando en cuenta que, para tal identificación, se consideró incluir el criterio de altura, ya que las categorías de páramo y cultivos tienen características espectrales similares, encontrándose determinada su presencia por la altura que se presenta por el cambio de vegetación existente, definiendo como la cota de cambio los 3.200 m. sobre la cual encontramos páramos, mientras que los cultivos los encontramos por debajo de esta cota. Dado este nuevo parámetro para definir los sitios de muestreo, se generaron dos máscaras que delimitan las zonas antes mencionadas, cada una de estas con un buffer de 500 m, para evitar pérdidas de información en los límites del área de estudio.

Para la toma de los puntos de muestreo o regiones de interés (ROIs), se realizó un levantamiento de forma manual, el mismo que consiste en definir varias zonas de muestreo para cada categoría de uso que se han definido, las mismas que deben ser homogéneas.

Ilustración N° 10. Regiones de Interés (ROIs)



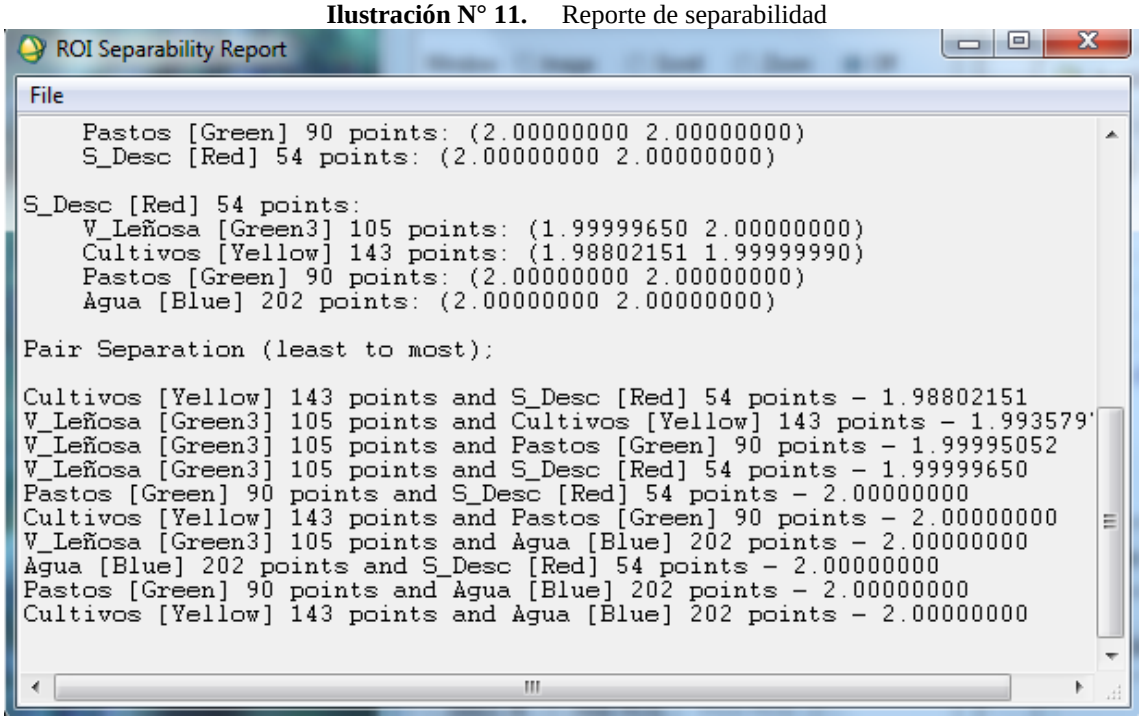
Elaborado por: Lisseth Cure

2.4.2.2.2. Análisis de las estadísticas de entrenamiento

Para poder verificar qué tan confiable fueron las regiones de interés que se generaron para cada categoría, es necesario realizar un análisis estadístico de la separabilidad entre las regiones de interés y el índice de divergencia transformado.

Las muestras tomadas tanto para la imagen del año 1991 y 2001 presentan una separabilidad entre 1,98 a 2, valor es que están dentro de los parámetros aceptables para poder realizar la clasificación de las mismas.

Ilustración N° 11. Reporte de separabilidad



Elaborado por: Lisseth Cure López.

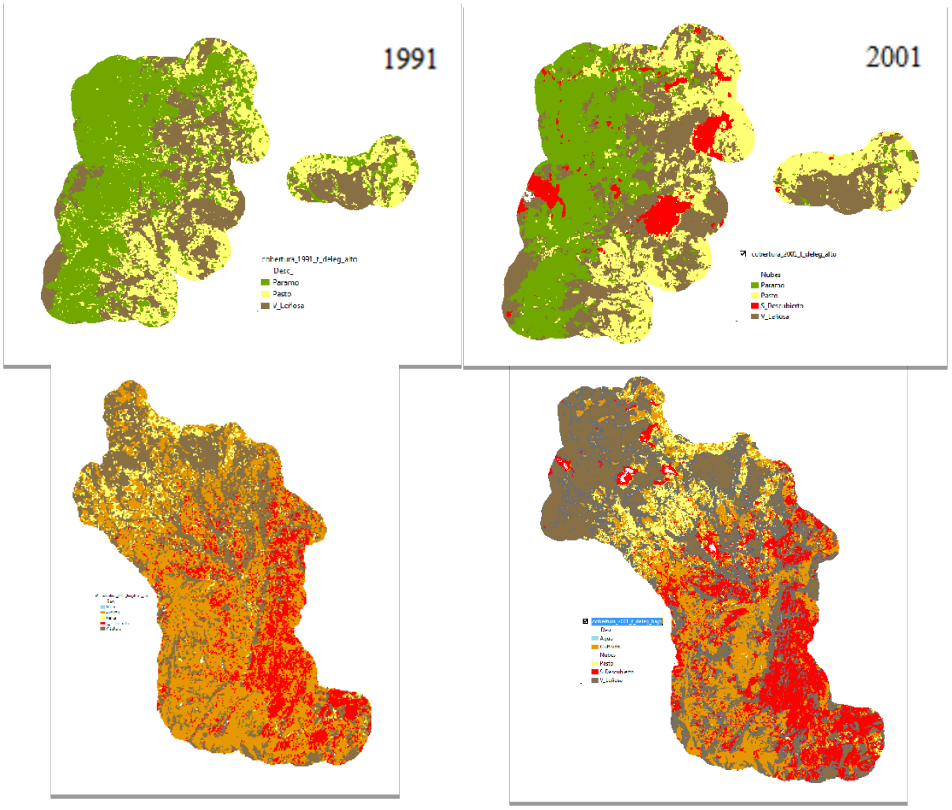
2.4.2.2.3. Fase de asignación

Como su nombre lo indica la fase de asignación, consiste en asignar una de las clases de coberturas de suelo definidas a cada pixel de la imagen con base en su nivel digital, esta asignación se logra mediante diversos métodos, siendo el método de máxima probabilidad (1.4.2.1) uno de los más robustos estadísticamente, y que ha sido aplicado para la generación de los mapas de cobertura de ambos años. (Universidad del Azuay - IERSE., 2010)

Luego de aplicar el proceso de clasificación, se genera una imagen que representa la cobertura de suelo, esto se realiza para cada zona, ya que se utiliza una máscara que limita el área del resultado, se encuentra representada en su nivel digital la categoría que fue asignada, esta imagen resultante fue suavizada mediante un filtro, el mismo que aplica a cada pixel una media de 5x5 pixeles.

De esta manera, se obtiene cuatro imágenes clasificadas, dos por cada año: una de la zona alta y otra de la zona baja.

Ilustración N° 12. Mapas de Cobertura de Suelo de las diferentes áreas.



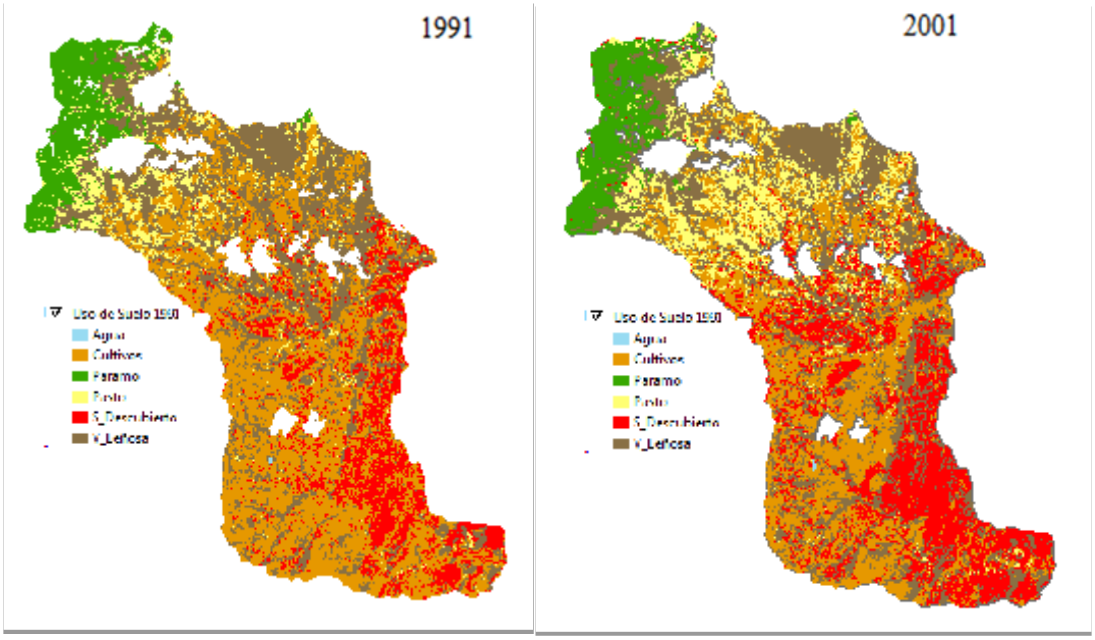
Elaborado por: Lisseth Cure López.

Generación del mapa de cobertura de los años 1991 y 2001 de la cuenca del río Déleg.

Los archivos generados en formato raster correspondientes a cada zona de cada imagen fueron exportados a formato vectorial, luego gracias a herramientas SIG, se procedió a unir los archivos resultantes, a fin de obtener un solo archivo que represente la cobertura de suelo para cada año de la microcuenca del río Déleg.

Una vez generado el mapa de cobertura de uso se procedió a depurar los resultados, que consistió en identificar las zonas cubiertas de nubes, obteniendo los siguientes datos:

Ilustración N° 13. Mapas de Uso de Suelo



Elaborado por: Lisseth Cure López

Los mapas generados tienen las mismas categorías de clasificación, las cuales tienen la misma leyenda.

2.4.3. Análisis multitemporal del uso de suelo

2.4.3.1. *Estandarización de los insumos*

Se realiza un análisis y homologación de los mapas de usos de las dos fechas estudiadas, definiendo en primera instancia las zonas que presentan nubes, las cuales son eliminadas y no entrarían en el proceso de análisis, se debe cortar la misma área tanto en el mapa de 1991 cuanto en el del 2001. Los usos definidos en cada mapa deben ser verificados como se mencionó anteriormente, las categorías de uso deben ser las mismas para ambos mapas y deben tener la misma numeración, procedimiento que se ha realizado con anterioridad.

Tabla N° 8. Numeración de los usos de suelo.

USO DE SUELO	NUMERACIÓN
Suelo Descubierto	5
Cultivos	1
Pastos	2
V_Leñosa	4
Agua	6
Páramo	3

Elaborado por: Lisseth Cure López.

2.4.3.2. *Conversión de archivos*

Al contar con la información de los archivos de uso de suelo del año 1991 y 2001 homologados tanto en los tipos de uso como en el área de estudios, se deben exportar los archivos a formato vectorial (shape), luego a formato raster de ESRI.

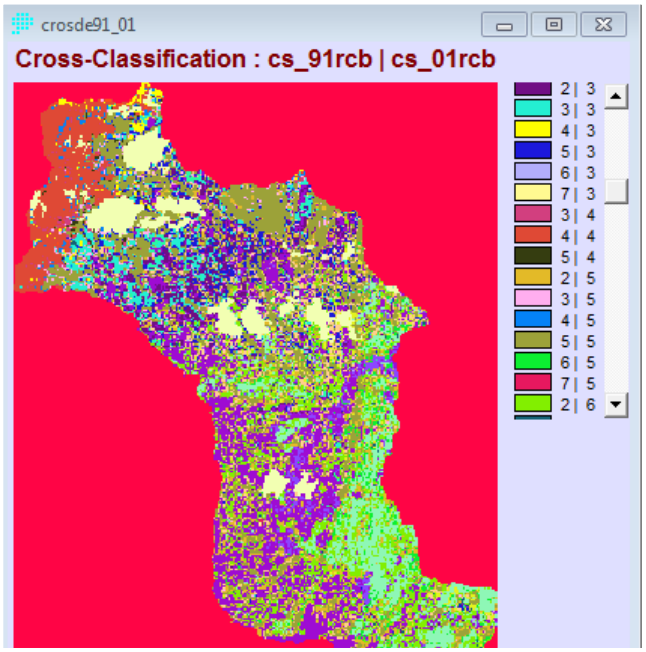
Con la numeración establecida anteriormente, se generaron archivos raster, los cuales tienen un tamaño de 50x50 por cada pixel, para poder luego exportar a formato ASCII, el cual servirá como archivos de entrada para el programa IDRISI.

2.4.3.3. *Cambio de uso de suelo y cálculo de tasas de cambio*

Mediante el programa Idrisi Andes, se genera un crosstab que nos da como resultado una tabla indicativa del cambio que se ha dado en el uso de suelo que ha cambiado y el área que ha sufrido este cambio; esta tabla será editada y analizada en el capítulo de resultados.

Los resultados que da el programa vienen dados con el número de pixel al cual pertenece cada tipo de uso y el número de pixeles que ha pasado de un uso a otro, con lo cual se puede determinar las áreas afectadas por un cambio.

Ilustración N° 14. Resultados Crosstab



Module Results

Cross-tabulation of cs_91rcb (columns) against cs_01rcb (rows)

	0	1	2	3	4	5	6	7	Total
0	43223	0	0	0	0	0	0	0	43223
1	0	2288	1	1	0	0	0	0	2290
2	0	0	6187	309	0	1584	892	0	8972
3	0	0	1352	1047	254	1367	84	1	4105
4	0	0	0	202	2227	91	0	0	2520
5	0	0	2269	566	228	5486	909	5	9463
6	0	0	3432	100	30	687	2952	0	7201
7	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Total	43223	2288	13241	2225	2739	9215	4837	7	77775

Elaborado por: Lisseth Cure López

Luego, se pretende calcular las tasas de cambio que se presentan dentro de la zona de estudio, para lo cual es necesario realizar una categorización de cambio, como se describe a continuación:

- *Avance de la frontera agrícola:* Cuando hablamos de la frontera agrícola, entendemos esa delgada "línea" que separa los bosques de los cultivos. Al hablar del avance de la frontera agrícola entendemos la expansión de la agricultura a la cota del bosque, la conversión de bosque en terrenos de cultivo, y también la transformación de la Naturaleza por la actividad humana, el paso de la civilización.

- *Regeneración y deforestación de bosque primario:* Es un parámetro que nos permite identificar la cantidad de bosque que se ha perdido o se ha regenerado en el área de estudio, siendo el bosque primario un bosque intacto (u original), y con un alto grado de naturalidad que nunca ha sido explotado o fragmentado, ni directa o manifiestamente influenciado por el hombre. Para esta categoría, nos interesa la pérdida de bosque, no solamente por los cultivos sino por cualquier tipo de uso que lo sustituya.

- *Regeneración y reforestación de bosques de forestación:* Nos permite identificar la pérdida o recuperación de los bosques con especies de forestación como lo es el pino o el eucalipto. Para este proceso fue necesario realizar una distinción de los bosques naturales y bosques de forestación, ya que no fue posible diferenciar en las imágenes los dos tipos de bosque, por el parámetro altura se pudo definir las áreas de vegetación leñosa encontradas sobre los 3.200 m. como bosques primarios y bajo los 3.200 m. como bosques de forestación.

Las tasas de variación de cambio se establecen mediante la siguiente ecuación que nos ayuda a determinar el porcentaje de variación:

Ecuación 4. $$\%\, \boldsymbol{deCambio} = \left(\boldsymbol{A_{t2}} \times \mathbf{100} / \boldsymbol{A_{t1}} \right)$$

Donde $\boldsymbol{A_{t1}}$ es el área de un uso determinado para el primer año de análisis, en nuestro caso 1991.

A_{t2} es el área de un uso determinado para el segundo año de análisis, en nuestro caso 2001.

2.4.4. Valoración ambiental

Existen diversas formas de realizar una valoración ambiental, ya que este término abarca una infinidad de indicadores sean bióticos, abióticos, físicos, sociales, económicos, etc, por lo cual fue necesario establecer los indicadores y parámetros que van a ser considerados; tomando en cuenta la finalidad del presente estudio, es necesario tener en cuenta, de acuerdo a la literatura consultada, la importancia de realizar en la actualidad una valoración del territorio, enfocada en factores como el uso del suelo, permitiendo establecer indicadores que logren reflejar la valoración de la calidad ambiental, tomando como insumo la información obtenida y generada, por lo cual se estableció la siguiente ecuación:

Ecuación 5. $$CA = Valor\ ecológico + Valor\ paisajístico.$$

A su vez, estos indicadores están conformados por diferentes parámetros, los cuales han sido analizados en función al uso de suelo presente, de acuerdo a lo establecido en el numeral 1.4.4.4.1 lo que se pretende es valorar los méritos del territorio, en este trabajo se realizará una evaluación mediante modelos empíricos que permiten establecer las características que darán el nivel de calidad a la microcuenca.

2.4.4.1. *Valoración Ecológica*

Se definieron como parámetros para llevar a cabo esta valoración, la complejidad del territorio, en base a la cual se establecieron rangos de valores en función al uso de suelo existente en la zona, los cuales van de 1 a 5; atribuyendo la complejidad del territorio a cada uso de suelo; basando esta calificación, gracias a la Ilustración N° 5; siendo uno los ecosistemas menos complejos como las zonas que no cuentan con cobertura y como ecosistemas complejos, a los suelos cuyos usos pueden ser los páramos y vegetación leñosa; gracias a la Ilustración N° 4 de las

etapas seriales, visualmente es posible determinar el valor correspondiente a cada uso de suelo.

El cuadro de valoración ecológica en función de su complejidad o de su etapa serial, la misma que está determinada por el uso de suelo presente fue la siguiente:

Tabla N° 9. Valoración Ecológica.

USO DE SUELO	VALORACIÓN ECOLÓGICA (VE)
Suelo Descubierto	1
Cultivos	2
Pastos	3
V_Leñosa	4
Agua	5
Páramo	5

Elaborado por: Lisseth Cure López

Luego de ingresar esta valoración se procede a realizar una multiplicación con el porcentaje de área que cubre cada uso de suelo, lo que permitirá establecer un parámetro más que va en función del área.

2.4.4.2. *Valoración paisajística*

Al igual que la valoración ecológica, debemos determinar los indicadores que permitirán evaluar la valoración paisajística, para lo cual se establecieron tres parámetros físicos, ya que al tener que realizar un análisis multitemporal es necesario evaluar parámetros para la fecha en las que se va a realizar dicha valoración, por lo cual se tomaron en cuenta factores que no varían con el tiempo como lo son la pendiente y la altura, y una variante en función del tiempo, como lo es el uso de suelo; para poder establecer los valores a representar la valoración para cada parámetro, se tomó de diferentes tablas como se puede observar a continuación:

2.4.4.2.1. Pendiente y altura

Son factores definidos para evaluar la calidad visual del paisaje, para lo cual se generó el mapa de pendientes y se categorizó en diferentes rangos; de igual manera se hizo con las alturas, definiendo como cota los 3.200 m. que es el sector en el cual se puede observar un cambio notorio en el paisaje del sector, por el cambio en el uso de suelo. Para evaluar estas tablas categorizadas se tomó como punto de referencia el método de valoración directa empleado en el BLM (Bureau of LandManagemnt), pues se emplea categorías y escalas para la valoración y por lo tanto se constituye en un método de subjetividad controlada.

Las variables y valoraciones empleadas se detallan en la Ilustración N° 15

A continuación se definió el rango de valor que iba a ser otorgado a cada una de las variables, el cual va de 1 a 5, como se estableció en el valor ecológico 1 el valor más bajo y 5 el más alto; para los valores establecidos tanto para la pendiente como la altura basados en el factor de morfología de la Ilustración N° 15, se establecieron las siguientes valoraciones:

Tabla N° 10. Valoración Pendientes (Vp1)

RANGO DE PENDIENTE	VALORACIÓN
0 - 12%	1
12 - 25%	2
25 - 50%	3
50 - 70%	4
Mayores a 70%	5

Elaborado por: Lisseth Cure López

Tabla N° 11. Valoración Alturas. (Va2)

RANGO DE ALTURA	VALORACIÓN
Menores a 3200 m.	3
Mayores a 3200 m.	5

Elaborado por: Lisseth Cure López

Ilustración N° 15. Criterios de valoración de la BML (Bureau or LandManagemnt)

MORFOLOGIA	Relieve muy montañoso, marcado y prominente (acantilados, agujas, grandes formaciones rocosas); o bien, relieve de gran variedad superficial o muy erosionado o sistemas de dunas; o bien presencia de algún rasgo muy singular y dominante. (Ej. Glaciar)	Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes pero no dominantes o excepcionales.	Colinas suaves, fondos de valle planos, pocos o ningún detalle singular
	5	**3**	**1**
Vegetación	Gran variedad de tipos de vegetación, con formas, texturas, y distribución interesantes.	Alguna variedad en la vegetación, pero sólo uno o dos tipos.	Poco o ninguna variedad o contraste en la vegetación.
	5	3	1
Agua	Factor dominante en el paisaje, apariencia limpia y clara, aguas blancas (rápidas y cascadas) o láminas de agua en reposo.	Agua en movimiento o en reposo, pero no dominante en el paisaje.	Ausente o inapreciable.
	5	**3**	**0**
Color	Combinaciones de color intensas y variadas, o contrastes agradables entresuelo, vegetación, roca, agua y nieve.	Alguna variedad e intensidad en los colores y contraste del suelo, roca y vegetación, pero no actúa como elemento dominante.	Muy poca variación de color o contraste, colores apagados
	5	**3**	**1**
Fondo Escénico	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual.	El paisaje circundante incrementa moderada-mente la calidad visual del conjunto.	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del con-junto
	5	**3**	**0**
Rareza	Único o poco corriente o muy raro en la región; posibilidad real de contemplar fauna y vegetación excepcional.	Característico, aunque similar a otros en la región.	Bastante común en la región.
	6	**2**	**1**
Actuaciones Humanas	Libre de actuaciones estética-mente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual.	La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad, o no añaden calidad visual.	Modificaciones intensas y extensas, que reducen o anulan la calidad escénica.
	2	**0**	**0**

Fuente: BLM, 1980.

2.4.4.2.2. Uso de suelo

La metodología que permite analizar elementos abióticos y antrópicos esta definida en función del uso de suelo, como se describe a continuación (Programa Nacional de Competitividad de Costa Rica, 2008):

- *Parte biótica:* Constituida por bosques o nichos ecológicos determinados.

- *Parte abiótica:* Mar, riscos, afloramiento rocosos, cuerpos de agua, canteras, entre otras
- *Biótico – antrópico*: Como los pastos y cultivos o bien sistemas agropastoriles (sistemas naturales modificados por el hombre)
- *Antrópico:* La huella de las infraestructuras

Tabla N° 12. Dominancia Paisajística

DOMINANCIA PAISAJÍSTICA	VALOR DE IMPACTO
Biótica	I (Muy alto)
Biótica - Abiótica	II (Alto)
Abiótica	III (Medio)
Antrópica - Biótica o Antrópica - Abiótica	IV (Bajo)
Antrópica	V (Muy bajo)

Fuente: (Programa Nacional de Competitividad de Costa Rica, 2008)

Gracias a lo consultado de esta literatura fue posible establecer una valoración paisajística en función de la afectación de un impacto en los diferentes usos de suelo, lo que nos permite establecer el valor paisajístico, obteniendo la siguiente tabla:

Tabla N° 13. Valoración Uso de Suelo (Vu3)

USO DE SUELO	DOMINANCIA	VALORACIÓN PAISAJÍSTICA
Suelo Descubierto	Antrópico	1
Cultivos	Biótica - Antrópica	2
Pastos	Biotica - Antrópica	3
V_Leñosa	Biótico	4
Agua	Abiótica	5
Páramo	Biótico	5

Elaborado por: Lisseth Cure López

Una vez realizada la valoración de los factores, estos fueron promediados, a fin obtener la evaluación de cada área dependiendo de las características a las que pertenecen mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 6. $$VP = {(V_{p1} + V_{a2} + V_{u3})}/{3}$$

Al igual que con la valoración ecológica, se debe incluir el factor de porcentaje de área para cada uso.

2.5. GENERACIÓN DE ESCENARIO TENDENCIAL

A partir de los mapas de uso de suelo generados para los años de 1991 que representa el tiempo pasado t_{-1} y para el año 2001 que representa el tiempo t_0, de tal manera con el manejo del software especializado se obtiene el mapa de cobertura para el año 2010, el mismo que servirá, en primera instancia, para desarrollar una validación de los resultados obtenidos, que permitirá obtener el mapa para el año 2030.

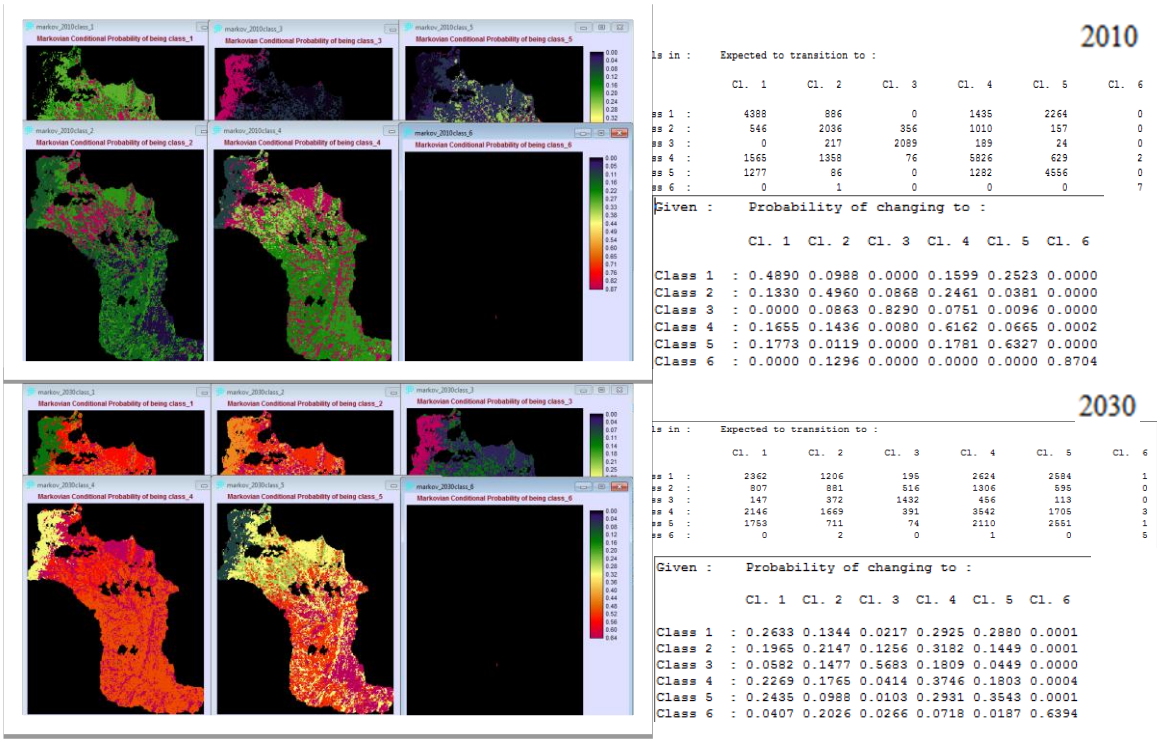
Con los archivos ASCII generados anteriormente a partir de los usos de suelo para los años de estudio deben ser importados dentro del programa Idrisi, a los cuales se les debe eliminar los valores irreales que se encuentran en un rango de -9999 y 0, sustituyéndolos por un nuevo y único valor de 0 (cero) mediante un proceso de reclasificación (reclass), de esta manera contamos con los archivos de entrada para los procedimientos posteriores.

2.5.1. Cadenas de Markov.

Como se describió anteriormente en el numeral 1.5.1.2.1, mediante este tipo de análisis es posible obtener los mapas tendenciales de un territorio determinado, para lo cual mediante software especializados como lo es el Idrisi, que nos permite desarrollar este tipo de procedimientos. Gracias a la aplicación de la herramienta "Markov" la cual nos genera un reporte de la matriz de probabilidades de cambio de uso de suelo entre cada uno de ellos (Ilustración N° 16) en la parte superior para el

año 2010 y en la parte inferior para el año 2030, aparte genera un informe que indica las áreas de transición entre los usos cuya unidad de medida es el pixel, y una serie de mapas de probabilidad condicional (individuales y agrupados en un archivo de formato *.rgf).

Ilustración N° 16. Resultados proceso Markov



2010

```
ls in :    Expected to transition to :

              Cl. 1      Cl. 2      Cl. 3      Cl. 4      Cl. 5      Cl. 6

gs 1  :        4388        886          0       1435       2264          0
gs 2  :         546       2036        356       1010        157          0
gs 3  :           0        217       2089        189         24          0
gs 4  :        1565       1358         76       5826        629          2
gs 5  :        1277         86          0       1282       4556          0
gs 6  :           0          1          0          0          0          7

Given :    Probability of changing to :

              Cl. 1  Cl. 2  Cl. 3  Cl. 4  Cl. 5  Cl. 6

Class 1  : 0.4890 0.0988 0.0000 0.1599 0.2523 0.0000
Class 2  : 0.1330 0.4960 0.0868 0.2461 0.0381 0.0000
Class 3  : 0.0000 0.0863 0.8290 0.0751 0.0096 0.0000
Class 4  : 0.1655 0.1436 0.0080 0.6162 0.0665 0.0002
Class 5  : 0.1773 0.0119 0.0000 0.1781 0.6327 0.0000
Class 6  : 0.0000 0.1296 0.0000 0.0000 0.0000 0.8704
```

2030

```
ls in :    Expected to transition to :

              Cl. 1      Cl. 2      Cl. 3      Cl. 4      Cl. 5      Cl. 6

gs 1  :        2362       1206        195       2624       2584          1
gs 2  :         807        881        516       1306        595          0
gs 3  :         147        372       1432        456        113          0
gs 4  :        2146       1669        391       3542       1705          3
gs 5  :        1753        711         74       2110       2851          1
gs 6  :           0          2          0          1          0          5

Given :    Probability of changing to :

              Cl. 1  Cl. 2  Cl. 3  Cl. 4  Cl. 5  Cl. 6

Class 1  : 0.2633 0.1344 0.0217 0.2925 0.2880 0.0001
Class 2  : 0.1965 0.2147 0.1256 0.3182 0.1449 0.0001
Class 3  : 0.0582 0.1477 0.5683 0.1809 0.0449 0.0000
Class 4  : 0.2269 0.1765 0.0414 0.3746 0.1803 0.0004
Class 5  : 0.2435 0.0988 0.0103 0.2931 0.3543 0.0001
Class 6  : 0.0407 0.2026 0.0266 0.0718 0.0187 0.6394
```

Elaborado por: Lisseth Cure López

Como se mencionó anteriormente, se generan modelos tendenciales para dos años diferentes 2010 y 2030, por lo que es necesario realizar todos los procedimientos para ambas fechas.

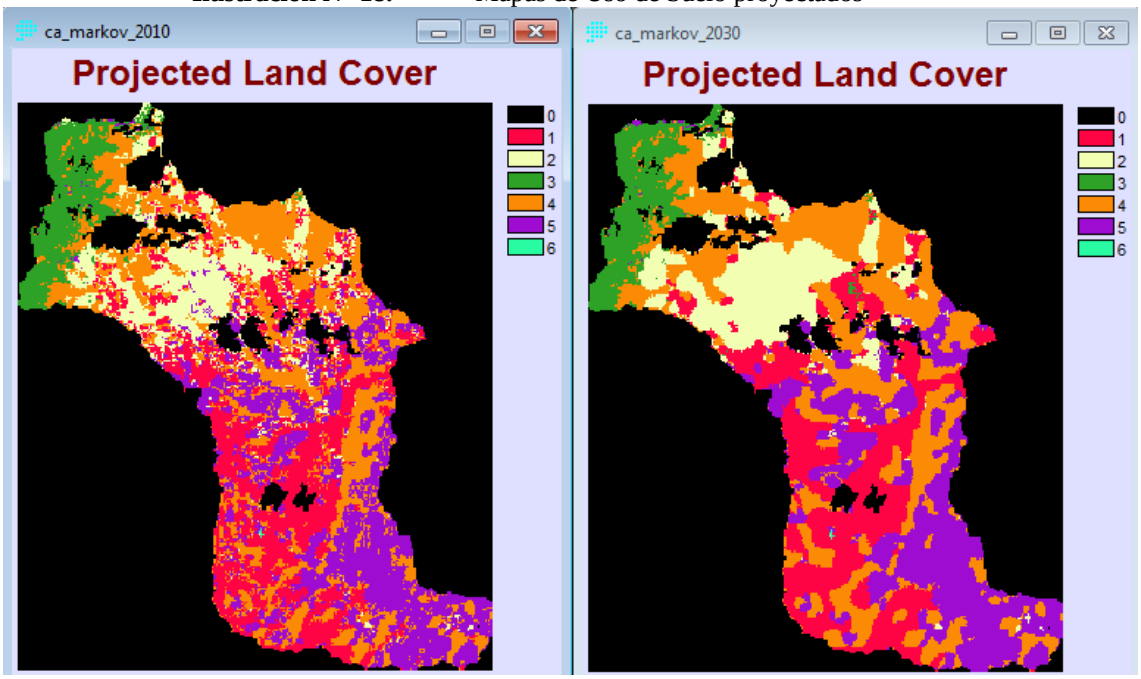
Posteriormente se utiliza la herramienta de "Cadenas estocásticas" (StChoice) tomando los archivos generados en el proceso anterior (*.rgf), esta herramienta evalúa la probabilidad de cada pixel para pertenecer a cierta categoría y conforma un mapa único que soluciona las incompatibilidades entre las categorías establecidas, se exterioriza un mapa como resultado que representa el modelo del territorio al periodo de tiempo planteado en el estudio, el problema que presentan las cadenas estocásticas es que consideran una evolución lineal convirtiéndose en una debilidad.

Ilustración N° 17. Resultados StChoice.

Elaborado por: Lisseth Cure López

Bajo este caso se aplica la herramienta de Autómata Celular de Markov (CA_Markov, que de igual manera que el ST_Choice, se consideran un análisis de evaluación multiobjetivo), el cual a partir de un análisis de una serie de cronológica de usos de suelo, el reporte de las áreas de uso de suelo, y el conjunto de mapas de probabilidad condicional, es posible obtener el mapa de uso de suelo para los años 2010 y 2030.

Ilustración N° 18. Mapas de Uso de Suelo proyectados



Elaborado por: Lisseth Cure López

2.5.2. Validación de la información generada

Gracias a la colaboración de la Municipalidad del Cantón Déleg, se consiguió una orthofotomosaico del año 2010, que consta de una resolución de 1m; es decir, es posible realizar en función de esta imagen una validación del mapa de uso de suelo generado para el año 2010, ya que vamos a comparar una realidad que está representada por el orthofotomosaico con el mapa generado que pertenece al mismo año.

La validación de la información se realizó mediante una matriz de confusión, la misma que permitirá establecer el porcentaje de exactitud que se tiene, para determinar las zonas de muestreo se generaron parcelas de 50x50, que es el tamaño de cada pixel que se tiene en los mapas, las mismas que cubren toda el área de estudio en donde consta la información, obteniendo 32260 puntos de muestreo; mediante un muestro aleatorio simple, se establecieron 229 muestras con un error del 3,23%, como tenemos diferentes usos de suelo y al conocer el número de muestras que se deben tomar, se realizó un muestreo aleatorio estratificado que permitirá conocer el número de muestras para cada uso de suelo como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla N° 14. Muestreo estratificado.

MUESTRA ALEATORIA ESTRATIFICADA					
n	229		**m**	32262	
Páramo	**Cultivos**	**Pastos**	**S_Descubierto**	**V_Leñosa**	**Agua**
2739	13240	2224	4837	9215	7
2739	15979	18203	23040	32255	32262
t1	**t2**	**t3**	**t4**	**t5**	**t6**
19	94	16	34	65	1

Elaborado por: Lisseth Cure López.

Una vez conocidos los números de muestreo, se definen las zonas y se realiza una comparación de los usos existentes en el mapa de usos generado con la cartografía existente, de esta manera, es posible llenar la matriz de confusión que determinará el porcentaje de exactitud del archivo generado.

Una vez generada la matriz de confusión, se deberá determinar el índice Kappa, que definirá la confianza de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla N° 15. Índice Kappa

Kappa (κ)	Grado de concordancia
0	Ninguna
0.01 – 0.20	Insignificante
0.21 – 040	Mediano
0.41 – 0.60	Moderado
0.61 – 0.80	Sustancial
0.81 – 1.00	Casi Perfecto

Fuente: Análisis Multitemporal y Modelo Prospectivo del Parque Nacional Llaganates, Víctor Hugo Bernis Llanos

2.6. PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE MANEJO

Para poder realizar una propuesta de estrategias, es necesario conocer y realizar una zonificación de los puntos sensibles que presenta la zona de estudio; el objetivo es que las actividades que realice la población sean las adecuadas, según la capacidad de respuesta del territorio.

Al poder tener un modelo tendencial del uso de suelo en la microcuenca, es posible establecer áreas que necesiten de ciertas medidas que permitirán llevar a cabo un manejo integral de la microcuenca, considerando diferentes parámetros los mismos que serán considerados en función de la línea base levantada. De esta manera se tomarán medidas que mejoren la calidad ambiental de la microcuenca en un futuro, mediante recomendaciones realistas y ejecutables, para lo cual se deberá:

2.6.1. Delimitar áreas problemáticas

Las áreas susceptibles serán aquellas que presentan un cambio incidente en su uso de suelo, principalmente se deberá analizar zonas que sufran procesos de deforestación, crecimiento de la frontera agrícola, perdida de suelo, zonas degradadas, zonas productivas, entre otras, en función de las cuales se generarán

medidas que permitan establecer el mejor escenario posible, evitando un deterioro en la calidad ambiental de la microcuenca.

2.6.2. Plan de recuperación ambiental

La propuesta de un plan de recuperación ambiental se dio, tratando de evitar pérdida de bosques, pérdida de suelo fértil por un manejo inadecuado de las prácticas agropecuarias y degradación del suelo.

2.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

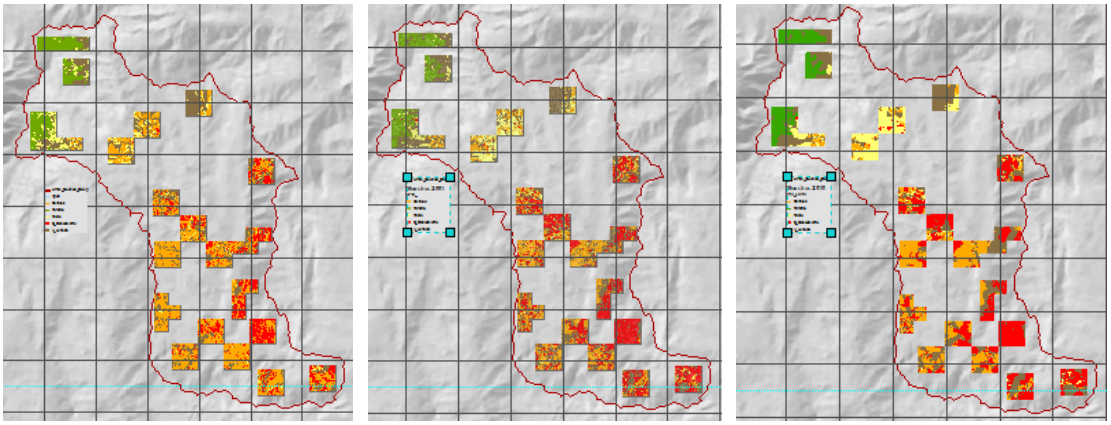
Mediante el análisis estadístico se pretende alcanzar a demostrar la hipótesis planteada en este proyecto de tesis, para lo cual se contó con la ayuda del programa estadístico MINITAB, versión 15 en español.

El análisis estadístico de este trabajo se lo realizó mediante la metodología ADOVA, para lo cual se establecieron las zonas de muestreo que representan el 25,46% del área total de la microcuenca, las parcelas de muestreo están definidas por un área de 100 ha, se escogió las parcelas de forma aleatoria.

Una vez establecidas las zonas de muestreo, se realizó el corte para tres fechas, 1991, 2001 y luego de realizar la validación de la información generada para el año 2010 se generó el análisis para este año también.

Con las parcelas de muestreo se realizó la evaluación de la calidad ambiental en función de sus parámetros para cada parcela, de esta manera obtenemos los resultados de la tabla N° 16.

Ilustración N° 19. Parcelas de Muestreo.



Elaborado por: Lisseth Cure

Tabla N° 16. Valoración Ambiental de las parcelas.

PARCELAS	V_ECOLÓGICO			V_PAISAJÍSTICO			V_AMBIENTAL		
	1991	2001	2010	1991	2001	2010	1991	2001	2010
1	427,91	430,76	434,65	412,91	413,21	415,19	840,82	843,97	849,84
2	450,70	455,77	459,48	415,17	416,07	418,06	865,87	871,84	877,54
3	294,17	295,33	290,18	266,63	267,00	265,36	560,80	562,33	555,54
4	354,75	360,49	370,24	299,56	300,95	304,73	654,32	661,44	674,97
5	272,40	288,46	288,61	252,30	257,65	257,73	524,70	546,11	546,34
6	259,16	223,72	210,31	270,94	258,67	254,61	530,11	482,39	464,93
7	241,10	235,43	235,01	270,61	268,16	268,50	511,71	503,59	503,51
8	217,76	203,54	194,98	233,77	229,51	226,24	451,54	433,04	421,22
9	227,27	233,76	213,79	243,57	245,65	239,04	470,85	479,41	452,83
10	229,93	211,91	206,46	231,91	225,85	224,10	461,84	437,76	430,56
11	205,34	222,33	218,47	252,91	259,10	257,29	458,24	481,43	475,76
12	251,50	253,74	263,38	243,06	243,59	247,04	494,56	497,34	510,42
13	213,66	219,92	215,55	239,59	241,96	240,21	453,25	461,89	455,76
14	479,15	470,39	475,09	431,21	427,59	429,86	910,36	897,98	904,95
15	240,70	230,39	229,99	245,87	242,51	242,34	486,56	472,90	472,32
16	185,42	224,04	238,63	243,32	255,84	261,00	428,74	479,88	499,63
17	219,44	253,11	290,86	262,87	273,41	286,62	482,30	526,52	577,48
18	130,58	131,65	121,99	221,02	221,25	218,13	351,61	352,90	340,12
19	212,23	217,58	227,78	269,60	271,50	274,81	481,83	489,08	502,59
20	214,46	210,00	211,89	226,31	225,67	225,68	440,77	435,66	437,57
21	360,66	368,20	361,13	372,66	375,43	372,81	733,32	743,64	733,94
22	354,75	360,49	370,24	299,56	300,95	304,73	654,32	661,44	674,97

Elaborado por: Lisseth Cure

Una vez realizado el análisis estadístico para la valoración ecológica, se procedió a aplicar un modelo estadístico, para determinar si el cambio que se da en la microcuenca es constante, tanto para la parte alta cuanto para la parte baja.

A estos datos se aplica la metodología del Diseño de Bloques Completamente al Azar, la varianza de un factor (ADOVA), para lo cual se analizó cada una de las

valoraciones; es decir, para el Valor Ecológico y Valor Paisajístico, a fin de estimar que factor es más incidente dentro de la ecuación propuesta para la valoración ambiental; los resultados serán analizados en el numeral 3.5 del CAPÍTULO III.

CAPÍTULO 3.

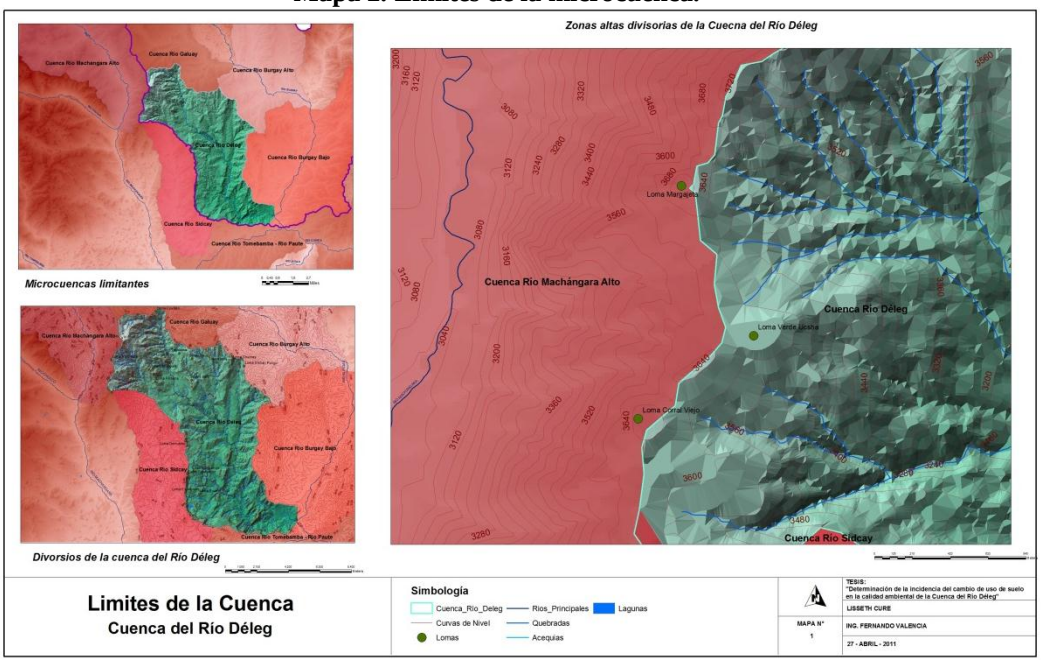
RESULTADOS

3.1. LÍNEA BASE

3.1.1. Límites de la microcuenca

Como se puede observar, en el mapa para la delimitación de la cuenca del río Déleg se consideró lo antes mencionado, las zonas por las que pasa la línea imaginaria están en los puntos más altos donde existe un cambio en la pendiente.

Mapa 2. Límites de la microcuenca.



Fuente: Consejo de Gestión de Aguas de la Cuenca del Paute (CGP)
Elaboración: Lisseth Cure López.

La cuenca se encuentra limitada:

- **Norte:** Cuenca del río Galuay.
- **Sur:** Cuenca del río Tomebamba.
- **Este:** Cuencas de los río Burgay Alto y Bajo
- **Oeste:** Cuencas de los ríos Sidcay y Machángara Alto.

3.1.2. Demarcación hidrográfica nacional

Hasta el momento no se ha realizado una codificación para la cuenca del río Déleg, ya que para realizar la delimitación de estas unidades hidrográficas se deberá elaborar cartografía a escala 1:50.000, la que puede proporcionar un mayor detalle.

Con la información generada hasta el momento, podemos definir que la cuenca del río Déleg se encuentra dentro de la cuenca del río Paute, la misma que pertenece a la cuenca del río Santiago, la cual pertenece a la región hidrográfica del Amazonas, esta codificación pertenece al número 49982.

Anteriormente, la codificación para la cuenca del río Déleg era la siguiente.

Tabla N° 17. Codificación de la Microcuenca

CODIFICACIÓN DE LA MICROCUENCA DEL RÍO DÉLEG		
Sistema hídrico Santiago		30
Cuenca del río Paute		9
Subcuenca del río Burgay		1
Nombre	**Código**	**Código final**
Déleg	3	30090103

Fuente*:* Programa de Gestión de la microcuenca del río Déleg, Volumen I: Diagnóstico de la microcuenca.

3.1.3. Fisiografía

3.1.3.1. *Orografía*

La microcuenca se encuentra en la zona sur del callejón interandino, dentro de la hoya del Paute, donde existe una topografía irregular y accidentada.

Contando desde el Sur, que aparece cubierto de materiales volcánicos, divide a la Sierra en dos subregiones profundamente diferenciadas desde el punto de vista orográfico y geológico: la del volcanismo antiguo, al Sur y la del volcanismo

moderno al Norte, este es ***el nudo del Azuay.*** Este nudo es el límite más meridional de la región norte y central que abunda en depósitos eruptivos de origen moderno: es un ancho dorso de andesitas, lavas y tobas, cubierto de glaciales en el período glacial, y la más ande de cuantas formaciones andesíticas homogéneas del Ecuador

La hoya del Paute es un vaciado donde predominan terrenos terciarios, aunque en las partes orientales encontramos tobas volcánicas, está limitada al Sur por los páramos de Silván, donde su superficie superior está formada de porfiritas y los de Buerán y Cañar, al Norte los cuales son contrafuertes del gran cordal andesítico del Azuay, que encierra la alta y pequeña hoya del Cañar; al centro norte se encuentra el cerro Cojitambo, en cuyos contornos se han encontrado abundantes capas de lignito, que se extienden hasta Biblián, las que comenzaron a ser explotadas técnicamente para la instalación de la fábrica de cemento de Guapán.

Ilustración N° 20. Fotografía panorámica de la microcuenca del río Déleg.

Fuente: Programa de Gestión de la microcuenca del río Déleg, Volumen I: Diagnóstico de la microcuenca.

3.1.4. Características morfométricas

Tabla N° 18. Características Morfométricas

CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS	
Área	86.37Km^2
Perímetro	55.05Km
Longitud del canal principal (río Déleg)	27.80Km
Longitud Axial	16.88Km
Factor de Forma	0.3
Coeficiente de Compacidad *Kc*	1.66
Orden de Drenaje	4
Densidad de Drenaje	2.35Km/Km^2
Altura Máxima	3800m
Altura Mínima	2320m
Altura Promedio	2878m
Desnivel	1480m
Pendiente Media	14.26°

Elaborado por: Lisseth Cure.

La microcuenca del río Déleg tiene un factor de forma de **0.3**, lo que nos indica que tiene una forma alargada, determinando de esta manera que presenta un flujo de agua con una velocidad representativa, indicándonos la existencia de un arrastre de sedimentos hacia las partes baja de la microcuenca.

La microcuenca tiene un K_c de **1.66**, determinando que corresponde a una forma oval alargada a rectangular alargada.

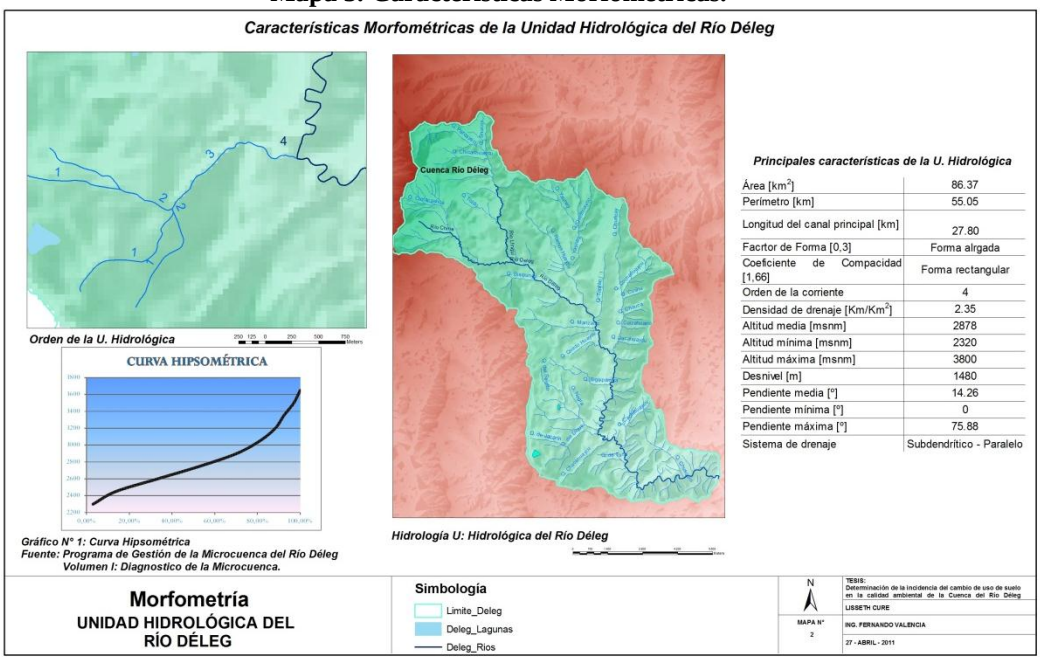
3.1.4.1. *Sistema de drenaje*

Debido a las características que presenta la microcuenca, se puede catalogar dentro de un drenaje paralelo y sub-dendrítico, que tienen pendientes altas, existe material de baja permeabilidad, pendientes entre sí moderadas, baja cobertura vegetal, caudales cortos, consta de un afluente mayor bien identificado con mayor cantidad de caudal, existiendo un control estructural.

3.1.4.2. *Curva hipsométrica*

En la curva hipsométrica encontramos dos puntos de inflexión, justificados por la variación litológica de los materiales volcánicos cristalinos sobre la parte alta y la elevada incidencia de los procesos erosivos en la parte baja.

Mapa 3. Características Morfométricas.



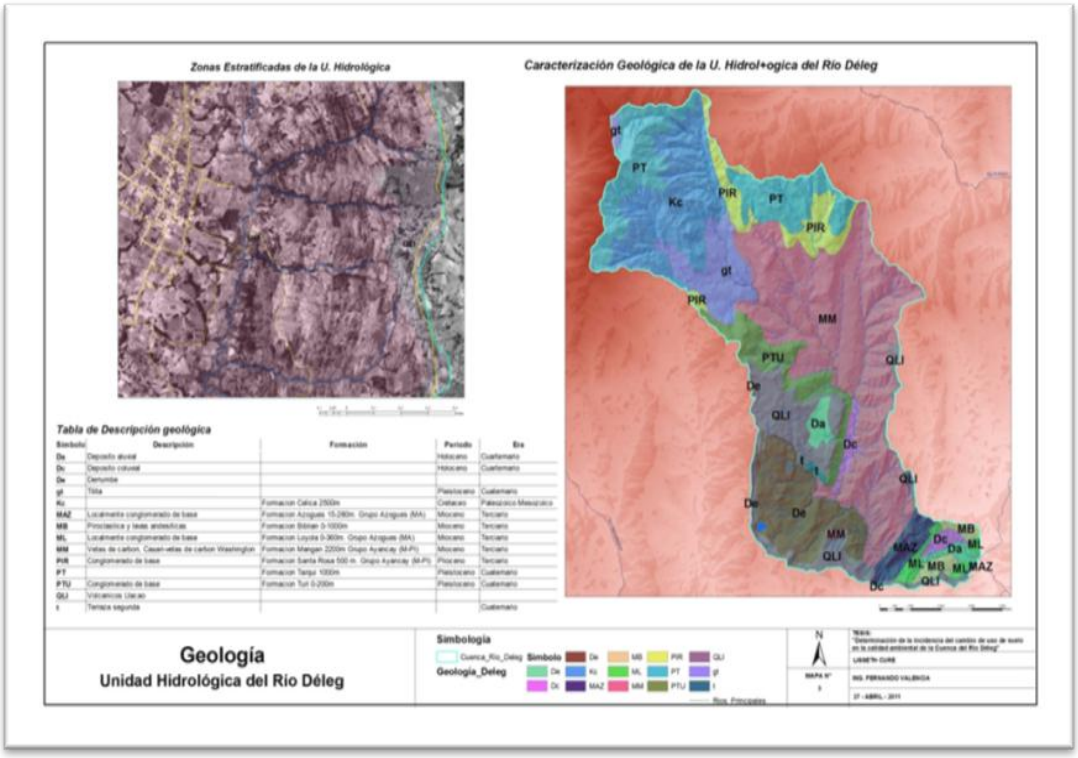
Fuente: Consejo de Gestión de Aguas de la Cuenca del Paute (CGP)
Elaboración: Lisseth Cure López.

3.1.5. Geología

3.1.5.1. *Características geológicas*

La caracterización geológica de la microcuenca condiciona en gran parte la capacidad erosiva existente hacia la zonas media y baja en donde existen formaciones de tipo sedimentarias en estratos son expuestos al intemperismo, acelerados procesos de desvitrificación de los clastos sedimentarios que se muestran plegados y fallados, generando una gran inestabilidad de desarrollo de suelo.

Mapa 4. Geología de la microcuenca.



Fuente: Consejo de Gestión de Aguas de la Cuenca del Paute (CGP)
Elaboración: Lisseth Cure López.

La microcuenca del río Déleg se encuentra situada en la región centro sur andina de Ecuador, formando parte sustancial de la unidad geográfica caracterizada por la presencia del macizo montañoso andino, que se encuentra conformado por las cordilleras Occidental y Oriental, las características geomorfológicos son menores, sin embargo geológicamente muy evidente.

Varios geólogos y geógrafos sostienen más bien que en el sector sur de Ecuador se distingue un solo sistema montañoso complejo, denominado por Sauer(1965) "Sistema Montañoso Intra-andino del Sur" y considerado por Lips (1998) como una sola cordillera"[8].

[8] Ministerio del Ambiente del Ecuador: Política de Ecosistemas Andinos del Ecuador2006.(Documento versión preliminar) Pág.7

Al occidente del eje Cuenca – Azogues, el núcleo de la cordillera es constituido por la división litotectónica conocida como terreno Chaucha, sector en el cual se asienta nuestra microcuenca y por lo tanto a continuación se realizará un análisis de las formaciones que se presentan en la zona de estudio.

El terreno Chaucha, no aflorante en el interior de la cuenca por estar oculto bajo una gruesa serie volcánica y sedimentaria, es un cinturón metamórfico de aproximadamente 40 Km de ancho que fue acrecionado al continente en el Cretáceo. Está conformado por rocas metamórficas de alto grado limitadas hacia el Occidente por la sutura Calacalí - Pallatanga - Palenque y hacia el Este está en contacto con los terrenos Alao a través de la falla /sutura tectónica Peltetec.

A lo largo del eje hidrográfico Tarqui, Tomebamba y Burgay, se extiende una cuenca sedimentaria conocida como la "Cuenca de Cuenca" cuyo origen se remonta al Mioceno medio, hace 14.7 a 12.3 millones de años, cuando en un ambiente deltaico y marino salobre se depositaron sedimentos procedentes de la cordillera Real.

La secuencia sedimentaria comprende inicialmente a la formación Biblián, la cual está compuesta de arcillolitas color morado y verde intercalado con areniscas fino granulares y vetas discordantes de yeso y azufre, depositada en un ambiente de llanura aluvial. Tienden a formar lomas suaves con suelos ricos en nutrientes que son aprovechados en la agricultura. Estos suelos arcillosos tienen propiedades geomecánicas deficientes, son plásticos, muy blandos y bajo condiciones de saturación son extremadamente vulnerables a erosión, deslizamiento y reptación. Sin embargo a lo largo del área de influencia directa de la línea de transmisión, se encuentran relativamente estables.

La cuenca fue progresivamente llenada con la formación Loyola, de edad miocénica media a tardía: 13.9 a 11.1 millones de años, que trata de lutitas altamente meteorizadas, recubiertas por una fina capa de limonita y vetas de yeso. En afloramientos frescos se observan lutitas negras finamente laminadas.

Son sedimentos lagunares depositados en ambientes marinos salobres de llanura costanera invadida por transgresiones marinas, con gran cantidad de fósiles marinos (peces, camarones, entre otras).Los suelos residuales son arcillosos, plásticos y muy blandos, bajo condiciones de saturación son extremadamente vulnerables a erosión, deslizamiento y reptación.

Sin ninguna interrupción temporal, la cuenca recibe sedimentos cada vez más gruesos y en ambientes progresivamente más energéticos. La presencia de depósitos turbidíticos, areniscas gruesas, lentes fluviatiles, areniscas conglomeráticas y relativa ausencia de sedimentos finos, delata un medio muy energético imperante en los procesos de transporte y deposición de los sedimentos. Un elevado contenido de materiales volcánicos en todos estos sedimentos indica que existió un volcanismo explosivo contemporáneo. Este conjunto de volcano sedimentos pertenece a la Formación Azogues cuya edad se remonta 11.5 millones de años; esto es, el Mioceno Tardío.

A causa de la deformación que han experimentado estas rocas frecuentemente se presentan fracturadas y con niveles de meteorización profundos. La presencia de reniscas porosas y permeables hacen de estas formaciones zonas de recarga de acuíferos profundos.

La existencia de superficies de debilidad en los contactos entre estratos limo – arcillosos y la arenisca, provoca una concentración de agua en la interfase y el flujo dentro de la arenisca, dando como resultado meteorización y deslizamientos.

La sedimentación continúa ininterrumpidamente, pero empiezan a dominar procesos fluviátiles, ya que la cuenca ha sido casi colmada. Los sedimentos se depositan en llanuras y lagos en ambientes deltaicos. Las fracciones detríticas se hacen menos dominantes, estas ahora aparecen intercaladas entre sedimentos finos conocidos como formación Mangán cuya edad es de 9.9 a 9.5 millones de años, constituida principalmente de limolitas y areniscas finogranulares de color rojo a verde y matriz oxidada, intercaladas con intervalos piroclásticos y volcanoclásticos. Se trata de rocas permeables y con una resistencia al corte regular.

La cuenca fue rellenada con alrededor de 2,500 m^3 de sedimentos, al finalizar este proceso se produce su levantamiento por esfuerzos orogénicos compresivos, que ocasionaron una intensa deformación ahora puesta en evidencia por plegamientos y deformación de los estratos. Una vez que la cuenca se ubicó en los niveles actuales, empezó a recibir un fuerte aporte de materiales detríticos gruesos depositados en un ambiente fluviátil de alta energía. Estos materiales que se originaron en los procesos erosivos que empezaron a denudar el segmento occidental de la cordillera recientemente emergido, se conocen como formación Turi de edad Mioceno Tardío: 9.6 a 8.0 millones de años.

Dentro de la microcuenca del río Déleg también se encuentran sedimentos de la formación Tarqui que es un abanico volcanoclástico durante un período de alta actividad volcánica. La formación consiste completamente de depósitos piroclásticos o volcanoclásticos retrabajados por el agua.

3.1.5.2. *Caracterización geotécnica*

El estudio desarrollado entre 1995 y 1998 (PROYECTO PRECUPA) muestra el cuadro resumen de caracterización geotécnica de las formaciones de la cuenca media del río Paute.

Tabla N° 19. Caracterización geotécnica de formaciones geológicas.

UNIDADES GEOTECNICAS	TENDENCIA DE UNIDADES-FORMACIONES GEOLOGICAS
1) MACIZOS DE ALTA RESISTENCIA.- Rocas cristalinas, masivas, sanas, poco fracturadas y muy competentes. Tipo I y II según Bieniawski	Celica, Maguazo Intrusivos y extrusivos sanos
2) MACIZOS DE MEDIANA A ALTA RESISTENCIA / DEPOSITOS CON PREDOMINIO FRICCIONANTE Y CEMENTADOS.- Rocas cristalinas y sedimentarias competentes. Con poca alteración, fracturadas, juntas rugosas cerradas o rellenas, tipo III según Bieniawski. Material de depósito, friccionante y cementado.	Celica, Maguazo, intrusivos y extrusivos fracturados o fallados, Azogues. Terrazas aluviales y glaciares cementadas.
3) MACIZOS ROCOSOS DE BAJA RESISTENCIA / TERRENOS SUELTOS, FRICCIONANTES COMPACTOS Y COHESIVOS DUROS.- Rocas alteradas y muy fracturadas, poco competentes, foliadas, con juntas planares y de bordes duros, cerradas a rellenas tipo IV según Bieniawski. Terrenos sueltos con predominio friccionante, densos y/o cohesivos duros.	Llacao, Guapán, Yunguilla, Tarqui, Saraguro, Turi, Intrusivos y Maguazo alterados y muy fracturados. Terrazas jóvenes o con matriz alterada. Depósitos coluviales o de piemonte antiguos y gruesos.
4) MACIZOS DE MUY BAJA RESISTENCIA / TERRENOS COHESIVOS DE MEDIANA O BAJA CONSISTENCIA Y FRICCIONANTES SUELTOS.- Rocas muy alteradas y fragmentadas, rocas blandas incompetentes, juntas planares y de bordes blandos, abiertos con relleno arcilloso, tipo V según Bieniawski. Terreno suelto residual y depósitos predominantemente cohesivos de baja consistencia y granulares sueltos.	Formaciones o unidades in-situ: Quingeo, Biblián, Loyola, Mangán, Arcillas varvadas. Suelos residuales finos de Saraguro, Tarqui y Yunguilla. Depósitos coluviales jóvenes estables y aluviales recientes.
5) MATERIALES EN ROTURA.- Material rocoso decomprimido y/o con grietas de tracción. Suelos coluviales o terrenos sueltos en estabilidad precaria o reposo residual, colapsables a activos.	Materiales muy decomprimidos de Azogues, Llacao. Coluviales de: Loyola, Mangán, Biblián, Quingeo y Saraguro mal drenados.

Fuente: PRECUPA 1998.

El análisis realizado sobre el comportamiento geotécnico de las formaciones presentes en la microcuenca del río Déleg muestra que cerca del 56% en superficie la conforman materiales rocosos descomprimidos y/o con grietas de tracción. Son suelos coluviales o terrenos sueltos en estabilidad precaria o reposo residual, colapsables, a activos que prácticamente corresponden a las zonas Media Alta, Media y Baja de la microcuenca del río Déleg.

3.1.6. Importancia de la cuenca

Las cuencas hidrográficas comprenden un sistema natural que está formado por un conjunto de elementos que se interrelacionan entre sí, dentro de estos elementos se pueden destacar el agua, el bosque, el suelo y los estratos geológicos.

Las unidades hidrológicas tienen gran importancia por la relación directa que existe a lo largo de las cuencas entre sus partes altas y bajas, de forma que las acciones que el hombre realiza en la parte alta afectan de forma determinada en la parte baja.

Las cuencas hidrográficas cumplen diferentes funciones tales como:

- *Función hidrológica:* Captación de agua de diferentes fuentes (ríos, arroyos, entre otras) almacenamiento de agua y descarga de la misma en diferentes tiempos a través de escurrimiento.
- *Función ecológica:* Provee diversidad de zonas en la cuenca que permiten que el agua intercambie elementos con el suelo y además es el hábitat para diversidad de flora y fauna.
- *Función ambiental:* Constituye un sumideros de CO_2, alberga bancos de germoplasma (especies no genéticamente modificadas), regula la carga hídrica y los ciclos bio geoquímicos, así como conserva la biodiversidad.
- *Función socioeconómica:* Suministra recursos naturales para el desarrollo de actividades productivas que dan sustento a la población; genera un espacio para el desarrollo social y cultural de la sociedad.

De esta manera, la importancia de las cuencas hidrográficas trasciende los límites cantonales, provinciales e incluso nacionales.

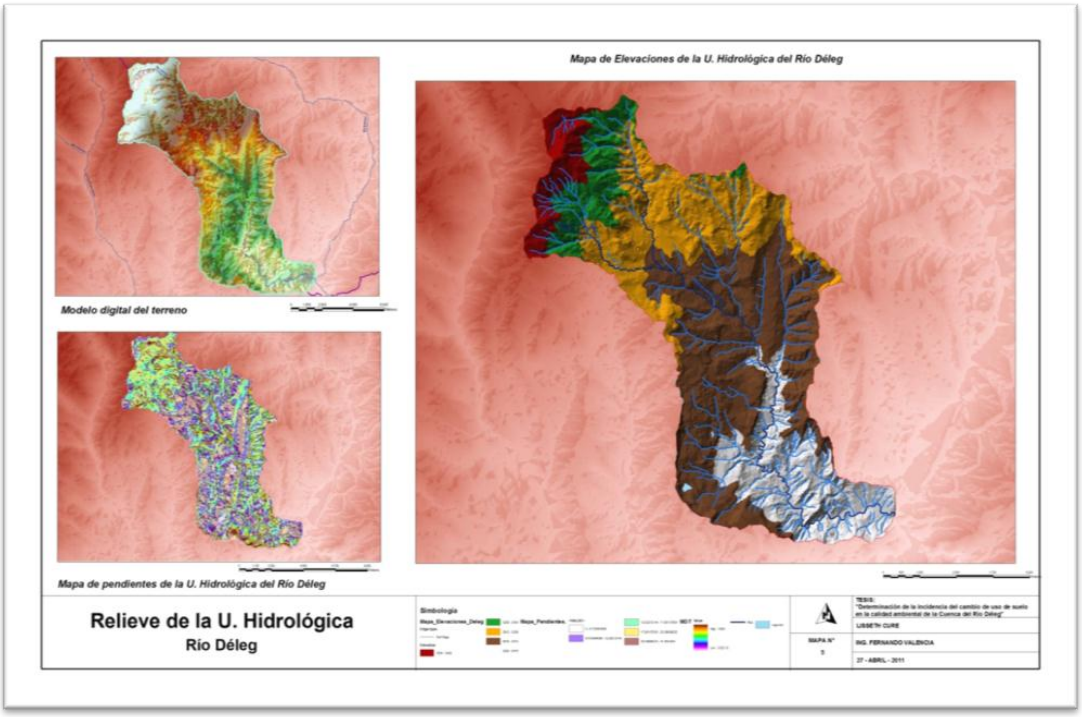
3.1.7. Características Biofísicas de la cuenca

3.1.7.1. *Relieve*

El relieve de la microcuenca es accidentado ya que presenta una pendiente media de ***14.26°***, las pendientes oscilan desde 0 hasta 47,40°, el punto más alto se encuentra a los 3800 m., sobre las coordenadas 724047,9699210, mientras que el

más bajo a los 2320 m. en la coordenada 735825,9687482, la cuenca se extiende sobre una distancia de ***16,88 Km***

Mapa 5. Relieve



Fuente: Consejo de Gestión de Aguas de la Cuenca del Paute (CGP)
Elaboración: Lisseth Cure López.

3.1.7.2. *Hidrografía*

En la parte limítrofe norte del cantón Déleg con el cantón Biblián nace el río Ñamurelti, que conjuntamente con la quebrada Cuvilán, en las faldas orientales del cerro Margajeta, nacen las principales quebradas que conforman el río Gulag, estos ríos, al unirse, forman el río Déleg que es el río principal de la Microcuenca Déleg, el mismo que atraviesa el cantón de Norte a Sur, el mismo que pertenece a la cuenca alta del río Paute hasta depositar sus aguas en el río Burgay.

El río Déleg, a lo largo de todo su recorrido es alimentado por diferentes quebradas, ríos y riachuelos, entre ellos podemos mencionar el río Ñamurelti, las quebradas que alimentan a este río son: Quebrada Pallcayacu, Quibilián, Shucos. Luego tenemos el río Gulag con su principal afluente la quebrada de Chinipamba y Curia Casaca.

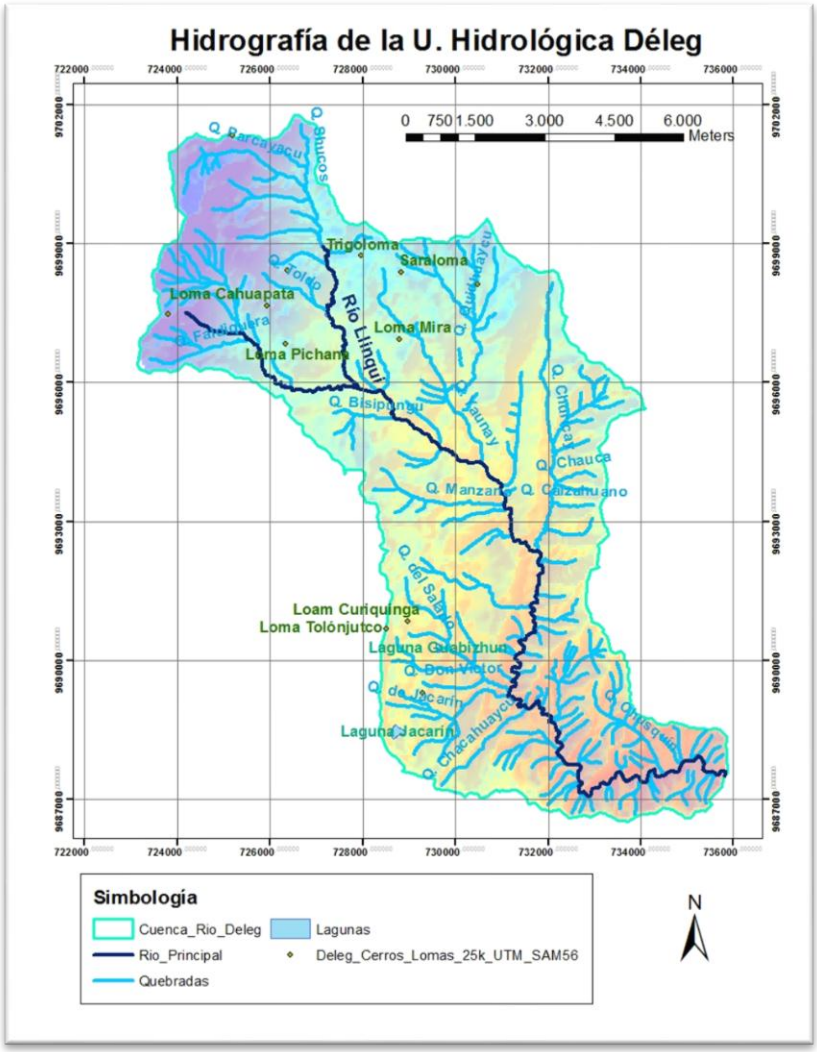
Todas las quebradas de la zona baja del cantón desembocan en el río principal, entre las que se encuentran hacia el norte del cantón: Quebrada Yacunay, Q. Aipatarcuna, Q. Mishiqui Yacu, estas se unen a la altura del sector de Puchapamba, ubicada al norte de la colina y se une a estas la quebrada de Ramos Huaico que forman la Q. Yanuncay, que desemboca en el río Déleg a la altura de Dutasay.

Hacia el Noreste encontramos la quebrada de Chulcay, en la que desembocan las quebradas de Cochahuayco, Jerusalén, Toctehuayco, Ingapusho, Gullancay, Ventanas, desembocando directamente en el río Déleg, a la altura de Sitincay Chico.

La laguna de Guabishun, afluente de la quebrada de El Salado, Q. Negra, a la que se une la quebrada de Dedo Victor o quebrada Ayasamama, Q. de Jacarín, desembocando en el río Déleg a la altura de Yolón.

También podemos mencionar otras quebradas que desembocan directamente en el río Déleg, entre las que se encuentran quebrada de Taprán, y la presencia de acequias y canales que sirven como sistema de riego agrícola. Esta quebrada nace en la localidad de La Colina, además, la existencia de las quebradas de Manzano Huaico, Q. Pasavalle, Q. Quinta Huaico, Q. de Sigsipamba y Cochahuaico.

Mapa 6. Hidrogafía



Fuente: Consejo de Gestión de Aguas de la Cuenca del Paute (CGP)
Elaboración: Lisseth Cure López.

3.1.7.3. *Clima*

3.1.7.3.1. - Tipos de clima

Dentro del cantón Déleg existen varios tipos de climas que se pueden encontrar en el área de estudio definidos en el *"Informe técnico de investigación de precios de las tierras de agrícolas, rubros de edificaciones y costos de producción de los principales cultivos"* en el que en base al mapa de tipos de climas fuente del (SIG-AGRO) se obtuvo la siguiente información:

- *Ecuatorial mesotérmico semi- húmedo.* Está localizado entre los 2500 a 3200 m. de altura, se extiende por las faldas externas de la cordillera y algunas valles interiores del callejón interandino. La mayor parte de las capitales de provincia poseen este clima. Existen abundantes lluvias durante todo el año, su temperatura oscila entre los 12 y 18° C, con precipitaciones de 500 a 1000 mm anuales.
- *Ecuatorial de alta montaña.* Corresponde a alturas que pasan de los 3200 a los 3800 m., tiene una humedad abundante, su temperatura varía entre los 10 a 14° C y se produce frecuentemente heladas, precipitaciones entre 1000 a 2000 mm anuales.

3.1.7.3.2. Precipitación

En base a los resultados obtenidos de los resultados para el Inventario Hídrico de la subcuenca del río Burgay, se llevó a cabo el análisis de precipitación dentro de la microcuenca en estudio, ya que esta al pertenecer a la subcuenca del río Burgay, es necesario indicar la limitante respecto a la disponibilidad de información sobre estaciones ubicadas dentro de la microcuenca del río Déleg porque estas no existen.

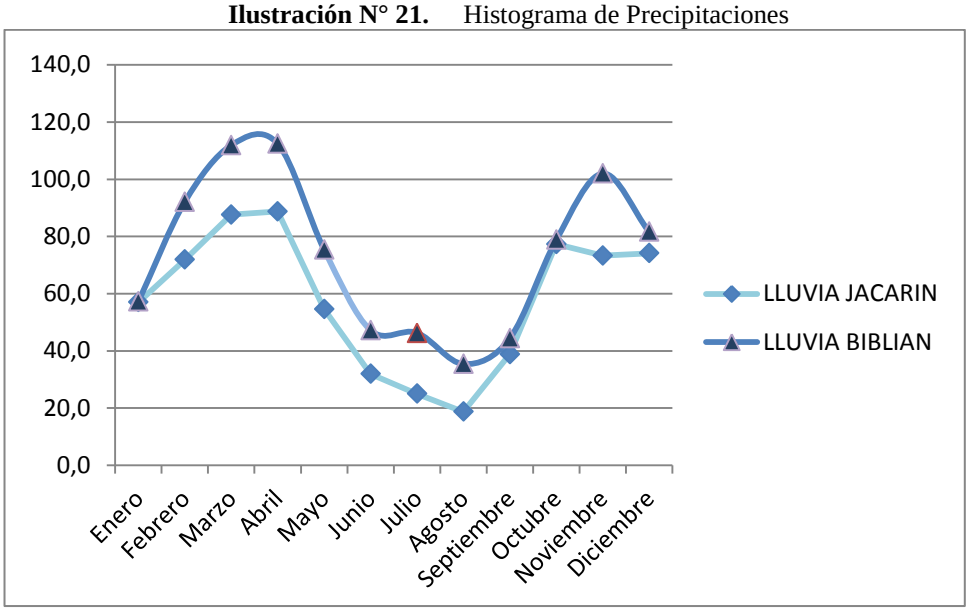
Las estaciones de Biblián y Jacarín al ser las más cercanas al área de estudio, serán consideradas para caracterizar su comportamiento como el más probable.

Tabla N° 20. Precipitaciones.

MES	LLUVIA	
	JACARIN	BIBLIAN
Enero	57,0	57,2
Febrero	71,9	92,1
Marzo	87,6	111,9
Abril	88,7	112,4
Mayo	54,6	75,4
Junio	31,9	47,2
Julio	25	46,3
Agosto	18,7	35,4
Septiembre	38,8	44,4
Octubre	77,3	78,8
Noviembre	73,3	102
Diciembre	74,1	81,6

Fuente: Programa de Gestión de la microcuenca del Río Déleg, Volumen I: Diagnóstico de la microcuenca.

Ilustración N° 21. Histograma de Precipitaciones



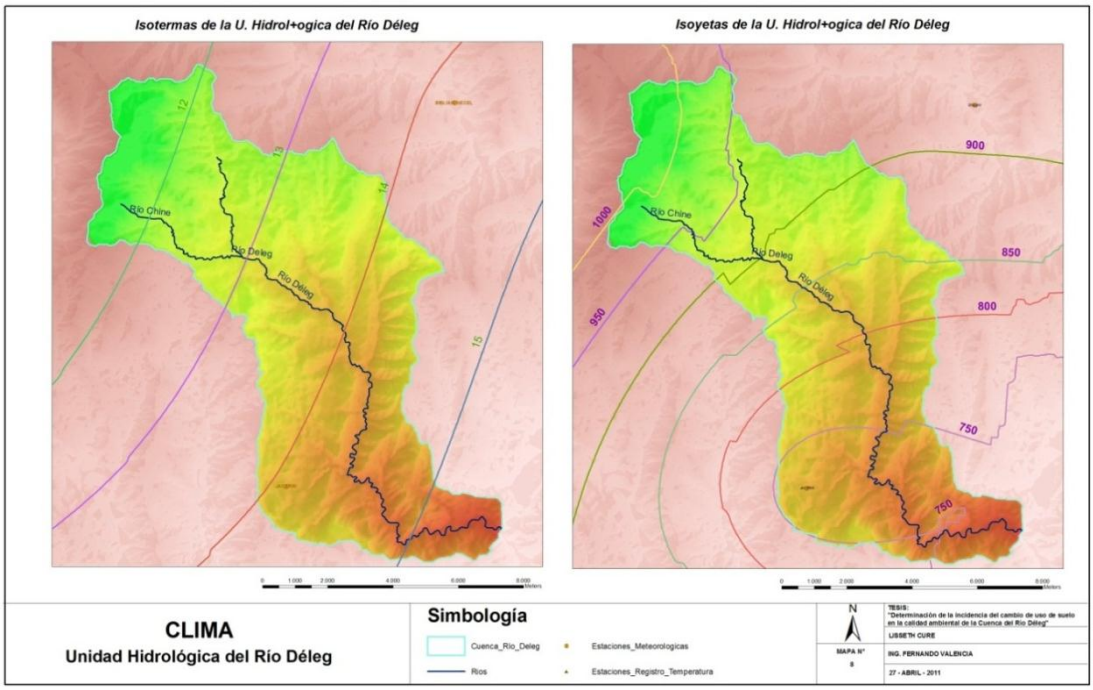
Elaborado por: Lisseth Cure López
Fuente: Programa de Gestión de la microcuenca del río Déleg, Volumen I: Diagnóstico de la microcuenca.

El comportamiento de las curvas de la lluvia en las estaciones, nos muestran una variación bimodal, encontrando dos períodos lluviosos en los meses de abril y noviembre, teniendo mayor intensidad en abril, mientras que en enero y agosto son meses secos, este último con una disminución más notoria de la cantidad de lluvia.

3.1.7.3.3. Temperatura

Debido a las condiciones topográficas y de altura sobre el nivel del mar, la temperatura promedio anual es de 13.45° C, con un máximo, en diciembre, de 14.06° C; y, un mínimo en agosto de 12.43° C. forma parte de la cuenca alta del Río Paute, el centro poblado se encuentra a una altura de 2 680 m., las temperaturas promedio varían desde los 6 a 8º C. en la zona alta de cerro Ñamurelti, pasando por los 8 a 10º C. en los sectores de Cabopata, Puchuelaloma, Trancahuayco, Pallcayacu, Gulag y Chinapamba; de 10 a 12º C. en los asentamientos de Capillaguayco, Caguanapata, Bocte, Abuga, Surampalti, Bayandel, Purrín, San Pedro, Picotaloma, Nueva Alianza y Chanchún; de 12 a 14º C. donde se encuentra la mayor parte de asentamientos del cantón.

Mapa 7.Clima



Fuente: Consejo de Gestión de Aguas de la Cuenca del Paute (CGP)
Elaboración: Lisseth Cure López.

3.1.7.4. *Vegetación y pisos altitudinales*

Gracias a la información brindada (Valencia, 2010) se pueden determinar tres pisos climáticos y sectores bien definidos con sus características climáticas, las consecuencias del uso agrícola y además de algunas limitaciones climáticas para los cultivos adaptados al clima de la zona, tomando en cuenta como limitante la falta de riego, convirtiéndose en cultivos de secano, sectores o grupos de suelo que se describen con base en los pisos climáticos son:

3.1.7.4.1. Piso climático de 2000 a 3200 m. TEMPERADO SECO.

Precipitación de 500 a 1.000 mm déficit hídrico de 150 a 500 mm, número de meses secos de 4 a 8; consecuencias sobre el uso agrícola: para cultivos de ciclo corto como cereales, hortalizas, legumbres, con riego complementario, principales cultivos adaptados en forma óptima a este clima son: arveja, alfalfa, cebada, fréjol, hortalizas, maíz, papa, quinua, trigo; cultivos secundarios: cabuya, chochos, SP

forestales, lenteja; cultivo posible: ajo; cultivo riesgoso: habas, oca y melloco; cultivos nuevos: marigol; cultivo posible: alcachofa; cultivo riesgoso: colza.

3.1.7.4.2. Piso climático de 2000 a 3200 m. TEMPERADO HÚMEDO.

Precipitación de 1000 a 2000 mm déficit hídrico 50 a 150 mm, número de meses secos de 2 a 4; consecuencias sobre el uso agrícola: para cultivos en general (hortalizas, legumbres y cereales) pastos artificiales y/o mejorados con riego facultativo, los principales cultivos adaptados en forma óptima a este clima son: arveja, alfalfa, cebada, fréjol, hortalizas, maíz, papa, quinua, trigo, cultivos secundarios: ajo, cabuya, chocho, varias especies forestales, lenteja, melloco y oca; y cultivos nuevos: alcachofa, marigol, colza: cultivo posible: camote.

3.1.7.4.3. Piso climático de 3200 a 3800 m. SUB-TEMPERADO MUY HÚMEDO.

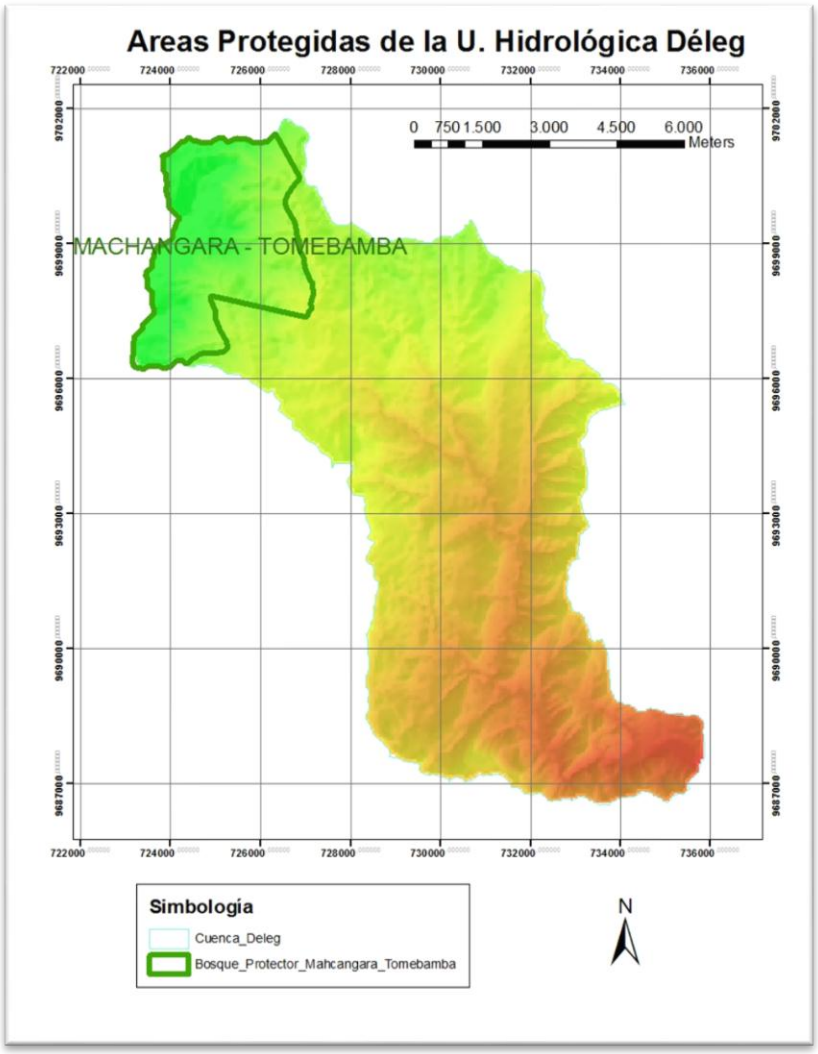
Precipitación de 1000 a 2000 mm déficit hídrico menor 50 mm, número de meses secos cero, consecuencias sobre el uso agrícola: raíces, tubérculos, bosques artificiales y pastos artificiales y mejorados; cultivos principales con adaptación óptima son: habas, papas; cultivos posibles: arveja, cebada; cultivos secundarios: ajo, SP forestales, oca y melloco (adaptación óptima); cultivos nuevos: colza; Cultivos posibles: alcachofa; Cultivos riesgosos: marigol.

3.1.7.5. *Área de bosque y vegetación protectora*

En agosto de 1985, 38.128 ha. ubicadas entre la margen derecha del río Tomebamba y la margen izquierda del río Machángara entre las cotas 2900 y 4400 m., fueron declaradas ***"Área de bosque y vegetación protectora Machángara - Tomebamba"***. (Acuerdo ministerial No. 0292 publicado en el suplemento del Registro Oficial No. 255 del 22 de agosto de 1985).

El 15.35% de la microcuenca Déleg; es decir, 1326.14ha de su zona alta, forma parte de este bosque protector.

Mapa 8. Bosques Protegidos.



Fuente: Consejo de Gestión de Aguas de la Cuenca del Paute (CGP)
Elaboración: Lisseth Cure López.

3.1.8. Uso de suelo

En el estudio realizado por Valencia (2010), fue posible, después de hacer un análisis de suelos, determinar las aptitudes de uso de suelo en función de parámetros morfológicos de pendiente y la potencia de sus estratos.

La clasificación por las aptitudes agrícolas que presente la microcuenca del río Déleg son:

- *Suelos poco profundos.* Suelos cuya profundidad es 20 a 30 cm, que puede llegar hasta 40 cm, y menores a 20 cm, son superficiales, tienen pendientes pronunciadas o condiciones climáticas marginales, para cultivos erosionados, se puede encontrar piedras o grava, se presentan pendientes que van desde los 20 a 50% y mayores a 70%, suelo erosionados con una pedregosidad mayor al 50% de gravas o rocas en la superficie, no tiene limitaciones, apto para: forestación, reforestación, mantenimiento de la cobertura vegetal y protección de páramos.
- *Suelos profundos.* Tienen una textura variable, presenta un horizonte argílico en varios sitios con grava y piedra pómez, una pendiente de más del 30%, las pendientes oscilan de 12 al 70%, existen suelos sin diferenciación, tienen una pedregrosidad mayor al 30%, no presentan limitaciones, zonas marginales para cultivos, mantenimiento y/o mejoramiento de los pastos naturales.
- *Suelos rojos o pardos.* Suelos sin mucha profundidad, con una textura arcillosa, con presencia de gravas, obras antierosivas, las pendientes van de 12 al 20%, con profundidades de 40 a 70cm, su textura puede ir de fina a gruesa, cuentan con una pedregosidad de 10 a 30% de piedras, tiene importantes limitaciones ya que son zonas con mecanización difícil y riego imposible.
- *Suelos rojos o pardo amarillentos:* Poco profundos a superficiales de textura arcillosa, con acumulación de carbonatos de calcio en varios sitios, discontinuidad textural en el perfil, obras antierosivas, pendientes que van desde el 12 al 50%, con una profundidad que varía de 20 a 30/40 y menor a 20 cm.; una textura fina a gruesa, y una discontinuidad en el perfil menor a 20 cm., posee limitaciones muy importantes, con mecanización difícil y riego imposible.

3.1.9. Análisis Socio-Económico e infraestructura

3.1.9.1. *Infraestructura*

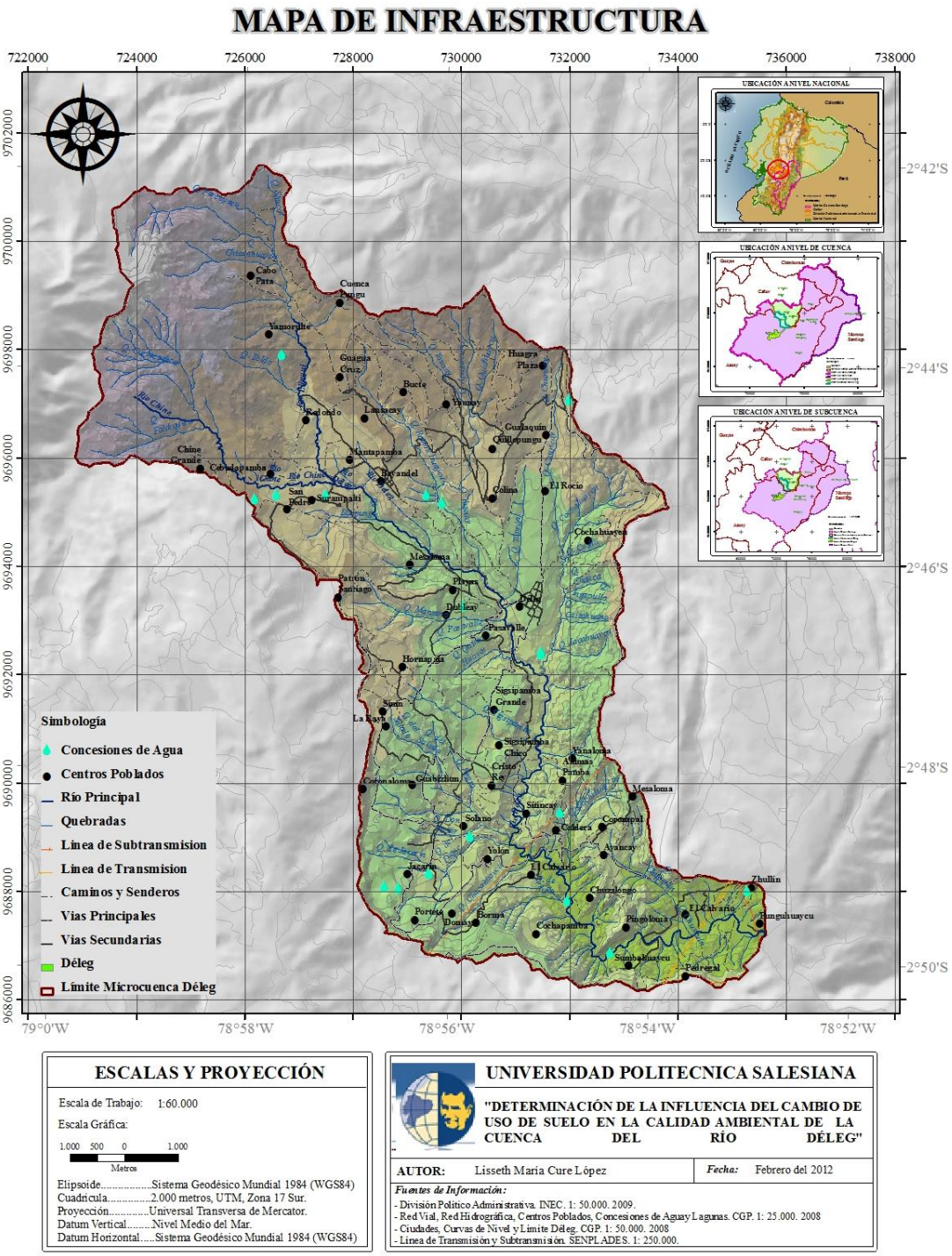
A continuación se realizará una descripción corta de la infraestructura que presenta la microcuenca:

- *Vías de comunicación:* Tenemos vías en estado de regular a malo, con una extensión vial tanto interna como externa de 85Km
- *Red eléctrica de alta tensión:* Energía eléctrica proporcionada por la Empresa Eléctrica Azogues, con una cobertura del 100% y pertenecen al sistema nacional interconectado.
- *Agua potable:* Las plantas de tratamientos administradas por el Municipio de Déleg y por el sistema regional El Rocío, brindan servicio a seis comunidades y existen ocho sistemas de aguas tratadas que de igual manera brindan este servicio. Diez sistemas cuentan con planta de tratamiento, cinco por filtración lenta en arena, cuatro son sistemas con desinfección del agua con cloro y uno no dispone de tratamiento.

"La situación de los recursos hídricos es preocupante para todos los sistemas inventariados. Sin embargo, el hecho más preocupante es la falta de conciencia de la magnitud del problema por parte de los entes administradores, ejecutores y las comunidades. Esta situación pone en riesgo la sostenibilidad de los sistemas". (Valencia, 2010)

- *Telecomunicaciones:* El 70% de las familias tiene servicio de telefonía fija, tanto en el área rural como urbana, tiene atención de telefonía móvil por las empresas Claro y Movistar, existen cabinas de teléfono y servicio de internet en el centro cantonal.
- *Transporte:* Se cuenta con transporte intercomunitario e interprovincial, que brindan cooperativas como Tomebamba, Panamericano y Javier Loyola.

Mapa 9. Infraestructura



Fuente: Consejo de Gestión de Aguas de la Cuenca del Paute (CGP) y SENPLADES[9]
Elaboración: Lisseth Cure López.

[9] Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES)

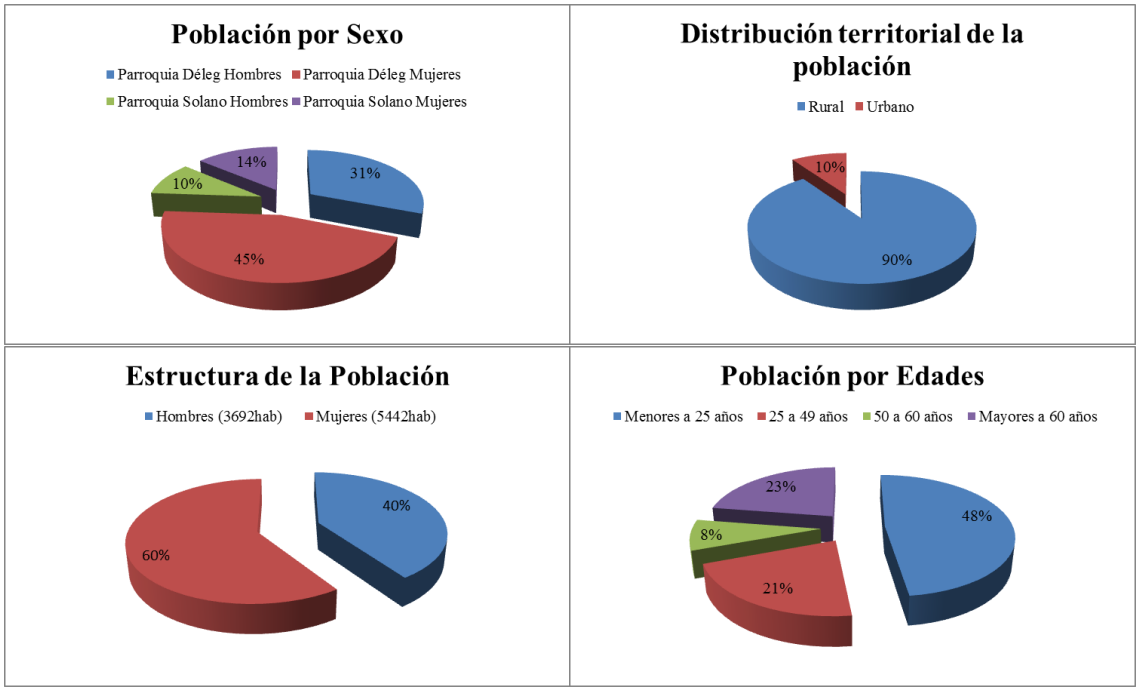
3.1.9.2. *Análisis socio-económico*

3.1.9.2.1. Social

La microcuenca del río Déleg esta conformada por las parroquias Déleg y Solano, y los sectores de Sumbahuaico y Zhullín, que forman parte de la parroquia Javier Loyola, la misma que pertenece al cantón de Azogues.

- *Aspectos demográficos:* La microcuenca tiene una población aproximada de 9.134 habitantes, siendo el 68.11% correspondiente al cantón Déleg (6221 hab), y los 2931 hab. restantes pertenecen a Javier Loyola.

Ilustración N° 22. Población.



Fuente: Programa de Gestión de la microcuenca del río Déleg, Volumen I: Diagnóstico de la microcuenca.
Elaborado por: Lisseth Cure López

La microcuenca del río Déleg cuenta con el 4,41% de la población de la provincia del Cañar.

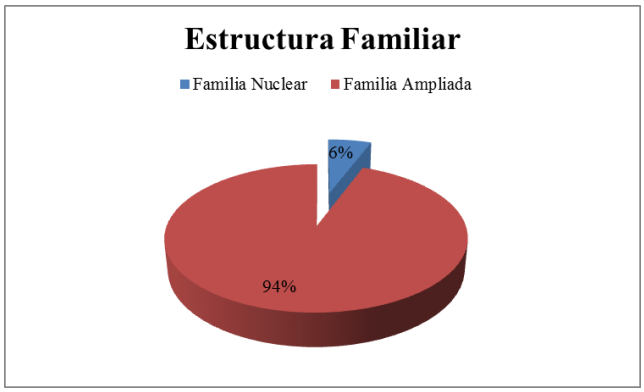
De acuerdo con el análisis desarrollado de la ilustración anterior podemos encontrar dos características en la población ya que la misma es joven y también

mayor, por lo que se puede ver que la población con mayor potencial para las actividades productivas es limitada, lo cual influye en el desarrollo de las actividades económicas de la zona de estudio, por la carencia de mano de obra en especial en el sector primario.

- *Estructura familiar:* El tamaño familiar en la zona es de cinco miembros, pero por la migración existente, algunas familias han crecido por asumir responsabilidad de los nietos, sobrinos y hermanos/as.

Las familias nucleares son aquellas que se conforman por padre, madre y hermanos, mientras que la familia ampliada es la que incluyen al abuelo y abuela o alguno de ellos y una persona pariente o no, que se adhiere a la familia.

Ilustración N° 23. Estructura familiar



Fuente: Programa de Gestión de la microcuenca del Río Déleg, Volumen I: Diagnóstico de la microcuenca.
Elaborado por: Lisseth Cure López

El índice provincial de masculinidad es de 84,85% sin embargo la microcuenca cuenta con uno del 67,84%.

- *Aspectos culturales:* Desde el año 1700, Déleg tiene una presencia eclesiástica en la era colonial y republicana sin dejar de mencionar su importancia en las culturas Cañari e Inca, gracias a su ubicación geográfica, suelo fértil y paisajes naturales para el fomento del turismo ecológico, cuna de Luis Cordero Crespo ex presidente de la República, entre otros ciudadanos ilustres. Debido al abandono del poder local, provincial y regional, Déleg tiene un alto índice de migración.

- *Migración:* Para buscar nuevas fuentes de trabajo la migración ha sido una alternativa para los habitantes de la microcuenca, siendo la ciudad de Guayaquil una primera parada, donde los emigrantes trabajan durante lapsos de tres o cuatro meses, para regresar a realizar actividades productivas agropecuarias. En el año 1969 comienza la migración a los Estados Unidos, existen aproximadamente 2975 personas que han salido del cantón y han obtenido la residencia para toda su familia, algunos regresan a invertir en actividades agropecuarias.

La migración tanto externa cuanto interna es generada principalmente por la falta de fuentes de trabajo, poco apoyo del gobierno central en: asistencia técnica, capacitación, fomento a la organización y apoyo de crédito para los pequeños productores. El impacto generado por la migración en la microcuenca se manifiesta en el ingreso de remesas, la pérdida de las características tradicionales en la construcción de las viviendas, sustituidas por casa grandes de bloque y ladrillo, un modelo de consumo alimenticio desacorde con la realidad.

Se conoce que el 99% de las familias (Valencia, 2010) de la microcuenca tienen al menos dos familiares en EEUU, también existe migración a la ciudad de Cuenca.

3.1.9.2.2. Económico

La microcuenca cuenta con un 30,32% de población económicamente activa de su población total que representan 2769 personas. El 68% se dedica como principal actividad a la ganadería y agricultura.

Tabla N° 21. Población económicamente activa (PEA)

RAMA DE ACTIVIDAD	HOMBRE	MUJER	TOTAL
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	1085	798	1883
Explotación de minas y cantera	3		3
Industrias manufactureras	55	78	133
Suministros de electricidad, gas y agua		3	3
Construcción	165	2	167
Comercio al por mayor y al por menor	85	52	137
Hoteles y restaurante	12	35	47
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	69	5	74
Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	5	4	9
Administración pública y defensa	25	15	40
Enseñanza	19	29	48
Actividades de servicios sociales y de salud	8	5	13
Otras actividades comunitarias sociales y personales de tipo servicios	11	7	18
Hogares privados con servicio doméstico	12	78	90
OTRA	67	37	104
TOTAL	**1621**	**1148**	**2769**

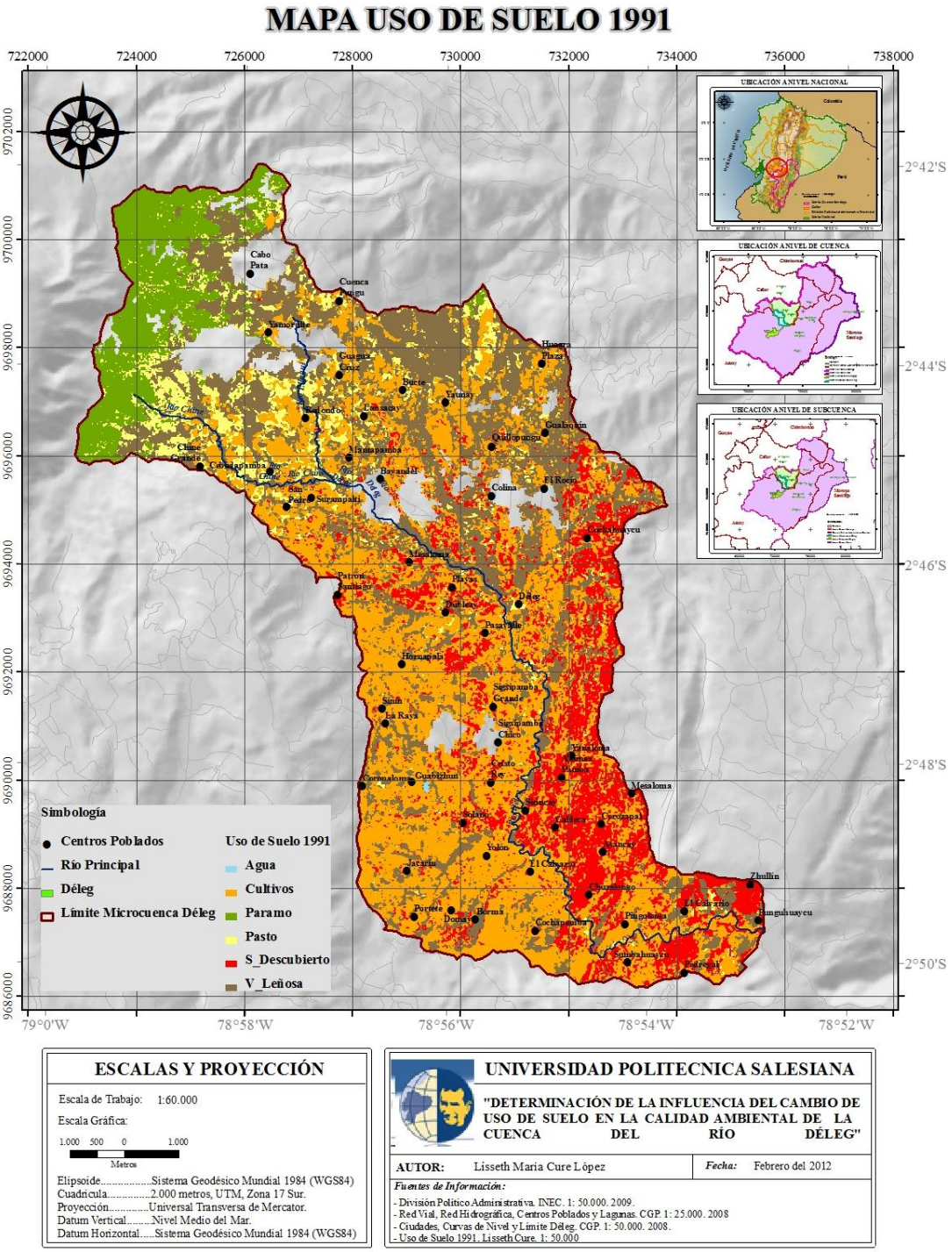
Fuente: Programa de Gestión de la microcuenca del río Déleg, Volumen I: Diagnóstico de la microcuenca.
Elaborado por: Lisseth Cure López

3.2. ANALISIS MULTITEMPORAL

3.2.1. Mapas de uso de suelo de los años de estudio

Luego de procesar las imágenes satelitales de la plataforma LANDSAT de los años 1991 y 2001, se generaron los mapas de uso de suelo respectivos para cada año, los mapas no cuentan con el total de área de la cuenca, ya que se cortaron las áreas con presencia de nubes, lo que disminuye el área con información generada.

Mapa 10. Uso de Suelo 1991



ESCALAS Y PROYECCIÓN	
Escala de Trabajo:	1:60.000
Escala Gráfica:	1.000 500 0 1.000 Metros
Elipsoide	Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS84)
Cuadrícula	2.000 metros, UTM, Zona 17 Sur.
Proyección	Universal Transversa de Mercator.
Datum Vertical	Nivel Medio del Mar.
Datum Horizontal	Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS84)

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

"DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL CAMBIO DE USO DE SUELO EN LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO DÉLEG"

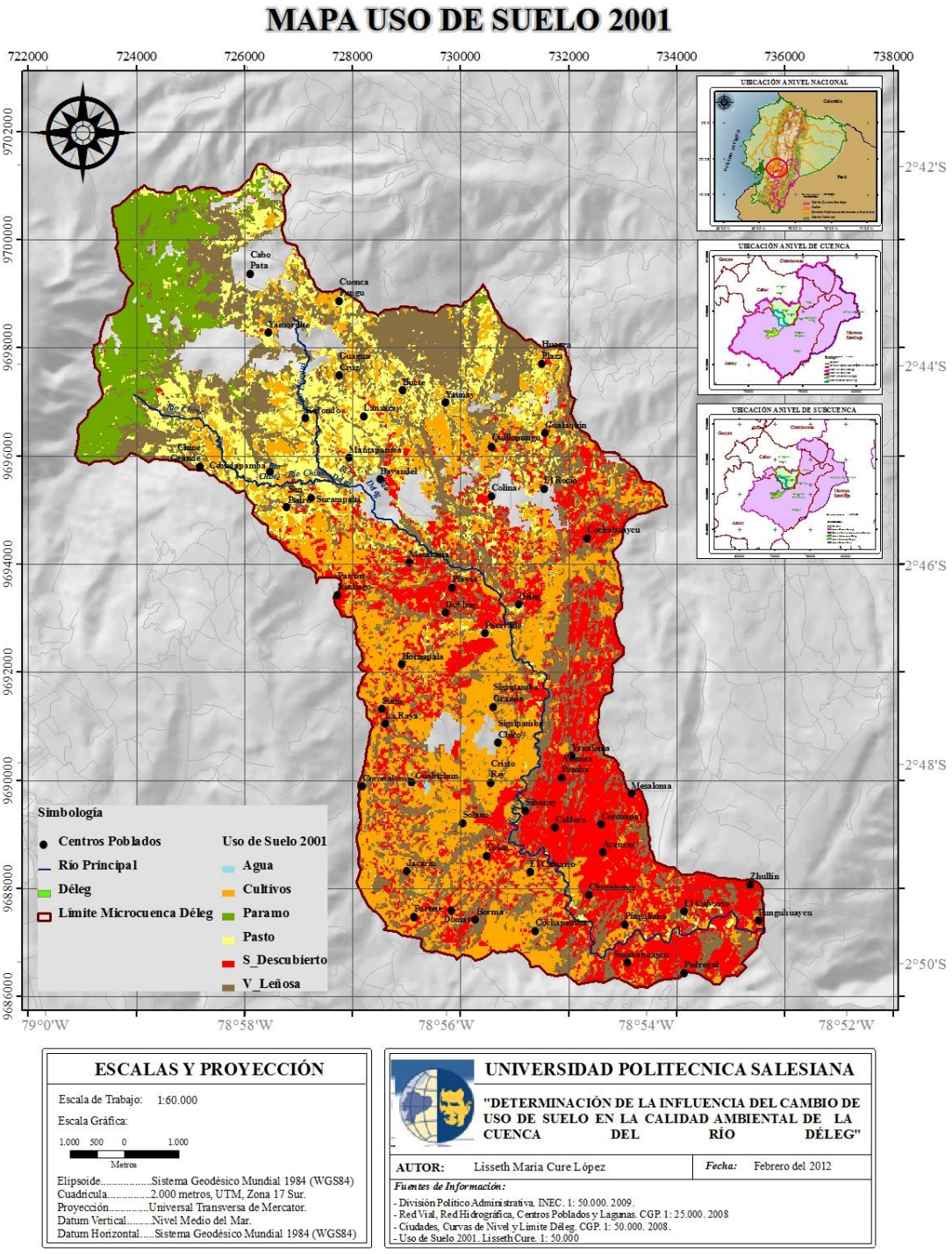
AUTOR:	Lisseth Maria Cure López	*Fecha:*	Febrero del 2012

Fuentes de Información:

- División Politico Administrativa. INEC. 1: 50.000. 2009.
- Red Vial, Red Hidrográfica, Centros Poblados y Lagunas. CGP. 1: 25.000. 2008
- Ciudades, Curvas de Nivel y Limite Déleg. CGP. 1: 50.000. 2008.
- Uso de Suelo 1991. Lisseth Cure. 1: 50.000

Elaborado por: Lisseth Cure López.

Mapa 11. Uso de Suelo 2001



ESCALAS Y PROYECCIÓN

Escala de Trabajo: 1:60.000

Escala Gráfica:

1.000 500 0 1.000

Metros

Elipsoide.....Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS84)
Cuadrícula.....2.000 metros, UTM, Zona 17 Sur.
Proyección.....Universal Transversa de Mercator.
Datum Vertical.....Nivel Medio del Mar.
Datum Horizontal.....Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS84)

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

"DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL CAMBIO DE USO DE SUELO EN LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO DÉLEG"

AUTOR: Lisseth Maria Cure López **Fecha:** Febrero del 2012

Fuentes de Información:

- División Politico Administrativa. INEC. 1: 50.000. 2009.
- Red Vial, Red Hidrográfica, Centros Poblados y Lagunas. CGP. 1: 25.000. 2008
- Ciudades, Curvas de Nivel y Limite Déleg. CGP. 1: 50.000. 2008.
- Uso de Suelo 2001. Lisseth Cure. 1: 50.000

Elaborado por: Lisseth Cure López.

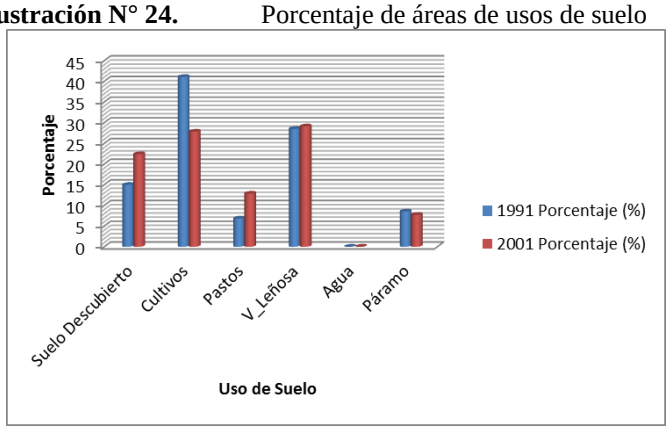
A continuación se muestra una tabla descriptiva del área y su porcentaje con respecto al área total de estudio para cada uso de suelo, lo cual fue posible obtener a través de los mapas anteriores.

Tabla N° 22. Uso de Suelo existente para cada período de estudio.

USO DE SUELO	1991		2001	
	Área (ha)	Porcentaje (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)
Agua	1,87	0,02	2,24	0,03
Cultivos	3312,27	41,07	2246,29	27,85
Páramo	689,61	8,55	623,53	7,73
Pasto	552,32	6,85	1037,57	12,87
S_Descubierto	1208,34	14,98	1806,75	22,40
V_Leñosa	2300,49	28,52	2348,44	29,12
TOTAL	**8064,90**	**100,00**	**8064,80**	**100,00**

Elaborado por: Lisseth Cure López.

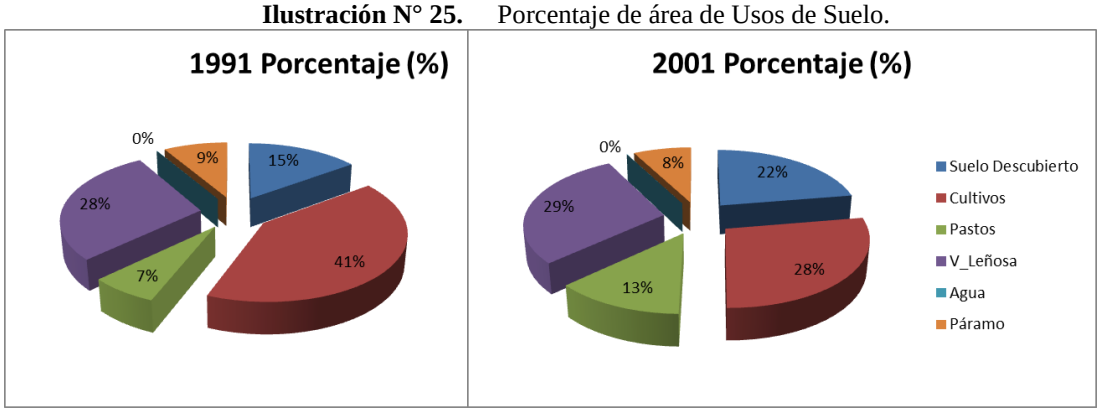
Ilustración N° 24. Porcentaje de áreas de usos de suelo



Elaborado por: Lisseth Cure López.

En el cuadro anterior podemos observar la variación del uso de suelo en un período de 10 años, lo que nos permite establecer los cambios existentes a lo largo del tiempo.

Ilustración N° 25. Porcentaje de área de Usos de Suelo.



Elaborado por: Lisseth Cure López.

3.2.2. Tasas de cambio

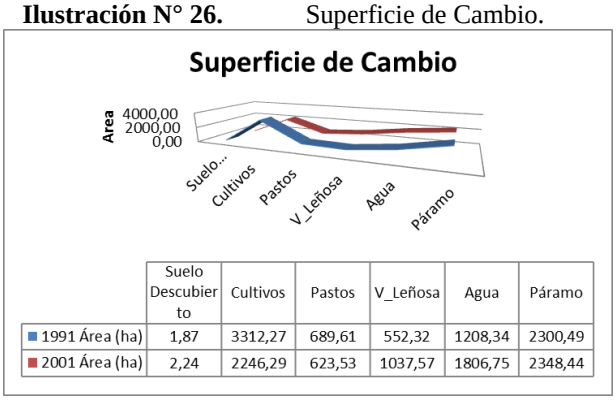
Las tasas de cambio existentes se encuentran presentadas en la siguiente tabla y de manera ilustrativa en gráficos explicativos, valores que se consiguieron aplicando la Ecuación 4. Al hablar de cambio nos referimos a la substracción entre la superficie del primer y segundo año de análisis, la misma que, si es negativa, representa una disminución del uso en análisis, y, si es positiva, determina un incremento. El porcentaje representa el porcentaje de superficie que ha sufrido un cambio con respecto a la superficie inicial; para obtener la tasa anual, se procedió a dividir la tasa de cambio para el número de años que existe entre el primer período de análisis y el segundo, en nuestro caso correspondiente a 10 años.

Tabla N° 23. Tasas de cambio de uso de suelo.

USO DE SUELO	1991	2001	Superficie de Cambio	Tasa de Cambio (%)	Tasa de Cambio Anual(%)
	Área (ha)	Área (ha)			
Agua	1,87	2,24	0,36	1,19	0,12
Cultivos	3312,27	2246,29	-1065,98	-0,68	-0,07
Páramo	689,61	623,53	-66,09	0,90	0,09
Pasto	552,32	1037,57	485,25	1,88	0,19
S_Descubierto	1208,34	1806,75	598,41	1,50	0,15
V_Leñosa	2300,49	2348,44	47,95	-1,02	-0,10
TOTAL	**8064,90**	**8064,80**			

Elaborado por: Lisseth Cure López.

Ilustración N° 26. Superficie de Cambio.



	Suelo Descubierto	Cultivos	Pastos	V_Leñosa	Agua	Páramo
1991 Área (ha)	1,87	3312,27	689,61	552,32	1208,34	2300,49
2001 Área (ha)	2,24	2246,29	623,53	1037,57	1806,75	2348,44

Elaborado por: Lisseth Cure López.

3.2.2.1. *Análisis multitemporal de los cambios ocurridos*

De acuerdo con la Tabla N° 22, podemos observar que la microcuenca tiene un 28,52% de vegetación leñosa para el año 1991, la cual en el 2001 aumenta al 29,12%, la vegetación leñosa abarca tanto matorrales, bosques de eucaliptos, bosques naturales, entre otras El páramo muestra una cobertura de 8,55% en 1991, este porcentaje en el 2001 disminuye al 7,73%, el mismo que presenta una tasa de pérdida de 0,09% anual, existe un porcentaje del 14,98% de suelo descubierto, en el cual se consideran vías, zonas degradadas, viviendas, suelo descubierto, este uso aumenta para el año 2001 a un porcentaje de 22,40%, los cultivos presentan una disminución en su porcentaje de área ya que en 1991 se tiene un porcentaje del 41,07% y para el 2001 27,85%, en el agua no se registran grandes cambios, ya que tiene un porcentaje de 0,02% y 0,03% para los años 1991 y 2001 respectivamente; los pastos dentro de la microcuenca presentan un aumento en su porcentaje de cobertura ya que va desde el 6,85% en el 1991 al 12,87% en el 2001.

3.2.3. Cambios ocurridos en las superficies

Las categorías de cambio, como fueron descritas en el numeral 2.4.3.3., deben ser contabilizadas determinando los cambios que han ocurrido en el uso de suelo, para lo cual se construyó la siguiente tabla:

Tabla N° 24. Cambio de un tipo de uso a otro.

		Uso de suelo de 1991						
		Agua	**Cultivos**	**Páramo**	**Pasto**	**S_Descubierto**	**V_Leñosa**	**Total general**
Uso de suelo 2001	**Agua**	1,58	0,21		0,02	0,00	0,42	2,23
	Cultivos	0,06	1546,07		78,13	225,80	396,23	2246,29
	Páramo			549,50	48,97		25,06	623,53
	Pasto	0,06	341,82	70,04	259,61	20,47	345,57	1037,56
	S_Descubierto	0,16	864,44	8,24	25,30	736,16	172,44	1806,75
	V_Leñosa	0,00	559,68	61,83	140,27	225,87	1360,78	2348,44
	Total general	1,87	3312,22	689,61	552,31	1208,29	2300,49	8064,80

Elaborado por: Lisseth Cure López.

En esta tabla se puede estimar un cambio de clase a clase, al realizar un cruce de los usos de suelo del 2001 y 1991, esto permite realizar un análisis del cambio que se presenta en la zona de estudio la cual ayuda a determinar las categorías de cambio establecidas a continuación:

3.2.3.1. *Avance de la frontera agrícola*

Para estimar el avance de la frontera agrícola se debe analizar los cambios que se generan sobre los 3200 m., para lo cual se debe determinar el cambio a partir de esa cota, una vez establecida el área que se va a evaluar se obtiene la siguiente tabla:

Tabla N° 25. Cambio sobre los 3200 m.

	2001	Área	Porcentaje
Páramo (1991)	Páramo	549,50	79,68%
	Pasto	70,04	10,16%
	S_Descubierto	8,24	1,20%
	V_Leñosa	61,83	8,97%
	Total	**689,61**	**100,00%**
Pasto(1991)	Páramo	48,97	25,52%
	Pasto	85,24	44,42%
	S_Descubierto	1,77	0,92%
	V_Leñosa	55,92	29,14%
	Total	**191,91**	**100,00%**
V_Leñosa (1991)	Páramo	25,06	9,28%
	Pasto	35,81	13,27%
	S_Descubierto	1,37	0,51%
	V_Leñosa	207,71	76,94%
	Total	**269,95**	**100,00%**

Elaborado por: Lisseth Cure López.

Existe una variación en el uso de suelo que determina un avance en la frontera agrícola, en el cuadro anterior vemos que se presentan diversos cambios, del 100% del páramo que había en 1991, el 10,16% toma características de pasto, el 8,97% de vegetación leñosa y el 1,20% a suelo descubierto, un 79,68% se mantiene. Los pastos se convierten en páramo en un 25,52%, en un 29,14% a vegetación leñosa y menos del 1% a suelo descubierto, la vegetación leñosa en un 13,27% pasa a ser pasto, el 9,28% a páramo y un 0,51% a suelo descubierto. De esta manera, se puede establecer que ha existido un crecimiento de la frontera agrícola de donde podemos obtener datos de pérdida de páramo de 66,09 has., generado por los cambios mencionados anteriormente, la vegetación leñosa aumenta 55,51 has., se estima pérdida de vegetación natural, los pastos no varían en su área mas que por 0,82 has. En los últimos 10 años la frontera agrícola ha aumentado 122,42 has., eso quiere decir que anualmente se pierden 12,24 has. tanto de bosque cuanto de páramo.

3.2.3.2. *Regeneración y deforestación de bosque primario*

Mediante la Tabla N° 25 y después de realizar un análisis de los cambios ocurridos en el uso de suelo, no se presentan cambios en la cobertura vegetal, ya que la misma aumenta 55,51 has. a lo largo de los 10 años de estudio.

3.2.3.3. *Regeneración y reforestación de bosques de forestación*

En la siguiente tabla podemos observar las variaciones que han sufrido cada cobertura, de la misma se obtendrán valores que ayuden a estimar la pérdida de bosques de forestación, considerando la información de la microcuenca bajo la cota de los 3200 m.

Tabla N° 26. Cambio bajo los 3200 m.

	2001	Área	Porcentaje
Agua (1991)	Cultivos	0,06	3,21%
	Pasto	0,06	3,35%
	S_Descubierto	0,16	8,70%
	V_Leñosa	0,00	0,09%
	Agua	1,58	84,65%
	Total	**1,87**	**100,00%**
Cultivos (1991)	Cultivos	1546,07	46,68%
	Pasto	341,82	10,32%
	S_Descubierto	864,44	26,10%
	V_Leñosa	559,68	16,90%
	Agua	0,21	0,01%
	Total	**3312,22**	**100,00%**
Pastos (1991)	Cultivos	78,13	21,68%
	Pasto	174,37	48,38%
	S_Descubierto	23,53	6,53%
	V_Leñosa	84,35	23,40%
	Agua	0,02	0,01%
	Total	**360,40**	**100,00%**

	2001	Área	Porcentaje
S_Descubierto (1991)	Cultivos	225,80	18,69%
	Pasto	20,47	1,69%
	S_Descubierto	736,16	60,93%
	V_Leñosa	225,87	18,69%
	Agua	0,00	0,00%
	Total	**1208,29**	**100,00%**
V_Leñosa (1991)	Cultivos	396,23	19,51%
	Pasto	309,75	15,25%
	S_Descubierto	171,07	8,42%
	V_Leñosa	1153,07	56,79%
	Agua	0,42	0,02%
	Total	**2030,54**	**100,00%**

Elaborado por: Lisseth Cure López.

La variación existente en el agua es un parámetro que no se tomará en cuenta, ya que el error existente se debe a la generación de la cartografía, aparte de ser un valor bajo con respecto al área total y al período de estudio, por lo que se vuelve un valor sin incidencia en el estudio.

Para este análisis se consideró el cambio que ha sufrido la vegetación leñosa que representa los bosques de forestación, por lo que se determina que el cambio más significativo se da en un 19,51% del área de vegetación leñosa que pasa a cultivos, el 15,25% a pastos, con un 8,42% para suelos descubiertos, lo que quiere decir que 877,47 has. se han perdido en un lapso de 10 años, eso quiere decir que anualmente se pierden 8,77 has. de bosques.

3.2.4. Cambios ocurridos en la calidad ambiental de la microcuenca

Para determinar la calidad ambiental de la microcuenca se utiliza la Ecuación 5, que hace referencia a un análisis en primera instancia del valor ecológico y luego el paisajístico, con lo que se obtuvieron los mapas para cada año.

3.2.4.1. *Valor ecológico*

Los valores obtenidos para la valoración ecológica en función del uso de suelo los podemos encontrar en la siguiente tabla, en la cual observamos una disminución en sus áreas con una valoración muy alta que va de 8,59% a 7,80% en el periodo de análisis, existe una disminución en la valoración baja, lo cual se debe a la disminución de áreas de cultivo en la zona, dándose también un aumento en la valoración muy baja que subió de 15,02% a 22,37%, que se presenta a un aumento del suelo descubierto dentro de la microcuenca, como se esperaba el valor medio mejora de 6,96% a 12,95%, los valores altos aumentan en menos de un 1%.

Tabla N° 27. Valoración Ecológica.

VALORACIÓN ECOLÓGICA	2001		1991	
	ÁREA (ha)	PORCENTAJE (%)	ÁREA (ha)	PORCENTAJE (%)
Muy Bajo	1804,11	22,37%	1210,96	15,02%
Bajo	2243,03	27,81%	3299,23	40,91%
Medio	1044,56	12,95%	561,04	6,96%
Alto	2344,16	29,07%	2301,09	28,53%
Muy Alto	629,04	7,80%	692,58	8,59%
TOTAL	**8064,90**	**100,00%**	**8064,90**	**100,00%**

Elaborado por: Lisseth Cure López.

3.2.4.2. *Valor paisajístico*

Al realizar una evaluación de tres parámetros como se indica en la Ecuación 6, la pendiente, la altura (parámetros que no varían con el tiempo) y el uso de suelo que es el factor variante de la ecuación, al generar el promedio de estos valores se obtuvo rangos de valores que fueron agrupados para definir la valoración paisajística como se muestra a continuación:

Tabla N° 28. Rango de valoración paisajística.

VALORACIÓN PAISAJÍSTICA	RANGO
Muy Bajo	1 - 2
Bajo	2 - 3
Medio	3 - 4
Alto	4 - 4.7
Muy Alto	4.7 - 5

Elaborado por: Lisseth Cure López.

Los datos que se obtienen después de hacer la valoración se los muestra en la siguiente tabla en la no se observa una variación muy marcada entre los años 2001 y 1991, una de las razones es por la agrupación realizada que conlleva a tener valores similares.

Tabla N° 29. Valoración Paisajística.

VALORACIÓN PAISAJÍSTICA	2001		1991	
	ÁREA (ha)	PORCENTAJE (%)	ÁREA (ha)	PORCENTAJE (%)
Muy Bajo	1678,47	20,81%	1628,62	20,19%
Bajo	3167,57	39,28%	3280,52	40,68%
Medio	2219,93	27,53%	2145,45	26,60%
Alto	837,25	10,38%	845,46	10,48%
Muy Alto	161,69	2,00%	164,85	2,04%
TOTAL	**8064,90**	**100,00%**	**8064,90**	**100,00%**

Elaborado por: Lisseth Cure López

3.2.4.3. *Valoración ambiental*

Los valores obtenidos pueden ser observados en la siguiente tabla, la cual nos da a conocer la variación que existe dentro de la microcuenca en su calidad ambiental, siendo posible destacar que en su mayoría la microcuenca tiene una calidad ambiental muy baja la misma que ha aumentado de 28,01% a 31,59%, en

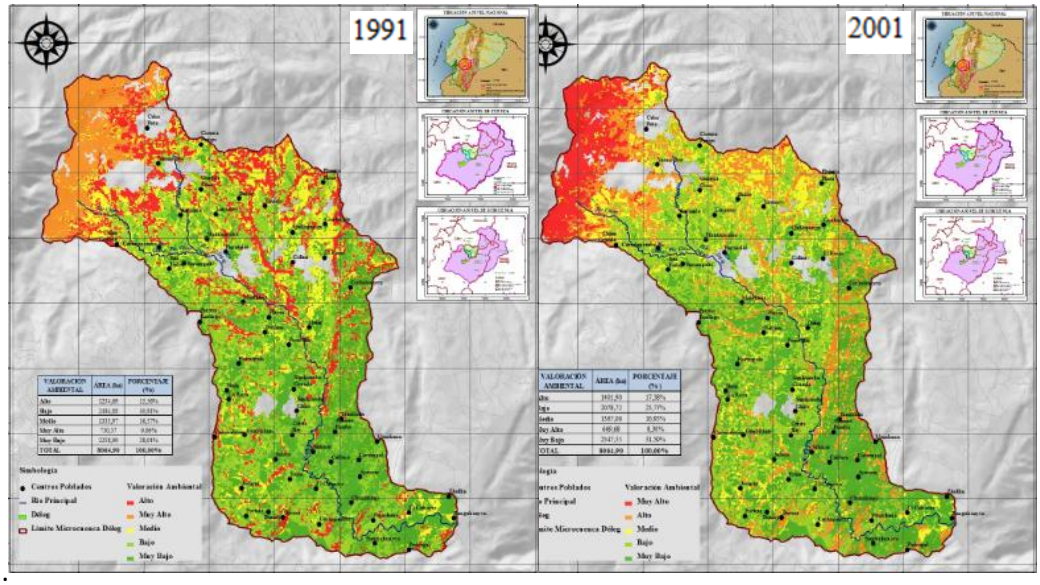
cuanto a la calidad baja esta a disminuido de 30,81% a 25,77%, disminuye el valor muy alto, aumentando el valor alto de 15,56% a 17,38%.

Tabla N° 30. Valoración Ambiental.

VALORACIÓN AMBIENTAL	2001		1991	
	ÁREA (ha)	PORCENTAJE (%)	ÁREA (ha)	PORCENTAJE (%)
Alto	1401,90	17,38%	1254,69	15,56%
Bajo	2078,72	25,77%	2484,88	30,81%
Medio	1367,06	16,95%	1335,97	16,57%
Muy Alto	669,68	8,30%	730,37	9,06%
Muy Bajo	2547,55	31,59%	2258,99	28,01%
TOTAL	**8064,90**	**100,00%**	**8064,90**	**100,00%**

Elaborado por: Lisseth Cure López

Ilustración N° 27. Valoración Ambiental 1991y 2001



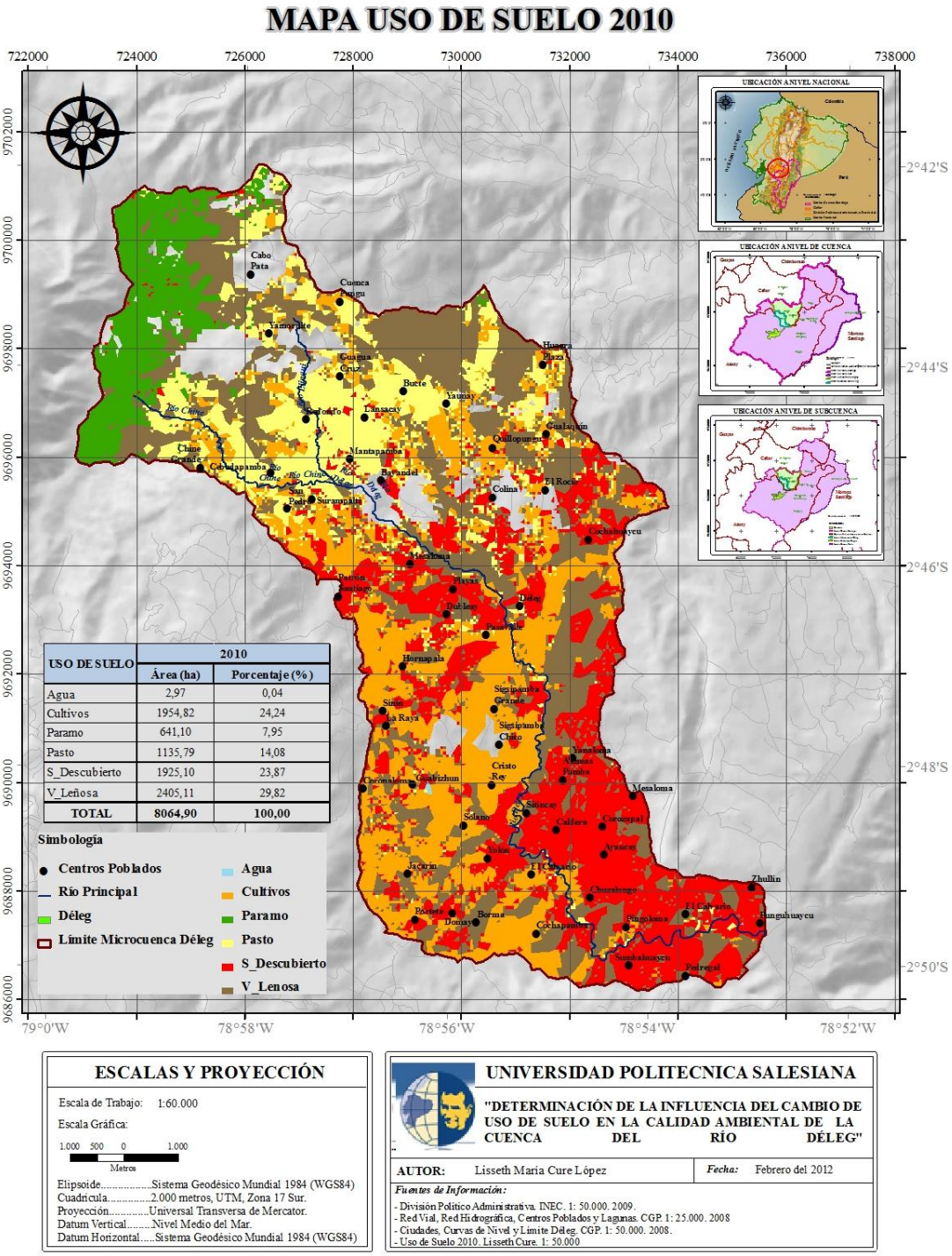
Elaborado por: Lisseth Cure López

3.3. POSIBLES ESCENARIOS

3.3.1. Validación de la metodología

A continuación se muestra el mapa prospectivo para el año 2010, el mismo que fue generado para realizar una validación de la información generada a partir de la construcción de una matriz de confusión.

Ilustración N° 28. Mapa Uso de Suelo 2010.



USO DE SUELO	2010	
	Área (ha)	Porcentaje (%)
Agua	2,97	0,04
Cultivos	1954,82	24,24
Paramo	641,10	7,95
Pasto	1135,79	14,08
S_Descubierto	1925,10	23,87
V_Leñosa	2405,11	29,82
TOTAL	8064,90	100,00

Simbología

- Centros Poblados
- Río Principal
- Déleg
- Límite Microcuenca Déleg
- Agua
- Cultivos
- Paramo
- Pasto
- S_Descubierto
- V_Lenosa

ESCALAS Y PROYECCIÓN

Escala de Trabajo: 1:60.000

Escala Gráfica: 1.000 500 0 1.000 Metros

Elipsoide.....Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS84)
Cuadrícula.....2.000 metros, UTM, Zona 17 Sur.
Proyección.....Universal Transversa de Mercator.
Datum Vertical.....Nivel Medio del Mar.
Datum Horizontal.....Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS84)

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

"DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL CAMBIO DE USO DE SUELO EN LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO DÉLEG"

AUTOR: Lisseth Maria Cure López **Fecha:** Febrero del 2012

Fuentes de Información:

- División Politico Administrativa. INEC. 1: 50.000. 2009.
- Red Vial, Red Hidrográfica, Centros Poblados y Lagunas. CGP. 1: 25.000. 2008
- Ciudades, Curvas de Nivel y Limite Déleg. CGP. 1: 50.000. 2008.
- Uso de Suelo 2010. Lisseth Cure. 1: 50.000

Elaborado por: Lisseth Cure

3.3.1.1. *Matriz de confusión*

Una vez establecidos los puntos de muestreo mediante una muestra estratificada se obtuvieron los siguientes puntos para los diferentes usos de suelo como se muestra en la ilustración N° 29

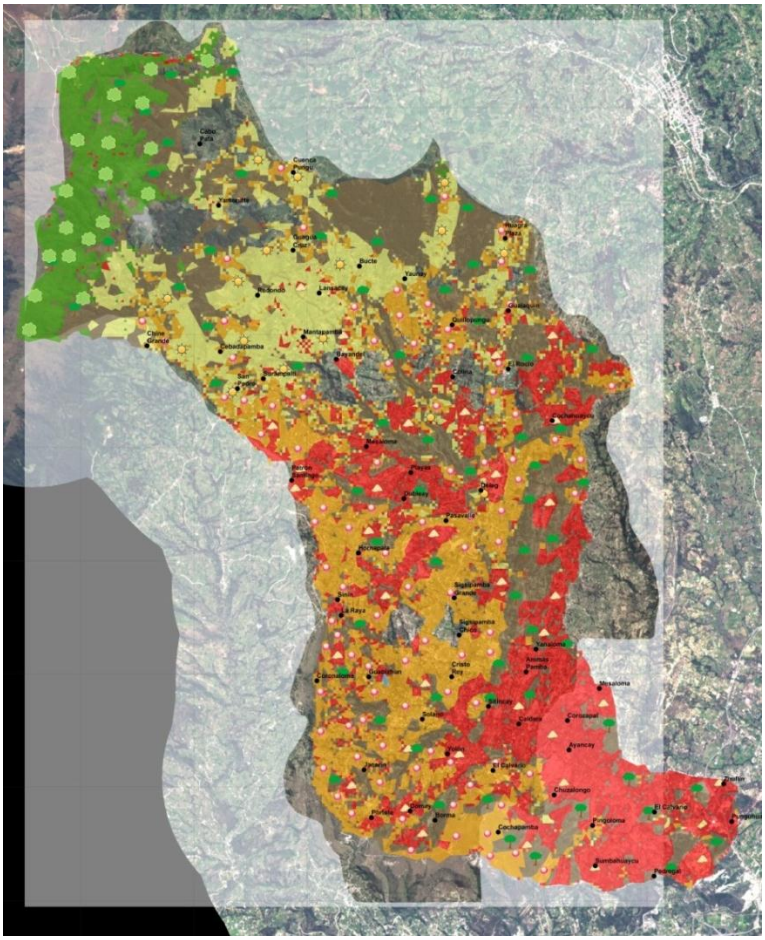
Los resultados de la matriz de confusión nos indican si la metodología utilizada se acerca a la realidad cuando se genera un modelo tendencial, el uso de suelo generado tiene un valor de Kappa de 0.82, de acuerdo a lo que nos indica la Tabla N° 15, este índice determina que existe un grado de concordancia casi perfecta. En su mayoría se dan problemas el rato de analizar los cultivos, ya que las fechas de las imágenes analizadas no coinciden con el período de siembra.

Tabla N° 31. Matriz de confusión.

		IDENTIFICADO EN ORTOFOTOMOSAICO						TOTAL	Multiplicaciones Marginales
IDENTIFICADO EN USO DE SUELO 2010	USO DE SUELO	Páramo	Vegetación Leñosa	Agua	Cultivos	Pasto	S_Descubierto		
	Páramo	16	0	0	0	0	0	16	304
	Vegetación Leñosa	2	61	0	7	1	0	71	4615
	Agua	0	0	1	0	0	0	1	1
	Cultivos	0	3	0	76	0	3	82	7708
	Pasto	1	1	0	3	15	1	21	336
	S_Descubierto	0	0	0	8	0	30	38	1292
TOTAL		19	65	1	94	16	34	199	14256
		Normal (N)		229					
		Porcentaje de Acuerdo (PA)		0,87					
		Coeficiente de Acuerdo Aposteriori (CAPS)		0,27					
		Coeficiente de ajuste (K)		0,82					

Elaborado por: Lisseth Cure López

Ilustración N° 29. Puntos de muestreo.

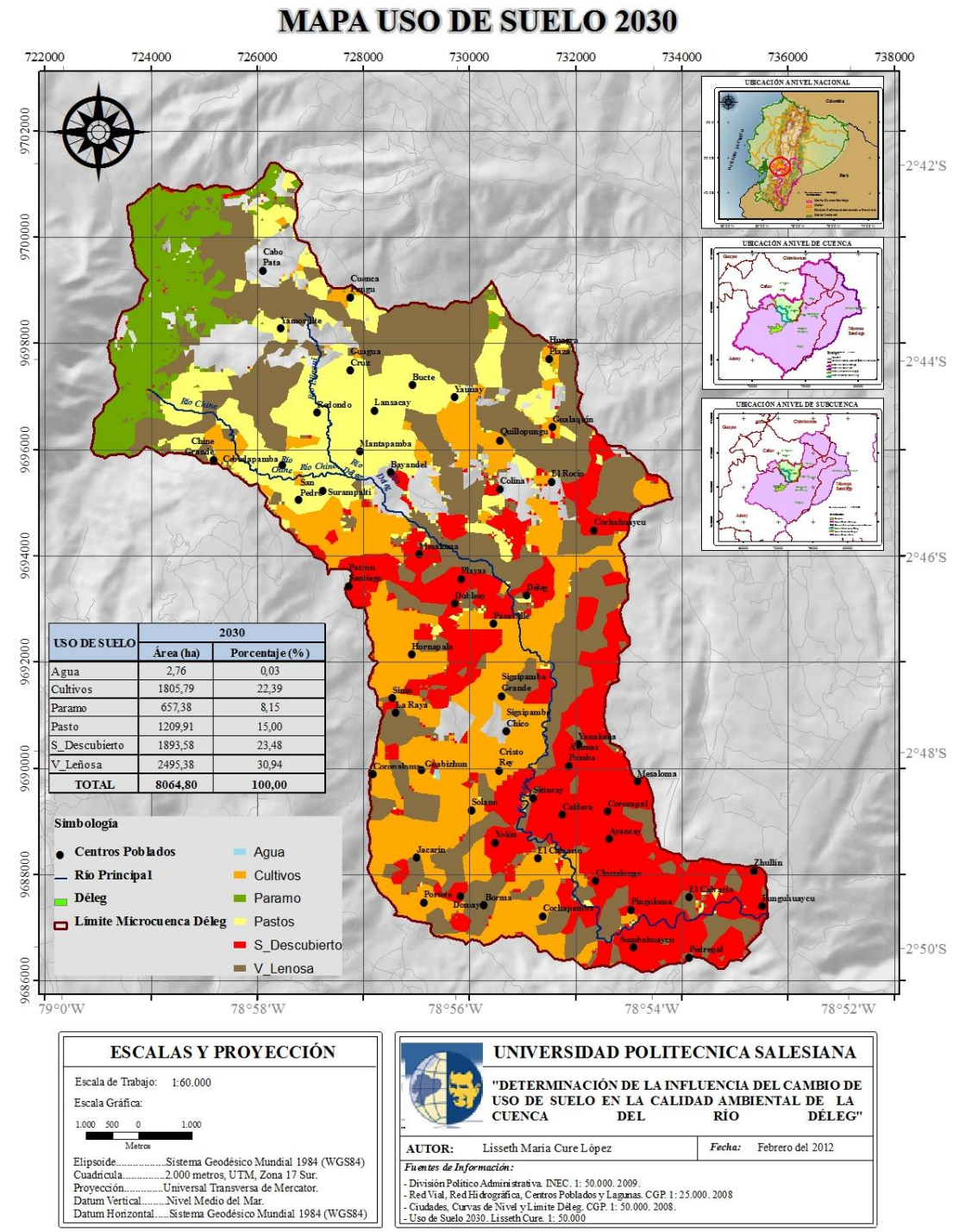


Elaborado por: Lisseth Cure

3.3.2. Análisis del escenario tendencial para el año 2030

Luego de aplicar la metodología para generar un mapa tendencial o prospectivo se obtuvo el siguiente mapa para el año 2030.

Ilustración N° 30. Uso de suelo 2030.



Elaborado por: Lisseth Cure.

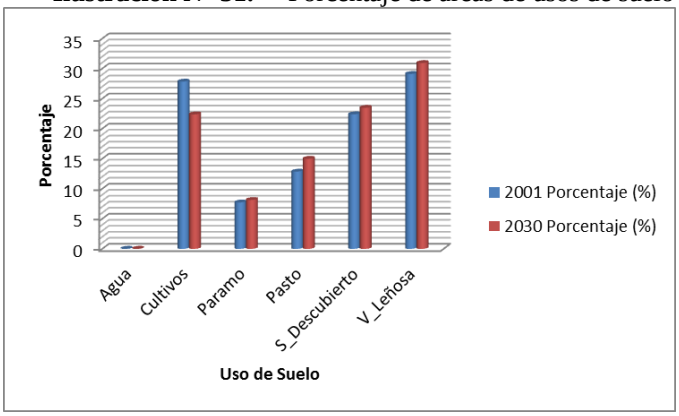
En la siguiente tabla obtenemos una descripción del porcentaje de cada uso con respecto al área a analizar.

Tabla N° 32. Uso de suelo existente para los años 2001 y 2030

USO DE SUELO	2001		2030	
	Área (ha)	Porcentaje (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)
Agua	2,24	0,03	2,76	0,03
Cultivos	2246,29	27,85	1805,79	22,39
Páramo	623,53	7,73	657,38	8,15
Pasto	1037,57	12,87	1209,91	15,00
S_Descubierto	1806,75	22,40	1893,58	23,48
V_Leñosa	2348,44	29,12	2495,38	30,94
TOTAL	**8064,80**	**100,00**	**8064,80**	**100,00**

Elaborado por: Lisseth Cure.

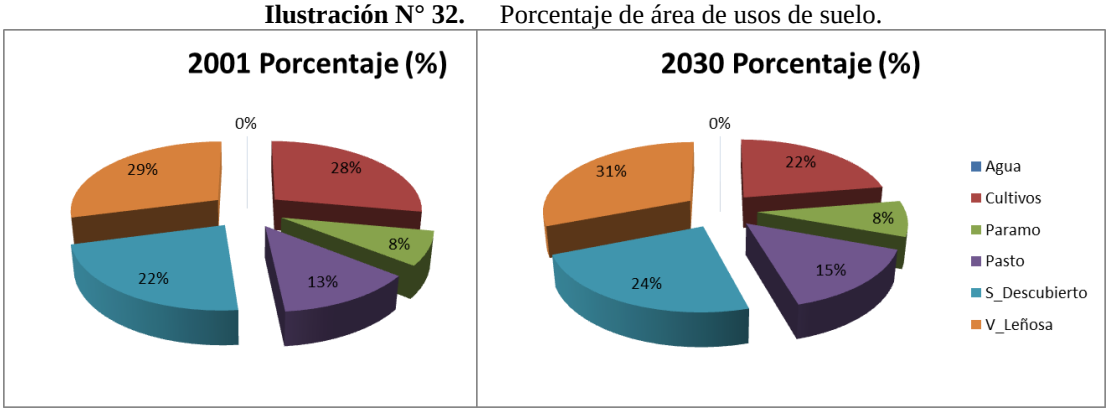
Ilustración N° 31. Porcentaje de áreas de usos de suelo



Elaborado por: Lisseth Cure López.

En la tabla y la ilustración anterior permiten evaluar lo que podría pasar si no se toma ninguna medida y evaluar de mejor manera el escenario al que se puede llegar, el mismo que demuestra que si existe una variación de áreas de los diferentes usos.

Ilustración N° 32. Porcentaje de área de usos de suelo.



Elaborado por: Lisseth Cure López.

3.1.1. Análisis de cambio

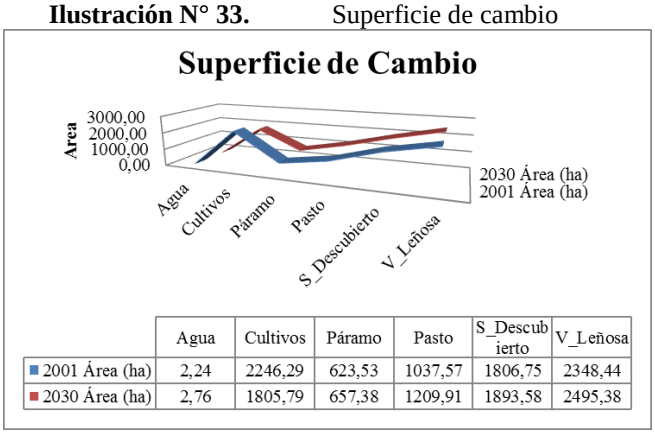
De igual manera que al realizar el análisis de cambio de los años 1991 y 2001, se estructura una evaluación de los cambios presentes en el área de estudio, con la diferencia que en esta etapa será un período de 29 años.

Tabla N° 33. Tasas de cambio de uso de suelo.

USO DE SUELO	2001	2030	Superficie de Cambio	Tasa de Cambio (%)	Tasa de Cambio Anual(%)
	Área (ha)	Área (ha)			
Agua	2,24	2,76	0,52	1,23	0,04
Cultivos	2246,29	1805,79	-440,49	-0,80	-0,03
Páramo	623,53	657,38	33,85	1,05	0,04
Pasto	1037,57	1209,91	172,34	1,17	0,04
S_Descubierto	1806,75	1893,58	86,83	1,05	0,04
V_Leñosa	2348,44	2495,38	146,95	-1,06	-0,04
TOTAL	**8064,80**	**8064,80**			

Elaborado por: Lisseth Cure López.

Ilustración N° 33. Superficie de cambio



	Agua	Cultivos	Páramo	Pasto	S_Descubierto	V_Leñosa
2001 Área (ha)	2,24	2246,29	623,53	1037,57	1806,75	2348,44
2030 Área (ha)	2,76	1805,79	657,38	1209,91	1893,58	2495,38

Elaborado por: Lisseth Cure López.

De acuerdo con los resultados obtenidos, observamos que el cambio en la microcuenca se podría presentar de forma que los cultivos disminuyen de 27,85% a 22,39%, la vegetación leñosa, el páramo, aumentan en 1%, los pastos aumentan de 12,87% a 15%.

Tabla N° 34. Cambio de un tipo de uso a otro.

		Uso de Suelo de 2030						
		Agua	**Cultivos**	**Páramo**	**Pasto**	**S_Descubierto**	**V_Leñosa**	**TOTAL**
Uso de suelo 2001	**Agua**	1,63	0,39		0,10	0,11		**2,24**
	Cultivos	0,13	1249,98	7,57	223,07	363,70	402,61	**2247,06**
	Páramo		3,06	569,21	11,79	6,49	38,58	**629,13**
	Pasto	0,03	92,69	40,53	667,63	32,10	206,56	**1039,55**
	S_Descubiert	0,11	182,55	6,78	43,82	1276,41	297,16	**1806,84**
	V_Leñosa		279,54	36,02	267,19	215,76	1541,57	**2340,09**
	TOTAL	**1,90**	**1808,23**	**660,12**	**1213,61**	**1894,57**	**2486,47**	**8064,90**

Elaborado por: Lisseth Cure.

Tabla N° 35. Porcentaje de cambio

	2030	**Área**	**Porcentaje**		**2030**	**Área**	**Porcentaje**
Agua (2001)	Agua	1,6285	72,86%	**S_Descubierto (2001)**	Agua	0,1107	0,01%
	Cultivos	0,3933	17,60%		Cultivos	182,5521	10,10%
	Páramo		0,00%		Páramo	6,7849	0,38%
	Pastos	0,103	4,61%		Pastos	43,8232	2,43%
	S_Descubierto	0,1102	4,93%		S_Descubierto	1276,412	70,64%
	V_Lenosa		0,00%		V_Lenosa	297,1608	16,45%
	Total	**2,24**	**100,00%**		**Total**	**1806,84**	**100,00%**
Cultivos (2001)	Agua	0,1282	0,01%	**V_Leñosa (2001)**	Agua		0,00%
	Cultivos	1249,9845	55,63%		Cultivos	279,5439	11,95%
	Páramo	7,5723	0,34%		Páramo	36,0218	1,54%
	Pastos	223,0701	9,93%		Pastos	267,194	11,42%
	S_Descubierto	363,6986	16,19%		S_Descubierto	215,7608	9,22%
	V_Lenosa	402,6053	17,92%		V_Lenosa	1541,5676	65,88%
	Total	**2247,06**	**100,00%**		**Total**	**2340,09**	**100,00%**
Pastos (2001)	Agua	0,0316	0,00%	**Páramo (2001)**	Agua		0,00%
	Cultivos	92,6947	8,92%		Cultivos	3,0599	0,49%
	Páramo	40,5289	3,90%		Páramo	569,2093	90,48%
	Pastos	667,631	64,22%		Pastos	11,7909	1,87%
	S_Descubierto	32,1006	3,09%		S_Descubierto	6,4874	1,03%
	V_Lenosa	206,5606	19,87%		V_Lenosa	38,5793	6,13%
	Total	**1039,55**	**100,00%**		**Total**	**629,13**	**100,00%**

Elaborado por: Lisseth Cure.

De acuerdo a la información obtenida, se puede visualizar en la tabla anterior los cambios que se generan en cada cobertura, encontrando que el suelo descubierto cambia, aumenta 86,83 has, las cuales en un 16,45% ocuparán el suelo ocupado por vegetación leñosa, los cultivos disminuyen en 440,49 has, de las que un 17,92% será sustituido por vegetación leñosa, un 16,19% por suelo descubierto, el páramo aumenta su área en 33,85 has, el pasto aumenta 172,34 has, de las cuales 19,87% remplazará a vegetación leñosa, y por último la vegetación leñosa aumenta 146,95 has, que en un 11% sustituirá a usos como el pasto y los cultivos.

3.4. PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE MANEJO

La finalidad de desarrollar un plan estratégico constituye en aprovechar de la mejor manera posible las potencialidades que tiene el territorio, para evitar un deterioro por el constante cambio de uso de suelo que se produce en la microcuenca.

Luego de realizar un análisis de los resultados obtenidos y al tener conocimiento de como puede estar el territorio en un panorama futuro; podemos describir estrategias que permitan mejorar las condiciones ambientales de la zona de estudio.

3.4.1. Delimitar áreas susceptibles

Para establecer los sectores más sensibles dentro de la microcuenca se delimitaron las zonas que presentan problemas, tomando en cuenta la tendencia que sigue el territorio para tomar medidas preventivas que lleven a un adecuado manejo.

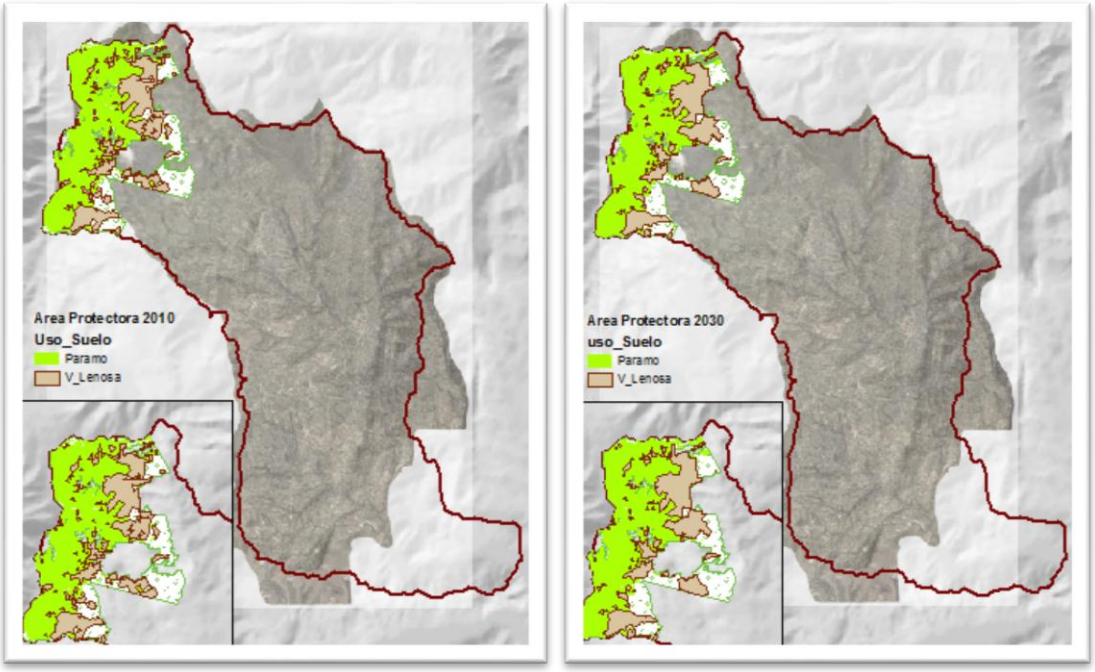
A continuación describimos los problemas identificados luego de realizar el diagnóstico y los análisis de cambio.

3.4.1.1. *Pérdida de vegetación leñosa y páramo:*

La zona alta de la microcuenca del río Déleg forma parte del área de bosque y vegetación protectora Machángara – Tomebamba, luego de analizar la variación existente en esta zona sensible del año 1991 al 2010 encontramos una pérdida de 52 has., siendo el área original de ésta área protectora en 1985 de 1160,62 has., existiendo para el año 2010 de 901,77 has., lo que demuestra una falta de gestión para evitar la pérdida de esta área protegida, luego del análisis realizado con respecto al año 2030 observamos que el área de esta zona aumenta en 2 hectáreas en 20 años, representando un problema ya que es posible evidenciar el cambio de área en esta zona.

Tomando en cuenta que en la actualidad las zonas naturales como la vegetación leñosa y páramo requieren de medidas de protección que disminuyan la presión que se ejerce en los ecosistemas debido a actividades antrópicas mediante: la deforestación, sobre pastoreo, entre otras; al existir pérdida de la cobertura vegetal en zonas con pendientes pronunciadas, puede provocar erosión y pérdida irreversible para el uso.

Ilustración N° 34. Pérdida de vegetación y páramo.



Elaborado por: Lisseth Cure

Tabla N° 36. Área de vegetación leñosa.

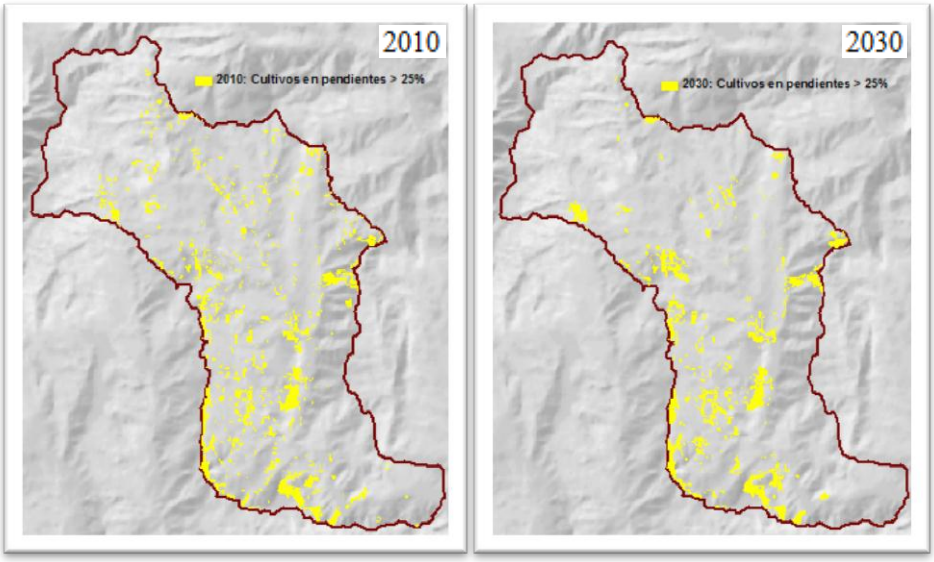
Páramo y V_Leñosa (Área Protegida)		
Años	**Área (has)**	**Porcentaje (%)**
Resolución 1985 situación inicial	1160,62	100,00%
1991	953,78	82,18%
2010	901,77	77,70%
2030	903,61	77,86%

Elaborado por: Lisseth Cure

3.4.1.2. *Disminución de áreas de cultivo:*

Luego de realizar el diagnóstico de la microcuenca y al esta encontrarse en un proceso de migración bastante fuerte durante los últimos años ha producido pérdida de mano de obra en actividades agro productivas, provocando el abandono de las tierras. Con las parcelas de cultivos y pastos en pendientes altas se genera un proceso de erosión acelerado volviéndolos suelos improductivos, por lo que se busca tierras productivas en las zonas altas, utilizando terrenos que no son producidos para este fin. De los resultados obtenidos, observamos una pérdida del 2% en áreas productivas, si bien no es un cambio significativo, se puede considerar como un problema ya que se pierde la capacidad productiva del suelo.

Ilustración N° 35. Zonas de cultivos en los años 2010 y 2030

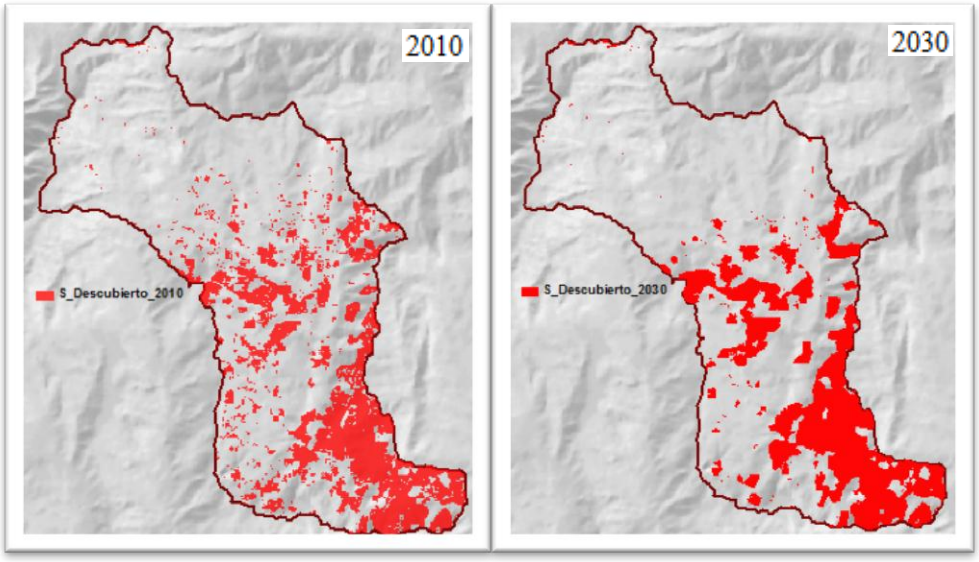


Elaborado por: Lisseth Cure

3.4.1.3. *Incremento de zonas erosionadas:*

Por las características físicas de la microcuenca, existen zonas de suelos erosionados, pero de acuerdo con el análisis desarrollado para el cambio de uso mediante un modelo tendencial, se pudo observar que en la zona baja de la microcuenca se incrementa el suelo descubierto de la zona.

Ilustración N° 36. Incremento de zonas erosionadas.



Elaborado por: Lisseth Cure

3.4.1.4. *Incompatibilidad de usos:*

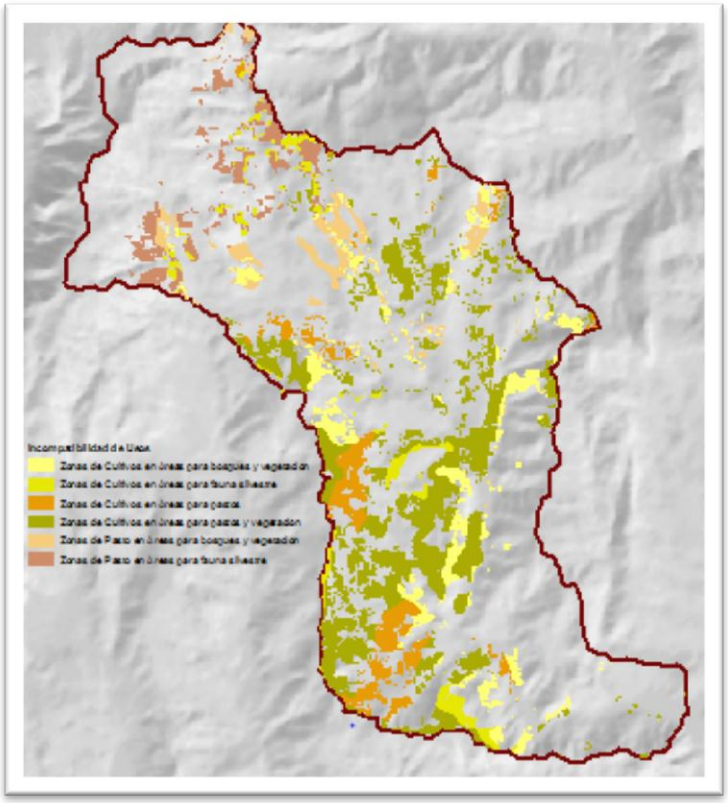
La incompatibilidad se genera por la sobre explotación o sub explotación de las potencialidades del suelo, como lo son cultivos y pastos en pendientes pronunciadas y sobre los 3200 m. que es considerada como línea imaginaria para la frontera agrícola. Para obtener las zonas de incompatibilidad, se realizó un cruce de entre los mapas de uso potencial del suelo disponible en la cartografía nacional de SENPLADES, con el mapa de uso de suelo, del cual se obtuvo:

Tabla N° 37. Zonas de incompatibilidad

Incompatibilidad	Área (has)
Zonas de cultivos en áreas para bosques y vegetación	353,03
Zonas de cultivos en áreas para fauna silvestre	156,89
Zonas de cultivos en áreas para pastos	279,02
Zonas de cultivos en áreas para pastos y vegetación	1072,94
Zonas de pasto en áreas para bosques y vegetación	203,22
Zonas de pasto en áreas para fauna silvestre	214,12

Elaborado por: Lisseth Cure

Tabla N° 38. Incompatibilidad de usos



Elaborado por: Lisseth Cure

3.4.1.5. *Avance de la frontera agrícola:*

Como ya se mencionó anteriormente, los factores que llevan a este avance se dan por las malas prácticas de los habitantes de la microcuenca en producción agropecuaria.

3.4.2. Plan de recuperación ambiental

El plan de recuperación ambiental se encuentra definido por estrategias que serán direccionadas a mejorar la calidad de la microcuenca, tomando como factor principal el uso de suelo, las medidas correctivas pueden ser: de protección, de conservación, de explotación agropecuaria, de recuperación, entre otras

3.4.2.1. *Conformar el comité de gestión de la microcuenca del río Déleg*

Para el cumplimiento de un plan, es indispensable contar con un ente ejecutor que se encargue de llevar a cabo cualquier proyecto de interés para aprovechar los recursos existentes dentro de la microcuenca; en caso de no lograr constituir este organismo, se plantea la posibilidad de que se ejecute esta propuesta en su totalidad o parcialmente, por medio de organismos que ya están conformados en la actualidad como lo son: Juntas de Agua, Junta Parroquial, entre otros.

3.4.2.1.1. Concientizar sobre la importancia de conformar el comité de gestión de la microcuenca del río Déleg

Es necesario dar a conocer la importancia de conformar el comité de gestión de la microcuenca a las personas que forman parte de esta, ya que serán ellas las que sirvan como ente regulador de las actividades que se llevan a cabo dentro de la misma, sin dejar de lado a entidades públicas que de una u otra manera generan leyes y políticas de control para el manejo adecuado de la microcuenca.

La *ley de creación del Consejo de Gestión de la cuenca del Paute*, determina que un comité de gestión de una unidad hidrográfica debe ser un ente *"……público, descentralizado, con personería jurídica, con capacidad para ejercer derechos y contraer obligaciones, con patrimonio y presupuesto propios, autonomía administrativa y financiera"*, aparte debe involucrar autores públicos y privados, beneficiarios, gobiernos locales y otros que puedan influenciar en la gestión y manejo integral de la microcuenca.

Para poder lograr este objetivo, se deberán ejecutar las siguientes actividades:

- Realizar campañas de marketing y publicidad que permitan dar a conocer la importancia de generar política institucional y social a los habitantes de la zona, así

como a las entidades institucionales que intervengan en el manejo de la microcuenca.

- Llevar a cabo talleres de capacitación y fortalecimiento organizacional, dirigido hacia todos los habitantes de la zona de la microcuenca.

3.4.2.1.2. Establecer las normativas que regirán al comité de gestión de la microcuenca del río Déleg (CGD)

Las actividades a desarrollarse dentro del comité tienen como finalidad, aprovechar sustentablemente los recursos, gracias al desarrollo armónico de actividades productivas y el medio ambiente; su propósito será el de buscar un desarrollo integral entre los habitantes y el área de influencia, con un manejo adecuado de los recursos naturales, y con un equilibrio con los subsistemas social, cultural y económico, sin comprometer los intereses de las generaciones futuras.

Para llegar a este objetivo se pretende realizar las siguientes actividades:

- Conformar el CGD: Consiste en generar borradores de la normativa y los ejes de trabajo que regirán el comité.
- Designar las juntas directivas que tendrá un representante principal y un suplente para cada una de las siguientes entidades:

  - Director de la Secretaría Nacional del Agua.
  - Prefecto Provincial del Cañar.
  - Alcalde del Cantón Déleg.
  - Subsecretaría de SENPLADES.
  - Director Provincial del Ministerio del Ambiente.
  - Representantes de las organizaciones sociales.
  - Director Ejecutivo del CGPaute o sus representantes.
  - Comité Técnico de Gestión Ambiental.

El comité técnico deberá estar conformado por: presidente, vicepresidente, director financiero y director técnico, los cuales serán elegidos por voto directo y secreto, en un consejo general del comité (constituido por todos los integrantes propuestos); las personas electas aceptarán el cargo y firmarán su posesión.

Los trabajos en las áreas: técnica, de comunicación, contabilidad, secretaría y tesorería, serán realizados si existen personas del consejo general calificadas (todos los integrantes de la Junta Ejecutiva tienen derecho de elegir y ser elegidos para cualquiera de las dignidades) o caso contrario el consejo decidirá como suplir esos requerimientos.

Los ejes de trabajo serán: planificación, ejecución y evaluación de proyectos; enmarcados en un plan integral de manejo de la microcuenca, con asistencia técnica, educación, investigación y difusión de resultados, mediante una normativa que regule las actividades de la microcuenca, control del cumplimiento de las mismas y los temas que el comité deba trabajar.

Finalmente se llevará a cabo una socialización de los reglamentos del CGD, que deberán ser aprobados democráticamente por las personas que pertenecen a la microcuenca.

3.4.2.1.3. Legalización del CGD

El comité de gestión será una entidad legalmente establecida, su sede estará dispuesta en el centro parroquial Déleg, la misma que deberá identificar estrategias que permitan un aprovechamiento adecuado a sus actores de los recursos con los que cuenta la microcuenca del río Déleg (MRD), buscando mejorar la calidad de vida de los habitantes, considerando la interrelación de los subsistemas que en ella se desarrollan, sin comprometer los intereses de sus descendientes.

3.4.2.2. *Protección y conservación de los recursos hídricos*

Los ecosistemas no intervenidos que se han identificado, deberán entrar en un proceso fundamental de protección y conservación como objetivo fundamental de estas estrategias.

3.4.2.2.1. Protección de Fuentes hídricas

Se deberá concebir un plan de protección de las fuentes hídricas con el propósito de garantizar la calidad y cantidad de agua para los beneficiarios. Para lograr este objetivo se plantean las siguientes labores:

- Inventario de fuentes hídricas, que permitirá tener conocimiento de las fuentes existentes en la zona, ya sean ríos, quebradas, lagunas, aguas subterráneas, entre otras Una vez identificadas las fuentes se categorizará de acuerdo a su estado de deterioro, definiendo las zonas que necesitan una atención prioritaria.
- Determinar y georeferenciar las principales fuentes de contaminación, de esta manera se podrá establecer medidas que eviten o disminuyan las emisiones que generan un deterioro de las fuentes hídricas.
- Cercado de fuentes hídricas: La presencia de ecosistemas frágiles de bosques nativos en las zonas altas de la microcuenca, en donde la presión sobre las fuentes hídricas es preocupante por contaminación de ríos y quebradas con excremento de ganado bovino, y sobre todo sectores donde el acceso para el ser humano es fácil, requiere que se inicie un cercado para evitar el acercamiento de ganado, buscando acuerdos con los propietarios de terrenos cercanos a las fuentes hídricas para facilitar el cumplimiento de esta actividad
- Siembra de vegetación nativa en los márgenes de ríos y quebradas, priorizando zonas de alta presión y en lugares en donde la vegetación sea escasa o nula, de esta manera fomentar la conservación de biocorredores, mejorando sus características paisajísticas.

- Construcción de abrevaderos: Al cercar las fuentes hídricas para el ganado de la zona, como medida obligatoria estaría la construcción de abrevaderos para suministrar agua a los animales de la zona, sin tener que destruir las cercas de protección; de igual manera, los animales que pastan libremente encontraran agua a su alcance.

3.4.2.2.2. Correcto uso de insumos agropecuarios

El mal manejo de insumos agrícolas favorece la degradación del entorno, por lo que se da a conocer a los agricultores técnicas adecuadas para fertilizar el suelo sin que esto signifique contaminarlo. Se recomienda sustituir fertilizantes como la gallinaza, por el humus que resultaría de la implementación de las camas de lombricultura que podrían ser implementadas. Para este propósito, se propone capacitar a la población para que tenga conocimiento de los agroquímicos más adecuados, optando por insumos orgánicos elaborados por ellos mismos (camas de lombricultura), con lo que se ayudará a disminuir la contaminación.

3.4.3. Fortalecimiento de actividades productivas

3.4.3.1. *Fomentar las fortalezas productivas de la microcuenca del río Déleg*

El mejoramiento de la producción en la zona media y baja de la microcuenca, y mediante la aplicación de buenas prácticas agropecuarias, turísticas y de explotación de materia prima; para de esta manera evitar la degradación del suelo y la ampliación de la frontera agrícola. Para poder fomentar las fortalezas productivas existentes en la microcuenca, se deben realizar las siguientes actividades:

- Identificar las fortalezas productivas existentes en la microcuenca del río Déleg, mediante un levantamiento georeferenciado de las diferentes áreas que generan un ingreso económico dentro de la zona, definiendo zonas que presentan características importantes para un desarrollo agropecuario, turístico, maderero, entre otros. De esta manera, será posible tener un conocimiento de las áreas que serán destinadas para cada actividad.

- Realizar un diagnóstico de las actividades productivas potenciales en la microcuenca del río Déleg.
- Generar un plan de acciones que permitan el desarrollo y la explotación sustentable de las actividades productivas potenciales de la microcuenca del río Déleg.
- Buscar financiamiento para poner en marcha el plan de acciones.
- Capacitación y formación a los agricultores de la zona.

3.4.3.1.1. Creación de un programa de comercialización para la zona

Al mejorar la productividad se debe considerar un plan de comercialización para los productos generados, se pretende mejorar las ganancias de los agricultores con el producto obtenido, por lo que se propone:

- Conformación de asociación de productores de la microcuenca del río Déleg, para fortalecer las potencialidades de la zona y conformar granjas que cubran la demanda de mercado tanto en variedad cuanto en calidad
- Establecer convenios para la comercialización de los productos con pequeñas y medianas empresas de la zona.
- Generar campañas publicitarias de los productos.
- Recuperación de zonas degradas.

Una microcuenca que presenta zonas degradadas conlleva a enfrentar varios problemas que genera procesos de erosión como son: disminución de cobertura vegetal, uso inadecuado de la tierra, no utilización del suelo, entre otros. Para cumplir con este fin, se propone las siguientes actividades:

- Construcción de un vivero comunitario: Con el fin de proporcionar especies nativas para los planes de repoblamiento forestal y de márgenes de ríos y quebradas, se establecen sectores para la construcción de los mismos en zonas puntuales de la microcuenca.
- Siembra de especies nativas: Con esta actividad se pretende intervenir directamente en el control de la erosión, ya que al incrementar la infiltración y

reducir la escorrentía, la vegetación de repoblamiento ofrece protección física al suelo contra el impacto de la lluvia, y la velocidad del agua, al aumentar la resistencia hidráulica del terreno, disminuye la capacidad erosiva del agua. Esto baja el índice de pérdidas de suelo en laderas y permite a la repoblación forestal.

3.4.3.2. *Recuperación de ecosistemas intervenidos*

Los ecosistemas, el páramo y la vegetación leñosa, luego del estudio analizado, muestran una notoria intervención en gran parte de los mismos, por lo que es imprescindible su recuperación, para ello se propone lo siguiente:

3.4.3.2.1. Protección de lugares según la cobertura de suelo y pendiente

Se definirán los ecosistemas intervenidos en pendientes mayores al 50%, siendo estos lugares los que deben ser protegidos de forma prioritaria, ya que, debido a sus características, son suelos propensos a degradación, por lo que se propone determinar acciones a ejecutar en zonas que necesitan protección por su pendiente y uso de suelo.

3.4.3.2.2. Disminuir la presión sobre los ecosistemas naturales

Al existir un área de Bosque protector en la microcuenca denominada Machángara – Tomebamba, es una ventaja que se debe aprovechar teniendo en cuenta estos aspectos al momento de reglamentar mediante el uso de suelo, por lo que es necesario:

- Establecer restricciones de ingresos y medidas de uso de suelo en las zonas de áreas protegidas, ya que estas áreas despiertan el interés de los pobladores que demandan madera, leña, entre otras, por lo que se debe dar alternativas para compensar esta necesidad, permitiendo explotar prudentemente la vegetación leñosa, exótica ubicada en la cuenca media.

3.4.3.3. *Capacitación integral*

Para lograr el propósito de las actividades planteadas, es de vital importancia la colaboración de las personas que pertenecen a la microcuenca del río Déleg, por lo que se requiere implementar un programa de aprendizaje vivencial, sin tomar en cuenta los métodos convencionales de enseñanza. Las capacitaciones estarán destinadas a toda la población: niños, jóvenes, adultos, tanto hombres cuanto mujeres, que participen en espacios de educación formal e informal, para lo que se deben desarrollar las siguientes actividades:

- Identificar los diferentes grupos de personas que recibirán capacitación
- Socializar con los diferentes grupos conformados, con el fin de identificar y determinar los principales temas, necesidades y requerimientos a ser tratados en los talleres de capacitación
- Preparar los módulos para talleres de capacitación.
- Establecer un cronograma los diferentes talleres en sus áreas.
- Ejecución de los talleres de capacitación.

Tabla N° 39. Plan de Manejo

ESTRATEGIA	OBJETIVO	ACTIVIDAD	INDICADORES	MEDIO DE VERIFICACION
1. Conformar el comité de gestión de la microcuenca del Río Déleg..	*1.1 Concientizar la importancia de conformar el comité de gestión de la microcuenca del Río Déleg (CGD)*	Actividades de marketing, publicidad y comunicación que permitan dar a conocer la importancia de generar política institucional y social.	Número de contratos de publicidad firmados.	Contratos firmados
		Capacitación y fortalecimiento organizacional mediante talleres a los habitantes de la zona de la microcuenca.	Número de personas asistentes en talleres de capacitación y fortalecimiento organizacional.	Actas de sesiones con firmas de los asistentes.
	1.2. Establecer las normativas que regirán al CGD.	Conformar el comité de Gestión (designar junta directiva, comité técnico), generar borradores de las normativas.	Reglamento, número de estatutos y documentación generada.	Actas de posesión y borradores de normas.
		Socializar los reglamentos del comité de gestión.	Cantidad de normativas y reglamentos para el funcionamiento del CGD elaborados.	Actas de sesiones de trabajo y resoluciones
	1.3. Legalización del CGD	Realizar los trámites respectivos para la legalización del Comité de Gestión.	En un año el CGD se encuentra legalmente legalizada	Disposición ministerial
2. Protección y conservación de los Recursos Hídricos.	*2.1. Proteger las fuentes hídricas de la microcuenca del río Déleg*	Inventario de fuentes hídricas	Cantidad de fuentes hídricas inventariadas de la microcuenca del río Déleg	Informes técnicos y cartografía generada.
		Determinar y georeferenciar las principales fuentes de contaminación	Número de fuentes contaminadas y georeferenciadas dentro de la microcuenca.	Informes técnicos y cartografía generada.
		Cercado de fuentes hídricas	Número de Km de cercado de de ríos y quebradas de la microcuenca del río Déleg	Informe de inspecciones y fotografías.
		Siembra de vegetación nativa en los márgenes de ríos y quebradas	Cantidad de hectáreas sembradas con vegetación nativa en las márgenes de ríos y quebradas .	Informe de visita de campo y fotografías
		Construcción de abrevaderos	Número de propiedades de aprovechamiento ganadero ubicadas en la microcuenca que cuentan con abrevaderos para el ganado.	Fotografías, convenios e inspecciones.
	2.2. Correcto uso de insumos agropecuarios.	Incentivar el consumo de insumos orgánico.	Porcentaje de incremento de consumo en insumos organiccos.	Contrato de consultoría para estudios técnicos generados con el uso actual de insumos orgánicos (levantamiento de línea base) y su perspectiva de consumo a un año.
3. Fortalecimiento de actividades productivas.	*3.1. Fomentar las fortalezas productivas de la microcuenca del río Déleg*	Identificar las fortalezas productivas existentes en la microcuenca del río Déleg.	Número de hectáreas levantadas y georeferenciadas de zonas productivas	Informes técnicos y cartografía generada.
		Realizar un diagnóstico de las actividades productivas potenciales en la microcuenca del río Déleg.	Cantidad de actividades productivas identificadas	Informes técnicos.
		Generar un plan de acciones que permitan el desarrollo y la explotación sustentable de las actividades productivas potenciales de la microcuenca del río Déleg.	Número de acciones propuestas.	Informe de plan de acciones.
		Buscar financiamiento para poner en marcha el plan de acciones.	Número de empresas contactadas.	Convenios firmados
		Capacitación y formación a los agricultores de la zona.	Número de agricultores capacitados.	Actas de talleres de capacitación y formación a los agricultores, listado de asistentes, encuestas de evaluación del servicio de capacitación brindado
	3.2. Creación de un programa de comercialización para la zona.	Conformación de asociación de productores de la microcuenca del río Déleg.	Número de productores que conforman la Asociación de productores de la microcuenca del río Déleg.	Actas de sesiones de trabajo, asambleas y resoluciones, actas de constitución de la asociación
		Establecer convenios para la comercialización de los productos con pequeñas y medianas empresas de la zona.	Número de convenios firmados con pequeñas y medianas empresas para la comercialización de productos	Convenios firmados
		Generar campañas publicitarias de los productos.	Número de contratos de publicidad firmados.	Contratos de publicidad
4. Recuperación de Zonas Degradas.	*4.1. Repoblación forestal con especies nativas.*	Construcción de vivero comunitario.	Número de plantas reproducidas por año	Informe de producción, archivo fotográfico del proceso.
		Siembra de especies nativas.	Número de hectáreas sembradas con especies nativas.	Informes de insección realizadas.
5. Recuperación de ecosistemas intervenidos.	*5.1. Protección de lugares según la cobertura de suelo y pendiente*	Determinar acciones a ejecutar en zonas que necesitan protección por su pendiente y uso de suelo.	Número de acciones establecidas en la zona.	Plan de acciones
	5.2. Disminuir la presión sobre los ecosistemas naturales	Establecer restricciones de ingresos y medidas de uso de suelo en zona de áreas protegidas.	Número e medidas generadas. Cantidad de hectáreas de suelo protegido para su ingreso	Numero de acciones implementadas.
6. Capacitación Integral	*6.1. Talleres de Capacitación a miembros de las comunidades de la microcuenca del río Déleg, en temas de manejo y sustento ambiental.*	Identificar los diferentes grupos de personas que recibirán capacitación	Número de grupos identificados para recibir capacitación	Listado de integrantes de los diferentes grupos
		Socializar con los diferentes grupos conformados con el fin de identificar y determinar los principales temas, necesidades y requerimientos a ser tratados en los talleres de capacitación	Cantidad de temas a tratar en talleres de capacitación	Listados de asistencia a socialización, actas de asambleas, listado de temas a ser tratados en talleres de capacitación.
		Preparar los módulos para talleres de capacitación.	Cantidad de módulos para talleres preparados.	Módulos de capacitación
		Establecer un cronograma los diferentes talleres en sus áreas.	Porcentaje de avance y cumplimiento del cronograma planteado	check list de cumplimiento de actividades planificadas en el cronograma
		Ejecución de los talleres de capacitación	Número de personas capacitadas	Registro de asistencia a los talleres, encuestas de calidad de la capacitación recibida, copias de los certificados de asistencia otorgados a los participantes de talleres de capacitación

Elaborado por: Lisseth Cure

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

3.5.1. Análisis de la variable de salida Valoración Ecológica

Este trabajo de investigación aplicó el modelo estadístico DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR, con un factor de entrada correspondiente a tres niveles que representan a los años de análisis los cuales son: 1991, 2001 y 2010 y una variable de salida que representa la Valoración Ecológica.

De esta manera, se plantea las siguientes hipótesis con respecto a los años de análisis:

H_0 $\mu 1991 = \mu 2001 = \mu 2010$

H_1 $\mu 1991 \neq \mu 2001 \neq \mu 2010$

Una vez planteadas las hipótesis, se realizó con la ayuda del programa MINITAB al análisis estadístico para la Valoración Ecológica; de esta manera, se podrá determinar si se aceptan o se rechazan las hipótesis.

Tabla N° 40. Valoración Ecológica. ANOVA de un factor

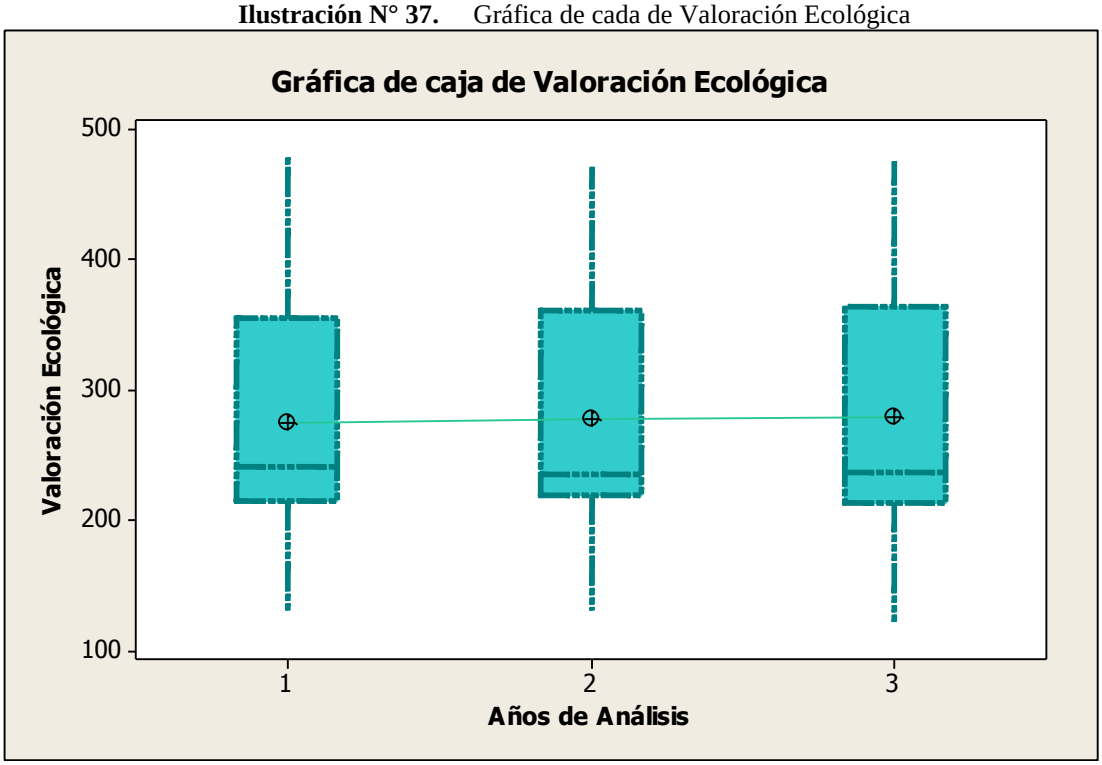
Fuente de variación	G.L.	SS	MS	F	P
Entre grupos Tratamientos	2	174	87	0,01	0,99
D. Error	63	534510	8484		
Total	65	534683			
S = 92,11	R-cuad. = 0,03%		R-cuad.(ajustado) = 0,00%		

Elaborado por: Lisseth Cure

De acuerdo con los resultados obtenidos después del análisis encontrados en la Tabla N° 40, tenemos que la Valoración Ecológica tiene un R-cuadrado de 0,03% y un R-cuadrado (ajustado) del 0%, por lo que nos índica que el modelo no se ajustó correctamente.

Con los valores del ANOVA podemos establecer como el valor de p 0,99 el cual es mayor a 0,05, lo que indica que no existe una significancia entre cada uno de los años.

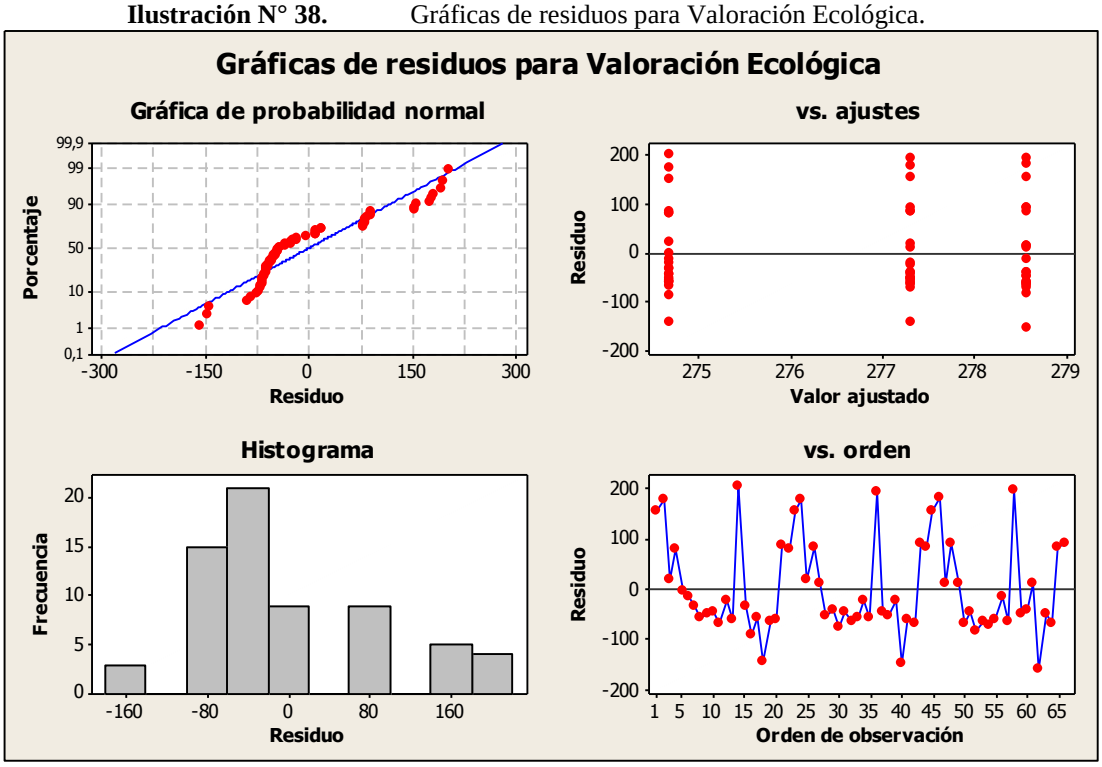
Ilustración N° 37. Gráfica de cada de Valoración Ecológica



Elaborado por: Lisseth Cure

La gráfica de caja muestra que no existen diferencias en las medias de los tratamientos debido al traslape que podemos visualizar, lo que demuestra una similitud de los mismos.

Ilustración N° 38. Gráficas de residuos para Valoración Ecológica.



Elaborado por: Lisseth Cure

Para poder llegar a una interpretación más exacta de los datos, se debe realizar la verificación de los supuestos del modelo con respecto a los residuos, para lo cual se analizó la Ilustración N° 38, la misma que es proporcionada por el programa:

- Normalidad.
- Varianza Constante.
- Independencia (Orden de Observacion).

Para evaluar el primer supuesto se analiza la gráfica de distribución normal del modelo, tenemos que los puntos generan tres bloques bien definidos, lo que determina que no existe una continuidad en la gráfica; se puede observar la mayoría de los puntos alejados de la recta de distribución normal que debería seguir, lo que nos indica que no existe una Normalidad en el Modelo Estadístico.

En el histograma podemos observar que los valores oscilan de -160 a 160, con una desviación estándar de 92,11 teniendo una amplitud extensa, el histograma nos ayuda a confirmar lo antes ya obtenido, ya que no se genera una curva Gaussiana, y de igual manera podemos visualizar la formacion de bloques en la gráfica.

El supuesto de Varianza Constante se determina analizando la gráfica de Residuos versus Ajustes, donde se puede observar que las columnas de puntos para cada año presentan más o menos la misma dispersión, con lo que es posible llegar a determinar el cumplimiento del supuesto de Varianza Constante.

Al analizar la independencia de los datos, se hace referencia a orden de observaciones de los datos, en la gráfica de Residuo versus Orden podemos observar una aleatoridad en los datos, lo que permite que se cumpla el supuesto de independencia.

Luego de realizar el análisis del modelo, y al no obtener un ajuste del mismo, es decir la valoración ecológica de la microcuenda del río Déleg, no varía en función del tiempo, sin embargo luego de analizar los supuestos, el modelo cumple con los supuestos de Varianza Constante e independencia, siendo el supuesto de normalidad el que evita el ajuste del modelo, estos resultados nos indican que existen otros factores que no han sido considerados en este modelo.

Por lo que debemos rechazar la hipótesis H_1, ya que para todos los años de análisis la valoración ecológica es la misma.

Para validar los resultados del ANOVA, se procedió a realizar un análisis de las parcelas de muestreo, en las cuales no se estima un cambio significativo en el uso

de suelo, se consideró como área de análisis el área sin zonas que tenían cobertura de nubes que es 8064,90 has.

En la siguiente tabla se observan los porcentajes de área presentes en cada año, y la tasa de cambio.

Tabla N° 41. Tasas de cambio de uso de suelo.

USO DE SUELO	1991		2001		2010	
	Área (ha)	Porcentaje (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)
Agua	1,87	0,02	2,24	0,03	2,97	0,04
Cultivos	3312,27	41,07	2246,29	27,85	1954,82	24,24
Páramo	689,61	8,55	623,53	7,73	641,10	7,95
Pasto	552,32	6,85	1037,57	12,87	1135,79	14,08
S_Descubierto	1208,34	14,98	1806,75	22,40	1925,10	23,87
V_Leñosa	2300,49	28,52	2348,44	29,12	2405,11	29,82
TOTAL	8064,90	100,00	8064,80	100,00	8064,90	100,00
USO DE SUELO	Superficie de Cambio	Porcentaje (%)	Tasa de Cambio (%)	Superficie de Cambio	Porcentaje (%)	Tasa de Cambio (%)
Agua	0,36	0,00%	1,19	0,74	0,01%	1,33
Cultivos	-1065,98	13,22%	-0,68	-291,47	3,61%	0,87
Páramo	-66,09	0,82%	0,90	17,58	0,22%	1,03
Pasto	485,25	6,02%	1,88	98,23	1,22%	1,09
S_Descubierto	598,41	7,42%	1,50	118,35	1,47%	1,07
V_Leñosa	47,95	0,59%	-1,02	56,67	0,70%	1,02
Períodos	1991 - 2001			2001 - 2010		

Elaborado por: Lisseth Cure.

Al revisar la superficie de cambio existente entre los años 1991 y 2001, 2001 y 2010, se puede identificar que el porcentaje de la superficie de cambio con respecto a la totalidad de la microcuenca es baja, y al considerar que cada parcela de muestra tiene un área de 100 has. que representa el 1,24%, motivo por el cual la variación en la valoración ecológica se torna mínima, volviéndose el cambio que sufren los cultivos el más destacado.

3.5.1.1. *Valoración Ecológica en la cuenca alta y baja.*

Una vez realizado el análisis estadístico para la Valoración Ecológica, se procedió a aplicar un modelo para determinar si el cambio que se da en la

microcuenca es constante tanto para la parte alta cuanto para la parte baja, para lo cual se implementó el DISEÑO DE BLOQUES COMPLETAMENTE AL AZAR, cuyos factores de entrada fueron: un factor principal que son los años con tres niveles correspondientes a 1991, 2001 y 2010 y un factor secundario que serían la parte alta y baja de la cuenca, este con dos niveles y como variable de salida obtendremos la Valoración Ecológica.

De esta manera se plantea las siguientes hipótesis con respecto a los años de análisis:

H_0 $\mu 1991 = \mu 2001 = \mu 2010$

H_1 $\mu 1991 \neq \mu 2001 \neq \mu 2010$

Para la clasificación de cuencas se plantean las siguientes hipótesis:

H_0 $\mu Alta = \mu Baja$

H_1 $\mu Alta \neq \mu Baja$

Con las hipótesis planteadas se realiza con el programa MINITAB nuevamente el análisis estadístico para la Valoración Ecológica, y de esta manera determinar si se aceptan o se rechazan las hipótesis.

Tabla N° 42. Comparación entre cuencas. ANOVA de un factor

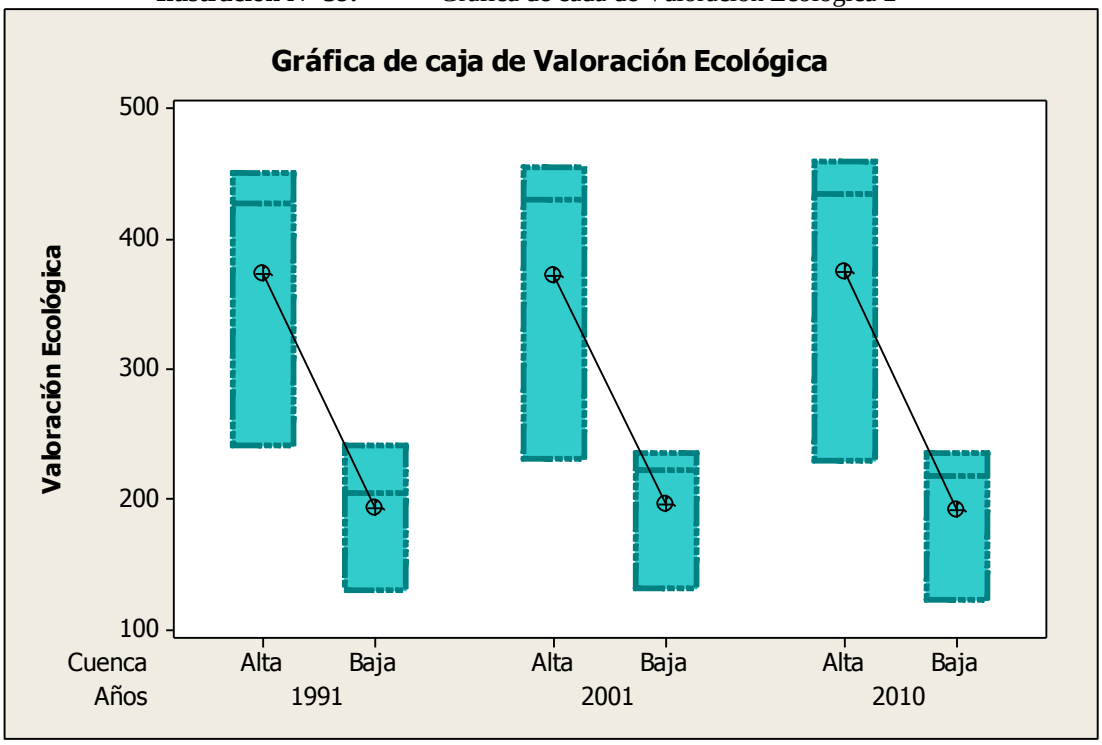
Fuente de variación	G.L.	SS	MS	F	P
Años	2	9	4	0	1
Cuenca	1	145523	145523	16,02	0,002
Interacciones	2	39	20	0	0,998
D. Error	12	109001	9083		
Total	17	254572			
S = 95,31	**R-cuad. = 57,18%**		**R-cuad.(ajustado) = 39,34%**		

Elaborado por: Lisseth Cure

De acuerdo con los resultados obtenidos después del análisis, en la tabla anterior, tenemos que la Valoración Ecológica tiene un R-cuadrado igual a 57,18%, y un R-cuadrado (ajustado) igual a 39,34%, lo que nos indica que existe un ajuste no perfecto pero presenta un ajuste medio.

Observamos que no existe significancia entre los diferentes años, lo que confirma lo ya establecido en el literal anterior, ya que P toma el valor de 1 que es mayor 0,005, de esta forma se determina que no es significativo con respecto a los años de estudio, lo que se rectifica con la gráfica de cajas de la ilustración N° 39, lo que indica un traslape. De igual manera, encontramos que sí existe una significancia para la cuenca alta y bajas, quiere decir que el cambio existente en la parte alta de la microcuenca difiere del cambio en la parta baja, debido al valor de P (0,002) que es menor al valor de 0,5, lo cual es posible corroborar con la gráfica siguiente, en la cual no existe traslape.

Ilustración N° 39. Gráfica de cada de Valoración Ecologica 2

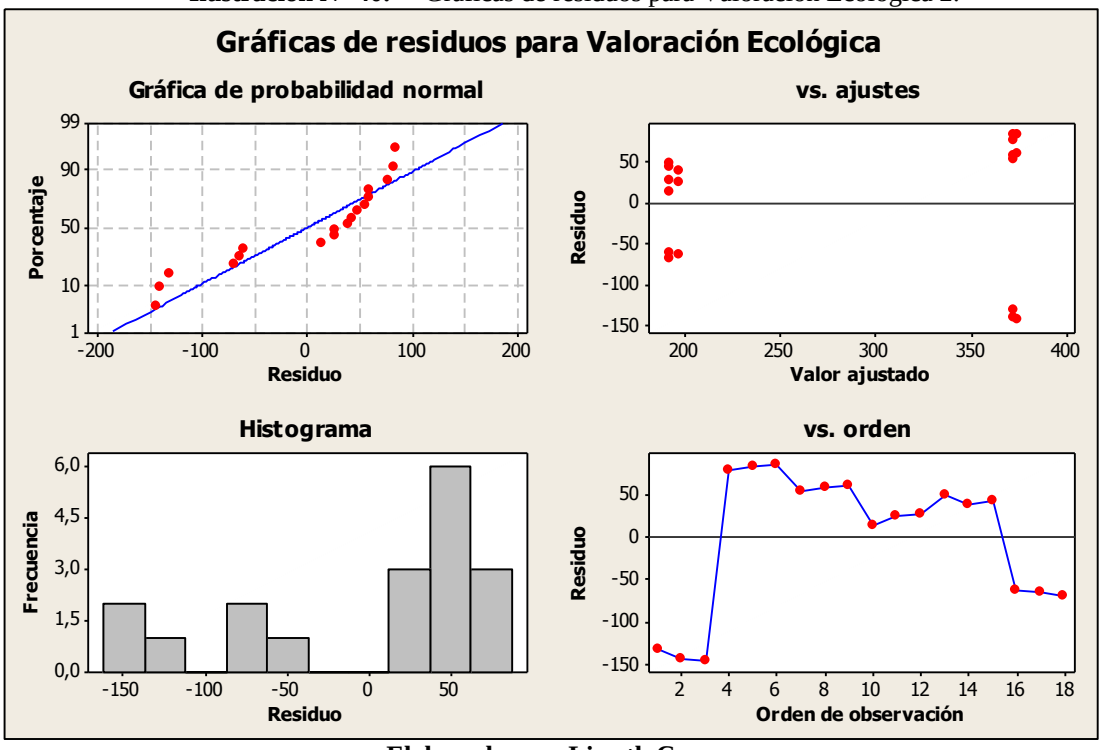


Elaborado por: Lisseth Cure

Para poder llegar a una interpretación más exacta de los datos, se debe realizar la verificación de los supuestos del modelo con respecto a los residuos, para lo cual se analizó la ilustración N° 40, la misma que es proporcionada por el programa:

- Normalidad.
- Varianza Constante.
- Independencia (Orden de Observación).

Ilustración N° 40. Gráficas de residuos para Valoración Ecológica 2.



Elaborado por: Lisseth Cure

Para evaluar el primer supuesto, se analiza la gráfica de distribución normal del modelo, tenemos que los puntos generan tres bloques bien definidos lo que determina que no existe un comportamiento lineal en la gráfica, se puede observar la mayoría de los puntos alejados de la recta de distribución normal que debería seguir, lo que nos indica que no existe una Normalidad en el Modelo Estadístico.

En el histograma podemos observar que los valores oscilan de -150 a 50, con una desviación estándar de 95,31 teniendo una amplitud extensa, el histograma nos ayuda a confirmar lo antes ya obtenido, que no se genera una curva Gaussiana, y, de igual manera, podemos visualizar la formacion de bloques en la gráfica.

El supuesto de Varianza Constante, se determina analizando la gráfica de Residuos versus Ajustes donde se puede observar que se generan cuatro grupos de puntos que presentan distintas disperciones, con lo que es posible llegar a determinar que el supuesto de Varianza Constante, no se cumple.

Al analizar la independencia de los datos, se hace referencia al orden de observaciones de los datos, en la gráfica de Residuo versus Orden en la cual no se observa una aleatoridad en los datos determinando que el supuesto de independencia, no se cumple.

Luego de ralizar el análisis del modelo, y al obtener un ajuste medio, podemos decir que la Valoración Ecológica de la microcuenca del río Déleg, varía tanto para la parte alta como para la parte baja, debido a las características que presenta cada zona, ya que en la parte alta encontramos principamente páramo y vegetación leñosa, mientras que en la parte baja en su mayoría está cubierta de cultivos, vegetación leñosa y suelo descubierto. A pesar de tener un ajuste del modelo, vemos que los supuestos no se cumplen, lo mismo que se da por factores que no han sido considerados para el diseño del trabajo de investigación.

3.5.2. Análisis de la variable de salida Valoración Paisajística

Se aplicó el modelo estadístico DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR, con un factor de entrada correspondiente a tres niveles que representan a los años de análisis los cuales son: 1991, 2001 y 2010, y una variable de salida que representa la Valoración Paisajística.

De esta manera, se plantean las siguientes hipótesis con respecto a los años de análisis:

H_0 $\mu 1991 = \mu 2001 = \mu 2010$

H_1 $\mu 1991 \neq \mu 2001 \neq \mu 2010$

Una vez planteadas las hipótesis, se realiza el análisis estadístico para la Valoración Paisajística, gracias al programa MINITAB, de esta manera se podrá determinar si se acepta o se rechazan las hipótesis.

Tabla N° 43. Valoración Paisajística. ANOVA de un factor

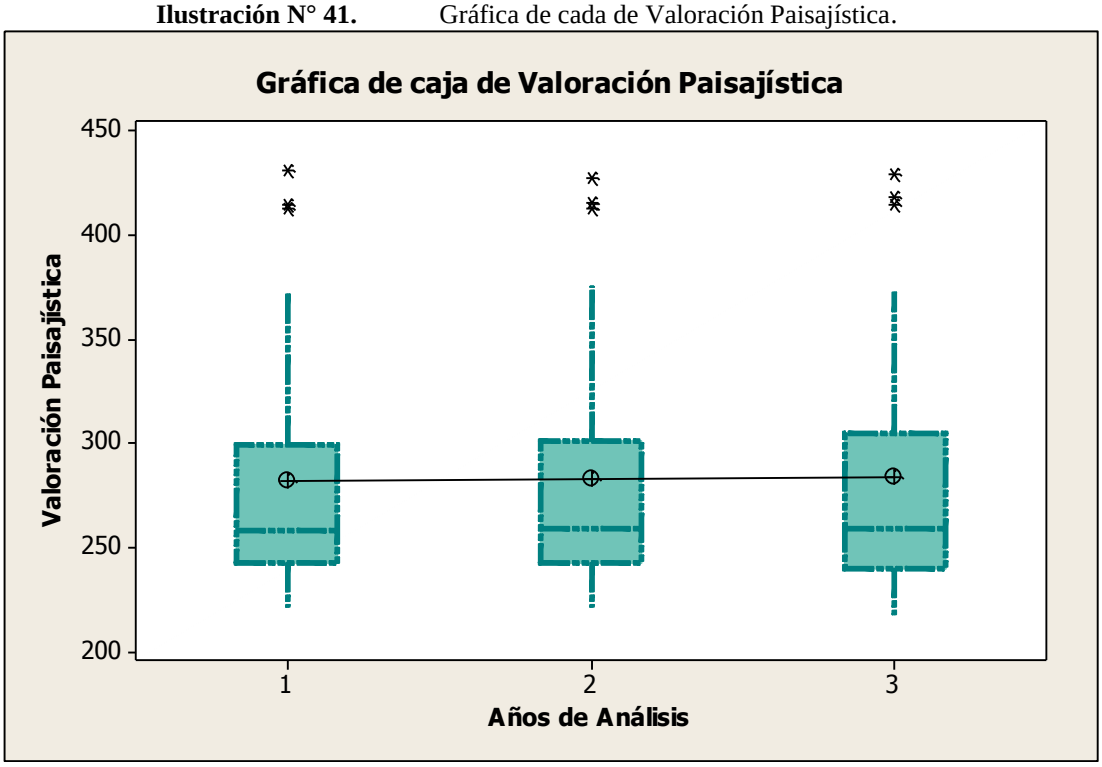
Fuente de variación	G.L.	SS	MS	F	P
Entre grupos Tratamientos	2	19	9	0	0,998
D. Error	63	265829	4220		
Total	65	265848			
S = 64,96	R-cuad. = 0,01%		R-cuad.(ajustado) = 0,00%		

Elaborado por: Lisseth Cure

De acuerdo con los resultados obtenidos, que se presentan en la Tabla N° 43, tenemos que la Valoración Paisajística tiene un R-cuadrado de 0,01% y un R-cuadrado (ajustado) del 0%, por lo que nos indica que el modelo no se ajustó correctamente.

Con los valores del ANOVA podemos establecer como el valor de P de 0,998 lo cual es mayor a 0,05, demostrando que no existe una significancia entre cada uno de los años.

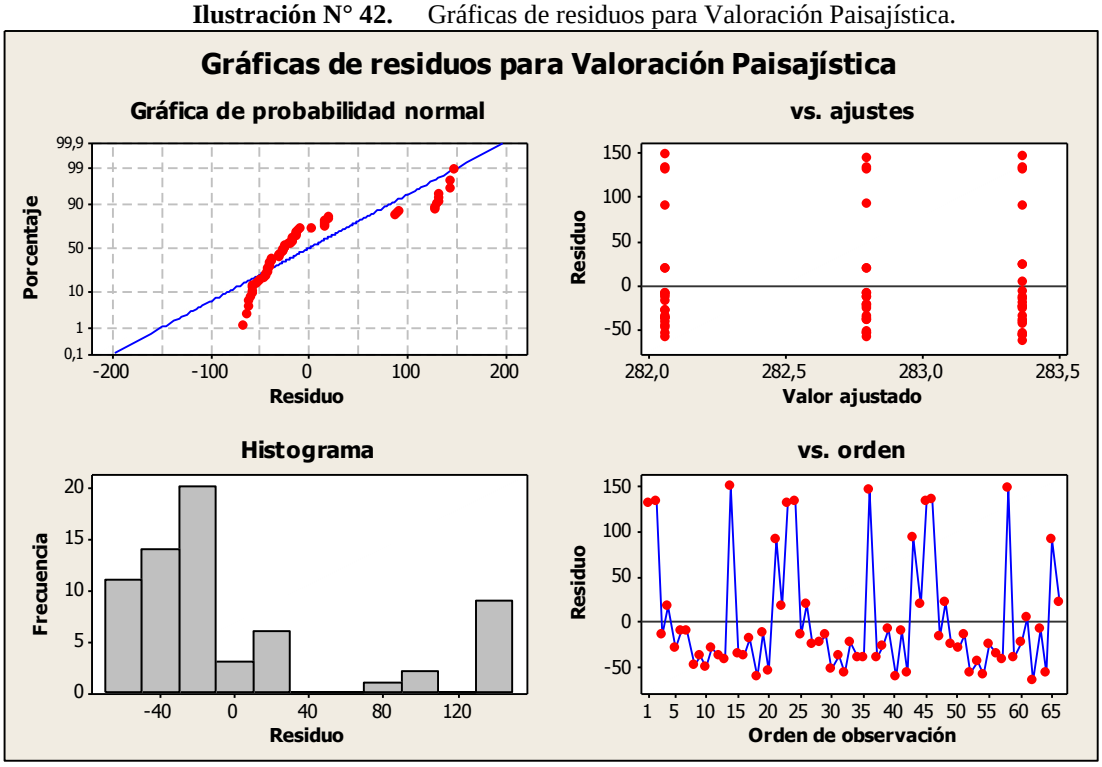
Ilustración N° 41. Gráfica de cada de Valoración Paisajística.



Elaborado por: Lisseth Cure

La gráfica de caja muestra que no existen diferencias en las medias de los tratamientos debido al traslape que podemos visualizar en la gráfica anterior, lo que demuestra una similitud de los mismos, también podemos observar valores que se encuentran alejados del grupo de datos, que representan zonas con un valor paisajístico alto, eso quiere decir que el 25% de los datos tienen un valor diferente al resto.

Ilustración N° 42. Gráficas de residuos para Valoración Paisajística.



Elaborado por: Lisseth Cure

Para poder llegar a una interpretación más exacta de los datos, se debe realizar la verificación de los supuestos del modelo con respecto a los errores, para lo cual se analizó la Ilustración N° 42, la misma que es proporcionada luego de los análisis en el programa MINITAB, los cuales son:

- Normalidad.
- Varianza Constante.
- Independencia (Orden de Observacion).

Para evaluar el primer supuesto se analiza la gráfica de distribución normal del modelo, tenemos que existen más puntos alejados de una distribución normal que los que se ajustan a la misma, también se identifican dos bloques diferenciados de datos lo que nos indica que no existe una Normalidad en el Modelo Estadístico.

En el histograma podemos observar que los valores oscilan de -40 a 120, con una desviación estándar de 64,96 teniendo una inclinación positiva. El histograma confirma lo antes establecido ya que no se genera una curva Gaussiana, y de igual manera podemos visualizar la formación de bloques en la gráfica.

El supuesto de Varianza Constante, se determina analizando la gráfica de Residuos versus Ajustes donde se puede observar que las columnas de puntos para cada año presentan mas o menos la misma disperción, con lo que es posible llegar a determinar el cumplimiento con el supuesto de Varianza Constante.

Al analizar la independencia de los datos, se hace referencia a orden de observaciones de los datos, en la gráfica de Residuo versus Orden podemos observar una aleatoridad en los datos, lo que permite que se cumpla el supuesto de independencia.

Luego de realizar el análisis del modelo, y al no obtener un ajuste del mismo, se establece que no existe significancia, es decir la Valoración Paisajística de la microcuenda del río Déleg, no varía en función del tiempo, por lo que al encontrarse la Valoración Paisajística en función del párametro uso de suelo, indica que la variación de este en el tiempo no incide en la Valoración Paisajística, sin embargo luego de analizar los supuestos, el modelo cumple con los supuestos de varianza constante e independencia, siendo el supuesto de normalidad el que evita el ajuste del modelo.

Por lo que debemos rechazar la hipótesis $H_{1,}$ ya que para todos los años de análisis la valoración paisajística es la misma.

Para validar los resultados del ANOVA, procedemos a realizar un análisis de las parcelas de muestreo, en las cuales no se estima un cambio significativo en el uso de suelo, considerando como área de análisis el área sin zonas que tenían cobertura de nubes que es de 8064,90 has.

Al tratarse de las mismas zonas de muestreo que para la Valoración Paisajística, podemos realizar el mismo análisis que para la Valoración Ecológica, ya que el área representada en las parcelas de muestreo es del 1,24%, motivo por el cual la variación en la Valoración Paisajística se torna mínima, volviéndose el cambio que sufren los cultivos el más destacado.

3.5.2.1. *Valoración Paisajística en la cuenca alta y baja*

Una vez realizado el análisis estadístico para la Valoración Paisajística, se procedió a aplicar un modelo para determinar si el cambio que se da en la microcuenca es constante tanto para la parte alta como para la parte baja, para lo cual se implementó el DISEÑO DE BLOQUES COMPLETAMENTE AL AZAR, cuyos factores de entrada fueron: un factor principal que son los años con tres niveles correspondientes a 1991, 2001 y 2010 y un factor secundario que serían la parte alta y baja de la cuenca, este con dos niveles y como variable de salida tendremos la Valoración Ecológica.

De esta manera se plantea las siguientes hipótesis con respecto a los años de análisis:

H_0 $\mu 1991 = \mu 2001 = \mu 2010$

H_1 $\mu 1991 \neq \mu 2001 \neq \mu 2010$

Para la clasificación de cuencas se plantean las siguientes hipótesis:

H_0 $\mu Alta = \mu Baja$

H_1 $\mu Alta \neq \mu Baja$

Con las hipótesis planteadas se realiza con el programa MINITAB nuevamente el análisis estadístico para la Valoración Paisajística, y de esta manera determinar si se aceptan o se rechazan las hipótesis.

Tabla N° 44. Comparación entre cuencas. ANOVA de un factor

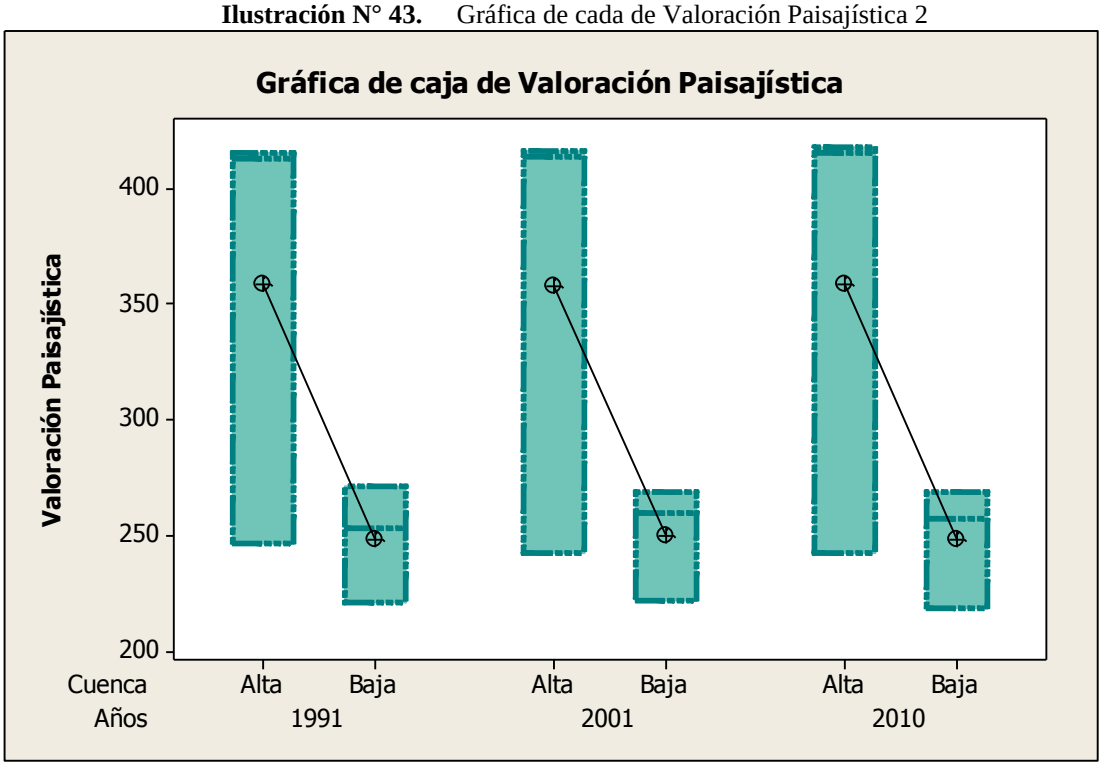
Fuente de variación	G.L.	SS	MS	F	P
Años	2	0	0,1	0	1
Cuenca	1	53828	53828,2	10,29	0,008
Interacciones	2	6	3,1	0	0,999
D. Error	12	62770	5230,9		
Total	17	116605			
S = 72,32	**R-cuad. = 46,17%**		**R-cuad.(ajustado) = 23,74%**		

Elaborado por: Lisseth Cure

De acuerdo a los resultados obtenidos después del análisis, en la tabla anterior, tenemos que la valoración ecológica tiene un R-cuadrado igual a 46,17%, y un R-cuadrado (ajustado) igual a 23,74%, lo que nos indica que existe un ajuste no perfecto pero presenta un ajuste medio.

Observamos que no existe significancia entre los diferentes años, lo que confirma lo establecido en el literal anterior, ya que P toma el valor de 1 que es mayor 0,05, de esta forma se determina que no es significativo con respecto a los años de estudio, lo que se rectifica con la gráfica de cajas de la ilustración N° 43, lo que indica un traslape. De igual manera encontramos que si existe una significancia para la cuenca alta y bajas, quiere decir que el cambio existente en la parte alta de la microcuenca difiere del cambio en la parta baja, debido al valor de P (0,008), que es menor al valor de 0,5, lo cual es posible corroborar con la gráfica siguiente, en la cual no existe traslape.

Ilustración N° 43. Gráfica de cada de Valoración Paisajística 2

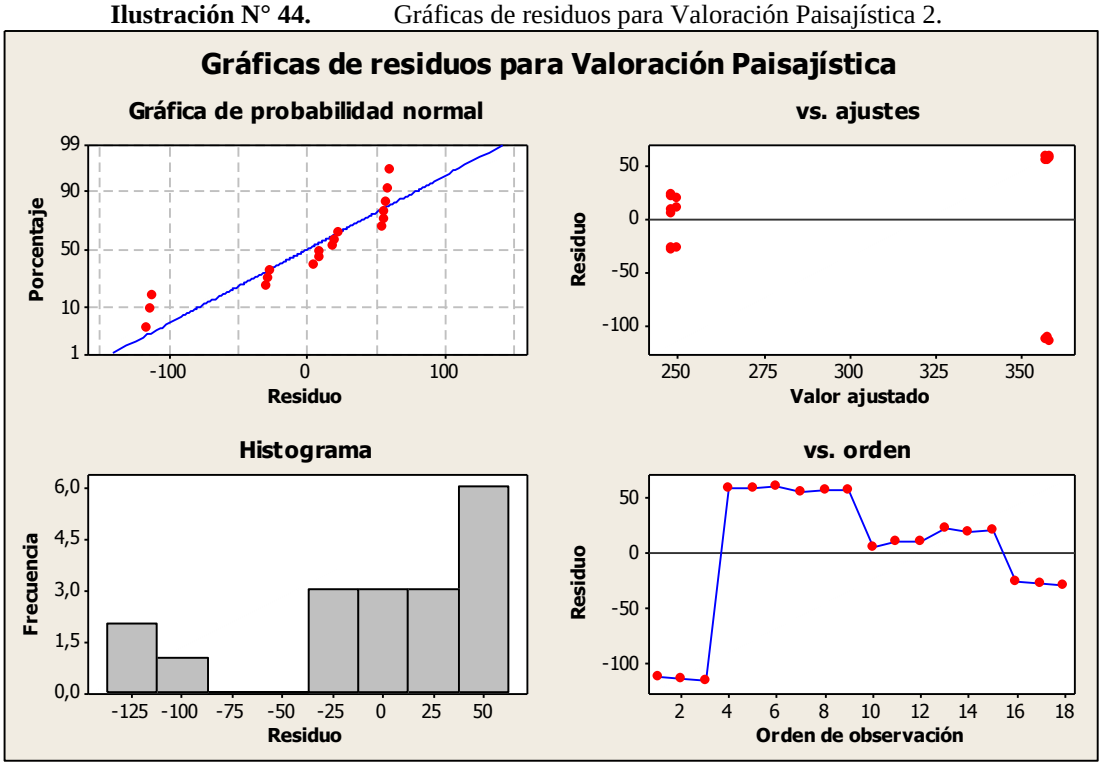


Elaborado por: Lisseth Cure

Para poder llegar a una interpretación más exacta de los datos, se debe realizar la verificación de los supuestos del modelo con respecto a los residuos, para lo cual se analizó la ilustración N° 43, la misma que es proporcionada por el programa:

- Normalidad.
- Varianza Constante.
- Independencia (Orden de Observación).

Ilustración N° 44. Gráficas de residuos para Valoración Paisajística 2.



Elaborado por: Lisseth Cure

Para evaluar el primer supuesto, se analiza la gráfica de distribución normal del modelo, tenemos que los puntos generan varios bloques bien definidos lo que determina que no existe un comportamiento lineal en la gráfica, se puede observar la mayoría de los puntos alejados de la recta de distribución normal que debería seguir, lo que nos indica que no existe una Normalidad en el Modelo Estadístico.

En el histograma podemos observar que los valores oscilan de -125 a 50, con una desviación estándar de 72,32 teniendo una amplitud extensa, el histograma nos ayuda a confirmar lo antes ya obtenido, ya que no se genera una curva Gaussiana, y de igual manera podemos visualizar la formación de bloques en la gráfica.

El supuesto de Varianza Constante, se determina analizando la gráfica de Residuos versus Ajustes donde se puede observar que se generan cuatro grupos de puntos que presentan distintas disperciones, con lo que es posible llegar a determinar que el supuesto de Varianza Constante, no se cumple.

Al analizar la independencia de los datos, se hace referencia a orden de observaciones de los datos, en la gráfica de Residuo versus Orden en la cual no se observa una aleatoridad en los datos determinando que el supuesto de independencia no se cumple.

Luego de realizar el análisis del modelo, y al obtener un ajuste medio, podemos decir que la Valoración Paisajística de la microcuenca del río Déleg, varía tanto para la parte alta como para la parte baja, debido a las características que presenta cada zona, ya que en la parte alta encontramos principamente páramo y vegetación leñosa, mientras que en la parte baja en su mayoría está cubierta de cultivos, vegetación leñosa y suelo descubierto. A pesar de tener un ajuste del modelo, vemos que los supuestos no se cumplen, lo mismo que se da por factores que no han sido considerados para el diseño del trabajo de investigación.

CAPÍTULO 4.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES.

Luego de realizar un análisis de la información levantada para la generación de línea base, se pudo constatar que el factor migración, es uno de los que influyen directamente en la ocupación del suelo en la microcuenca.

Para realizar un trabajo de este tipo, las imágenes satelitales o fotografías aéreas deben tener una resolución que permita generar mapas de uso de suelo con mayor detalle, ya que con las que se realizó este trabajo no permitieron diferenciar entre bosques primarios y de reforestación, lo que es un limitante para los estudiantes debido al alto costo de estas imágenes.

Luego de desarrollar este estudio las tasas de cambio más preocupantes y que generan un mayor deterioro fueron la pérdida de páramo (0,09 has/año) y un aumento anual de 0,15 has/año de suelos descubiertos (degradación)

Después de generar escenarios prospectivos mediante Cadenas de Markov, se obtuvo un índice del 82% de seguridad, lo que permite que los resultados sirvan como insumo para el planteamiento de estrategias para el manejo de la microcuenca.

Mediante la metodología de análisis multitemporal y cruces de mapas fue posible identificar los problemas existentes en la microcuenca, entre los cuales podemos citar: incompatibilidad de uso de suelo, crecimiento de la frontera agrícola, pérdida de ecosistemas, pérdida de suelos productivos, degradación de la microcuenca, entre otros, siendo esta una técnica muy aplicable a nuestra realidad.

Una vez realizado el análisis estadístico logramos constatar que la degradación ambiental de la microcuenca en relación a tres años de estudio establece que no existe una diferencia significativa en este lapso.

Al realizar un análisis estadístico entre la cuenca alta y baja se pudo obtener una diferenciación significativa, lo que demuestra que dependiendo de las características de cada zona se genera una variación de cambio, viéndose más afectada la zona alta.

Al analizar el modelo prospectivo se identifica problemas de degradación mínimos; sin embargo, no se debería pensar que no es necesario tomar medidas para mejorar la calidad de la microcuenca por lo que se establecieron estrategias que permitan llevar un manejo adecuado de la misma.

Una de las razones para que no se presente un cambio muy significativo en la microcuenca, es debido a la elevada migración dentro de la microcuenca, ya que un 99% de las familias tienen por lo menos un familiar fuera del país, por lo que se presenta una disminución en las áreas de cultivo y se disminuye la presión a los ecosistemas, aunque no desaparece.

4.2. RECOMENDACIONES

Para realizar un análisis multitemporal es necesario poder realizar una revisión inicial de la información existente, para establecer los alcances del estudio que se quiere desarrollar.

Gracias a la validación de los modelos prospectivos, se puede establecer que los análisis con cadenas de Markov son de gran utilidad, siempre y cuando se tenga claro el tiempo de proyección del modelo en función de los períodos de análisis.

Se recomienda considerar otros tipos de factores a más del uso de suelo para realizar la valoración ambiental de la zona, los mismos que permitan establecer zonas puntuales y frágiles a los cambios que se presentan en la microcuenca.

Se ve la necesidad de realizar una evaluación multicriterio y multiobjetivo en la cual pueden introducirse factores como la presión en los ecosistemas de poblaciones cercanas, definir los márgenes de fuentes hídricas, entre otros; dando factores de peso de acuerdo a la importancia de cada factor evaluado.

CAPÍTULO 5.

BIBLIOGRAFÍA.

[En línea] http://culturachilena.bligoo.com/content/view/89908/importacia-de-los-suelos.html.

ARENAZA, Orbange Ormaetxea. 2002. Gestión y ordenación del paisaje. *http://www.euskonews.com.* [En línea] Febrero de 2002. [Citado el: 10 de Marzo de 2010.] http://www.euskonews.com/0153zbk/gaia15305es.html.

CARMONA, Alvaro de J y MONSALVE R, Jhon Jairo. 2008. Sistemas de Información Geográficos. *http://www.monografias.com.* [En línea] 2008. [Citado el: 15 de Septiembre de 2011.] http://www.monografias.com/trabajos/gis/gis.shtml.

Dr. MEDELLÍN MILÁN, Pedro. 2002. Uso de Suelo. *http://ambiental.uaslp.mx/.* [En línea] 14 de Noviembre de 2002. [Citado el: 13 de Febrero de 2010.] http://ambiental.uaslp.mx/docs/PMM-AP021114.pdf.

EZQUIAGA, José María Dr Arquitecto. 2009. Plan de Ordenación Municipal de Puertollanos. *http://www.puertollano.es.* [En línea] Julio de 2009. [Citado el: 4 de Enero de 2012.] http://www.puertollano.es/opencms/export/sites/pto/contenidos/Ayuntamiento/POM/documentos/07.Memoria_Ambiental.pdf.

ORMAETXEA ARENAZA, Orbange. 1997. Concepto y método en Paisaje. Una propuesta docente. *Instituto Geográfico Vasco.* [En línea] 01 de Junio de 1997. [Citado el: 22 de Febrero de 2011.] http://www.ingeba.org/lurralde/lurranet/lur20/20ormae/20ormae.pdf.

RASCÓN RAMOS, Argelia Emelina. 2007. Metodología para la elaboración de la línea base y para la implementación del monitoreo biofísico y socioambiental de la cogestión de cuencas . *http://orton.catie.ac.cr.* [En línea] 2007. [Citado el: 30 de Noviembre de 2011.] http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A1571E/A1571E.PDF.

Agencia Europea de Medio Ambiente. 2011. Uso de Suelo. *http://www.eea.europa.eu.* [En línea] 13 de Abril de 2011. [Citado el: 24 de Junio de 2011.] http://www.eea.europa.eu/es/themes/landuse/about-land-use.

AHMED , Selena, STEPP , John R y TOLENO , RobbaN AJ. 2010. Una mayor integración del mercado, el valor y el conocimiento ecológico de té agro-bosques en las tierras altas del sudoeste de China Akha. *http://www.ecologyandsociety.org.* [En línea] 2010. [Citado el: 4 de Enero de 2012.] http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art27/main.html.

Ambiente y Salud. 2010. MORFOLOGÍA DE UNA CUENCA HIDROGRÁFICA. *http://saludambientaltemas.blogspot.com.* [En línea] 2 de Julio de 2010. [Citado el: 23 de Agosto de 2011.] http://saludambientaltemas.blogspot.com/2010/07/morfologia-de-una-cuenca-hidrografica.html.

Autores, Los. 2002. Métodos cuantitativos de organización industrial II. Caracas-Venezuela : UPC, 2002.

Ayuntamiento de Amurrio. 2009. Estudio del Valor ecológico de los ecosistemas para la ordenación territorial del medio natural. *http://www.premioconama.org.* [En línea] Marzo de 2009. [Citado el: 20 de Octubre de 2011.] http://www.premioconama.org/premios11/premios/proyectos_popup.php?id=31.

Ayuntamiento de Durcal. S.d.. Los Valores Paisajísticos. *http://www.adurcal.com.* [En línea] S.d. [Citado el: 23 de Junio de 2011.] http://www.adurcal.com/mancomunidad/viabilidad/30.htm.

CABRERA PROAÑO, Carlos. 2010. La Cuenca del Río Paute. *Hemeroteca Virtual "El Mercurio".* [En línea] 05 de Mayo de 2010. [Citado el: 20 de Julio de 2011.] http://www.elmercurio.com.ec/hemeroteca-virtual?noticia=238767.

Cambio de uso del suelo y escorrentía superficial: aplicación de un modelo de simulación espacial en Los Ángeles, VIII Región del Biobío, Chile. **Henríquez, Cristián, Azócar, Gerardo y Aguayo , Mauricio. 2006.** 36, Santiago-Chile : Revista de Geografía Norte Grande, 2006. 0718-3402.

CÁRDENAS QUINTANA, CYntia. 2011. Geología y Fisiografía. *http://es.scribd.com.* [En línea] 6 de Julio de 2011. [Citado el: 12 de 01 de 2012.] http://es.scribd.com/doc/59469459/Geomorfologia-y-Fisiografia.

Confederación de Empresarios de Andalucía. 2010. InfoSig. *http://sig.cea.es.* [En línea] 2010. [Citado el: 14 de Junio de 2011.] http://sig.cea.es/utilidad_SIG.

2008. Convención RAMSAR. *http://www.ramsar.org.* [En línea] 2008. [Citado el: 5 de Noviembre de 2011.] http://www.ramsar.org/cda/es/ramsar-documents-texts/main/ramsar/1-31-38_4000_2__.

CPIAA Chubut. 2002. Conceptos geodésicos básicos. *http://www.agrimensoreschubut.org.ar.* [En línea] 2002. [Citado el: 23 de Marzo de 2011.] http://www.agrimensoreschubut.org.ar/PTGPS/Conceptos%20Geodesicos%20.pdf.

DALDA MOURÓN, Adolfo, y otros. 2008. *Curso Avanzado de Posicionamiento por Satélite.* Madrid : s.n., 2008.

Definicion.de. 2008. *http://definicion.de.* [En línea] 2008. [Citado el: 25 de Mayo de 2011.] http://definicion.de/orografia/.

GeoSoluciones. 2011. Imágenes Satelitales. *http://www.geosoluciones.cl.* [En línea] 13 de Julio de 2011. [Citado el: 23 de Octubre de 2011.] http://www.geosoluciones.cl/documentos/imagenes.pdf.

Glosario.net. 2007. Calidad Ambiental. *http://ciencia.glosario.net.* [En línea] 3 de Septiembre de 2007. [Citado el: 24 de Febrero de 2010.] http://ciencia.glosario.net/medio-ambiente-acuatico/calidad-ambiental-10267.html.

GÓMEZ OREA, Domingo. 2008. *Ordenación Territorial.* Madrid : Mundi-Prensa, 2008. 978-84-8476-325-3.

GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto y DE LA VARA SALAZAR, Román. 2008. *Anális y diseño de experimentos.* México : McGraw-Hill Interamericana, 2008. 970-10-6526-3.

HERNÁNDEZ MORCILLO, M, y otros. S.d.. La planificación sostenible a través del SIG y la teledetección. *http://age.ieg.csic.es.* [En línea] S.d. [Citado el: 23 de Noviembre de 2011.] http://age.ieg.csic.es/metodos/docs/XII_3/117%20-%20Hernandez%20Morcillo%20et%20al.pdf.

Hotti. 2010. Cuencas Hidrográficas. *http://www.slideshare.net.* [En línea] 11 de Mayo de 2010. [Citado el: 23 de Junio de 2011.] http://www.slideshare.net/hotii/7-cuenca-hidrografica.

Identificación y valoración de los servicios ecológicos prestados por los suelos bajo distintas coberturas en la cuenca del río La Vieja, Colombia. **DOSSMAN, Miguel Angel , ARIAS-GIRALDO, Ligia María y CAMARGO, Juan Carlos. 2010.** 58, s.l. : Revista Forestal Latinoamericana, 2010.

IDROBO, Miguel Andrés y HERNÁNDEZ, Francisco Luis. 2009. Islas de calor urbano ICU. *Universidad del Valle.* [En línea] 2009. [Citado el: 13 de Agosto de 2011.] http://giper.univalle.edu.co/productos/ISLAS%20DE%20CALOR%20URBANO%20ICU.pdf.

INEGI. 2011. LANDSAT. *http://www.inegi.org.mx.* [En línea] 2011. [Citado el: 22 de Septiembre de 2011.] http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/ImgSatelite/Landsat.aspx.

Ing. Agr. PORTILLO, Javier, y otros. 2005. Determinación de Usos del Suelo mediante análisis multitemporal de imágenes Landsat en los Oasis de la Provincia de Mendoza. *Ecoatlas.* [En línea] Marzo de 2005. [Citado el: 20 de Octubre de 2010.] http://www.ecoatlas.org.ar/unidades/suelo/valle.pdf.

Ing. M.Sc. MENDOZA Jara., Fernando. 2010. Análisis Multitemporal del Cambio de Uso del Suelo en base a Imágenes Satelitales de los territorios indígenas en los Departamentos de Jinotega y la RAAN, Nicaragua. *Programa manejo sostenible de Recursos Naturalesy fomento de capacidades empresariales (MASRENACE).* [En línea] Marzo de 2010. [Citado el: 22 de Noviembre de 2011.] http://masrenace.wikispaces.com/file/view/Analisis+multitemporal+Cambio+Uso+Suelo.pdf.

Ing. VALENCIA, Fernando. 2010. *Programa de Gestión de la Microcuenca del Río Déleg. Volumen I: Diagnóstico.* Cuenca : Consejo de Gestión de Aguas de la Cuenca del Río Paute., 2010.

Innova. 2001. Definiciones Teledetección. *http://www.innovanet.com.ar.* [En línea] 2001. [Citado el: 20 de Marzo de 2011.] http://www.innovanet.com.ar/gis/TELEDETE/TELEDETE/pant2.htm.

ITESCAM. N.D.. Recopilación de Información. *http://www.itescam.edu.mx.* [En línea] N.D. [Citado el: 5 de Enero de 2011.] www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r2559.DOC.

ITURRATE, Eduardo. 1998. Curso Básico de teledetección con Envi. *http://www.innovanet.com.ar.* [En línea] 1998. [Citado el: 6 de Enero de 2011.] http://www.innovanet.com.ar/gis/TELEDETE/TELEDETE/maneenvi.htm.

M.Sc. Dr. Ing. GALÁRRAGA SÁNCHEZ, Remigio H. 2004. Estado y Gestión de los Recursos Hídricos en el Ecuador. *http://tierra.rediris.es/.* [En línea] 26 de Marzo de 2004. [Citado el: 24 de Junio de 2011.] http://tierra.rediris.es/hidrored/basededatos/docu1.html.

MAGAÑA RUEDA, Víctor Orlando. 2007. Elaboración de escenarios de Cambio Climático para la región de estudios en el Golfo de México. *http://www.semarnat.gob.mx.* [En línea] Septiembre de 2007. [Citado el: 23 de Marzo de 2011.] http://www.semarnat.gob.mx/temas/ordenamientoecologico/Documents/documentos_golfo_mexico/bases%20tecnicas/adaptacion_humedales_ccl_gmmc.pdf.

MEDINA MENA, Juan Edgardo. 2001. Evaluación de metodologías de detección de cambios del uso del suelo a través del análisis digital multitemporal de imágenes satelitales Landsat TM en la IX Región, Chile. *www.elgeomensor.cl.* [En línea] 2001. [Citado el: 23 de Junio de 2011.] www.elgeomensor.cl/downloads/teledeteccion/index.php?file.

Miliarium. 2004. Suelos. *http://www.miliarium.com.* [En línea] 2004. [Citado el: 12 de Mayo de 2011.]

http://www.miliarium.com/Proyectos/EstudiosHidrogeologicos/Memoria/Suelos/suelos_Usos.asp.

MONSA, Paola. 2010. Factores Ambientales y Contaminación. *http://www.buenastareas.com.* [En línea] 9 de Noviembre de 2010. [Citado el: 3 de Marzo de 2011.] http://www.buenastareas.com/ensayos/Factores-Ambientales-y-Contaminacion/1075354.html.

Pacto por la Vida. 2010. ¿QUE ES UN PLAN DE MANEJO? El caso del Refugio Nacional de Vida Silvestre Caño Negro Costa Rica. *www.eco-book.net.* [En línea] 2010. [Citado el: 22 de Junio de 2011.] http://www.eco-book.net/action/file/download?file_guid=638.

PÉREZ G, Alberto M. 2006. Escala. *http://webdelprofesor.ula.ve.* [En línea] 12 de Marzo de 2006. [Citado el: 20 de Febrero de 2011.] http://webdelprofesor.ula.ve/nucleotrujillo/alperez/teoria/cap_01c-escala/01-concepto_de_escala.htm.

PINEDA Jaimes, NOEL Bonfilio, y otros. 2008. Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes. Una aproximación a los procesos de deforestación. *http://www.scielo.org.mx.* [En línea] 20 de Agosto de 2008. [Citado el: 21 de Febrero de 2011.] http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112009000200004.

Programa Nacional de Competitividad de Costa Rica. 2008. Lineamientos para Evaluación de Impactos Ambientales. *http://www.competitividad.go.cr*. [En línea] 2008. [Citado el: 22 de Septiembre de 2011.] http://www.competitividad.go.cr/Apoyo%20Medio%20Ambiente/Lineamientos/cap%C3%ADtulo9.%20AN%C3%81LISIS%20Y%20METODOLOG%C3%8DA%20DEL%20PAISAJE%20PARA%20ESTUDIOS%20FINAL.pdf.

Red Internacional de Forestería Análoga. 2008. Valoración Ecológica. *http://www.fallsbrookcentre.ca.* [En línea] 2008. [Citado el: 2 de Julio de 2011.]

http://www.fallsbrookcentre.ca/international/docs/ValoracionEcologicaDavidTorres.pdf.

ROVIRA, Adriano y LAVANDEROS, Leonardo. 2008. Generación de escenarios futuros para la región de Aisen (Chile) aplicando autómata celular. *Revista Geográfica de Valparaiso.* [En línea] 2008. [Citado el: 3 de Enero de 2012.] http://www.rgv.ucv.cl/Articulo%2041-3.pdf.

SEMARNAT. 2002. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. *http://app1.semarnat.gob.mx.* [En línea] 2002. [Citado el: 24 de Marzo de 2011.] http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas_2000/informe_2000/02_Vegetacion/2.2_Cambios/index.shtml.

SIFUENTES, Sharon. 2011. Plan Básico de Ordenamiento Territorial, Municipio de Silvia, Cauca. *http://es.scribd.com.* [En línea] 9 de Septiembre de 2011. [Citado el: 12 de Enero de 2012.] http://es.scribd.com/doc/64385698/fisiografia.

SOKAL, R.R y ROHLF, F.J. 1995. Biometry. [aut. libro] Freeman and co. New York : s.n., 1995.

Sortwaregis. 2010. ARCVIEW GIS 9.3. *http://www.softwaregis.cl.* [En línea] 2010. [Citado el: 5 de Enero de 2011.] http://www.softwaregis.cl/arcgis.html.

Terrari. 2007. Indicadores Ambientales. *http://blogspot.com.* [En línea] 23 de Agosto de 2007. [Citado el: 15 de Diciembre de 2010.] http://terrari.blogspot.com/2007/08/indicadores-ambientales.html.

Underwood, A.J. 1981. Techniques of analysis of variance in experimental marine biology and ecology. . [aut. libro] 19: 513-605. Oceanogr. Mar.Biol. Ann. Rev. 1981.

Universidad de San Luis - Argentina. 2010. Características Morfométricas de una Cuenca. *http://www0.unsl.edu.ar.* [En línea] 2010. [Citado el: 24 de Junio de 2011.]

http://www0.unsl.edu.ar/~geo/materias/Geomorfologia_Aplicada/practicos/20xx/Apoyo_Teorico_TP_Nro2-TUG.pdf.

Universidad del Azuay - IERSE. 2010. Generación del mapa de Cobertura del Suelo de la Provincia de Morona Santiago a escala 1:50.000, a partir de la clasificación digital de imágenes satelitales. Cuenca : UDA, 2010.

Universidad del Azuay. 2008. *Inventario de recursos hídricos de la Subcuenca del Río Burgay.* Cuenca : Consejo de Gestión de Aguas de la Cuenca del Paute, 2008.

Universidad de Girona. 2005. Manual Idrisi Andes. *http://www.cartografia.cl.* [En línea] 2005. [Citado el: 6 de Enero de 2011.] http://www.cartografia.cl/beta/index.php?option=com_content&view=article&id=314:manual-idrisi-andes&catid=57:manuales&Itemid=170.

UQUILLAS, Alfredo. 2008. Manual metodológico para levantamiento de línea base para proyectos (Ecuador). *Monografias.com.* [En línea] Monografias. S.A., 09 de Mayo de 2008. [Citado el: 24 de Noviembre de 2010.] http://www.monografias.com/trabajos63/manual-levantamiento-linea-base/manual-levantamiento-linea-base2.shtml.

VEREDA. S.d.. Análisis socio-económico-ambiental. *Venezuela Red de Arte.* [En línea] S.d. [Citado el: 22 de Agosto de 2011.] http://vereda.ula.ve/jardin_botanico/programas/programa-educativo-selva/en-la-escuela/analisis-socio-economico-ambiental/.

—. 2011. Geología. *http://es.wikipedia.org.* [En línea] 18 de Diciembre de 2011. [Citado el: 10 de Enero de 2011.] http://es.wikipedia.org/wiki/Geolog%C3%ADa.

ZAMBRANO, María Del Carmen y GONZÁLEZ, Victor Remigio. 2003. La valoración en el Ordenamiento Territorial. *Universidad del Azuay.* [En línea] 2003. [Citado el: 22 de Marzo de 2011.] http://www.uazuay.edu.ec/promsa/resumen/valoracion.pdf.