

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO



CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA

**“PROPUESTA DE UN PLAN PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO
HÍDRICO DE LAS LAGUNAS DE CUBILLÍN Y MAGTAYÁN DEL SISTEMA
LACUSTRE OZOGOCHÉ, PARROQUIA ACHUPALLAS, CANTÓN ALAUSÍ,
PROVINCIA DE CHIMBORAZO”**

**ELABORADO POR:
CRISTIAN SERRANO
EMILIO VALDIVIESO**

**SANGOLQUÍ-ECUADOR
OCTUBRE 2012**

RESUMEN

El plan de aprovechamiento de Recurso Hídrico es una herramienta útil para la toma de decisiones dentro de una cuenca hidrográfica, ayuda a que los usuarios directos del recurso agua aprovechen al máximo los beneficios que brinda, sin comprometer al ecosistema, la sociedad y la economía de la cuenca hidrográfica, logrando así mantener la biodiversidad, el caudal y la calidad de agua que es aprovechada por mas usuarios cuenca abajo.

Para cumplir con el propósito que se tiene en el proyecto, primero se recopiló toda la información existente dentro de la micro cuenca, los datos de caudal, calidad de agua, datos de biodiversidad e información cartográfica base, fueron proporcionados por la UNACH de Riobamba.

La información cartográfica se la trabajó a escala 1:50000, con la proyección UTM, el datum WGS de 1984 zona 17 sur; los datos fueron procesados con el software ArcGis 9.3, los mismos que fueron necesarios para realizar los mapas establecidos en las metas, y la realización de la Zonificación Ecológica Económica.

Una vez realizado el diagnostico de los componentes ambientales económicos y sociales, modelamientos de caudales y análisis de calidad del agua de las lagunas, se procedió a realizar los lineamientos estratégicos para culminar con la propuesta de plan de aprovechamiento de Recurso Hídrico de la micro cuenca de Cubillín y Magtayán.

ABSTRACT

The plan for the use of water resources is a useful tool for decision-making within a watershed, and it helps direct users of water resources to maximize the benefits it provides, without compromising the ecosystem, the society, and the economy of the watershed, thus maintaining biodiversity, the flow, and quality of water that is used by more users downstream.

To fulfill the purpose that people have in the project, first all available information within the micro watershed, flow data, water quality, biodiversity data and information based mapping were gathered, and this information was provided by the UNACH of Riobamba.

The cartographical mapping information is the 1:50000, with a scale worked with the UTM projection, WGS from 1984, of the 17th South area; and the data were processed by using the ArcGIS 9.3 software, the same that were necessary to make the maps established in the goals, and implementation of the Economic Ecological Zoning.

Once the diagnosis of the economic and social environmental components, modeling flows and water quality analysis of the lagoons was done, we proceeded to carry out the strategic guidelines to complete the proposal of the plan for the use of water resources of the micro watershed Cubillin and Magtayán.

CERTIFICACIÓN

Ing. Guillermo Beltrán

Ing. Francisco León

Certifican:

Que el trabajo titulado: “PROPUESTA DE UN PLAN PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LAS LAGUNAS DE CUBILLÍN Y MAGTAYÁN DEL SISTEMA LACUSTRE OZOGOCHÉ, PARROQUIA ACHUPALLAS, CANTÓN ALAUSÍ, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”, realizado por Cristian Javier Serrano Heredia y Emilio José Valdivieso León, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

El trabajo en mención consta de dos empastados y dos discos compactos que contienen el documento en formato portátil de Acrobat (PDF)

SANGOLQUÍ, 01 de octubre de 2012

Ing. Guillermo Beltrán
DIRECTOR

Ing. Francisco León
CODIRECTOR

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Cristian Javier Serrano Heredia

Emilio José Valdivieso León

Declaramos que:

El proyecto de grado titulado: “PROPUESTA DE UN PLAN PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LAS LAGUNAS DE CUBILLÍN Y MAGTAYÁN DEL SISTEMA LACUSTRE OZOGOCHE, PARROQUIA ACHUPALLAS, CANTÓN ALAUSÍ, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos, del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

SANGOLQUÍ, 01 de octubre de 2012

Cristian J. Serrano H.

Emilio J. Valdivieso L.

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Cristian Javier Serrano Heredia y Emilio José Valdivieso León

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del proyecto de grado titulado “PROPUESTA DE UN PLAN PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LAS LAGUNAS DE CUBILLÍN Y MAGTAYÁN DEL SISTEMA LACUSTRE OZOGOCHE, PARROQUIA ACHUPALLAS, CANTÓN ALAUSÍ, PROVINCIA DE CHIMBORAZO” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

SANGOLQUÍ, 01 de octubre de 2012

Cristian J. Serrano H.

Emilio J. Valdivieso L.

DEDICATORIA

A mi familia, que por su apoyo y amor e superado todos los obstáculos que me ha puesto la vida, y gracias a ellos una vez más he cumplido uno de mis objetivos en la vida.

Mamita Paty, por ser una ejemplo de persona y luchadora desde que tengo razón de ser, nunca he de dejar de seguir tus concejos ni tus enseñanzas ya que gracias a estos, me he superado como persona una vez más, gracias mami.

Dieguin, mi hermano, el que siempre me apoya en todo, nunca se olvida de subirme los ánimos y ejemplo de persona que busca la superación en todo momento sin esperar de los demás.

Vale, mi amor, nunca me dejó solo ni en los perores momento que he tenido, eres un gran ejemplo de persona que lucha y persevera cuando quiere conseguir algo, es lo que más admiro y siempre tomé eso como ejemplo para mi superación.

Cris

DEDICATORIA

A Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi padre José.

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y enseñarme que sin esfuerzo no hay logro ni recompensa.

A mi madre Carmita.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

*A mi hermana, Karlita y mi hermano Carlin, por ser incondicionales todos estos años, por demostrarme que la familia es lo más importante y la unión de ésta lo fundamental.
¡Gracias a ustedes!*

A mis amigos.

Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional, ya que sin ellos, sin sus palabras de ánimos, su ayuda, cada risa, y cada sufrimiento en clase y fuera de ella, éste logro no hubiese sido cumplido.

¡Gracias totales muchachos!

Emilio

AGRADECIMIENTO

Para poder realizar ésta tesis de la mejor manera posible fue necesario del apoyo de muchas personas a las cuales queremos agradecer.

En primer lugar a nuestros padres, quienes han sido un apoyo moral y un ejemplo a seguir para alcanzar ésta nueva meta.

A nuestros directores de tesis, Ing. Guillermo Beltrán e Ing. Francisco León, que con sus conocimientos y paciencia, nos han guiado de la mejor manera para culminar con éxitos el proyecto de tesis.

A nuestras familias y amigos, por apoyarnos en todo momento, GRACIAS MUCHACHOS de todo corazón.

Cristian

Emilio

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

ELABORADO POR:

Cristian Javier Serrano Heredia

Emilio José Valdivieso León

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO
AMBIENTE**

Ingeniero Francisco León

Lugar y Fecha: Sangolquí, 01 de octubre de 2012

ÍNDICE DEL CONTENIDO

CAPITULO 1	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.1.1 Ubicación geográfica del sistema lacustre.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	3
1.3. OBJETIVOS	5
1.3.1. Objetivo General.....	5
1.3.2. Objetivos Específicos	5
1.4. METAS.....	6
1.5. DISEÑO DEL PROYECTO	7
CAPITULO 2	8
MARCO TEÓRICO	8
2.1. CUENCA HIDROGRÁFICA.....	8
2.2.1 Definición	8
2.2.2 Elementos	8
2.2.3 Partes de una Cuenca Hidrográfica	9
2.2. PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS DE LA MICROCUENCA.....	10
2.2.1 Parámetros de forma.....	11
2.3. COMPONENTES ABIOTICOS.....	16
2.3.1 Geología	16
2.3.2 Clima	16
2.3.3 Uso del suelo	17
2.4. COMPONENTES BIÓTICOS	17
2.5. COMPONENTES SOCIO-CULTURALES, ECONÓMICOS	18
2.6. RIESGOS NATURALES	18

2.7.	SENSORES REMOTOS	19
2.7.1	Imágenes Satelitales	19
2.7.2	Satélite Landsat	20
2.7.3	Landsat 5 TM	21
2.7.4	Landsat 7 ETM+.....	21
2.7.5	Bandas espectrales y Resolución Espacial	21
2.7.6	La banda Pancromática - (banda 8)	22
2.7.7	La banda Termal - (banda 6)	22
2.8.	CALIDAD DEL AGUA	22
2.9.	ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA.....	23
CAPITULO 3		24
DIAGNÓSTICO DEL RECURSO.....		24
3.1.	DIAGNOSTICO DE LOS COMPONENTES AMBIENTALES DEL SISTEMA LACUSTRE OZOGOICHE.....	24
3.1.1	Componentes Bióticos.....	24
3.1.2	Componentes Abióticos.....	26
3.1.3	Componentes Sociales, Culturales y Económicos.....	35
3.1.4	Amenazas Naturales	42
3.1.5	Erodabilidad	50
3.2.	ANALISIS DE COBERTURA VEGETAL	55
3.2.1	Escala e imagen	55
3.2.2	Interpretación de Imágenes Satelitales	57
3.2.3	Estudio multitemporal de cobertura vegetal.....	68
3.2.4	Mapa de Cobertura vegetal.....	72
3.3.	RECURSO HIDRICO	75

3.3.1	Parámetros Morfométricos	75
3.3.2	Resumen de los parámetros Morfométricos e Hidrográficas de la micro cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán.....	93
3.3.3	Cálculo de caudales	95
3.3.4	Matriz de comparación	107
CAPITULO 4		111
ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA		111
4.1.	CALIDAD DEL AGUA	111
4.1.1	Normativa Ecuatoriana.....	111
4.1.2	Metodología.....	112
4.1.3	Índice de calidad del Agua (ICA).....	119
4.1.4	Resultados y Discusión.....	121
CAPITULO 5		123
ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA - ECONÓMICA		123
5.1.	ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA (ZEE).....	123
5.1.1	Modelamiento Cartográfico.....	123
5.1.2	Modelamiento.....	124
5.1.3	Valoración del Territorio para el Potencial del Sistema Natural.....	126
5.1.4	Valoración para el potencial del Sistema Socioeconómico.....	135
5.1.5	Zonificación Ecológica Económica (ZEE).....	136
CAPITULO 6		137
DISEÑO Y ESTRUCTURACIÓN DE UN SIG PARA LA MICROCUENCA DE LAS LAGUNAS DE CUBILLÍN Y MAGTAYÁN.....		137
6.1.	CATÁLOGO DE OBJETOS	137
6.2.	BASE DE DATOS ESPACIAL E IMPLEMENTACIÓN DE GEODATABASE .	142
6.2.1	Topología.....	143

6.2.2 Estructuración de la Geodatabase.....	144
CAPITULO 7	153
PROPUESTA DE PLAN DE APROVECHAMIENTO DE RECURSO HÍDRICO DEL SISTEMA LACUSTRE OZOGOCHÉ	153
7.1. DIAGNÓSTICO DEL RECURSO HÍDRICO	153
7.1.1 Definición de conflictos.....	157
7.1.2 Definición de capacidades.....	157
7.2. DEMANDA DEL RECURSO HÍDRICO	158
7.3. FORMULACIÓN DE POLÍTICAS Y LÍNEAS ESTRATÉGICAS.....	159
7.3.1 Formulación de metas objetivos y programas	165
7.4. MOMENTO OPERATIVO	176
7.4.1. Zonificación Ecológica-Económica	176
7.4.2. Descripción de actividades de Programas	177
7.4.3. Proyectos Priorizados	180
CAPITULO 8	192
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	192
8.1. CONCLUSIONES	192
8.2. RECOMENDACIONES.....	193
BIBLIOGRAFÍA.....	195
ANEXOS.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO A. DATOS DE CAMPO	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 01	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO B. CATÀLOGO DE OBJETOS	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO C. MAPAS DE LA MICRO CUENCA DE LAS LAGUNAS DE CUBILLÍN Y MAGTAYÁN.....	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. 1.1. Coordenadas UTM de la zona de estudio.....	3
Tabla. 2.1. Tabla comparativa de las diferencias de la longitud de onda del sensor Landsat5 TM y Landsat7 ETM+	22
Tabla. 3.1. Unidades geológicas.....	30
Tabla. 3.2. Estaciones meteorológicas.....	31
Tabla. 3.3. Precipitación media anual y mensual	31
Tabla. 3.4. Población parroquia Achupallas.....	37
Tabla. 3.5. Servicios básicos parroquia Achupallas	37
Tabla. 3.6. Indicador, clase y calificación de Geología.....	44
Tabla. 3.7. Indicador, clase y calificación de Pendientes	44
Tabla. 3.8. Indicador, clase y calificación de Cobertura Vegetal	44
Tabla. 3.9. Indicador, clase y calificación de Precipitación	45
Tabla. 3.10. Matriz de comparación.....	45
Tabla. 3.11. Esquema de clasificación de erodabilidad de las rocas	51
Tabla. 3.12. Unidades Geológicas e índices de erodabilidad	53
Tabla. 3.13. Ponderación de la cobertura vegetal de la micro cuenca.....	54
Tabla. 3.14. Software para análisis digital de imágenes.....	55
Tabla. 3.15. Equipos utilizados para verificar información en campo	55
Tabla. 3.16. Clases y códigos utilizados en el estudio multitemporal de cobertura vegetal	63
Tabla. 3.17. Puntos de control para la identificación y comprobación de cobertura vegetal ...	66
Tabla. 3.18. Áreas de los diferentes tipos de cobertura vegetal en los tres períodos analizados	73
Tabla. 3.19. Tasa de cambio en los diferentes períodos	74
Tabla. 3.20. Clasificación de tamaño de cuencas (Campos, 1992)	76
Tabla. 3.21. Susceptibilidad a las Crecidas	79
Tabla. 3.22. Clases de forma de la cuenca.....	80
Tabla. 3.23. Altitud media de la cuenca de las Lagunas de Cubillín y Magtayán.....	81
Tabla. 3.24. Altura y porcentaje de área acumulado de la microcuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán	82

Tabla. 3.25. Altura y porcentaje de área acumulado de la microcuenca de la laguna de Magtayán	84
Tabla. 3.26. Altura y porcentaje de área acumulado de la microcuenca de la laguna de Cubillín	85
Tabla. 3.27. Leyenda de Clasificación de pendientes.....	86
Tabla. 3.28. Área de pendientes de la micro cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán ..	88
Tabla. 3.29. Orden de los causes de los cauces de la micro cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán	90
Tabla. 3.30. Metodología de clasificación de la densidad de drenaje	91
Tabla. 3.31. Cuadro resumen de los parámetros de la micro cuenca	93
Tabla. 3.32. Caudal mensual período 12 meses Río Ozogoche punto PQ1	97
Tabla. 3.33. Descripción de los puntos punto PQ1 y PQ2	97
Tabla. 3.34. Aporte de agua a la micro cuenca por precipitación método de Isoyetas	100
Tabla. 3.35. Precipitación media mensual con polígonos de Thiessen	101
Tabla. 3.36. Precipitación media polígonos de Thiessen	102
Tabla. 3.37. Aporte mensual de agua por precipitación método de Thiessen	102
Tabla. 3.38. Sitios de demanda.....	105
Tabla. 3. 39. Matriz de comparación entre los modelos de cálculo de caudal	107
Tabla. 4.1. Coordenadas de puntos de muestreo laguna Cubillín.....	114
Tabla. 4.2. Coordenadas de puntos de muestreo laguna Magtayán.....	114
Tabla. 4.3. Coordenadas de puntos de muestreo río Ozogoche.....	115
Tabla. 4.4. Comparación entre Parámetros químicos de la laguna Cubillín con la norma TULAS libro VI anexo 1	116
Tabla. 4.5. Comparación entre Parámetros químicos de la laguna Cubillín con la norma TULAS libro VI anexo 1	117
Tabla. 4.6. Comparación entre Parámetros físico químicos del río Ozogoche con la norma TULAS libro VI anexo 1	118
Tabla. 4.7. Índices de calidad del agua.....	120
Tabla. 4.8. Ponderación respectiva para calcular el ICA.....	120
Tabla. 4.9. Resumen calidad del agua del río Ozogoche.....	121
Tabla. 5.1. Rangos de Valoración mediante factores ecológicos	128

Tabla. 5.2. Valoración ecológica de la micro cuenca de las Lagunas de Cubillín y Magtayán	128
Tabla. 5.3. Uso potencial del suelo de la micro cuenca las lagunas de Cubillín y Magtayán	130
Tabla. 5.4. Ponderación de mapas para obtención de Mapa de Sensibilidad Ambiental	131
Tabla. 5.5. Tipos de Sensibilidad Ambiental en la micro cuenca de las Lagunas de Cubillín y Magtayán	134
Tabla. 5.6. Áreas y clases temáticas de la ZEE de las lagunas de Cubillín y Magtayán.....	136
Tabla. 6.1. Categorías del Catálogo de Objetos	140
Tabla. 6. 2. Parámetros de Georeferenciación.....	142
Tabla. 6.3. Catálogo de objetos de la Geodatabase “OZOGOCHE_8417S” – Subcategoría “A01_MAPA_BASE”	145
Tabla. 6.4. Propuesta del tipo y tamaño de campo	149
Tabla. 7.1. Simbología de las condiciones de indicadores	153
Tabla. 7.2. Estado de los indicadores de la microcuenca	154
Tabla. 7.3. Consumo de agua en la cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán	158
Tabla. 7.4. Políticas y líneas estratégicas para la propuesta de plan de aprovechamiento de Recurso Hídrico.....	159
Tabla. 7.5. Metas objetivos y programas para el plan de aprovechamiento de Recurso Hídrico en la microcuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán.....	165
Tabla. 7.6. Programas de acuerdo a la ZEE de la microcuenca de las lagunas Cubillín y Magtayán	177
Tabla. 7. 7. Programa de reforestación.....	177
Tabla. 7. 8. Programa de protección de pendientes	178
Tabla. 7. 9. Programa de recreación y ecoturismo sustentable.....	178
Tabla. 7. 10. Programa de monitoreo de calidad del agua.....	179
Tabla. 7. 11. Programa de desarrollo de prácticas ganaderas y agrícolas	179
Tabla. 7.12. Proyecto de reforestación con especies endémicas	180
Tabla. 7.13. Proyecto de implementación de red de distribución de agua potable	183
Tabla. 7.14. Proyecto de piscicultura como fuente económica	184
Tabla. 7.15. Proyecto de recreación y ecoturismo.....	187
Tabla. 7.16. Proyecto implementación de un sistema Económico Social en la Comunidad..	189

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1.1. Mapa de Ubicación de la zona de Estudio	2
Figura. 1.2. Metodología del proyecto	7
Figura. 2.1. Partes de la Cuenca Hidrográfica	10
Figura. 2.2. Orden de la cuenca	15
Figura. 2.3. Línea de tiempo de las misiones Landsat.....	20
Figura. 3. 1. Formación Tarqui.....	27
Figura. 3.2. Depósitos Glaciales	28
Figura. 3.3. Depósitos de Tonalita.....	29
Figura. 3.4. Tendencia de precipitaciones	32
Figura. 3.5. Isoyetas microcuenca de Cubillín y Magtayán	33
Figura. 3.6. Zonas de pastoreo.....	34
Figura. 3. 7. Paramo de almohadillas	35
Figura. 3.8. Cantón Alausí.....	36
Figura. 3.9. Pobladores Ozogoche.....	38
Figura. 3.10. Escuela Luis Plutarco Cevallos G.	39
Figura. 3.11. Infraestructura de vivienda Ozogoche	40
Figura. 3.12. Actividades pecuarias, pastoreo	42
Figura. 3.13. Modelo cartográfico del mapa de susceptibilidad a deslizamientos	49
Figura. 3.14. Esquema de susceptibilidad a deslizamientos.....	50
Figura. 3. 15 Modelo cartográfico de la susceptibilidad a deslizamientos.....	50
Figura. 3.16. Esquema de Erodabilidad de la cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán.	54
Figura. 3.17. Modelo Cartográfico de la interpretación de imágenes satelitales.....	57
Figura. 3.18. Firmas Espectrales de la imagen satelital Landsat7 ETM+ del 2011.	59
Figura. 3.19. Procedimiento a realizarse para la combinación de bandas.	60
Figura. 3.20. Gráfico de dos dimensiones de los componentes principales de una imagen de dos bandas.	61
Figura. 3.21. Ejemplo de componentes principales de la imagen satelital Landsat7 ETM+ del 2001.	62
Figura. 3.22. Procedimiento a realizarse para la clasificación no supervisada de las imágenes.	64

Figura. 3.23. Ejemplo de la clasificación no supervisada, detección clases existentes para la imagen satelital Landsat7 ETM+ del 2001.....	64
Figura. 3.24. Puntos de control para la verificación y comprobación de la clasificación	65
Figura. 3.25. Procedimiento a realizarse para la recodificación (Recode) a partir de la Clasificación no supervisada.	67
Figura. 3.26. Procedimiento a realizarse para el “CLUMP” a partir de un RECODE	67
Figura. 3.27. Procedimiento a realizarse para el “Sieve” a partir de un CLUMP	68
Figura. 3.28. Vectorización de las áreas clasificadas	69
Figura. 3.29. Fotografía de cobertura vegetal de Páramo herbáceo (Pajonal).....	70
Figura. 3. 30. Fotografía de cobertura vegetal de Páramo de almohadillas	71
Figura. 3.31. Fotografía de Suelos semi desnudos	71
Figura. 3.32. Imagen Cuerpos de agua	72
Figura. 3.33. Gráfico de barras, del porcentaje de cambio de áreas en los diferentes tipos de cobertura vegetal en los períodos de 1987, 2001 y 2011.....	73
Figura. 3.34. Cálculo de Parámetros Morfométricos de la Micro cuenca con ArcGIS 9.3.....	77
Figura. 3.35. Cálculo de la longitud axial de la micro cuenca	78
Figura. 3.36. Curva hipsométrica para la determinación de la mediana de la altitud para la microcuenca de las lagunas de Cubillín y Magtallán	83
Figura. 3.37. Curva hipsométrica para la determinación de la mediana de la altitud para la microcuenca de la laguna de Magtallán	84
Figura. 3.38. Curva hipsométrica para la determinación de la mediana de la altitud para la microcuenca de la laguna de Cubillín.....	85
Figura. 3. 39. Mapa de pendientes de la micro cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán	87
Figura. 3.40. Orden de los cauces de la micro cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán	89
Figura. 3.41. Determinación de los patrones de drenaje mediante el uso del DTM.....	92
Figura. 3.42. Puntos de Aforo Microcuenca Cubillín y Magtayán.....	96
Figura. 3.43. Punto PQ1	98
Figura. 3.44. Punto PQ2	98
Figura. 3.45. Esquema Isoyetas Ozogoche.....	100
Figura. 3.46. Polígonos de Thiessen.....	101

Figura. 3.47. Delimitación y sitios de demanda de Recurso Hídrico de la micro cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán (software WEAP).....	103
Figura. 3.48. Herramientas de modelamiento del software WEAP.....	104
Figura. 3.49. Grafico de caudales por mes (software WEAP)	104
Figura. 3. 50. Demanda anual del Recurso Hídrico m ³ /año (software WEAP).....	105
Figura. 3.51. Gráfico de la demanda del Recurso Hídrico (software WEAP)	106
Figura. 4.1. Muestreo de Agua	112
Figura. 4.2. Muestreo río Ozogоче	113
Figura. 4.3. Puntos de muestreo Microcuenca de Cubillín y Magtayán.....	122
Figura. 5.1. Metodología de la ZEE	125
Figura. 5.2. Modelo cartográfico para la determinación del Valor Ecológico de la micro cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán.....	126
Figura. 5.3. Modelo cartográfico de Sensibilidad Ambiental de la micro cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán	133
Figura. 5.4. Esquema de Sensibilidad Ambiental de la micro cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán	135
Figura. 6.1. Geodatabase, Feature dataset y Feature class	139
Figura. 6.2. Dominios de la Geodatabase “OZOGOCHE_8417S”	144
Figura. 6.3. Infraestructura de la Sub categoría “A01_MAPA_BASE”	149
Figura. 6.4. Estructura raster de la geodatabase “OZOGOCHE_8417S”	151
Figura. 6.5. Geodatabase “OZOGOCHE_8417S”	152

SIGLAS

ACP	Análisis de Componentes Principales
CAD	Computer Aided Design
CHEP	Herbario de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
CLIRSEN	Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos.
DBO	Demanda Biológica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
ESRI	Enviromental Systems Research Institute
ETM+	Enhanced Tematic Mapper Plus
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado
GPS	Global Positioning System
ICA	Índice de Calidad de Agua
IGM	Instituto Geográfico Militar
INAMI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INEC	Instituto nacional de Estadística y Censos
INIGEMM	Instituto Nacional Geológico Minero Metalúrgico del Ecuador
ND	Numero Digital
pH	Potencial de Hidrógeno
PNBV	Plan Nacional del Buen Vivir
QCNE	Herbario del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales
SENPLADES	Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo
SIG	Sistema de información geográfica
TIFF	Tagged Image File Format
TM	Tematic Mapper
TULAS	Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria
UE	Unidades Ecológicas
UEE	Unidades Ecológicas Económicas
UNACH	Universidad Nacional de Chimborazo

USE	Unidades Socioeconómicas
UTM	Universal Transversal de Mercator
WEAP	Water Evaluation and Planning System
WGS84	World Geodetic System de 1984
ZEE	Zonificación Ecológica Económica

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

La cuenca hidrográfica es concebida como el territorio delimitado por los escurrimientos superficiales que convergen a un mismo cauce, es el entorno básico indispensable para estudiar la función ambiental, económica y social de los cuerpos de agua y su impacto en la vida de las personas.

La creciente demanda del recurso agua, así como la reducción de los caudales en ríos con sus graves consecuencias para usuarios y ecosistemas, la sobre explotación de acuíferos a tasas superiores a la reposición natural, los problemas de contaminación y degradación de la calidad de las aguas, las dificultades de acceso al recurso para satisfacer necesidades básicas de un alto porcentaje de la población, son desafíos que demandan con urgencia estrategias que permitan resolver las numerosas tareas pendientes en cuanto a la utilización de los recursos hídricos.

1.1.1 Ubicación geográfica del sistema lacustre

El área de estudio se localiza en la república del Ecuador, al Sur-Este de la Provincia de Chimborazo, en el Cantón Alausí, a una altura de 3215 m.s.n.m. y con una temperatura promedio de 5 a 9°C. Como sistema lacustre Ozogoché reúne 67 lagunas,

algunas con oleaje cuyas características varían en forma y tamaño, siendo las más representativas las de Cubillín y Magtayán.

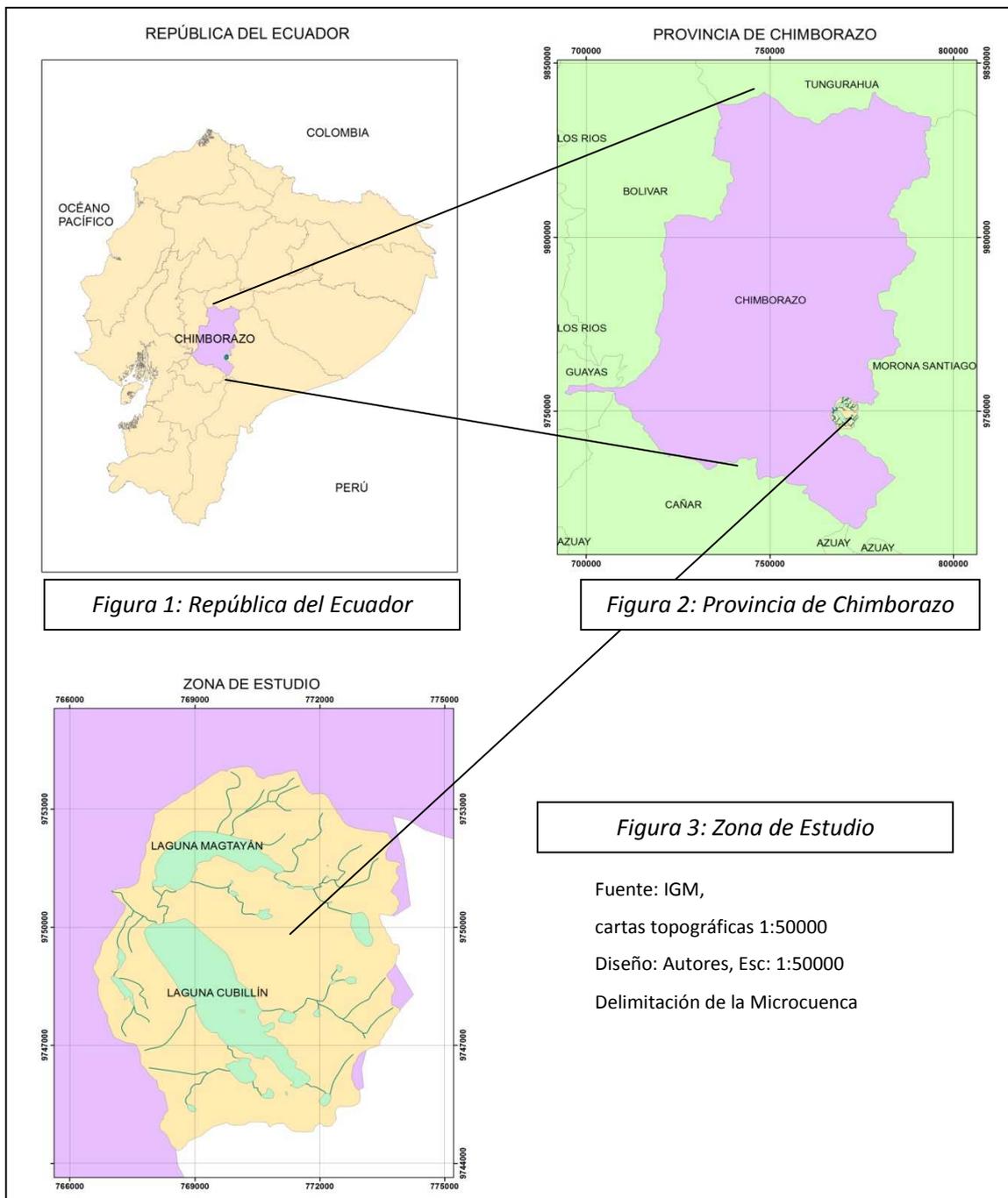


Figura. 1.1. Mapa de Ubicación de la zona de Estudio

Las coordenadas de la zona de estudio son:

Tabla. 1.1. Coordenadas UTM de la zona de estudio

EXTREMO	E (m)	N (m)
Superior	770306	9754070
Izquierdo	766558	9749171
Derecho	773941	9749374
Inferior	770261	9745061
Datum: WGS 84 Proyección: UTM		

1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El presente trabajo se plantea ante el requerimiento de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH) de diseñar una propuesta de plan de manejo útil y realista del sistema lacustre de Ozogoché, se basa principalmente en las necesidades (económicas, servicios básicos) y presiones (área para ganadería, deterioro de los páramos de almohadillas y pajonales) de los pobladores del sector, ya que es una de las principales fuentes de agua y destinos turísticos con la que cuenta la provincia de Chimborazo.

El grado de interés por los actores locales al preservar los recursos naturales y evitar la degradación de los mismos, hace imperiosa la necesidad de que se cree planes y políticas que permitan tener un equilibrio y se alcance un desarrollo sustentable que evite la explotación indiscriminada de los recursos naturales.

La microcuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán, tiene gran importancia ecológica y turística, debido a la existencia de Recurso Hídrico de calidad y en gran cantidad, además

de la belleza escénica que existe en el lugar, que permitirá el desarrollo de proyectos turísticos futuros.

Las poblaciones aledañas cuenca abajo deben ser muy cuidadosas al momento de realizar sus prácticas agrícolas, con el fin de evitar el deterioro y contaminación del recurso agua tanto para el consumo humano como para el riego. Todos estos son factores que juegan un papel muy importante en el manejo de una cuenca; la conservación de las cuencas debe hacerse de una forma integral tomando en cuenta sus componentes: físico, biótico y socio-económico-cultural; evitando la tala de árboles y disminución de cobertura vegetal, el uso de pesticidas y evitar los incendios, sobre todo en laderas y zonas sensibles. Desde este punto de vista es importante promover e incentivar el trabajo local en las micro cuencas, cuyos problemas específicos son característicos del conjunto de la cuenca, y simultáneamente, es necesario mantener una visión global de todo el sistema hidrográfico, por lo que es importante desarrollar en términos sustentables, actividades que son consideradas claves para la salud ambiental y la armonía de las cuencas, subcuencas y micro cuencas.

En base a los problemas y potencialidades que tiene la micro cuenca de Cubillín y Magtayán, se plantea generar información específica del lugar ya que no cuenta con un SIG que contenga información geológica, cobertura vegetal, Recurso Hídrico, calidad del agua, biodiversidad y la intervención de actores sociales que son beneficiarios directos del recurso, facilitando así la toma de decisiones futuras por parte de los Gobiernos Autónomos Descentralizados interesados en la protección y conservación del recurso agua así como de la micro cuenca.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Diseñar un Plan para el Aprovechamiento del Recurso Hídrico de las lagunas de Cubillín y Magtayán del sistema lacustre Ozogoché, Parroquia Achupallas, Cantón Alausí, Provincia de Chimborazo.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Diseñar y construir una geodatabase para el proyecto
- Realizar un diagnóstico de los componentes físicos, bióticos y sociales a través de una línea base de la zona de estudio.
- Analizar estadísticamente los datos meteorológicos de la zona
- Analizar la presencia de cobertura vegetal y su relación con la producción de agua en la microcuenca.
- Determinar la calidad de agua del sistema lacustre.
- Calcular los caudales mediante uso del Molinete, método de Isoyetas y polígonos de Thiessen
- Modelar los caudales, mediante el software de modelamiento hidrológico WEAP¹.
- Realizar la zonificación ecológica-económica de la zona de estudio.
- Proponer proyectos para el uso y aprovechamiento del Recurso Hídrico, para alcanzar una mejor calidad de vida, el desarrollo sustentable y sostenible del sector.

¹ WEAP (WaterEvaluation And Planning), es una herramienta computacional para la planificación integrada de recursos hídricos.

1.4. METAS

- Una geodatabase de la zona de estudio a escala 1:50000, según los estándares definidos en los Metadatos.
- Una línea base de los aspectos físicos, bióticos y sociales de la zona de estudio.
- Trece mapas temáticos de las variables físicas, bióticas y sociales a escala 1:50000.
- Una matriz de datos meteorológicos.
- Un estudio multitemporal de cobertura vegetal de la zona.
- Una matriz de los datos de calidad del agua.
- Una matriz de comparación entre el modelo WEAP y los métodos antes mencionados (Isoyetas, Thiessen, puntos de Aforos o Molinete).
- Un modelo cartográfico para la Zonificación Ecológica-Económica.
- Un mapa de Zonificación Ecológica-Económica-.
- Un plan de aprovechamiento del Recurso Hídrico de las lagunas de Cubillín y Magtayán del sistema lacustre Ozogoche.
- Cuatro proyectos con la matriz de Marco Lógico con el formato SENPLADES.

1.5. DISEÑO DEL PROYECTO

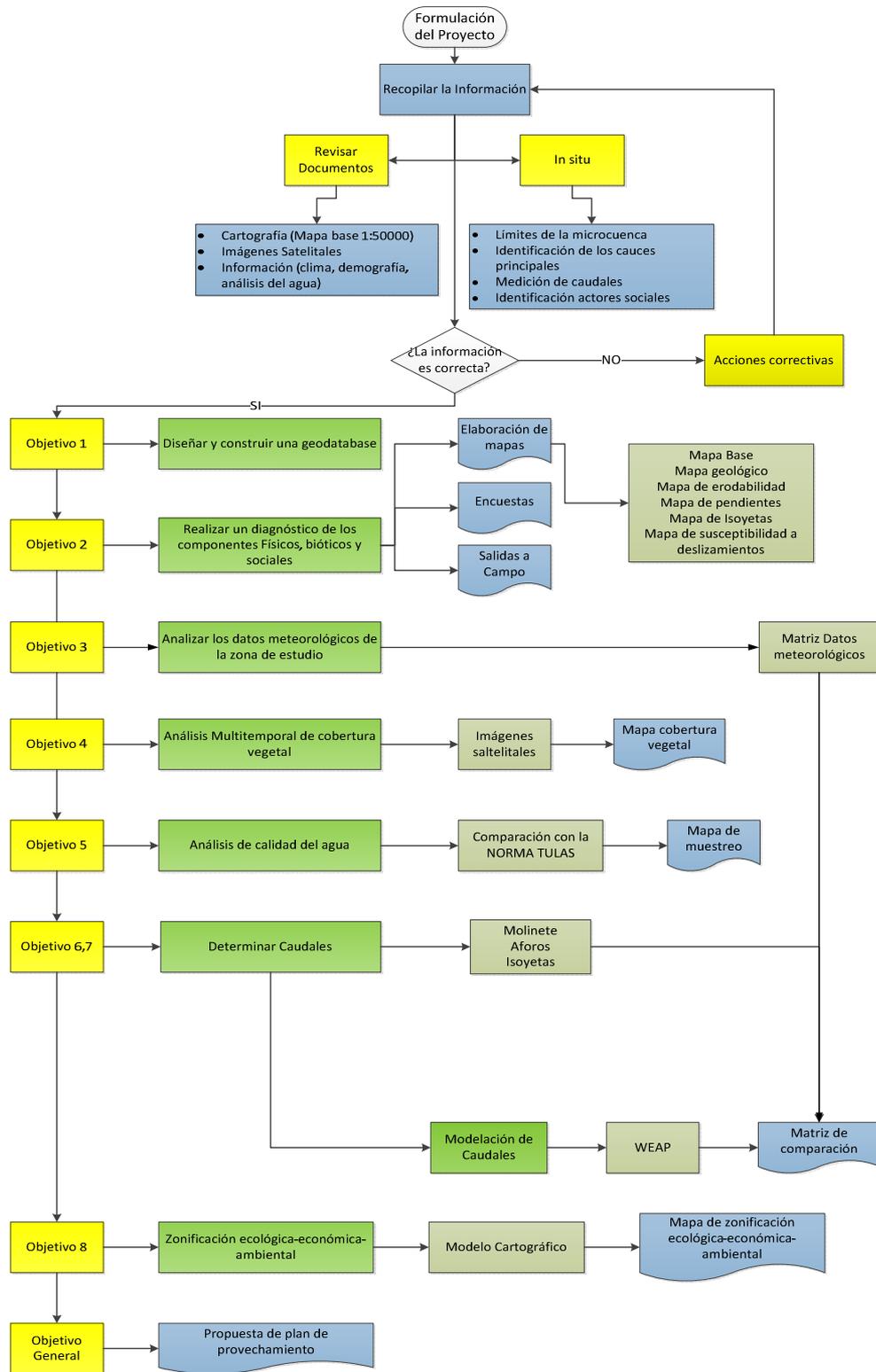


Figura. 1.2. Metodología del proyecto

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. CUENCA HIDROGRÁFICA

2.2.1 Definición

Es el espacio de territorio delimitado por la línea divisoria de las aguas, conformado por un sistema hídrico que conducen sus aguas a un río principal, a un río muy grande, a un lago o a un mar.

En la cuenca hidrográfica se encuentran los recursos naturales y la infraestructura creada por las personas, en las cuales desarrollan sus actividades económicas y sociales generando diferentes efectos favorables y no favorables para el bienestar humano².

2.2.2 Elementos

En una cuenca se distinguen los siguientes elementos:

- **Divisoria de Aguas**

Es una línea imaginaria que delimita la cuenca hidrográfica. Una divisoria de aguas marca el límite entre una cuenca hidrográfica y las cuencas vecinas. El agua precipitada a cada lado de la divisoria desemboca generalmente en ríos distintos.

² WORLD VISIÓN, “Manual de Manejo de Cuencas, Modulo 1: Conceptos básicos”, 2004

- **El río principal**

El río principal suele ser definido como el curso con mayor caudal de agua (medio o máximo) o bien con mayor longitud o mayor área de drenaje.

- **Los afluentes**

Son los ríos secundarios que desaguan en el río principal. Cada afluente tiene su respectiva cuenca, denominada sub cuenca.

- **Relieve de la cuenca**

El relieve de una cuenca consta de los valles principales y secundarios, con las formas de relieve mayores y menores y la red fluvial que conforma una cuenca. Está formado por las montañas y sus flancos; por las quebradas o torrentes, valles y mesetas.

- **Obras y Construcciones**

Denominadas intervenciones antropogénicas, que se observan en la cuenca suelen ser viviendas, ciudades, campos de cultivo, obras para riego y energía y vías de comunicación. El factor humano es siempre el causante de muchos desastres dentro de la cuenca, ya que se sobreexplota la cuenca quitándole recursos de vegetación y trayendo inundaciones en las partes bajas.

2.2.3 Partes de una Cuenca Hidrográfica

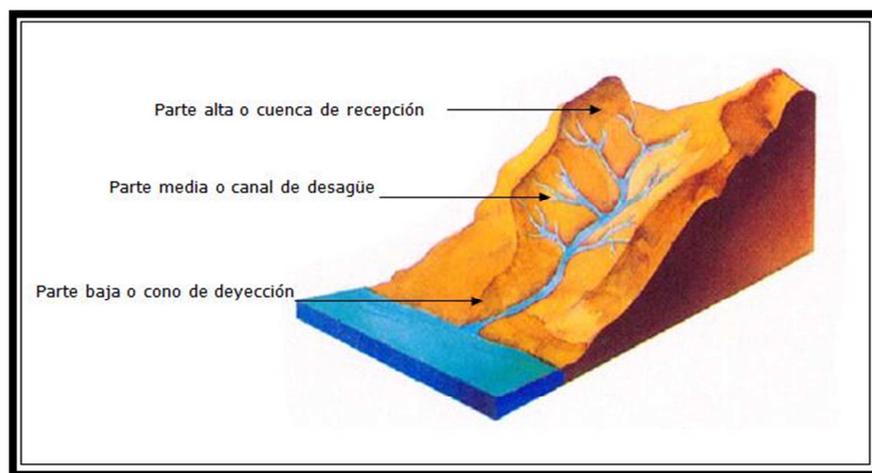
Una cuenca tiene tres partes:

- a) **Parte Alta o Cuenca de recepción**

- Zona de mayor concentración de agua
- Zona productora de agua

- Es la zona que mayor atención necesita
- b) Parte Media o Garganta o canal de desagüe**
- Produce mayores procesos de erosión
 - Zona de mayor transporte de sedimentos
 - Zona de mayor protección
- c) Parte Baja o Lecho o cono de deyección**
- Formación o zona de depósitos
 - Formación de pendientes planas
 - Variación del curso de agua

Las partes de una cuenca se encuentran puntualizadas en la siguiente figura:



Fuente: HENAO S Jesús, “Introducción al manejo de cuencas hidrográficas” Universidad Santo Tomás, Bogotá 1988.

Figura. 2.1. Partes de la Cuenca Hidrográfica

2.2. PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS DE LA MICROCUENCA

Las características fisiográficas de la cuenca pueden ser explicadas a partir de ciertos parámetros o constantes que se obtienen del procesamiento de la información cartográfica y conocimiento de la topografía de la zona de estudio. La cuenca como unidad dinámica

natural es un sistema hidrológico en el que se reflejan acciones recíprocas entre parámetros y variables. Las variables pueden clasificarse en variables o acciones externas, conocidas como entradas y salidas al sistema, tales como: precipitación, escorrentía directa, evaporación, infiltración, transpiración; y variables de estado, tales como: contenido de humedad del suelo, salinidad, cobertura vegetal, entre otros. Los parámetros en cambio permanecen constantes en el tiempo y permiten explicar las características fisiomorfométricas de la cuenca.

En general, las variables del sistema hidrológico cambian de tormenta a tormenta, en contraste con los parámetros que permanecen invariables. En hidrología superficial existe una relación muy estrecha entre parámetros y variables, relaciones que son muy bien aprovechadas por el ingeniero para solucionar problemas cuando se carece de información hidrológica en la zona de estudio.

La morfología de la cuenca se define mediante tres tipos de parámetros:

- Parámetros de forma
- Parámetros de relieve
- Parámetros relativos a la red hidrográfica

2.2.1 Parámetros de forma

Antes de desarrollar los parámetros de forma se requieren establecer dos parámetros básicos: el área y el perímetro de la cuenca.

a) Área de la cuenca hidrográfica (A)

Es la superficie de la cuenca comprendida dentro de la curva de divortium aquarum³. La magnitud del área se obtiene mediante el planimetrado de la proyección del área de la cuenca sobre un plano horizontal. Dependiendo de la ubicación de la cuenca, su

³ Divisoria de Aguas: es el límite entre las cuencas hidrográficas contiguas de dos cursos de agua.

tamaño influye en mayor o menor grado en el aporte de escorrentía, tanto directa como de flujo de base o flujo sostenido.

El tamaño relativo de estos espacios hidrológicos definen o determinan, aunque no de manera rígida, los nombres de micro cuenca, sub cuenca o cuenca.

b) Perímetro de la cuenca hidrográfica (P)

Es la longitud de la línea de divortium aquarum. Se mide mediante el curvómetro o directamente se obtiene del software en sistemas digitalizados. También se puede obtener con el recorrido de un curvómetro sobre la línea que encierra la forma de la cuenca.

La forma de la cuenca influye sobre los escurrimientos y la distribución de los hidrogramas resultantes de una precipitación dada. Así en una forma alargada el agua escurre en general solo por un cauce, mientras que en una forma ovalada los escurrimientos recorren cauces secundarios hasta llegar a uno principal por lo tanto su duración es superior⁴.

c) Longitud Axial (La)

Es la distancia existente entre la desembocadura y el punto más lejano de la cuenca. Es el mismo eje de la cuenca.

d) Ancho Promedio (Ap)

El ancho promedio de la cuenca se encuentra dividiendo el área de la cuenca por su longitud axial, así:

$$Ap = \frac{A}{La} \quad Ec. 2.1$$

⁴ Faustino et al., 2006

e) Factor Forma (Ff)

Este índice morfométrico expresa la relación entre el ancho promedio y la longitud axial de la cuenca.

$$Ff = \frac{Ap}{La} \quad \text{Ec. 2.2}$$

Este índice da algunas indicaciones de la tendencia de la cuenca hacia crecida. Así, las cuencas con factores de forma bajos, son menos propensas a tener lluvias intensas y simultáneas sobre su superficie, que un área de igual tamaño con un factor de forma mayor.

f) Coeficiente de Compacidad (Kc)

Relaciona el perímetro de la cuenca con el perímetro de otra cuenca teórica circular de la misma superficie, es expresa por la siguiente forma:

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi * A}} \quad \text{Ec. 2.3}$$

Donde:

- Kc es el coeficiente de Compacidad
- P es el perímetro de la cuenca en Kilómetros
- A es la superficie de la cuenca en Km²

El valor que toma esta expresión siempre es mayor que 1 y crece con la irregularidad de la forma de la cuenca, estableciéndose la siguiente clasificación⁵:

g) Altitud Media (H)

Es el parámetro ponderado de las altitudes de la cuenca obtenidas en la carta o mapa topográfico.

⁵ Faustino et al., 2006

En cuencas de altas montañas o muy accidentadas este parámetro está relacionado con la magnitud de la lámina de precipitación, variación lineal muy importante en estudios regionales donde la información local es escasa. Se calcula como el cociente entre el volumen de la cuenca (que es la superficie comprendida entre la curva hipsométrica y los ejes coordenados) y su superficie, es decir:

$$H = \frac{\sum(H_i * A_i)}{A} \quad \text{Ec. 2.4}$$

Donde:

- H, altitud media en Km
- H_i es la diferencia entre dos curvas de nivel sucesivas
- A_i es el área parcial entre dos curvas de nivel sucesivas
- A, área de la Cuenca en Km²

La altura media es mayor cuando más se eleva el relieve por encima de la altitud mínima y tanto menor cuanto menores variaciones de altitud presente el relieve⁶.

h) Densidad de drenaje (D)

Está definida por la longitud de todos los cauces divididos entre el área total de la cuenca. Sin tomar en consideración otros aspectos de la cuenca, cuando mayor sea la densidad de drenaje más rápida es la respuesta de la cuenca frente a una tormenta, drenando el agua en menor tiempo⁷.

i) El Número de Orden de la Cuenca (N)

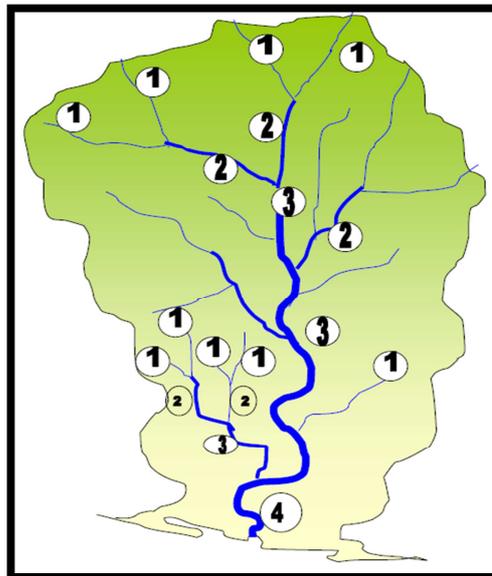
Es un número que tiene relación estrecha con el número de ramificaciones de la red de drenaje. A mayor número de orden, es mayor el potencial erosivo, mayor el transporte

^{6,7} Faustino et al., 2006

de sedimentos y por tanto mayor también el componente de escorrentía directa que en otra cuenca de similar área. El número de orden de una cuenca es muy vulnerable a sufrir el efecto de escala, la misma que es necesario especificar siempre.

Existen dos metodologías para determinar el orden de una cuenca, el criterio de Schumn y el criterio de Horton. El primero se determina asignando el primer orden 1 a todos los cauces que no tienen tributarios y, en general la unión de dos cauces de igual orden determinan o dan origen a otro de orden inmediatamente superior y dos de diferente orden dan origen a otro de igual orden que el de orden mayor y así sucesivamente hasta llegar al orden de la cuenca. El cauce principal tiene el orden más elevado, que es nada menos el orden de la cuenca. El criterio de Horton sólo permite asignar el orden 1 a uno de los tributarios simples confluyentes, siendo el otro de orden inmediatamente superior que hace un menor ángulo con la dirección del flujo en el punto de confluencia. Siguiendo la misma ley anterior se llega al número de orden de la cuenca.

De acuerdo a estos conceptos, (Ver Figura 2.2) se presenta un esquema de la red de drenaje superficial y la clasificación del número de orden de la cuenca⁸



Fuente: Faustino et al., "Gestión integral de cuencas hidrográficas" Cali, 2006
Figura. 2.2. Orden de la cuenca

⁸ Faustino et al., 2006

2.3. COMPONENTES ABIOTICOS

Son factores que determinan el espacio físico en el cuál habitan los seres vivos, estos factores determinan las adaptaciones, la variedad de especies de plantas y animales, y la distribución de los seres vivos en el planeta.

2.3.1 Geología

Estudia el planeta Tierra en su conjunto, describe los materiales que la forman para averiguar su historia y su evolución e intenta comprender la causa de los fenómenos endógenos y exógenos

2.3.2 Clima

Entre los elementos del clima que son de importancia directa en la adaptación animal y vegetal al calor y al frío se encuentran: temperatura ambiente, humedad atmosférica, radiación solar y movimiento del aire. Existen también factores indirectos tales como pluviosidad, luz, nubosidad y presión atmosférica.

El efecto es directo cuando los elementos del clima determinan el grado de confort en el medio en que se encuentran la flora y fauna y permiten así un buen aprovechamiento de la alimentación, el crecimiento y la reproducción. Es indirecto cuando esos mismos elementos climáticos determinan el nivel de producción de alimentos naturales que los deben sustentar, y cuando favorecen o limitan sus enfermedades y parásitos.

Todo ello afecta la distribución y estratificación del ganado en el mundo, la densidad de la población animal, el tamaño, la conformación, sus hábitos y la calidad y cantidad de pastos⁹.

⁹ Bavera *et al.*, 2003

2.3.3 Uso del suelo

Los suelos son sistemas naturales abiertos y complejos, que se forman en la superficie de la corteza terrestre donde viven las plantas y gran diversidad de seres vivos y cuyas características y propiedades se desarrollan por la acción de los agentes climáticos y bióticos actuando sobre los materiales geológicos, acondicionados por el relieve y drenaje durante un período de tiempo.

2.4. COMPONENTES BIÓTICOS

Son organismos vivos que interactúan con el medio ambiente y otros seres vivos (flora y fauna). Los organismos poseen ciertas características que permiten su supervivencia y adaptación al medio que los rodea.

2.4.1 Flora

Es el conjunto de especies vegetales que forman parte de una región geográfica; las cuales, de acuerdo a sus características, abundancia y períodos de floración, identifican el período geológico y ecosistema al que pertenecen.

Factores ambientales como la humedad, temperatura y otros, son determinantes al momento de distinguir la distribución y tipo de vegetación existente en una zona¹⁰.

2.4.2 Fauna

Es la distribución de las especies en el planeta y su desarrollo depende de varios factores ambientales como temperatura y disponibilidad de agua. Entre éstos sobresalen las relaciones posibles de competencia o depredación entre las especies.

¹⁰ Bastidas *et al.*, 2011

Los animales suelen ser muy sensibles a las perturbaciones que alteran su hábitat; por ello, un cambio en la fauna de un ecosistema indica una alteración en uno o varios de los factores de éste¹¹.

2.5. COMPONENTES SOCIO-CULTURALES, ECONÓMICOS

Se refiere al medio en el que se ve envuelto la población tanto culturalmente, por sus valores, principios, costumbres y religión, como el grado de desarrollo económico y tecnológico que tienen en su estructura social.

El conocimiento de las diferentes variables demográficas, socio productivas y socio ambientales y su vinculación con el territorio deben ser consideradas como el punto de partida para el desarrollo de propuestas de desarrollo local¹².

2.6. RIESGOS NATURALES

La gestión de los riesgos consiste en una serie de actividades diseñadas para reducir las pérdidas de vidas humanas y la destrucción de propiedades e infraestructuras. Los resultados de este proceso continuo de manejo o gestión de riesgos pueden ser divididos en:

- Medidas para disminuir el riesgo de desastres a largo plazo (prevención), eliminando sus causas como la intensidad de los fenómenos, la exposición o el grado de vulnerabilidad.
- Medidas de preparación cuyo objeto es asegurar una respuesta apropiada en caso de necesidad, incluyendo alertas tempranas oportunas y eficaces, así como evacuación temporal de gente y bienes de zonas amenazadas.

^{11,12} Bastidas *et al.*, 2011

- Medidas de respuesta cuando está sucediendo o ha sucedido un desastre (manejo o gestión de desastres, recuperación, reconstrucción).

Las medidas de prevención incluyen la realización de estudios y análisis para identificar, evaluar y cuantificar el nivel de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, así como las acciones para mitigar (reducir) los efectos de los peligros observados. Los estudios y análisis de identificación y evaluación de amenazas y vulnerabilidades están englobados en el denominado análisis de riesgos. El análisis de riesgos tiene como objetivo servir como base para la elaboración de los planes de reducción de desastres, y más allá de los planes de desarrollo municipal.

2.7. SENSORES REMOTOS

Los sensores remotos son dispositivos localizados a bordo de una plataforma aérea, que puede ser un avión, globo o un satélite¹³, el mismo que tiene la capacidad de detectar y cuantificar la energía electromagnética reflejada por el sol o emitida por los cuerpos, captándola en formato digital (raster o matricial) y transmitidas posteriormente por ondas a estaciones colocadas en la superficie terrestre.

Los sensores remotos se pueden clasificar en dos tipos: *Pasivos* cuando se limitan a recibir energía proveniente de un foco exterior a ellos, y *Activos* cuando son capaces de emitir su propio haz de energía. Éstos últimos son, lógicamente, más flexibles, puesto que no dependen tanto como los primeros de las condiciones exteriores al sistema sensor – Tierra¹⁴.

2.7.1 Imágenes Satelitales

Las imágenes satelitales estas conformadas por una malla o matriz de filas y columnas en la que cada elemento o celda conformada se denomina píxel, el tamaño de éste

¹³ Un satélite artificial es cualquier vehículo destinado a girar en torno a un planeta, especialmente la Tierra.

¹⁴ Chuvieco, 2002

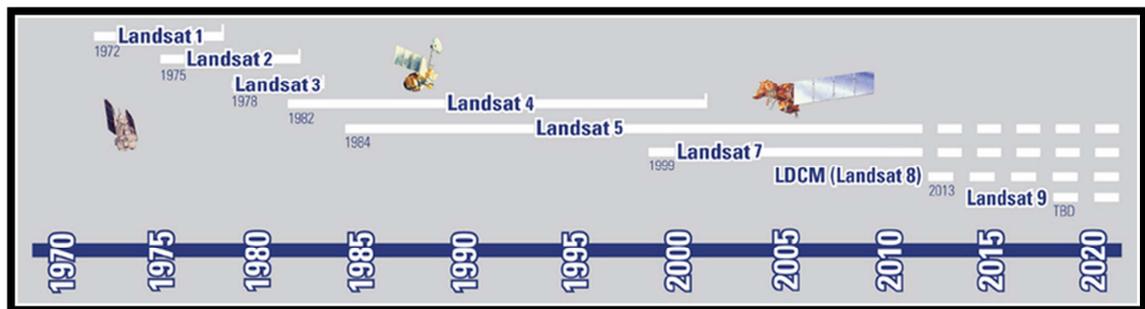
viene dado por el tipo de sensor y satélite con la que fue capturado, llegando a formar en conjunto un área geográfica definida. Cada píxel posee su propia información llamado ND (número digital), la cual representa la energía reflejada de la superficie de ese punto. (Tesis Garcés – Ruiz)

2.7.2 Satélite Landsat

Land Remote Sensing Satellite (LANDSAT), fue desarrollado desde sus principios por la NASA¹⁵ que se encarga de la operación y administración mientras la USGS (United States Geological Survey) la comercializa y se encarga de su producción. Siendo el primer satélite puesto en órbita terrestre (LANDSAT 1) en 1972. A partir de éste hecho posteriormente se lanzó LANDSAT 2, 3, 4, 5, 6 y 7, éste último el más reciente de sus lanzamientos en 1999.

La captura periódica de imágenes con fines de observación de fenómenos terrestres hace que su mayor aplicabilidad sea en el análisis multitemporal.

Los principales sensores instalados a bordo de los Landsat son: MSS, TM y ETM+.



Fuente: USGS http://landsat.usgs.gov/about_landsat7.php

Figura. 2.3. Línea de tiempo de las misiones Landsat

¹⁵ NASA: National Aeronautics and Space Administration

2.7.3 Landsat 5 TM

El satélite LANDSAT 5 posee una órbita sincrónica con el sol, tiene una altura de 705 Km y un período de 98,9 minutos, es decir que da 14 vueltas diarias alrededor de la tierra. Posee un ancho de barrido de 180 km, resolución temporal de 16 días y el formato de producción es en GeoTIFF o TIFF.

2.7.4 Landsat 7 ETM+

LANDSAT Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) con órbita heliosincrónica¹⁶ fue instalado en LANDSAT 7 en 1999 capturando datos en 8 bandas espectrales diferentes, cubriendo rangos de espectro visible, infrarrojo cercano, infrarrojo medio e infrarrojo térmico. Pudiendo llegar con éstas hasta una escala de 1:25000, por su banda pancromática que aumenta la resolución espacial de la imagen hasta los 15 m., además cubre un área por imagen de 185 x 185 km.

2.7.5 Bandas espectrales y Resolución Espacial

Las bandas del espectro visible y del infrarrojo mantienen la resolución espacial de 30 m del Landsat 5 (canales 1, 2, 3, 4, 5 y 7)

Las bandas del infrarrojo térmico (canales 6L e 6H) pasan a ser adquiridas con resolución de 60 metros, contra 120 metros del Landsat 5.

La nueva banda Pancromática (canal 8) tiene 15 m de resolución espacial.

El siguiente cuadro comparativo ilustra las diferencias de resolución espectral entre el sensor TM del Landsat5 y el sensor ETM+ del Landsat 7. Los valores, expresados en

¹⁶ Pasar a la misma hora por un determinado lugar

micrones, representan los límites de longitudes de onda a los que son sensibles cada banda espectral.

Tabla. 2.1. Tabla comparativa de las diferencias de la longitud de onda del sensor Landsat5 TM y Landsat7 ETM+

Sensor	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4	Banda 5	Banda 6	Banda 7	Banda 8
TM	0.45	0.52	0.63	0.76	1.55	10.4	2.08	
	0.52	0.60	0.69	0.90	1.75	12.5	2.35	
ETM+	0.45	0.53	0.63	0.78	1.55	10.4	2.09	0.52
	0.52	0.61	0.69	0.90	1.75	12.5	2.35	0.90

Fuente: <http://www.esri-chile.com/biblioteca/landsat7etm.pdf>

2.7.6 La banda Pancromática - (banda 8)

La banda Pancromática es la mayor novedad del sensor ETM+ en el Landsat7. Su resolución espacial de 15 m registrado con las demás bandas, permite que las imágenes generadas a través de este sensor sean trabajadas para obtener ampliaciones hasta una escala de 1:25.000.

2.7.7 La banda Termal - (banda 6)

El Landsat 7 genera la banda 6 con ganancia bajo (Canal 6L) y ganancia alto (Canal 6H). Esto permite varias opciones de análisis y aplicaciones, tales como la medición relativa de temperatura radiante o un cálculo de temperatura absoluta. (ESRI Chile S.A.)

2.8. CALIDAD DEL AGUA

La calidad de los cuerpos de agua superficiales relacionados con centros urbanos, constituye un elemento básico de la salud ambiental. Resulta incuestionable el impacto del estado del agua sobre indicadores salud ambiental como la morbilidad de numerosas

enfermedades infectocontagiosas, la mortalidad infantil o su influencia en la esperanza de vida de los niños¹⁷.

2.9. ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA

La Zonificación Ecológica Económica (ZEE) constituye un instrumento de gestión, una forma de planificar el uso del territorio teniendo en cuenta todos los elementos biofísicos, y las condicionantes socio-económicas, cuya comparación permite alcanzar el análisis de diferentes alternativas de uso sostenible del territorio, que posibilita la formulación e implementación de políticas y planes orientados a dicho fin.

¹⁷ Tolcachies Alberto

CAPITULO 3

DIAGNÓSTICO DEL RECURSO

3.1. DIAGNOSTICO DE LOS COMPONENTES AMBIENTALES DEL SISTEMA LACUSTRE OZOGOCHÉ

3.1.1 Componentes Bióticos

Para determinar los componentes bióticos presentes en el área de estudio, se realizó la visita a campo y en base a información levantada por los técnicos de la UNACH se empezó a seleccionar las especies de flora y fauna representativas del sector Ozogoche divididas por formaciones naturales.

Flora: Los especímenes colectados se identificaron en el Herbario de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (CHEP), mediante comparación de especímenes disponibles en la colección de este herbario, además se revisó la base de datos de Trópicos (www.tropicos.org) y el Libro Rojo de Plantas Vasculares del Ecuador (2001), para identificar las probables especies endémicas y en peligro de extinción. Las muestras colectadas fueron depositadas en el Herbario del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (QCNE)¹⁸

¹⁸ Diversidad de flora y fauna en los páramos y bosques montanos del sur oeste del Parque Nacional Sangay (Provincias de Chimborazo y Cañar) Francisco J. Prieto-Albuja y Gabriela Paucar

En la zona se encuentran 109 especies diferentes de plantas cuyo hábitat son los páramos, el bosque montano, bosque secundario y matorral seco, localizadas alrededor de las lagunas y en los cerros del área de estudio (Prieto et al., 2011)

Fauna: en las zonas aledañas a las lagunas de Cubillín y Magtayán se encontraron varias especies de aves, anfibios, macro y meso mamíferos cuyo hábitat son los páramos, ríos, lagunas, pastos y cultivos. El total de especies de la zona de estudio es de 57 especies, divididas en 47 especies de aves, 10 especies de macro y meso mamíferos y 2 especies de anfibios. (Prieto et al., 2011).

Para aves¹⁹, Se aplicó la metodología básica de las evaluaciones ecológicas rápidas, ya que es un método factible e idóneo para determinar la riqueza de aves en áreas poco exploradas en períodos cortos de tiempo (Buitrón 2008). En cada localidad se efectuaron puntos de conteo a través de caminatas en diferentes períodos de tiempo, donde se llevaron a cabo conteos visuales y auditivos de las especies de aves. Estos puntos se los estableció a diferentes distancias y en diferentes tipos de bosque, permitiendo detectar a especies crípticas y relacionando la presencia de las especies con los hábitats (O'Dea y Whittaker, 2007). En el caso de hábitats acuáticos, los individuos fueron registrados e identificados mediante recorridos a través de la circunferencia de las lagunas o a lo largo de los ríos.

Los macromamíferos²⁰ (artiodáctilos, perisodáctilos, ciertos carnívoros y en general mamíferos de gran tamaño) y mesomamíferos²¹ (ciertos carnívoros, algunos marsupiales y algunos roedores) pueden ser reconocidas de forma general a simple vista o a través de sus señales de presencia (Boada, 2008). Para su estudio se utilizaron

^{19,,20,21} Diversidad de flora y fauna en los páramos y bosques montanos del sur oeste del Parque Nacional Sangay (Provincias de Chimborazo y Cañar) Francisco J. Prieto-Albuja y Gabriela Paucar

dos técnicas en forma simultánea, la observación directa y la búsqueda e identificación de rastros.

Observación directa e Identificación de rastros²²

Es importante señalar que en condiciones normales y naturales resulta muy difícil tener un encuentro con mamíferos de gran tamaño, sin embargo en cada uno de los sitios de muestreo se implementaron transectos abarcando la mayor cantidad de hábitats presentes.

El mismo transecto que sirvió para la observación directa de aves, fue utilizado para la identificación de huellas u otros rastros que ayuden a la identificación de la especie. Este tipo de rastros pueden ser fecas, marcas de orina, comederos, dormideros, sonidos y vocalizaciones²³.

Entrevistas²⁴

Además de los métodos de muestreo señalados, se realizaron entrevistas informales a los pobladores de cada una de las localidades de estudio, principalmente a aquellas personas que se desempeñaron como guías y asistentes de campo. Para facilitar la identificación de especies a través de las entrevistas se utilizaron láminas, dibujos y fotografías tomadas de Emmons y Feer (1999), Jarrín (2001), Tirira (1999) y Tirira (2007).

3.1.2 Componentes Abióticos

Geología

²³ Suárez y Mena, 1994; Tirira, 1999

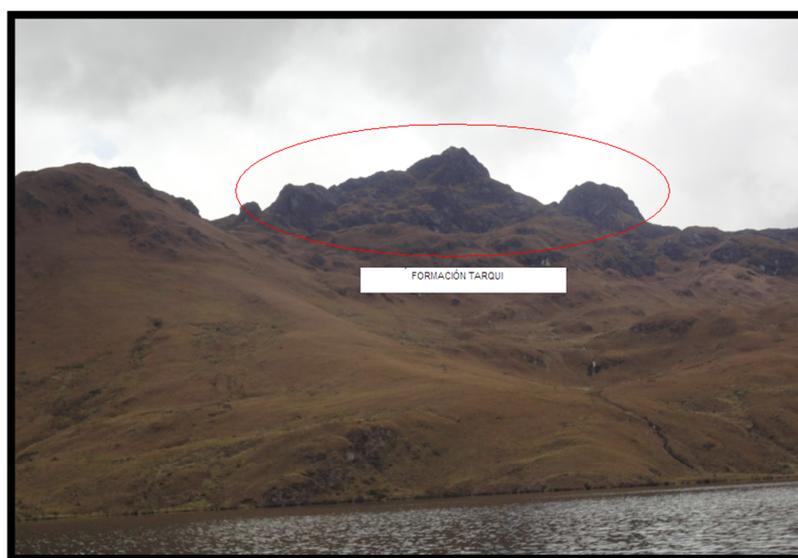
^{22,24} Diversidad de flora y fauna en los páramos y bosques montanos del sur oeste del Parque Nacional Sangay (Provincias de Chimborazo y Cañar) Francisco J. Prieto-Albuja y Gabriela Paucar

La información fue recopilada de la carta geológica 1:100000 de Alausí (Hoja 71) del Instituto Nacional Geológico Minero Metalúrgico del Ecuador (INIGEMM), adicionalmente se realizó observaciones en la visita técnica de campo, en la misma que se identificaron diferentes las formaciones geológicas existentes.

Con la información obtenida se procedió a diferenciar las diferentes formaciones geológicas presentes en el área de estudio:

a) Formación Tarqui²⁵

Esta formación se extiende en la mayoría de la zona de estudio, se divide en piroclastos, aglomerados y andesitas, considerada como perteneciente a la última fase volcánica del Pleistoceno.



Autores: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

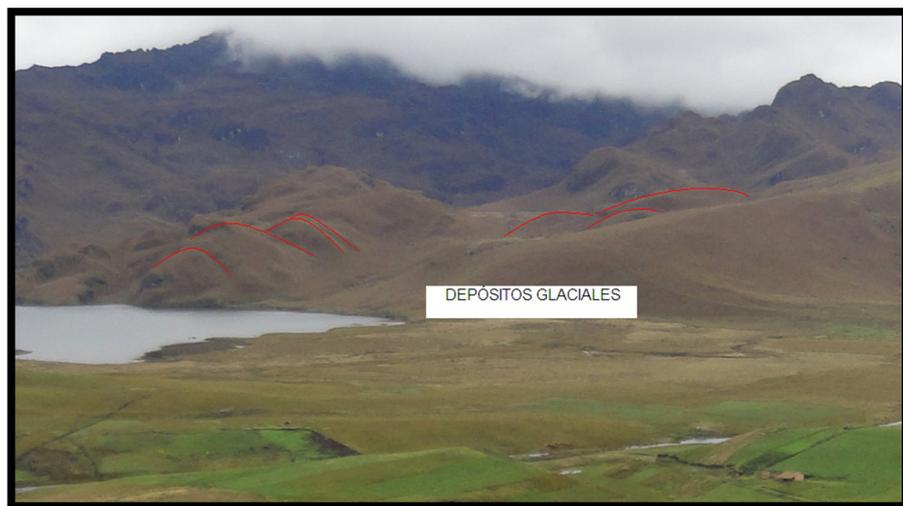
Figura. 3. 1. Formación Tarqui

Lugar: Laguna Cubillín

^{25,26} Hojas Geológicas de Alausí y Cañar, "Mapa Geológico del Ecuador" escala 1: 100000, Dr. H. Sosa e Ing. R.A. Longo, DINAGE, Año 1972-1973, Quito, Ecuador.

b) Depósito glacial²⁶

En su mayoría, este tipo de formación se localiza en la desembocadura de las lagunas Cubillín y Magtayán, y se extiende a lo largo del río Ozogoche; también se la puede visualizar al sureste de la laguna Boazo y alrededor de las lagunas Arrayán y Yanahurcu.



Autores: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.2. Depósitos Glaciales

Lugar: Laguna de Magtayán

c) Serie Paute²⁷

Localizada al sur de la laguna Yanahurcu, son las rocas más antiguas que se han descubierto del mesozoico, su extensión es muy pequeña en el área de estudio y está formada principalmente de Cuarsita y Esquisto.

^{27,28} Hojas Geológicas de Alausí y Cañar, "Mapa Geológico del Ecuador" escala 1: 100000, Dr. H. Sosa e Ing. R.A. Longo, DINAGE, Año 1972-1973, Quito, Ecuador.

d) Tonalita²⁸

Esta formación se localiza al este de la laguna Magtayán cubriendo gran área, es de origen volcánico y principalmente está compuesta de cuarzo.



Fuente: Plan de conservación para las lagunas de Cubillín y Magtayán en el parque nacional Sangay

Figura. 3.3. Depósitos de Tonalita

Lugar: Laguna Magtayán y laguna Patohuambuna

e) Depósito Aluvial²⁹

Esta formación se encuentra en la mayoría de valles amplios y existe desde el período Holoceno, pero únicamente la podemos localizar en la parte sureste de la laguna de Cubillín, consiste en estratos gredosos suprayacentes a un depósito de rocas gruesas en las cuales se deposita arena.

Resultados:

²⁹ Hojas Geológicas de Alausí y Cañar, "Mapa Geológico del Ecuador" escala 1: 100000, Dr. H. Sosa e Ing. R.A. Longo, DINAGE, Año 1972-1973, Quito, Ecuador.

En la Tabla 3.1 y en el Mapa 5 se resume la Geología de la microcuenca de Cubillín y Magtayán donde se indica la Unidad Geológica, su simbología, el tipo de roca y el área que cubre cada formación en la microcuenca, estos datos son útiles para la elaboración del mapa de riesgos y el mapa de erodabilidad.

Tabla. 3.1. Unidades geológicas

Unidad Geológica	Símbolo	Roca	Área (Km2)
Deposito aluvial	----	Depósito de arena	0.10
Deposito glacial	gd	Depósitos de tilitas	6.64
Formación tarqui	Pt	Piroclástica, Aglomerado, Andesita	29.75
Serie paute	k-q	Cuarsita, Esquisto	0.19
Tonalita	gt	Cuarzo	5.99

Fuente: Hojas Geológicas de Alausí y Cañar, "Mapa Geológico del Ecuador" escala 1: 100000

Clima

El análisis de este componente se lo realizó consultando los datos históricos de la red de estaciones meteorológicas del Ecuador (ver Mapa 8), proporcionadas por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), por motivo de la carencia de estaciones e información en el área de estudio.

El análisis de estos datos se lo realizó en un período de tiempo de 3 años (2006, 2007, 2008) mediante análisis de datos estadísticos y gráficos de tendencias.

Para el análisis se tomaron en cuenta datos de precipitación, útiles para la predicción del mapa de Isoyetas en el área de estudio, ya que, las estaciones meteorológicas se encuentran alejadas de esta, y de esta forma, se interpolan los datos para hacer la estimación de precipitación durante los años antes mencionados.

Para el análisis de datos se tomaron en cuenta las siguientes estaciones:

Tabla. 3.2. Estaciones meteorológicas

Estación	Nombre	Tipo	Este (m)	Norte(m)	Altura (m)
M405	GUASUNTOS	PLUVIOMETRICAS	743506.7	9753427.82	2438
M399	ACHUPALLAS-CHIMBORAZO	PLUVIOMETRICAS	748196.29	9747767.06	3178
M410	RIO MAZAR-RIVERA	PLUVIOMETRICAS	761307.64	9715296	2450
M501	MENDEZ INAMHI	PLUVIOMETRICAS	799882	9701018.84	665
M497	LOGROÑO	PLUVIOMETRICAS	811184.07	9709569.83	612
MB83	TOTORILLAS	CLIMATOLOGICA ORDINARIA	753370.99	9777103.88	3210

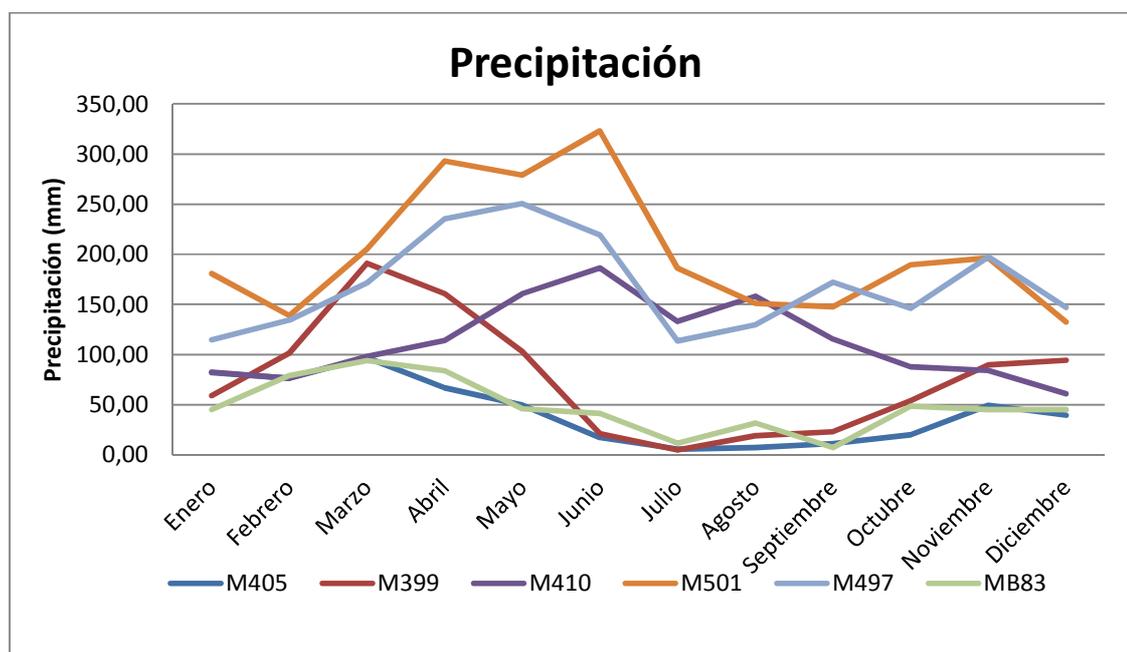
Fuente: INAMHI
Datum: WGS 84
Proyección: UTM

Los datos de precipitación media mensual y anual son los siguientes:

Tabla. 3.3. Precipitación media anual y mensual

Período 2006-2008													
Estación	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Media Anual
M405	82.0	76.2	96.8	66.9	49.8	17.1	5.6	7.3	11.2	19.9	49.5	39.5	43.48
M399	58.9	101.6	191.2	160.7	103.0	21.1	4.9	19.1	23.1	54.1	89.8	94.3	76.80
M410	82.6	76.4	98.0	114.1	160.7	186.5	133.2	158.3	115.5	87.9	84.0	60.8	113.18
M501	180.8	139.0	205.4	293.2	279.1	323.2	186.2	151.1	147.6	189.5	196.3	132.6	201.99
M497	114.7	134.3	171.5	235.3	250.6	219.3	113.4	129.5	172.2	146.0	197.5	147.1	169.29
MB83	45.1	79.3	94.1	83.7	46.1	41.2	11.6	31.8	7.2	48.4	45.0	44.9	48.2

Fuente: INAMHI



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.4. Tendencia de precipitaciones

Al analizar los datos de precipitación y el gráfico de tendencias podemos observar que los meses que tienen menor precipitación son Julio, Agosto y Septiembre como se evidencia en la estación M405 Guasuntos con un total de 5.60 mm por el contrario los que tienen mayor precipitación son los meses de Marzo, Abril y Mayo, estos datos se registraron en la estación M501 Méndez INAMHI con un total de 323.17 mm.

Una vez obtenidos los datos de precipitación media mensual se procede a sacar los datos de precipitación media anual para cada estación, debido a que las estaciones se encuentran separadas de la microcuenca, el análisis que se realizará será regional, representado en un mapa de Isoyetas y que contenga al área de estudio para su debida interpretación y así observar la precipitación en esa región.

Las Isoyetas obtenidas indican el cambio de precipitación para esa época en las diferentes zonas de la microcuenca, en el área de estudio se puede observar que la precipitación tiene un máximo de 147 mm en la zona de la microcuenca, y presenta un mínimo de precipitación de 133 mm

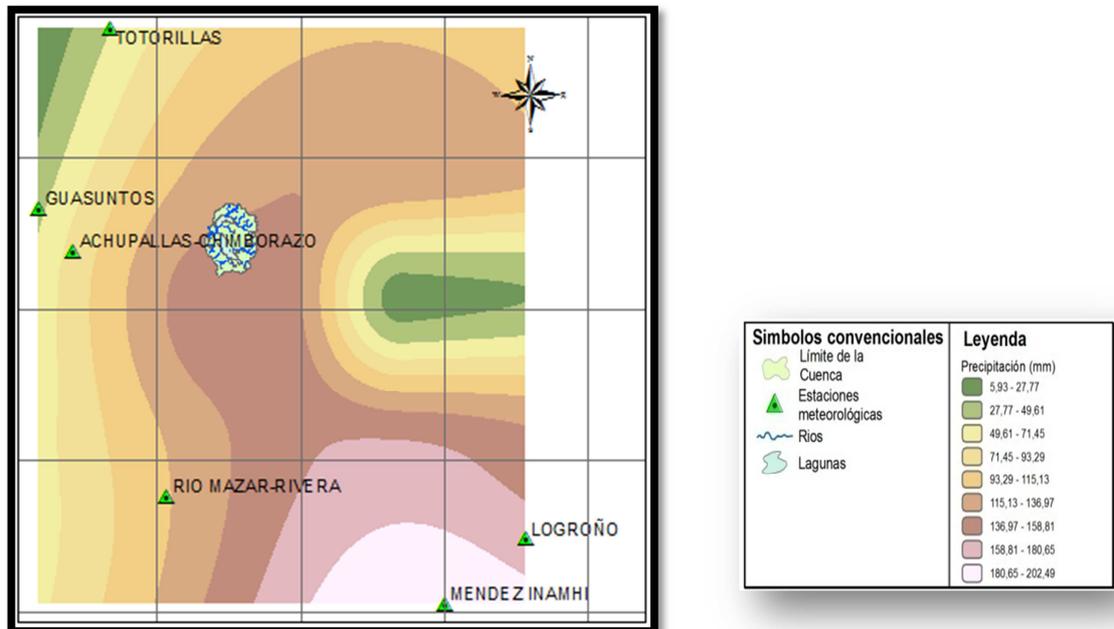


Figura. 3.5. Isoyetas microcuenca de Cubillín y Magtayán

Uso actual del suelo

La microcuenca de Cubillín y Magtayán al encontrarse en el Parque Nacional Sangay presenta ventajas para su conservación y utilizar su biodiversidad para la sustentabilidad, el uso que presenta actualmente es turístico sin embargo la población de Ozogoché alto utiliza ciertas zonas para el pastoreo.

Como uso actual del suelo en la microcuenca se puede indicar lo siguiente:

a) Páramo de pajonal (herbáceo)

Es la unidad más extensa en el suelo del área de estudio con aproximadamente 3156,55 has, su extensión abarca los alrededores de las lagunas de Cubillín y Magtayán además de otras lagunas, ríos y humedales. Actualmente las zonas aledañas a la desembocadura de los ríos y cercanas a la población de Ozogoché, se lo utiliza como zonas de pastoreo por la comunidad de Ozogoché alto, sin embargo el área de estudio

no presenta indicios de pastoreo, en su lugar es el hábitat de especies animales propias del sector.



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.6. Zonas de pastoreo

Lugar: Entrada a lagunas de Ozogoche

b) Páramo de almohadillas:

Con aproximadamente 544.88 has es la formación que se localiza en las zonas planas de la microcuenca, el uso de las almohadillas, principalmente es el de interceptar, regular y almacenar los flujos hídricos superficiales es un reservorio de agua natural formando así pantanos y ciénagas alrededor de las lagunas



C

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3. 7. Paramo de almohadillas

Lugar: Río Ozogoché

3.1.3 Componentes Sociales, Culturales y Económicos

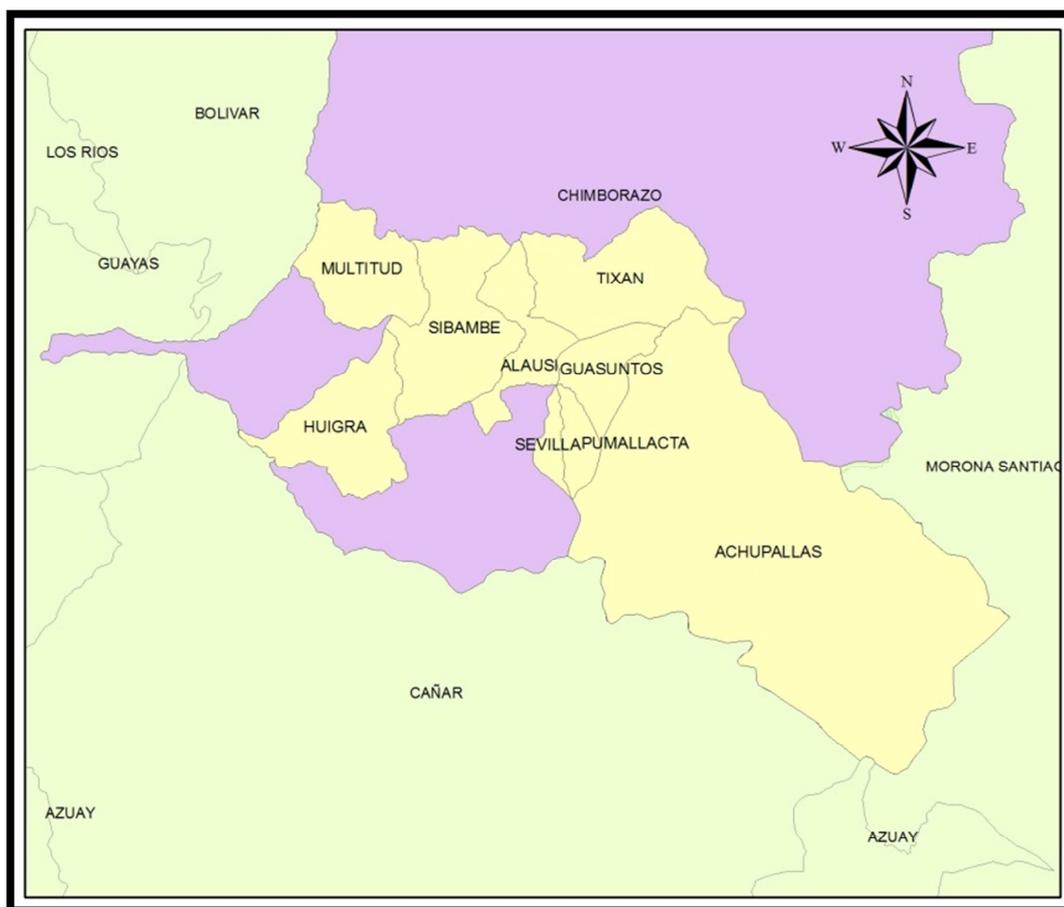
Aspecto Regional

La información recopilada fue de la base de datos del último censo de población y vivienda realizado en Ecuador, sin embargo la información obtenida fue generalizada al cantón Alausí, es por eso que se creó una encuesta para la comunidad mediante la cual los datos sean más actualizados y por ende den las características socioeconómicas de la población.

Los límites de la parroquia Achupallas son:

- Norte: Las Parroquias, Pumallacta, Guasuntos y Tixán.
- Sur: Cantón Azogues perteneciente a la provincia de Cañar, el cantón Sevilla de Oro perteneciente a la provincia de Azuay y con el cantón Santiago de la provincia de Morona Santiago.

- Este: Cantón Guamote de la provincia de Chimborazo y con los cantones Morona y Sucua de la provincia de Morona Santiago.
- Oeste: Cantón Chunchi de la provincia de Chimborazo y el cantón El Tambo perteneciente a la provincia de Cañar.



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.8. Cantón Alausí

Fuente. Base de datos UNACH

Demografía: Según el censo nacional de población y vivienda realizado por el INEC en el 2010, la parroquia de Achupallas consta de 10528 habitantes, 5004 habitantes son

hombres representando el 48% de la población y 5524 habitantes son mujeres con el 52% del total de la población.

Tabla. 3.4. Población parroquia Achupallas

Población	Sexo		Total
	Hombre	Mujer	
De 0 a 14 años	2,232	2,257	4,489
De 15 a 64 años	2,409	2,864	5,273
De 65 años y más	363	403	766
Total	5,004	5,524	10,528

Fuente: INEC, Datos censo de población y vivienda 2010

Servicios básicos: Con los datos del censo nacional de población y vivienda realizado por el INEC en el 2010, se obtuvo los datos que representan la cantidad de personas que tienen servicios básicos en cada hogar.

Tabla. 3.5. Servicios básicos parroquia Achupallas

Parroquia	Porcentaje de hogares que no tratan el agua antes de beberla	Viviendas donde el SS.HH. no está conectado al alcantarillado
Achupallas	57.4	94.2
Viviendas que no eliminan la basura por carro recolector	Porcentaje de viviendas que no contienen dormitorios exclusivos	Porcentaje de viviendas con materiales en mal estado
96	28	13.7

Fuente: INEC, Datos censo de población y vivienda 2010

Educación: Alausí cuenta con una tasa de analfabetismo de 25%, lo cual indica el déficit de educación que posee este cantón, el 17.8% de analfabetismo corresponde a hombres y el 31.2% corresponde a mujeres.

También según los datos obtenidos en el último censo de población y vivienda 2010, Alausí cuenta con el 94.2% de cobertura del sistema de educación pública, al área urbana le corresponde un 84.6% y al área rural un 95.9%

Aspecto local

Componentes sociales: Se identificaron los principales actores sociales de la comunidad de Ozogoché alto, se entrevistó a las autoridades de la comunidad y se realizó encuestas al azar a diferentes habitantes.

Población: La comunidad de Ozogoché está formada de 53 familias con un total de 265 habitantes, siendo 47 habitantes menores a 15 años. La población de Ozogoché es Indígena, en general los pobladores utilizan vestimenta colorida, las mujeres utilizan faldas largas, poncho, sombrero y botas; los hombres utilizan pantalones, ponchos coloridos, sombrero y botas.



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.9. Pobladores Ozogoché

Lugar: Ozogoché Alto

Salud

La comunidad de Ozogoche no cuenta con un centro de salud ni equipamiento médico en toda su localidad, el centro de salud más cercano se localiza en Totoras aproximadamente 8 km alejado del centro de la comunidad.

Educación

Ozogoche alto cuenta con un establecimiento educativo (*Ver Figura 3.10*), en el cuál funciona todo el nivel primario, aquí estudian todos los niños entre 6 a 14 años, los cuales son instruidos por cuatro profesores del gobierno. Los profesores vienen de diferentes partes del cantón, por lo que deben vivir toda la semana en Ozogoche para poder instruir a los niños.

El establecimiento educativo carece de equipamiento tecnológico y audiovisual, los cuales son proporcionados por los propios maestros en algunas de sus clases.

La población de Ozogoche es bilingüe (quichua-castellano) y es alfabetizada, salvo por los adultos mayores que no saben leer ni escribir.



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.10. Escuela Luis Plutarco Cevallos G.

Lugar: Ozogoche Alto

Servicios Básicos, Vivienda e Infraestructura

Vivienda: La población de Ozogoche alto no cuenta con una infraestructura adecuada para la vivienda en el clima frío, sus viviendas son de bloque, adobe, con techo de zinc y pisos de madera o suelo desnudo.



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.11. Infraestructura de vivienda Ozogoche

Lugar: Ozogoche Alto

Agua: La comunidad se abastece de agua, directamente de la extracción de pozos ubicados cerca de la población, sin embargo esta agua es consumida sin ningún tratamiento previo de potabilización. El agua del río Ozogoche únicamente la utilizan para el consumo del ganado.

Energía eléctrica: Ozogoche alto cuenta con una red de energía eléctrica que abastece a toda la comunidad.

Recolección de desechos sólidos: La comunidad cuenta con recolección de basura cada 15 días, motivo por el cual acumulan los desechos durante ese período de tiempo esperando a que sea llevada por el recolector de basura.

Comunicación y transporte

Telecomunicaciones: Todo el sector carece del servicio telefónico en las viviendas, tampoco tiene cobertura celular de ningún tipo.

Medios de comunicación: el radio es el único artefacto eléctrico mediante el cual la población puede enterarse de los acontecimientos a nivel nacional y mundial.

Transporte: Dentro de la zona los pobladores se movilizan a caballo y burro, el problema radica cuando los habitantes se quieren movilizar fuera de la comunidad, ya sea por abastecimiento de alimentos, salud o trámites que requieran salir de Ozogoche, el medio de transporte sale los días Lunes, Miércoles y Jueves, una vez al día quedando incomunicados el resto de la semana.

Actividades Productivas

Actividades Pecuarias: La comunidad de Ozogoche alto es ganadera al ubicarse en una zona con bastante pajonal, se dedica al pastoreo de ganado vacuno, ovino y porcino. Al ubicarse sobre los 3000 m.s.n.m es imposible tener actividades agrícolas por las heladas existentes que destruyen la cosecha, únicamente son exportadores de leche y carne a las poblaciones cercanas, también utilizadas para consumo interno en la comunidad.



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.12. Actividades pecuarias, pastoreo

Lugar: Comunidad de Ozogoche Alto

3.1.4 Amenazas Naturales

Para el análisis de amenazas naturales en la microcuenca de Cubillín y Magtayán se ha considerado específicamente el fenómeno de deslizamiento como uno de los más importantes y de alto grado de potencial afectación.

Con la información recopilada y generada se procedió a realizar el respectivo mapa de susceptibilidad a movimientos en masa en el área de estudio. Se procedió a calificar y dar pesos relativos a cada variable que influye en el fenómeno de deslizamientos.

Calificaciones y pesos relativos para cada variable

Constituye una de las fases más importantes ya que en ésta se analizan y sistematizan cada una de las variables indicadas anteriormente; de este estudio se obtuvo cuatro niveles para cada variable, que a su vez corresponden a las cuatro clases detalladas a continuación³⁰.

³⁰ Medina I, 2010

- Clase I

Se refiere a las condiciones biofísicas menos favorables para que se produzcan las remociones en masa; la calificación asignada a esta clase es 1.

- Clase II

A diferencia del caso anterior, en esta clase las características de las variables consideradas en este estudio van cambiando y con ello aumentando la susceptibilidad a la generación de movimientos en masa; la calificación asignada para esta clase es 2.

- Clase III

En este caso, las condiciones que presentan las variables tienden hacia niveles críticos, traduciéndose en condiciones más severas y susceptibles a movimientos en masa; la calificación asignada es 3.

- Clase IV

En esta clase, las condiciones biofísicas se presentan muy severas haciendo que los espacios geográficos que presentan estas características sean muy susceptibles a remociones en masa; la calificación asignada para esta clase es 4.

Elaboración de las matrices de tabulación

La metodología utilizada para determinar el índice de susceptibilidad a deslizamientos se basó en la generación y análisis de una matriz de tabulación en la que las filas corresponden a las unidades espaciales de análisis y las columnas a las clases y su calificación (Medina I, 2010).

En cada casilla se sitúan las calificaciones de acuerdo a la clase correspondiente, para luego aplicar el modelo para cada una de las unidades de paisaje. En las siguientes tablas se indica la calificación dada a cada variable.

Tabla. 3.6. Indicador, clase y calificación de Geología

Geología		
Indicador	Clase	Calificación
CUARCITA-ESQUISTO	I	1
TONALITA	II	2
AGLOMERADO, PIROCLÁSTICA, ANDESITA	III	3
TILITAS, DEPOSITO ALUVIAL	IV	4

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Tabla. 3.7. Indicador, clase y calificación de Pendientes

Pendientes		
Indicador	Clase	Calificación
<25	I	1
25-40	II	2
40-70	III	3
>70	IV	4

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Tabla. 3.8. Indicador, clase y calificación de Cobertura Vegetal

Cobertura Vegetal		
Indicador	Clase	Calificación
PARAMO DE ALMOHADILLAS	I	1
PAJONAL	II	2
SUELO SEMI DESNUDO	III	3

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Tabla. 3.9. Indicador, clase y calificación de Precipitación

Precipitación		
Indicador (mm)	Clase	Calificación
0-100	I	1
100-200	II	2
200-300	III	3
>300	IV	4

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Una vez calificadas las variables, se procede a formar la matriz que relaciona la importancia de las variables y que se conoce como matriz de comparación, de la siguiente manera:

Tabla. 3.10. Matriz de comparación

	X1	X2	X3	X4
X1	1	0.67	0.33	1.33
X2	1.5	1	0.5	2
X3	3	2	1	4
X4	0.75	0.5	0.25	1

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Donde: X1=Geología

X2=Pendientes

X3=Cobertura Vegetal

X4=Precipitación

Se procedió a utilizar el criterio comparativo entre las variables, asignando las calificaciones respectivas en la matriz, para calificar de una manera coherente a la matriz se aplico el siguiente procedimiento:

En notación matricial la matriz de comparaciones se la representa por:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & \dots & a_{1n} \\ a_{1n} & a_{22} & \dots & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}$$

A partir de la matriz A se procedió con el cálculo del autovector W_i

$$W_i = \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{1/n} \quad Ec.3.1$$

Donde:

Γ es la operación multiplicación

Para cada $i = 1, 2, \dots, n$

	X1	X2	X3	X4	Wi
X1	1	0.67	0.33	1.33	0.74
X2	1.5	1	0.5	2	1.11
X3	3	2	1	4	2.21
X4	0.75	0.5	0.25	1	0.55

A continuación se calculó el vector de pesos parciales P:

$$P_j = \sum_{i=1}^n a_{ij} \quad \text{Ec. 3.2}$$

Para cada $j = 1, 2, \dots, n$

	X1	X2	X3	X4
X1	1	0.67	0.33	1.33
X2	1.5	1	0.5	2
X3	3	2	1	4
X4	0.75	0.5	0.25	1
Pj	6.25	4.17	2.08	8.33

Al normalizar los autovectores W_i , se obtuvo los coeficientes o pesos de los modelos, de la siguiente manera:

$$C_i = \frac{W_i}{\sum W_i} \quad \text{Ec. 3.3}$$

	X1	X2	X3	X4	W_i	C_i
X1	1	0.67	0.33	1.33	0.74	0.16
X2	1.5	1	0.5	2	1.11	0.24
X3	3	2	1	4	2.21	0.48
X4	0.75	0.5	0.25	1	0.55	0.12
Pj	6.25	4.17	2.08	8.33	4.61	1.00

De esta manera se generó todos los modelos obtenidos, los cuales se los puede expresar finalmente mediante:

$$Y = \sum C_i x X_i \quad \text{Ec. 3.4}$$

Y Componente del riesgo buscada

C_i Pesos de cada variable

X_i Variables que determinan la amenaza o la vulnerabilidad buscada

$$\mathbf{Sus=0.16X1+0.24X2+0.48X3+0.12X4} \quad \text{Ec 3.5}$$

Se calculó el indicador de consistencia λ_{\max}

$$\lambda_{\max} = \sum_{k=1}^n (C_k x P_k) \quad \text{Ec 3.6}$$

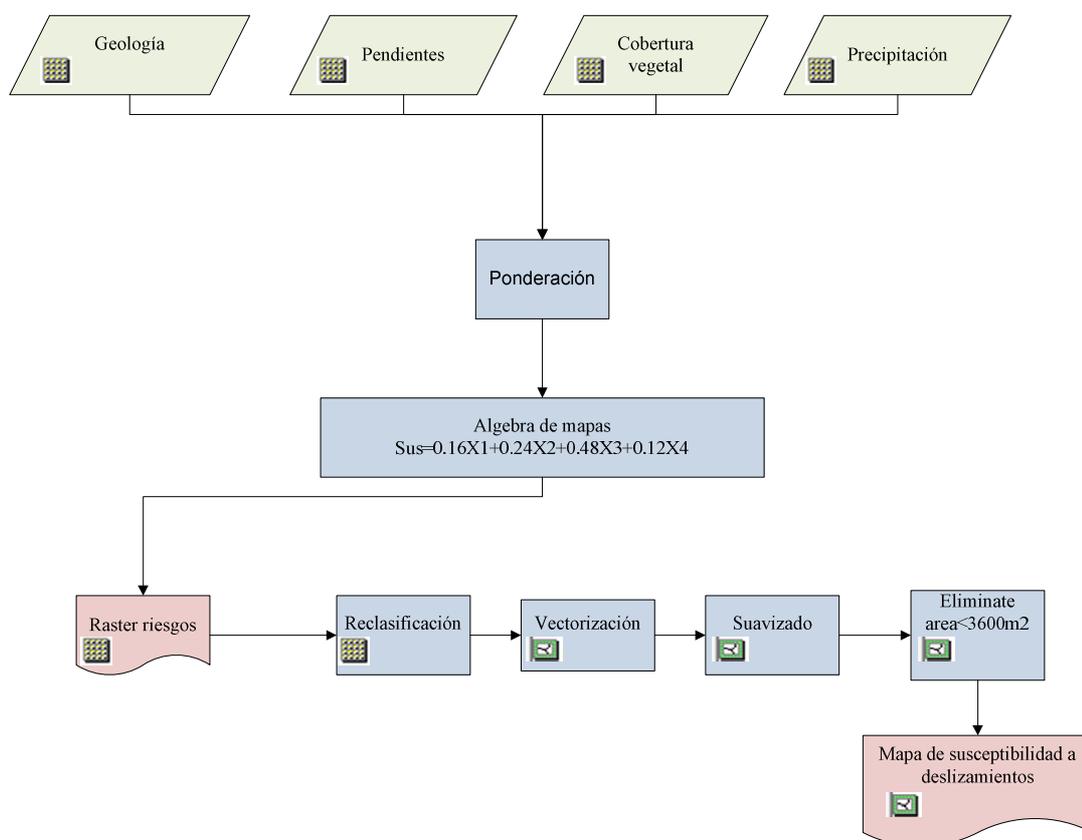
Y finalmente se obtiene la relación de consistencia:

$$CR = \frac{n(\lambda_{\max}-n)}{1.98(n-1)(n-2)} \quad \text{Ec 3.7}$$

Cuando esta relación de consistencia es mayor que 0,10 los criterios utilizados en la matriz de comparación son inconsistentes. Por ello para llegar a los modelos que se presenta en este informe se realizó varias revisiones a los criterios hasta llegar a relaciones de consistencia menores a 0,10 antes de aceptar dichos modelos.

La inconsistencia para este análisis resulto -4.49×10^{-16} .

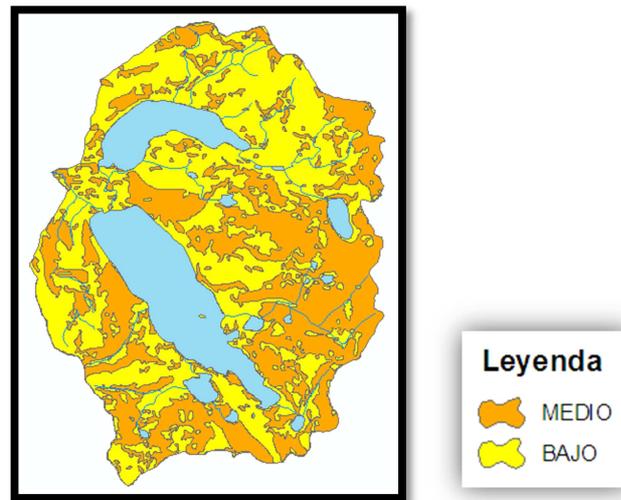
Una vez obtenida la ecuación de susceptibilidad a movimientos en masa para el área de estudio, se procede a realizar el mapa de susceptibilidad que se resume en el siguiente modelo cartográfico.



Elaborado por: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.13. Modelo cartográfico del mapa de susceptibilidad a deslizamientos

El presente esquema indica, las zonas donde existe mayor susceptibilidad a deslizamientos en el área de estudio (Ver Figura 3.14), las zonas de mayor pendiente y donde existe presencia de suelo semidesnudo, presentan una susceptibilidad media ya que no existe ningún tipo de infraestructura vial en la zona que provoque deslizamientos en mayor proporción. Para que el riesgo sea mediano, el mecanismo de disparo (precipitación) debe superar los 300 mm de lluvia, por lo que la precaución es durante los meses de marzo, abril y mayo, donde es la época lluviosa en el área de estudio.

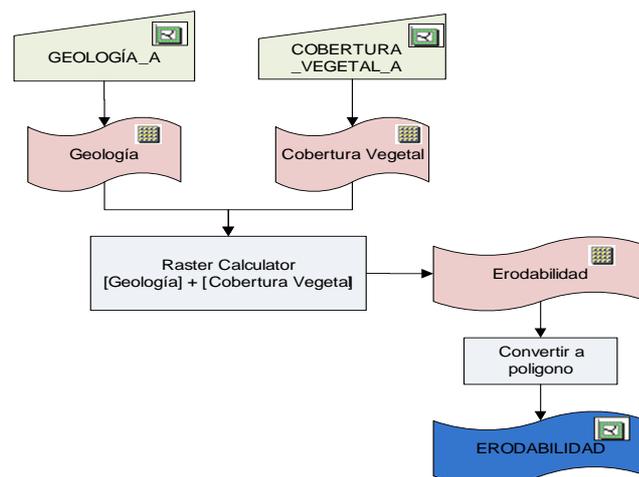


Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.14. Esquema de susceptibilidad a deslizamientos

3.1.5 Erodabilidad

El análisis de la erodabilidad se lo realizó utilizando la susceptibilidad a la erosión de las unidades litológica, además de la cobertura vegetal de la zona, mediante el uso de los siguientes criterios:



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3. 15 Modelo cartográfico de la susceptibilidad a deslizamientos

Tabla. 3.11. Esquema de clasificación de erodabilidad de las rocas

			Susceptibilidad a la erosión		
Tipo de Roca	Nombre	Textura del Suelo	E1	E2	E3
Ígneas	Granito	Areno-arcilloso	X		
	Sienita	Areno-arcilloso	X		
	Diorita	Arenoso	X		
	Monsonita	Arenoso	X		
	Pegmatita	Arenoso	X		
	Granodiorita	Arenoso	X		X
	Traquita	Areno-arcilloso	X		
	Conolita	Areno-arcilloso	X		
	Andesita	Arenoso	X		X
	Gabro	Arena media a fina			X
	Basalto	Arcilloso	X		
	Aplita	Arcilloso	X		
	Riolita	Limoso-arcilloso		X	
	Dasita	Arenoso	X		
	Fersita	Arenoso			X
	Ceniza Volcánica	Arcillo-arenoso			X
	Piedra pómez	Arenoso			X
	Peridotitas	Arena fina a media	X		
	Brechas	Arenoso	X		X

Sedimentarias	Areniscas	Arenoso	X		X
	Caliza	Arenoso	X		
	Ludovitas	Arenoso			X
	Turbas	Limo-arcilloso		X	
	Diatomitas	Arenoso			X
	Fosforitas	Arenoso			X
	Tobas	Arenoso			X
	Arkosa	Grava residual	X	X	
	Lutitas	Arcilloso			X
	Sideritas	Arenoso		X	
	Conglomerados	Arenoso	X		X
	Limotitas	Limoso	X		X
Metamórficas	Gneis	Arenoso	X		
	Pizarras	Arcilloso		X	X
	Grafito	Limoso-arcilloso			X
	Cuarcita	Arenoso	X		
	Serpentina	Arcilloso	X		X
	Esquistos	Arcilloso	X		X
	Filitas	Arcilloso			X

Fuente: Ing. G. Beltrán

Donde:

E1: Poco Susceptible a la erosión**E2:** Moderadamente susceptible a la erosión

E3: Altamente susceptible a la erosión

Al utilizar dicha metodología se obtienen los siguientes resultados:

Tabla. 3.12. Unidades Geológicas e índices de erodabilidad

Símbolo	Unidad Litológica	Tipo de Roca	Grado de susceptibilidad a la erosión	Ponderación
k- q	Serie Paute	Cuarcita	Baja	1
k- q	Serie Paute	Esquisto	Baja	1
gt	Tonalita	Tonalita	Baja	1
Pt	Formación Tarqui	Aglomerado	Media-alta	2
Pt	Formación Tarqui	Piroclástica	Media-alta	2
Pt	Formación Tarqui	Andesita	Media-alta	2
Gd	Depósito Glacial	Tilitas	Alta	3
-----		Deposito aluvial	Alta	3

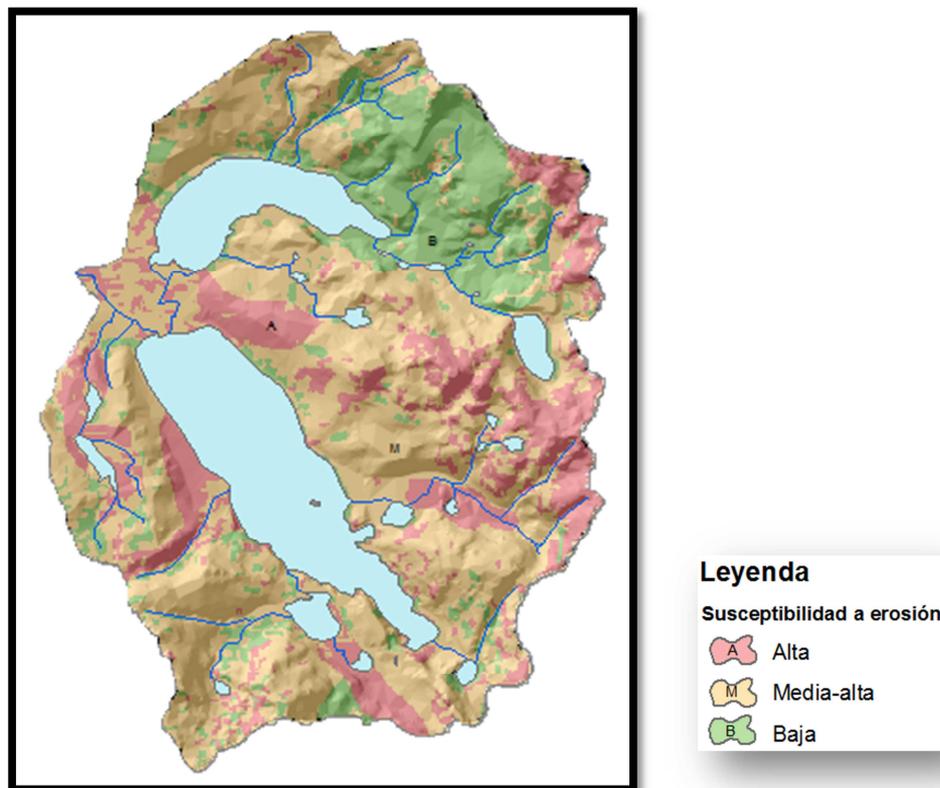
Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Además se utilizó el mapa de cobertura vegetal, tomando en consideración el grado de susceptibilidad a la erosión que tiene cada una de las coberturas vegetales presentes en la zona de estudio.

Tabla. 3. 13 Ponderación de la cobertura vegetal de la micro cuenca

Cobertura	Símbolo	Ponderación
Páramo de almohadilla	Pa	1
Páramo herbáceo	Ph	2
Suelo semi desnudo	Sd	3

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.16. Esquema de Erodabilidad de la cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán

3.2. ANALISIS DE COBERTURA VEGETAL

- **Materiales**
- Cartografía básica escala 1: 50000 (IGM)
- Software y Hardware

Tabla. 3.14. Software para análisis digital de imágenes

Software	Descripción
ERDAS 9.2	Procesamiento de la imagen satelital
ArcGis (9.3)	Cartografía digital

- **Equipos**

Tabla. 3.15. Equipos utilizados para verificar información en campo

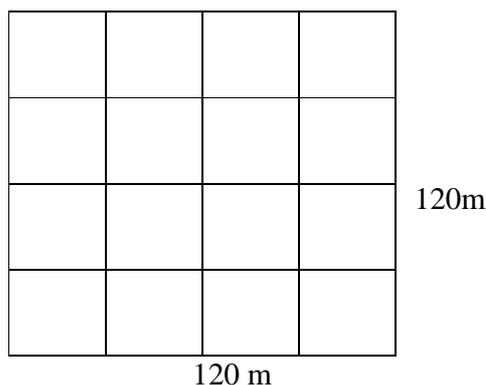
Hardware	Descripción
GPS Navegador	Equipamiento de campo
Cámara Digital	Equipamiento de campo
Computador	Equipamiento de Oficina

3.2.1 Escala e imagen

Para la realización del Estudio Multitemporal de cobertura vegetal de la cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán se decidió usar imágenes de Satélite Landsat debido al siguiente análisis:

Determinación de la escala

- Mínima unidad de análisis (L= manzana de 120x120m)
- Resolución espacial de las imágenes Landsat (30m)
- Unidad mínima representable en el mapa (l=4mm)



$$E = \frac{4}{130000} = 1:30000 \cong 1:50000$$

Ec. 3.8

Determinación del tipo de imagen

Se necesita por lo menos una imagen que tenga $\frac{1}{4}$ de la mínima unidad de análisis

$$R = \frac{1}{4} \times L = \frac{120}{4} = 30m$$

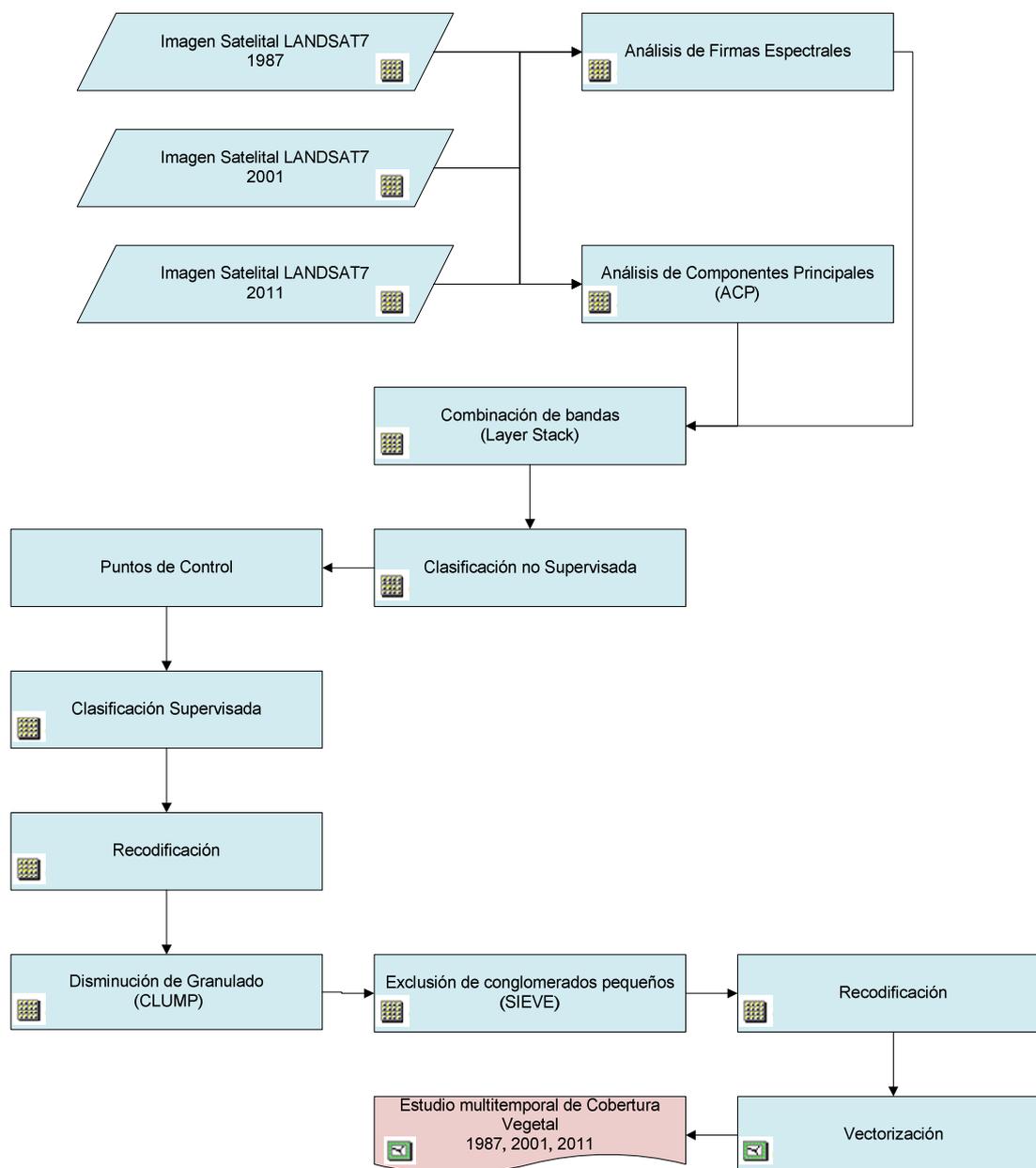
Ec. 3.9

Resultado compatible con la resolución espacial de la imagen Landsat que es de 30m.

Con el uso del software ERDAS se realizó el análisis espacial de las imágenes satelitales, el software ArcGis 9.3 por medio de los procesos vectoriales, permitió la obtención de los resultados que indiquen el cambio en las diferentes unidades de cobertura vegetal en los intervalos de tiempo estudiados.

3.2.2 Interpretación de Imágenes Satelitales

La interpretación de las imágenes satelitales, y posterior estudio multitemporal de cobertura vegetal, se realizó mediante la siguiente metodología:



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.17. Modelo Cartográfico de la interpretación de imágenes satelitales

Las imágenes originales se trataron digitalmente a partir del Análisis de Componentes Principales (ACP) con el fin de recoger la mayor parte de la información original y facilitar una primera interpretación considerando la mayor variabilidad de la imagen. Esta técnica permite identificar aquellos rasgos que corresponden a la mayor parte de las bandas y aquellos otros que son específicos de algún grupo de ellas³¹

Se utilizó el primer componente principal de las imágenes para hacer más eficiente la información almacenada en dichos componentes y para detectar los cambios reales a partir de éste.

Tomando como base las imágenes con ACP, se procedió a realizar una clasificación digital Mixta (es decir, se ejecutó una clasificación digital supervisada apoyada en una clasificación digital no supervisada).

La clasificación no supervisada permitió la identificación de 30 clases espectrales, las que mostraron una buena aproximación temática, situación que sirvió para distinguir los diferentes estratos vegetales, suelos semidesnudos y cuerpos de agua. Sin embargo, se observó que algunas de las coberturas vegetales naturales tendían a homogeneizarse, por tal razón, se procedió a realizar la clasificación supervisada como un complemento a la anterior ayudado de una comprobación de campo y toma de puntos de control.³²

Firmas Espectrales:

Es una representación de la cantidad de energía electromagnética reflejada por los objetos, en función de su longitud de onda. Esta representación se la hace en un gráfico bidimensional donde el eje horizontal contiene el número de bandas y el eje vertical el número digital (ND).

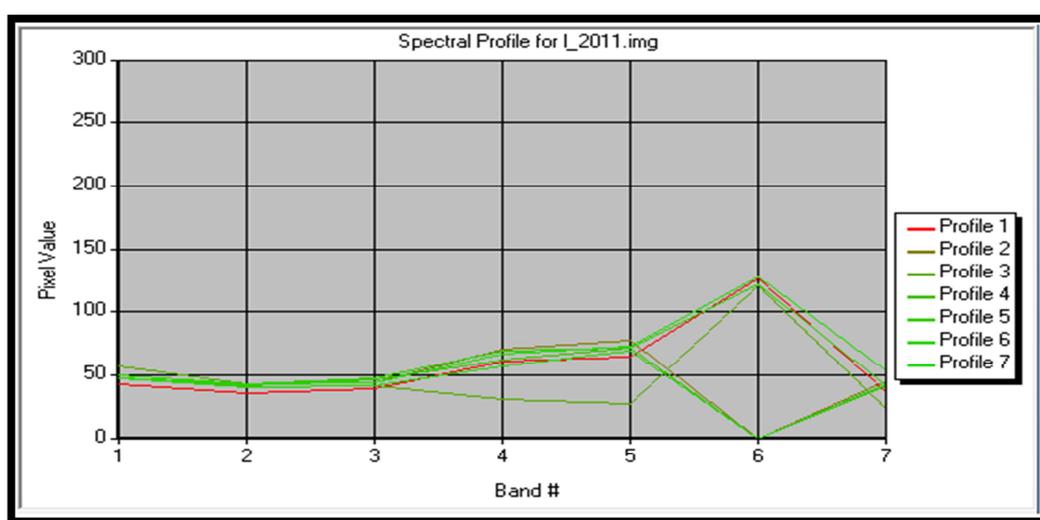
Para la determinación de las bandas a ser combinadas se procedió a la toma de muestras de las firmas espectrales de las imágenes satelitales de los años 1987,2001 y 2011. Tomando en consideración el análisis de la distancia euclidiana que se genera

³¹ Chuvieco Emilio "TELEDETECCIÓN AMBIENTAL", 2002

³² Mauser, 1989

entre cada uno de los números digitales, con el fin de obtener una óptima diferenciación de las clases a ser estudiadas como es el caso del páramo de almohadilla, páramo de herbáceo, suelos semi desnudos y cuerpos de agua.

Mediante el software ERDAS se realizó el análisis de las firmas espectrales, utilizando la herramienta  “Profile tolos”, en la opción “Espectral” en la cual se debe realizar la toma de las muestras en las zonas de mayor diferenciación del numero digital (ND), teniendo como resultado el siguiente gráfico:



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.18. Firmas Espectrales de la imagen satelital Landsat7 ETM+ del 2011.

En la figura 3.18, se puede observar que las bandas óptimas para su posterior combinación fueron: 4,5 y 6 debido a que presentaron mayor distancia euclidiana y menor ruido.

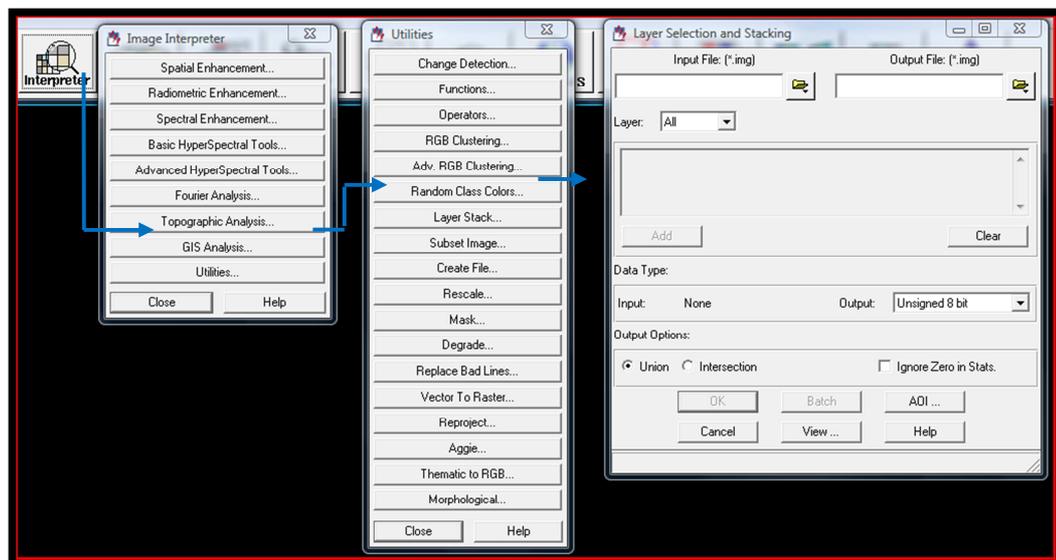
Combinación de Bandas:

Consiste en realizar operaciones entre bandas, con el objeto de resaltar en la imagen diferentes zonas, dependiendo del estudio a realizarse.

Gracias a las combinaciones de bandas podemos resaltar variaciones de color, textura, tonalidad y diferenciar los distintos tipos de cobertura que existen en la superficie, permitiéndonos la mayor diferenciación de las clases temáticas a interpretar.

Para el estudio multitemporal de cobertura vegetal de la micro cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán, se realizó la preselección de las bandas más idóneas para la clasificación no supervisada y se las combinó con la banda que se generó a partir del análisis de componentes principales.

La combinación de bandas se realizó mediante el programa ERDAS realizando el procedimiento que se muestra en la figura 3.19:



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

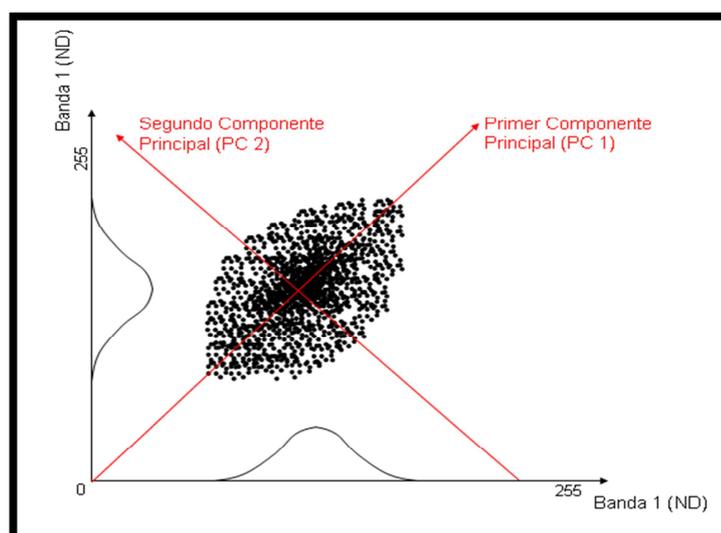
Figura. 3.19. Procedimiento a realizarse para la combinación de bandas.

Método de Transformación a Componentes Principales

Es una técnica, cuyo objetivo es resumir la información contenida en un grupo amplio de variables en un nuevo conjunto, más pequeño, sin perder parte significativa de la información³³

Es un método mediante el cual se combina los datos de las bandas originales de una imagen para obtener nuevas bandas conocidas como Componentes Principales que son linealmente independientes sí y no están correlacionadas. Esta operación se reduce a una transformación, desde un espacio espectral euclidiano, donde los ejes de dicho espacio son las bandas de la imagen original, a un espacio conocido como EIGEN SPACE, donde los ejes de este espacio son los componentes principales. Esta transformación no es más que la sucesión de rotaciones y/o traslaciones, lo cual se puede aplicar a “n”-bandas que conforman una imagen.

Al crear un gráfico de dos dimensiones donde los dos ejes representan cada una de las dos bandas de la imagen, y se plotea los pixeles, se forma un gráfico similar a una elipse, como se ve en la figura 3.20.

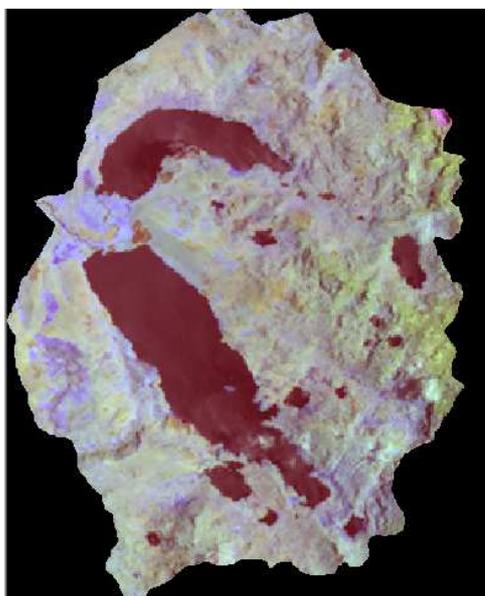


Fuente: Ing. I. Medina 2009

Figura. 3.20. Gráfico de dos dimensiones de los componentes principales de una imagen de dos bandas.

³³ Chuvieco, 2002

Si se ejecuta una rotación y dos traslaciones, de tal manera que se tenga unos nuevos ejes coordenados paralelos a los ejes de la elipse, se pasa a un espacio de Componentes Principales. En este nuevo espacio, el eje paralelo al eje mayor de la elipse se conoce como Primer Componente Principal; y el Segundo Componente Principal es el siguiente mayor eje perpendicular al Primer Componente Principal que, en el caso de una imagen de dos bandas, coincide con el eje menor de la elipse. Evidentemente, los píxeles tendrán otros valores en este nuevo sistema de coordenadas, y estos nuevos valores se pueden guardar en unas nuevas bandas (que corresponden a los componentes principales) de una nueva imagen.³⁴



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.21. Ejemplo de componentes principales de la imagen satelital Landsat7 ETM+ del 2001.

Método No Supervisado

El método de clasificación digital “No Supervisado” permite aplicar indistintamente un cierto número de clases espectrales sobre la imagen a clasificar, la misma que forman

³⁴ MEDINA, 2009

una serie de conglomerados cuyos píxeles poseen un comportamiento espectral homogéneo, por lo tanto, representarán una clase temática de interés.

Se estableció que el número de clases para la clasificación sea igual a 30, debido a que mientras mayor sea éste, mayor será el nivel de detalle en la clasificación. Además el nivel de confianza para ésta clasificación fue 0.999, para lo cual se empleó un número considerable de iteraciones en el que se ejecutará el proceso que varió de 50 – 60.

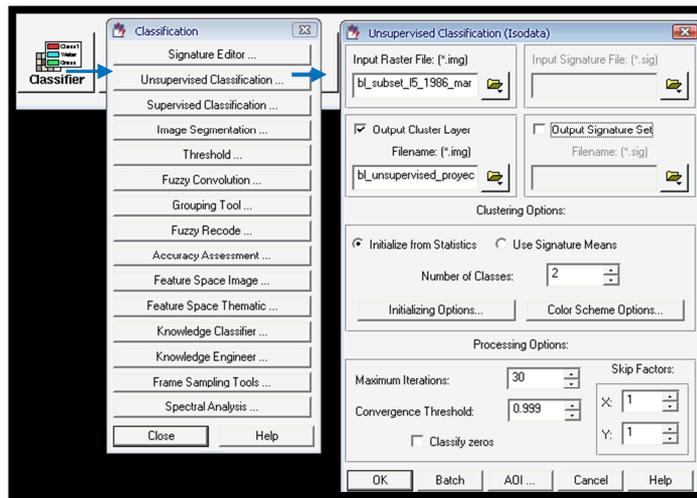
En el momento de la clasificación se dio valores únicos a las clases, los cuales se muestra en la tabla 3.14.

Tabla. 3.16. Clases y códigos utilizados en el estudio multitemporal de cobertura vegetal

CLASE	CÓDIGO
N/C (Ninguna Clase)	0
Nubes	1
Páramo de almohadilla	2
Páramo de pajonal	3
Suelo semi desnudo	4
Cuerpos de Agua	5

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

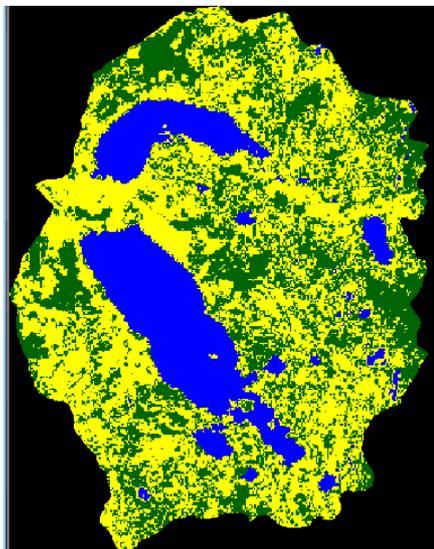
En la figura 3.22 se presenta el proceso utilizado para realizar la clasificación no supervisada, de las imágenes satelitales en el programa ERDAS IMAGE.



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.22. Procedimiento a realizarse para la clasificación no supervisada de las imágenes.

Mediante la codificación establecida en el paso anterior se realiza la identificación de clases temáticas que poseen el mismo comportamiento espectral, obteniendo el siguiente resultado:



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.23. Ejemplo de la clasificación no supervisada, detección clases existentes para la imagen satelital Landsat7 ETM+ del 2001.

Puntos de control y comprobación de campo

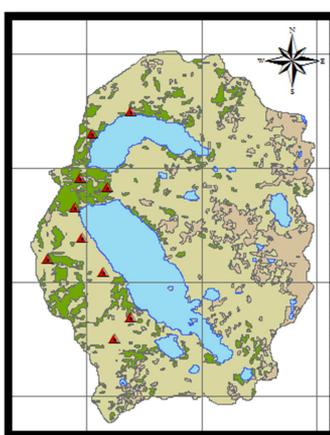
Los puntos de control obtenidos fueron tomados con un GPS utilizando el método de posicionamiento absoluto, éste se realiza con un único receptor con el cual se calculan las pseudodistancias a los satélites observados.

Es necesario observar un mínimo de cuatro satélites para obtener un posicionamiento tridimensional. Los resultados se obtienen en coordenadas absolutas respecto al sistema de referencia al que están referidos los satélites (elipsoide WGS-84).

Las coordenadas del punto donde está situado el receptor se obtienen en tiempo real, adquiriéndose las primeras coordenadas tras dos o tres minutos de observación. Manteniendo el receptor fijo durante más tiempo en el punto se puede mejorar la precisión.

La comprobación de los datos obtenidos para la imagen satelital Landsat 7 ETM+ 2011, se realizó en campo, con visitas a lugares donde se presentaron confusiones de la clasificación no supervisada.

Los materiales que se utilizaron fueron: carta topográfica escala 1:50000 de la zona de estudio, GPS navegador, hojas impresas de la clasificación no supervisada y de la imagen satelital Landsat 7 ETM+ 2011.



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.24. Puntos de control para la verificación y comprobación de la clasificación

Tabla. 3.17. Puntos de control para la identificación y comprobación de cobertura vegetal

PUNTO	E(m)	N(m)
1	768430	9748270
2	766970	9748600
3	767807	9750760
4	768118	9751910
5	767865	9749160
6	767670	9749980
7	768527	9750520
8	769131	9747080
9	768722	9746510
10	769131	9752490

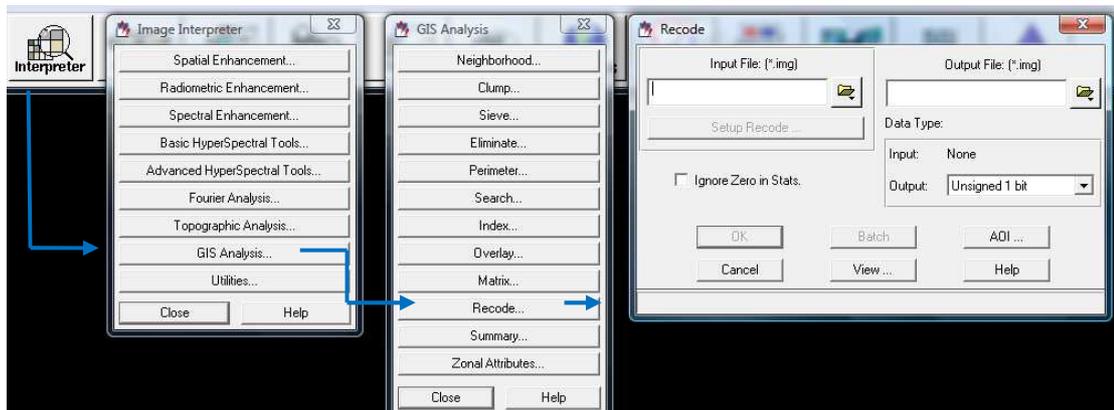
Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Datum: WGS 84

Proyección: UTM

Recode (Recodificación)

A cada nueva imagen que fue reclasificada se le aplica RECODE, para lo cual se hizo uso de la codificación dada en la clasificación no supervisada para cada una de las imágenes. De esta forma se pueden visualizar y compactar de tal manera que las 30 clases temáticas iniciales se convierte en 6 clases únicas. El proceso se lo realizó mediante el software ERDAS IMAGE de la siguiente manera:



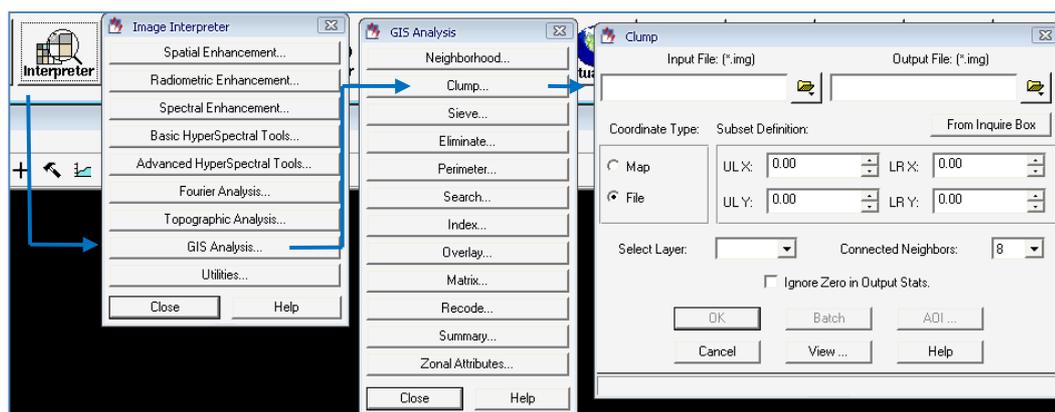
Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.25. Procedimiento a realizarse para la recodificación (Recode) a partir de la Clasificación no supervisada.

Clump (Disminución del efecto granulado)

Para disminuir el efecto de granulado y eliminar píxeles sueltos de las diferentes clases se aplicó un algoritmo que identifica conglomerados (grupo de celdas contiguas) en base a los ocho vecinos conectados de una misma clase temática. Esta función se denomina “clump” en el programa ERDAS Imagine.

El proceso que se realizó fue el siguiente:



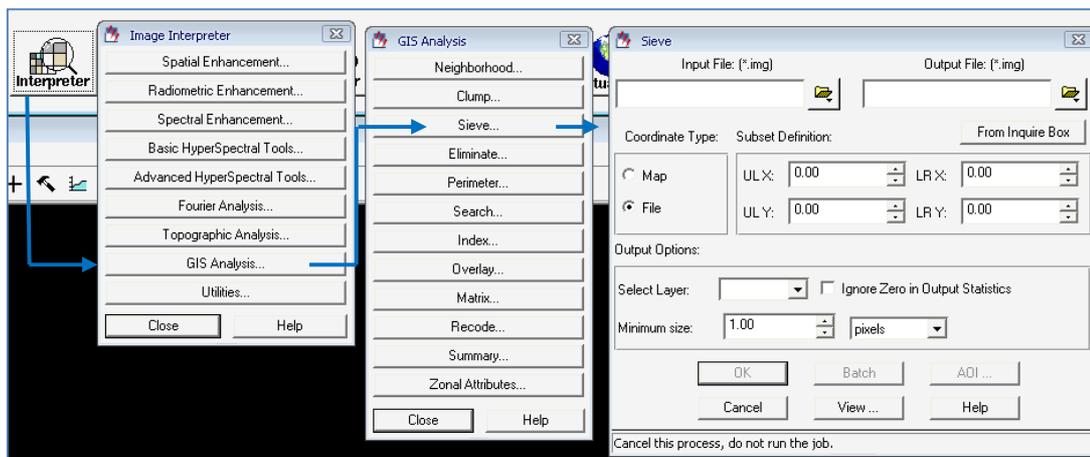
Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.26. Procedimiento a realizarse para el “CLUMP” a partir de un RECODE

Sieve (Exclusión de conglomerados mínimos)

Para excluir los conglomerados menores a la unidad mínima cartografiable se utilizó la función “sieve”, la cual permite especificar un mínimo de tamaño de conglomerado, los cuales serán eliminados evitando almacenar conglomerados innecesarios que ayudan a la visualización de la clasificación y economizan espacio en el disco duro.

El proceso que se realizó en el programa ERDAS IMAGE fue el siguiente:



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

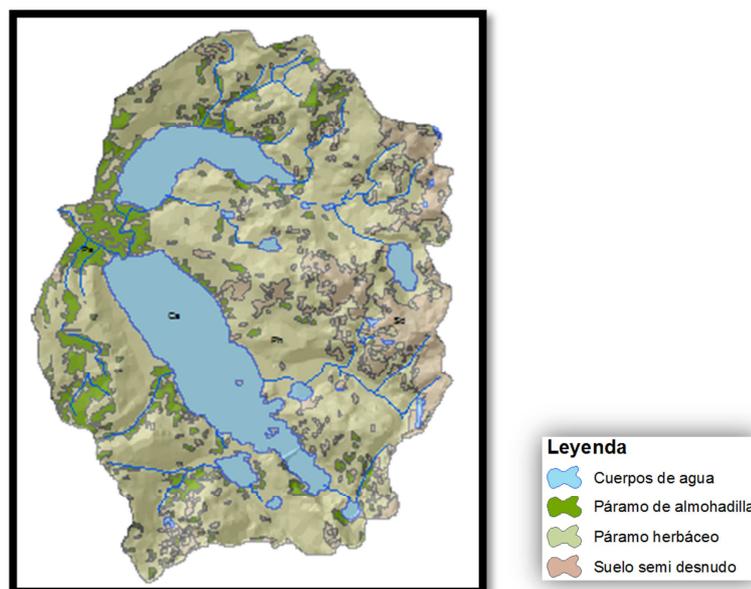
Figura. 3.27. Procedimiento a realizarse para el “Sieve” a partir de un CLUMP

Finalmente, se realizó un nuevo recode la imagen que pasó por el proceso de sieve para poder obtener mejores resultados y unificación de las clases temáticas.

3.2.3 Estudio multitemporal de cobertura vegetal

Vectorización

Los rasters clasificados, fueron convertidos a vector mediante procesos automatizados, generando de ésta manera las coberturas necesarias para el análisis multitemporal de la cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán.



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.28. Vectorización de las áreas clasificadas

Cobertura vegetal.

Mediante las salidas de campo realizadas se logró el reconocimiento, identificación y verificación de los diferentes tipos de cobertura vegetal existentes en la zona de estudio, los cuales se tenía un cierto grado de incertidumbre al momento de realizar la interpretación de las imágenes satelitales.

La cobertura vegetal de la zona, está representada en las clases temáticas que se encuentran en la leyenda del estudio multitemporal, realizado a una escala de 1:50000 (escala del proyecto) y son las siguientes:

Páramo herbáceo (Pajonal)

Se encuentra en mayor cantidad dentro de la zona de estudio, ya que dicha zona está ubicada dentro de un área que se caracteriza por tener grandes extensiones de páramo herbáceo.

El pajonal se extiende por toda la zona de estudio, a excepción de la zona de suelos desnudos, debido a que se encuentran a una altura, unidad geológica y pendiente que impide su normal crecimiento.



Autores: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.29. Fotografía de cobertura vegetal de Páramo herbáceo (Pajonal)

Lugar: Micro cuenca de las lagunas de Cubillín y Magatayán

Páramo de Almohadillas

Se encuentra presente en gran porcentaje en la parte baja de la cuenca a unos 3700 – 4000 msnm. Debido a que la zona no está intervenida se puede apreciar en una gran cantidad a pesar de ser una especie sensible.

Ubicados sobre suelos bien drenados en pendientes. En la micro cuenca estudiada, están muy cercanos a los cuerpos de agua, ya que constituyen un reservorio natural del recurso.



Autores: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3. 30. Fotografía de cobertura vegetal de Páramo de almohadillas

Lugar: Micro cuenca de las lagunas de Cubillín y Magatayán

Suelos semi desnudos

Son indicios de afloramientos rocosos los cuales se localizan en las cuchillas y filas de las elevaciones, es un área que se encuentra casi carente de vegetación y la poca vegetación es herbácea o arbustiva.



Autores: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

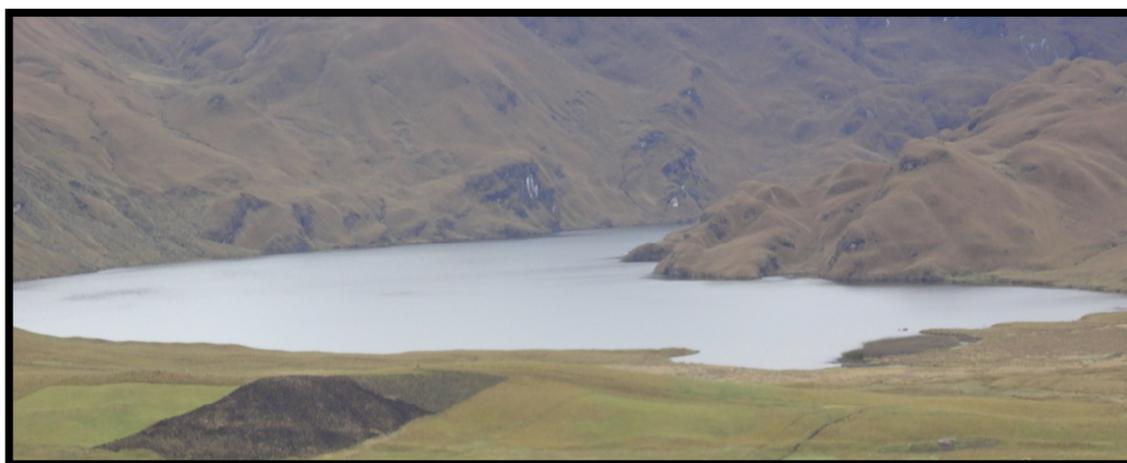
Figura. 3.31. Fotografía de Suelos semi desnudos

Lugar: Micro cuenca de las lagunas de Cubillín y Magatayán

Cuerpos de Agua

Corresponde a cuerpos de agua de origen natural que conforman lagos, laguna y ciénegas, siendo éstas las principales fuentes recolectoras de agua de la cuenca.

Se encuentran ubicadas en la parte baja de la cuenca, y tienen un gran porcentaje con relación al tamaño total del área de estudio.



Autores: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.32. Imagen Cuerpos de agua

Lugar: Micro cuenca de las lagunas de Cubillín y Magatayán

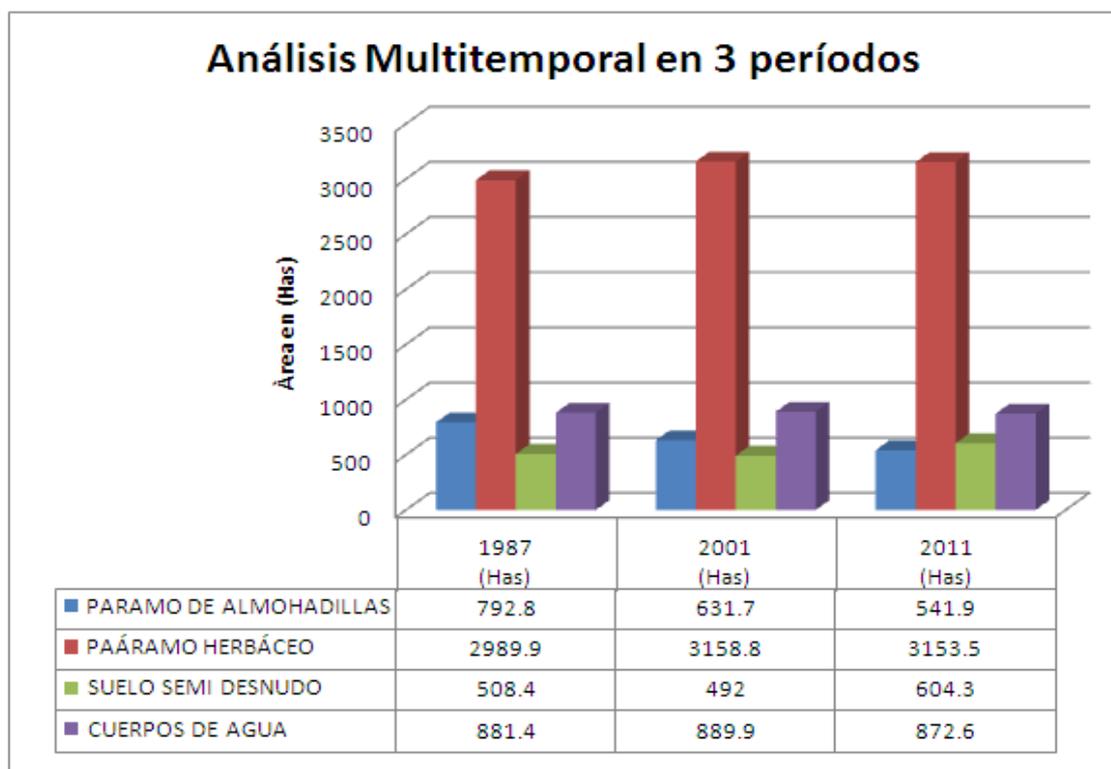
3.2.4 Mapa de Cobertura vegetal

A partir de la interpretación de las imágenes satelitales: Landsat 5 TM de 1987, Landsat 7 ETM+ 2001 y Landsat 7 ETM+ 2011, se obtuvo los siguientes resultados en las coberturas temáticas analizadas:

Tabla. 3. 18. Áreas de los diferentes tipos de cobertura vegetal en los tres períodos analizados

CEBERTURA VEGETAL EN (Has)						
TIPO DE COBERTURA VEGETAL	1987 (Has)	%	2001 (Has)	%	2011 (Has)	%
PARAMO DE ALMOHADILLAS	792.8	15.3	631.7	12.2	541.9	10.5
PAÁRAMO HERBÁCEO	2989.9	57.8	3158.8	61.1	3153.5	61.0
SUELO SEMI DESNUDO	508.4	9.8	492.0	9.5	604.3	11.7
CUERPOS DE AGUA	881.4	17.0	889.9	17.2	872.6	16.9
TOTAL	5172.4	100	5172.4	100	5172.4	100

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.33. Gráfico de barras, del porcentaje de cambio de áreas en los diferentes tipos de cobertura vegetal en los períodos de 1987, 2001 y 2011

Tasa de cambio

Mediante el análisis multitemporal se puede observar los siguientes cambios en las diferentes coberturas temáticas:

- En el páramo de almohadilla, mediante el transcurso de los años se ve una disminución notable en el primer período de 161,1 has y en el segundo período de 89,8 has.
- En el páramo herbáceo, se ve un aumento de 168,9 has en el primer período, y una mínima disminución de 5,3 has.
- En la cobertura de los suelos semidesnudos, se observa una mínima disminución en el primer período, mientras que para el segundo se presenta un considerable aumento.
- El aumento o disminución de los cuerpos de agua en la zona, únicamente depende del mes del año en el cual se tomaron las imágenes satelitales, ya que éstos no son considerables, se los considera casi inválidos para un análisis posterior.

Tabla. 3.19. Tasa de cambio en los diferentes períodos

TASA DE CAMBIO					
TIPO DE COBERTURA VEGETAL	1987 (Has)	2001 (Has)	2011 (Has)	CAMBIO (Has) 1987 - 2001	CAMBIO (Has) 2001 - 2011
PARAMO DE ALMOHADILLAS	792.8	631.7	541.9	161.1	89.8
PAÁRAMO HERBÁCEO	2989.9	3158.8	3153.5	-168.9	5.3
SUELO SEMI DESNUDO	508.4	492	604.3	16.4	-112.3
CUERPOS DE AGUA	881.4	889.9	872.6	-8.5	17.3
TOTAL	5172.4	5172.4	5172.4		

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

3.3. RECURSO HIDRICO

3.3.1 Parámetros Morfométricos

Los parámetros morfométricos de la cuenca permiten diagnosticar el funcionamiento del sistema hídrico de una determinada región. Además puede servir como análisis espacial colaborando en el manejo y planeación de los recursos naturales.

Metodología

Para el presente estudio se dividió la microcuenca en dos partes (Microcuenca de la Laguna de Cubillín y Microcuenca de la Laguna de Magtayán), con el fin de conocer la cantidad de Recurso Hídrico que aporta cada una de las microcuencas, estos datos serán útiles para el posterior plan de aprovechamiento y toma de decisiones por parte de las autoridades.

Los componentes morfométricos serán obtenidos y modelados mediante el uso de sistemas de información geográfica, en éste caso ARGIS 9.3, además de la utilización de fuentes bibliográficas que complementarán los conocimientos básicos y cumplir con los objetivos trazados para el análisis.

Los parámetros morfométricos analizados son los siguientes:

a) Área (A)

Es la superficie de la cuenca hidrográfica en km², la cual se obtiene a partir de la digitalización de un polígono por los límites de la micro cuenca mediante el uso de la topografía de la zona (Shape de curvas de nivel), con ayuda del software ARCGIS 9.3 (*Ver Figura 3.33*).

Para el análisis del tamaño de las cuencas se tomó como referencia, una clasificación ya establecida como es la de (Campos, 1992) en el cual se categoriza a las cuencas en 5 clases como veremos a continuación:

Tabla. 3.20. Clasificación de tamaño de cuencas (Campos, 1992)

Clasificación propuesta para el tamaño de la cuenca	
Tamaño de la cuenca en km ²	Descripción
Menos de 25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia pequeña
500 a 2,500	Intermedia grande
2,500 a 5,000	Grande
Más de 5,000	Muy grande

Fuente: <http://www.selper-mexico.org.mx/XT%20PDF/HIDROLOGIA/HIDRO-01.pdf>

Mediante la metodología mencionada, se obtuvo los siguientes resultados:

Área (A) "MC" = 51, 43 km²

Área (A) "L.C." = 30,18 km²

Área (A) "L.M." = 21.25 km²

Donde: "MC" = Microcuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán

"L.C." = Laguna de Cubillín

"L.M." = Laguna de Magtayán

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede determinar que, las microcuencas son PEQUEÑAS ya que al compararla con la clasificación utilizada ésta entra en el rango de menor de 250 km².

b) Perímetro (P)

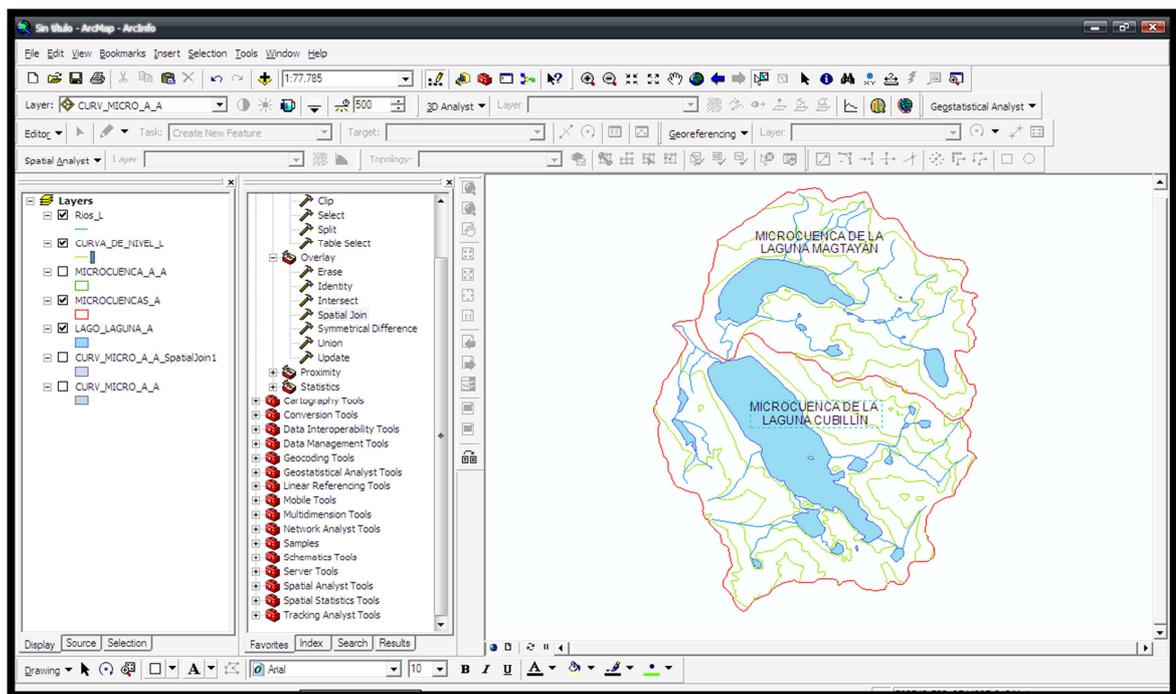
El perímetro de la cuenca o la longitud de la línea de divorcio de la hoya es un parámetro importante, pues en conexión con el área nos puede decir algo sobre la forma de la cuenca.³⁵

El cálculo se lo realizó mediante el uso del software ARCGIS 9.3 (Ver Figura 3.33).

Perímetro (P) “MC” = 31,64 km.

Perímetro (P) “L.C.” = 25,68 km.

Perímetro (P) “L.M.” = 21,66 km.



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.34. Cálculo de Parámetros Morfométricos de la Micro cuenca con ArcGIS 9.3

³⁵ http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/oguerre/4_Geomorfologia.pdf

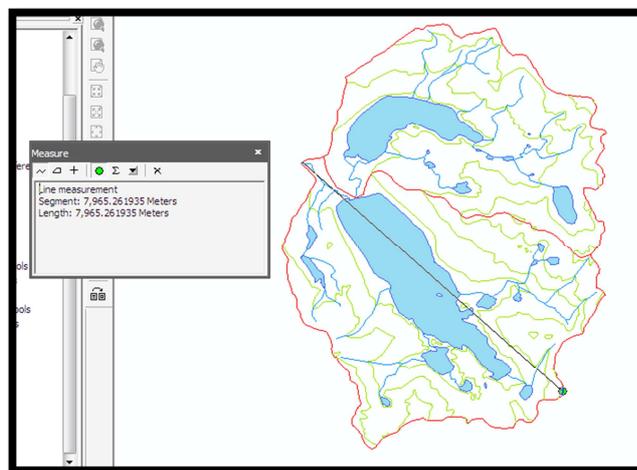
c) Longitud axial (La)

Se denomina longitud axial a la distancia existente entre la desembocadura de la cuenca hasta el punto más distante de ésta. Éste proceso se realiza mediante el uso de la herramienta Measure del ARCGIS 9.3 (Ver Figura 3.34).

Longitud axial (La) “MC” = 7,57 km.

Longitud axial (La) “L.C.” = 7,96 km.

Longitud axial (La) “L.M.” = 5,86 km.



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.35. Cálculo de la longitud axial de la micro cuenca

d) Ancho promedio (Ap)

Es la relación que existe entre el área de la cuenca y la longitud axial (Ec. 2.1).

$$Ap = A/La$$

(Ap) “MC” = 6,80 km.

(Ap) “L.C.” = 3,79 km.

(Ap) “L.M.” = 3,63 km.

Forma de la cuenca

a) Factor forma (Ff)

Se determina a partir del cociente entre el ancho promedio de la cuenca (Ap) y la longitud axial (La) de la misma. Este indicador pretende parametrizar la cuenca de tal manera que a través del mismo se obtenga una aproximación a su forma geométrica.³⁶

Para analizar el resultado obtenido aplicamos en siguiente criterio: si la cuenca tiene un factor forma (*Ec.* 2.2) con valores inferiores a 1, tiende a tener una forma alargada y está menos sujeta a avenidas, las cuales son lentas y sostenidas que una de la misma área y mayor factor de forma, es decir, valores mayores a 1 significaría una forma redondeada que sería susceptible a avenidas rápidas e intensas (Guido & Busnelli, 1993)

$$Ff = Ap/La$$

Factor forma (Ff) “MC” = 0,898

Factor forma (Ff) “L.C.” = 0,476

Factor forma (Ff) “L.M.” = 0,619

Tabla. 3.21. Susceptibilidad a las Crecidas

Clase	Rango	Susceptibilidad a crecidas
Ff1	0 – 0,25	Baja
Ff2	0,26 – 0,50	Media

³⁶ <http://tecrenat.fcien.edu.uy/Cuencas/Gestion%20Integrada%20de%20Cuencas/Practico%201.pdf>

Ff3	0,51 – 0,75	Alta
Ff4	> 0,75	Muy Alta

De acuerdo al factor forma obtenido, éste muestra que el Río Ozogоче tiende a crecer en lluvias intensas, ya que la susceptibilidad a crecidas es MUY ALTA.

b) Coeficiente de compacidad (Kc)

Compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en estudio. Kc se define como la razón entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de la circunferencia.³⁷

La ecuación que nos permite el cálculo de este coeficiente corresponde a (Ec. 2.3):

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

Coeficiente de Compacidad (Kc) “MC” = 1,244

Coeficiente de Compacidad (Kc) “L.C.” = 1,319

Coeficiente de Compacidad (Kc) “L.M.” = 1,325

Tabla. 3.22. Clases de forma de la cuenca

Clase	Rangos de clase	Forma de la cuenca
Kc1	De 1.00 a 1.25	Redonda a ovalada redonda
Kc2	De 1,25 a 1,50	Oval redonda a Oval Oblonga
Kc3	De 1,50 a 1,75	Oval Oblonga a Rectangular Oblonga

Fuente: FAUSTINO et al., “Gestión Integral de Cuenas Hidrográficas” Cali, 2006.

³⁷ FUENTES, José de Jesús, Análisis Morfométrico de cuencas: caso de estudio del Parque Nacional Pico de Tancítaro, 2004

Al comparar los datos obtenidos con los de la tabla, se puede observar que las microcuencas tienen una forma OVAL REDONDA A OVAL OBLONGA y la cuenca total tiene una forma REDONDA A OVALADA REDONDA.

Elevaciones o altitud de la cuenca

a) Altitud Media (H)

Es la variación altitudinal de una cuenca hidrográfica, la cual incide directamente en la distribución térmica, y por lo tanto, marca la existencia de microclimas y hábitats muy característicos de acuerdo a las condiciones locales.

La altitud media se obtiene mediante la siguiente fórmula (Ec. 2.4):

$$H = \frac{\Sigma(H_i * A_i)}{A}$$

Tabla. 3.23. Altitud media de la cuenca de las Lagunas de Cubillín y Magtayán.

CURVAS DE NIVEL	PROMEDIO DE COTAS (H _i)	AREAS EN Km ² (A _i)	FRACCIÓN DEL AREA TOTAL	PORCENTAJE ACUMULADO	H _i * A _i
4400-4560	4480	0.31	0.60	0.60	1389.91
4200-4400	4300	5.59	10.87	11.47	24037.87
4000-4200	4100	14.87	28.91	40.39	60957.96
3800-4000	3900	17.03	33.12	73.51	66434.04
3760-3800	3780	13.62	26.49	100.00	51493.86
		51.43	100.00		204313.64

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Aplicando la fórmula se obtendrá el siguiente resultado:

$$H = \frac{204313,6391}{51,42532842}$$

H “MC”= 3973,02 m.s.n.m.

H “L.C.”= 3936,65 m.s.n.m.

H “L.M.”= 3991,14 m.s.n.m.

La altura media de la cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán es de 3973,02 m.s.n.m.

b) Mediana de la Altitud (Ma)

Se encuentra representada por la curva hipsométrica en la cual se muestra la distribución de la superficie con respecto a los valores altitudinales de las microcuencas estudiadas. (Ver Figura 3.35, Figura 3.36 y Figura 3.37).

Para su representación gráfica, se ubica en el eje de las abscisas las curvas de nivel mínimas, máximas y las índice, y en el eje de las ordenadas los valores acumulados del área entre dos curvas sucesivas (Ver Tabla 3.23, Tabla 3.24 y Tabla 3.25).

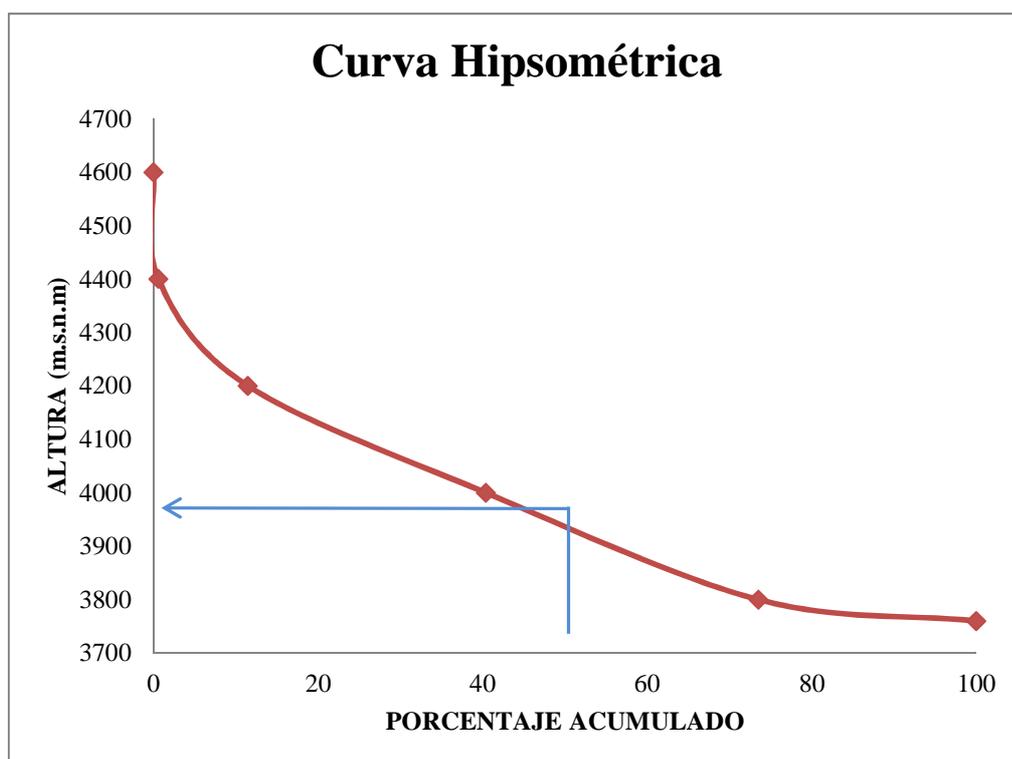
Tabla. 3.24. Altura y porcentaje de área acumulado de la microcuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán

CURVA HIPSOMÉTRICA	
Altura (m.s.n.m)	Porcentaje Acumulado
4560	0
4400	0.60
4200	11.47

4000	40.39
3800	73.51
3760	100

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

El valor resultante se obtiene al trazar una línea perpendicular en el centro del eje de las abscisas hasta el eje de las ordenadas localizando de ésta manera la mediana de altitud.



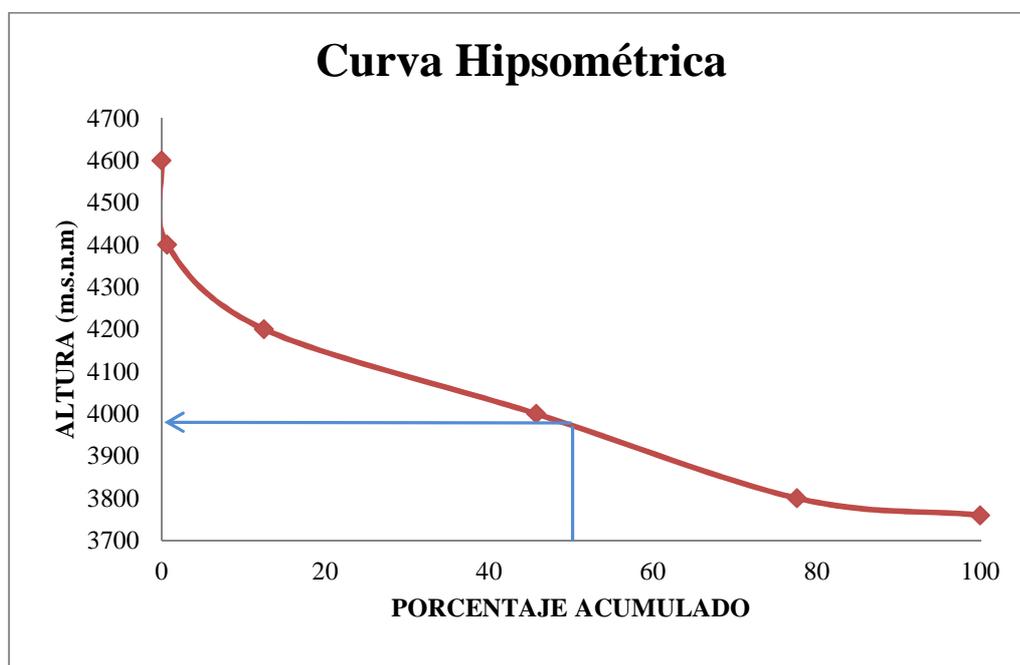
Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.36. Curva hipsométrica para la determinación de la mediana de la altitud para la microcuenca de las lagunas de Cubillín y Magtallán

Tabla. 3.25. Altura y porcentaje de área acumulado de la microcuenca de la laguna de Magtayán

CURVA HIPSOMÉTRICA	
Altura (m.s.n.m)	Porcentaje Acumulado
4600	0
4400	0.70
4200	12.53
4000	45.76
3800	77.62
3760	100.00

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso



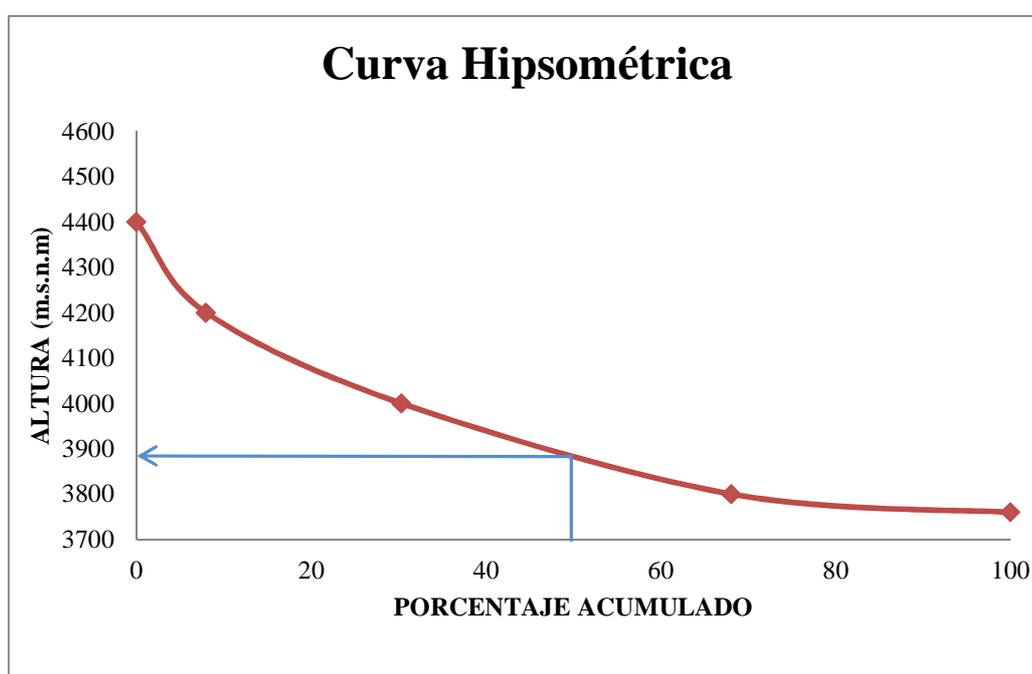
Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.37. Curva hipsométrica para la determinación de la mediana de la altitud para la microcuenca de la laguna de Magtallán

Tabla. 3.26. Altura y porcentaje de área acumulado de la microcuenca de la laguna de Cubillín

CURVA HIPSOMÉTRICA	
Altura (m.s.n.m)	Porcentaje Acumulado
4400	0
4200	7.97
4000	30.32
3800	68.06
3760	100.00

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.38. Curva hipsométrica para la determinación de la mediana de la altitud para la microcuenca de la laguna de Cubillín

La mediana de altitud en la Micro cuenca de acuerdo a la curva hipsométrica es de 3880 m.s.n.m.

c) Pendiente de la cuenca

El mapa de pendientes se generó a partir del relieve (curvas de nivel), mediante la utilización del software ARCGIS 9.3.

Mediante la utilización de la extensión 3D Analyst de ArcGIS 9.3 en la cual ingresamos las curvas de nivel, procedemos a realizar los siguientes pasos: Create/Modify TIN >> Create TIN From Features y así se obtiene un modelo TIN del terreno; a partir de este modelo se elige 3D Analyst >> Surface Analysis >> Slope >> Porcent >> Reclassify >> Convert >> Raster to Features y finalmente se obtiene el Mapa de Pendientes de la micro cuenca.

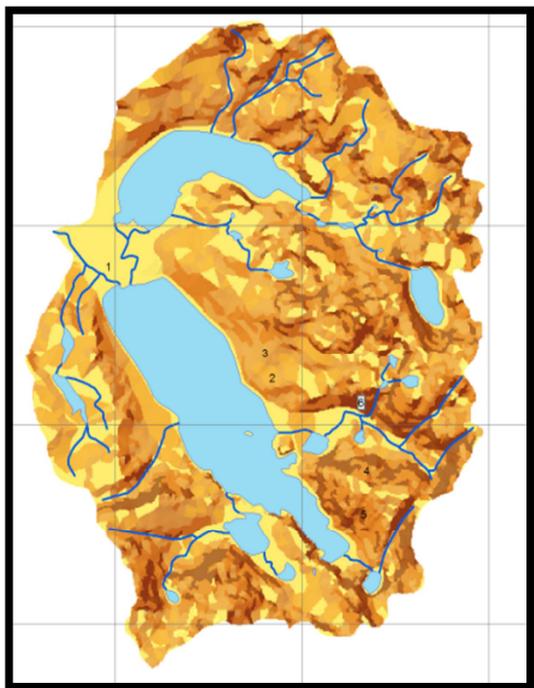
La metodología utilizada para la clasificación de los rangos de pendientes en la siguiente:

Tabla. 3.27. Leyenda de Clasificación de pendientes

PENDIENTE ANGULO	PENDIENTE %	MORFOLOGIA DEL TERRENO	AMBIENTE	GEOFORMA	PROCESOS EROSIVOS
0-2	0-4	Plana	Denudativo Morfoestructural	Superficies planas bajas y altas laderas rectas y cóncavas	Grietas de retracción por disecación
2-5	4-9	Suavemente Inclinado	Morfoestructural	Laderas rectas y convexas	Grietas de retracción por disecación
5-15	9-27	Fuertemente Inclinado	Morfoestructural	Laderas rectas	Reptación, erosión, deslizamientos, disecación
15-25	27-47	Montañosa	Morfoestructural	Laderas rectas	Erosión en surcos, grietas por retracción por

					disecación
25-35	47-70	Muy Montañosa	Morfoestructural	Laderas rectas	Erosión en surcos, grietas por retracción por disecación
35-45	70-100	Escarpada	Morfoestructural	Laderas rectas	Grietas de retracción por disecación

Fuente: Ing. G. Beltrán



Leyenda				
COLOR	PENDIENTE ANGULO	PENDIENTE %	AREA %	MORFOLOGIA DEL TERRENO
1	0 - 2	0 - 4	6	Plana
2	2 - 5	4 - 9	3	Suavemente Inclinado
3	5 - 15	9 - 27	2	Fuertemente Inclinado
4	15 - 25	27 - 47	44	Montañosa
5	25 - 35	47 - 70	35	Muy Montañosa
6	35 - 45	70 - 100	10	Escarpada

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3. 39. Mapa de pendientes de la micro cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán

Tabla. 3.28. Área de pendientes de la micro cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán

Pendientes rango (grd)	Pendientes rango (%)	Área de pendientes (km2)	Área de pendientes (%)	Morfología del terreno
0 - 2	0 - 4	18.438	35.865	Plana
2 - 5	4 - 9	0.073	0.142	Suavemente Inclinado
5 - 15	9 - 27	6.102	11.869	Fuertemente Inclinado
15 - 25	27 - 47	11.12	21.630	Montañosa
25 - 35	47 - 70	9.962	19.378	Muy Montañosa
35 - 45	70 - 100	5.715	11.117	Escarpada

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Tomando en cuenta los resultados obtenidos del porcentaje de áreas del mapa de pendientes, en el cual muestra que un 35,86% de la superficie es plana, un 12% aproximadamente de superficie suave y fuertemente inclinada, un 21,63% de montañosa, el 19,38% de muy montañosa y un 11, 12% de superficie escarpada.

Morfometría hidrográfica

a) Orden de Cauce

Es la clasificación que se le da a los distintos cursos de agua que forman la red de drenaje superficial de la micro cuenca. A los segmentos del cauce se los subdivide según el orden de magnitud de cada uno de ellos.

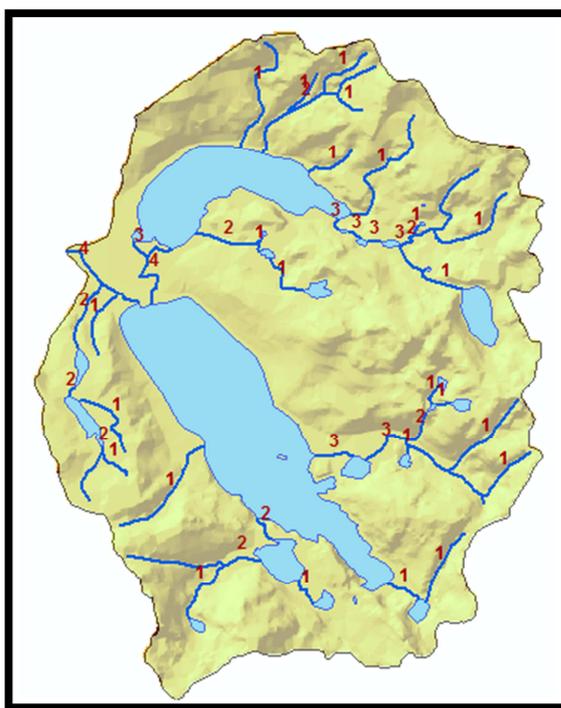
Para dicha clasificación se les asigna valores numéricos de la siguiente manera³⁸:

- A los cursos que son las nacientes de la red se les asigna el valor 1.

³⁸ Ley de Horton del número de ríos (1945).

- La conjunción de dos cauces de orden 1, implica que la red de drenaje aumenta de magnitud por lo que a partir del lugar de confluencia se le asigna el valor 2.
- El lugar de encuentro entre dos cauces de orden 2 implica que la magnitud de la red de drenaje vuelve a ascender por lo que el valor numérico correspondiente a partir de allí es 3.
- Así se procede sucesivamente hasta finalizar con la jerarquización de la red de drenaje. El encuentro de un curso de orden inferior con otro de magnitud superior no significa cambio de orden de magnitud en la red de drenaje. Por ejemplo la confluencia de un curso de orden 1 con otro de orden 3 no varía la magnitud.
- La misma continúa siendo de 3. Sólo aumenta si se produce la confluencia entre dos cursos de agua de idéntica magnitud. El curso de agua cuyo cauce alcanza la máxima magnitud dentro del área ocupada por la cuenca, es el río principal.

La clasificación de los cauces de la micro cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán muestra los siguientes resultados:



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.40. Orden de los cauces de la micro cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán

Tabla. 3.29. Orden de los cauces de los cauces de la micro cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán

Orden de los cursos de agua	Nº de los cursos de agua	Longitud total en km
1	31	26,23
2	16	7,96
3	8	2,68
4	4	2,45
	Total	39,33

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

b) Densidad de drenaje (Dd)

Este índice permite tener un mejor conocimiento de la complejidad y desarrollo del sistema de drenaje de la cuenca. En general, una mayor densidad de escurrimientos indica mayor estructuración de la red fluvial, o bien que existe mayor potencial de erosión.³⁹ Sin embargo la densidad de drenaje también refleja controles topográficos, litológicos, pedológicos y vegetacionales, además de incorporar la influencia del hombre.

La densidad de drenaje se obtiene mediante la relación de la longitud de todos los ríos de la micro cuenca con su superficie. El total de cursos de agua está dado por la suma de las longitudes de los cauces de cada orden encontrado en la micro cuenca. Para su cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$Dd = \frac{Lx}{A} \quad \text{Ec. 3.10}$$

³⁹ FUENTES José, 2004

Donde:

$L_x = L_1 + L_2 + L_3 + L_n$, en el que orden del rio principal es n. (Km)

A = Área de la Micro cuenca (Km²)

Mediante los siguientes valores:

L_x "MC" = 39,33 km; L_x "L.C." = 20,49 km; L_x "L.M." = 18,84 km

A "MC" = 51,43 km²; A "L.C." = 38,18km²; A "L.M." = 21,25 km²

$$Dd \text{ "MC"} = 0,76$$

$$Dd \text{ "L.C."} = 0,67$$

$$Dd \text{ "L.M."} = 0,88$$

A partir de los valores de densidad de drenaje las cuencas se pueden clasificar atendiendo a los siguientes criterios:⁴⁰

Tabla. 3.30. Metodología de clasificación de la densidad de drenaje

Tipo de densidad de drenaje	Rango
Micro cuenca pobremente drenada	$Dd \leq 0.6$
Micro cuenca medianamente drenada	$> 0,6 \quad Dd \geq 3$
Micro cuenca bien drenada	$Dd > 3$

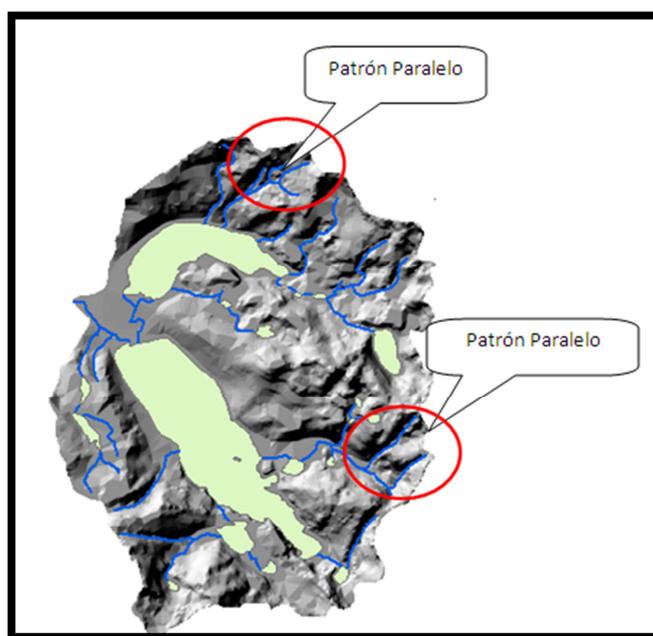
Fuente: Bastidas y Terán 2011

⁴⁰ BASTIDAS Krislen, TERAN Cynthia, 2011

Al analizar el valor obtenido de la densidad de drenaje que es 0,76, se clasifica a la zona de estudio como *MICRO CUENCA MEDIANAMENTE DRENADA*.

c) Patrón de Drenaje

Los patrones de drenaje fueron analizados mediante, la utilización del modelo digital del terreno (DTM), y con ayuda de la superposición de la cobertura de cuerpos de agua, en éste caso RIOS _L, se procedió a interpretar la forma de cada uno de los patrones de drenaje. (Ver Figura 3.38)



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.41. Determinación de los patrones de drenaje mediante el uso del DTM

La red de drenaje no es muy densa en su cauce al contrario es escasa, y corresponde al Patrón Drenaje Paralelo que, es común en algunos piedemontes y laderas estructurales plegadas, y también en planicies volcánicas las cuales, ocupan un gran área de dentro de la cuenca.

La distribución de los cauces, indica la existencia de tipos de rocas como: Piroclástica, Aglomerado y Andesita, representativo de la Formación Tarqui⁴¹, muy común en la zona de estudio.

3.3.2 Resumen de los parámetros Morfométricos e Hidrográficas de la micro cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán

Tabla. 3.31. Cuadro resumen de los parámetros de la micro cuenca

PARÁMETRO	MÉTODO	RESULTADOS			INTERPRETACIÓN
		MC	L.C.	L.M	
Área (A)	Cálculo de geometría en ArcGIS 9.3	(A) = 51,43 km ²	30,18 km ²	21,25 km ²	De acuerdo al área calculada pertenece a un área de tamaño PEQUEÑA
Perímetro (P)	Cálculo de geometría en ArcGIS 9.3	(P) = 31,64 km	25,68 km	21,66 km	
Longitud Axial (La)	Medición de eje principal de la cuenca en ArcGIS 9.3	(La) = 7,57 km	7,96 km	5,86 km	La longitud axial del cauce principal pertenece de acuerdo a su valor, a un cauce de longitud media.
Ancho Promedio (Ap)	$Ap = \frac{A}{La}$	(Ap) = 6,796 km	3,79 km	3,63 km	Cuenca semi redondeada con su longitud axial ligeramente las larga que el ancho promedio

⁴¹ Hojas Geológicas de Alausí y Cañar, "Mapa Geológico del Ecuador" escala 1: 100000, Dr. H. Sosa e Ing. R.A. Longo, DINAGE, Año 1972-1973, Quito, Ecuador.

Factor Forma (Ff)	$Ff = \frac{Ap}{La}$	(Ff) = 0,898	0,476	0,619	Susceptibilidad a crecidas es “Muy Alta”
Coefficiente de compacidad (Kc)	$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi * A}}$	(Kc) = 1,244	1,319	1,325	La micro cuenca tiene una forma “redonda a ovalada redonda”
Altitud Media (H)	$H = \frac{\sum(Hi * Ai)}{A}$	H = 3973,016 m.s.n.m.	3936,65 m.s.n.m.	3991,14 m.s.n.m.	
Mediana de Altitud (Ma)	Curva Hipsométrica	(Ma) = 3970 m.s.n.m.	3880 m.s.n.m.	3970 m.s.n.m.	
Pendiente de la cuenca	Pendiente por Porcentajes	0 – 4 %	0 – 4 %	0 – 4 %	La micro cuenca presenta una morfología de terreno “Plana” en su mayoría
Orden del Cauce	Análisis del modelo digital del terreno (DTM) y cobertura de Ríos_L				El río Ozogoche se abastece de aguas pluviales del páramo alto y el agua de escorrentía que se genera de éste
Densidad de drenaje (Dd)	$Dd = \frac{Lx}{A}$	Dd = 0,76	0,67	0,88	Micro cuenca medianamente drenada
Patrones de Drenaje	Análisis del modelo digital del terreno (DTM) y cobertura de Ríos_L	Patrón de drenaje paralelo	Patrón de drenaje paralelo	Patrón de drenaje paralelo	Micro cuenca con pendientes moderadas, en laderas estructurales y pie de montañas.

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

3.3.3 Cálculo de caudales

Para el cálculo de caudales se recopiló la información existente otorgada por la UNACH, el mapa base de la cartografía digital del IGM de Totoras escala 1:50000 de cuerpos de agua y ríos existentes en la zona, con las imágenes satelitales LANDSAT 7 se actualizó la cartografía para el Recurso Hídrico.

Una vez en campo, se recorrieron los cuerpos de agua y ríos principales de la micro cuenca, identificando así el Recurso Hídrico del área de estudio, se determinó el área más adecuada para medir el caudal. Para la medición de caudales, se utilizó cinta métrica, GPS y molino para aforar los cauces. Los datos de caudal medidos se los realizó durante un período de tiempo de 10 meses, estos datos son útiles para saber los niveles de agua en época seca o en época lluviosa.

Con los datos obtenidos de campo, los datos recopilados en el anuario meteorológico de los años 2008, 2007, 2006 del INAMHI y la información generada, se procede a comparar el caudal por medio de los siguientes métodos:

- Método de Aforo
- Método de Isoyetas
- Método de Thiessen
- Y modelamiento de caudales

Método de aforo

Para la estimación del caudal del río Ozogoche en el sitio de su desembocadura, se empleó la siguiente fórmula:

$$Q = A * V \quad \text{Ec. 3.11}$$

Donde:

- Q = Caudal (m³)
- A = Área del canal (m²)
- V = Velocidad (m/s)

La determinación del área del canal se la realizó ubicándose en intervalos de 1m a lo ancho del río en forma recta. Se tomaron medidas de profundidad y se estableció un nivel fijo de referencia sobre el cual se realizarían las mediciones correspondientes.

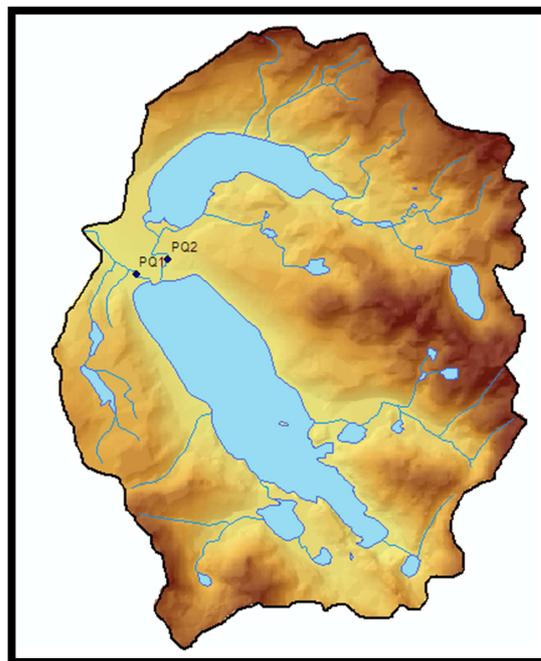
El Molinete se lo empleó en cada intervalo para obtener la medida exacta de la velocidad del agua en el río y obtener su promedio mediante la ecuación:

$$v = a \cdot n + b \quad \text{Ec. 3.12}$$

Donde:

- a y b son constantes del aparato
- n son las revoluciones de la hélice por segundo

Dentro de la micro cuenca de Cubillín y Magtayán se ha definido los puntos de aforo medidos en campo que son los siguientes:



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.42. Puntos de Aforo Microcuenca Cubillín y Magtayán

Tabla. 3.32. Caudal mensual período 12 meses Río Ozogoché punto PQ1

Fecha	Caudal (m³/s)
diciembre	2.3
enero	1.49
febrero	0.68
marzo	1.005
abril	1.33
mayo	3.26
junio	2.63
julio	2.75
agosto	2.59
septiembre	2.5
octubre	2.47
noviembre	2.39
diciembre	2.3

Fuente: UNACH

Tabla. 3.33. Descripción de los puntos punto PQ1 y PQ2

Punto	PQ1		PQ2	
Río	Ozogoché		Chaupiurco	
Coordenadas	N(m)	E(m)	N(m)	E(m)
	9750220	767859	9750440	768358
Laguna	Cubillín		Magtayán	
Altura	3770		3776	
Caudal	3.61		1.31	
Área de laguna (has)	541.20		226.61	

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso**Datum:** WGS 84**Proyección:** UTM



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.43. Punto PQ1

Lugar: Río Ozogoche



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.44. Punto PQ2

Lugar: Río Chaupiurco

Como caudal máximo en época seca la microcuenca del río Ozogoche aporta con 0.68m³/s en el mes de febrero (*Ver Tabla 3.31*), y 2.31m³/s con el promedio mensual; el río Chaupiurco aporta con un caudal de 1.31 m³/s a la laguna de Cubillín.

Método Isoyetas⁴²

La precipitación constituye la principal entrada de agua dentro del Ciclo Hidrológico, y varía tanto espacial como temporalmente en una cuenca. Su medición se realiza a través de instrumentos llamados pluviómetros. Posteriormente la variación espacial de

⁴²Balance hídrico integrado y dinámico en el salvador componente evaluación de recursos hídricos, San Salvador 2005

la lluvia se analiza a través del trazado de líneas de igual precipitación (isolíneas de precipitación, las cuales son llamadas Isoyetas). El trazo de mapas de Isoyetas mensuales muestra la variación de la lluvia a nivel temporal.

La información de los mapas de Isoyetas mensuales y anuales, permite calcular la precipitación media areal de las cuencas cuando no se tiene datos directos, con lo que se inicia el cálculo de los parámetros del Balance Hídrico.

Una vez trazadas las Isoyetas con un intervalo preestablecido, para establecer el valor medio sobre la cuenca, se planimetrizan las superficies entre Isoyetas y se calcula la media ponderada por superficies, de los valores medios entre Isoyetas⁴³

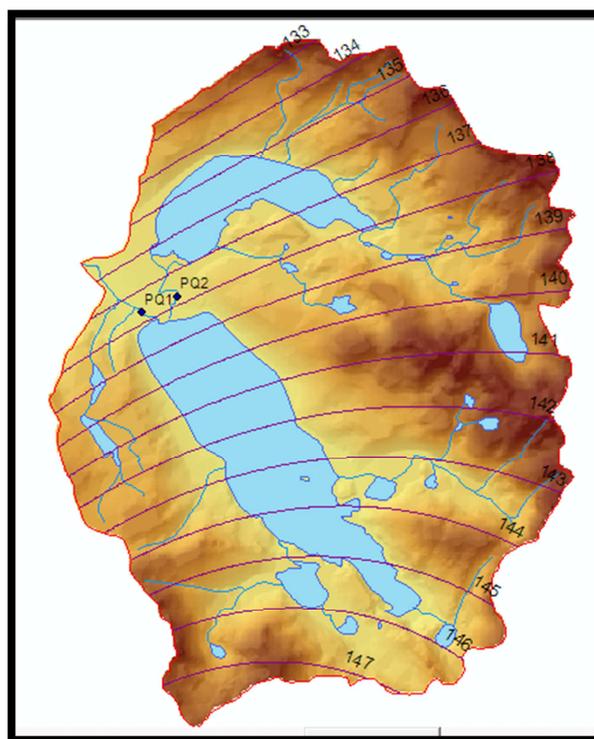
$$P = \frac{S_1P_1 + \dots + S_nP_n}{A} \quad \text{Ec. 3.13}$$

Donde:

- P = Precipitación media sobre la cuenca
- A = Área de la cuenca
- S1 = Superficie área entre isolínea
- P1 = Precipitación media entre isolíneas

Al multiplicar el área de la microcuenca por la precipitación media de la zona obtenida mediante la ecuación, se obtiene la cantidad de agua en m³ que reúne mensualmente.

⁴³ Robredo J. Calculo de Caudales de Avenida



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.45. Esquema Isoyetas Ozogoché

Tabla. 3.34. Aporte de agua a la micro cuenca por precipitación método de Isoyetas

Precipitación mm	Área km ²	Volumen (m ³)/mes
140.66	51.43	7234143.80

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Método de Thiessen

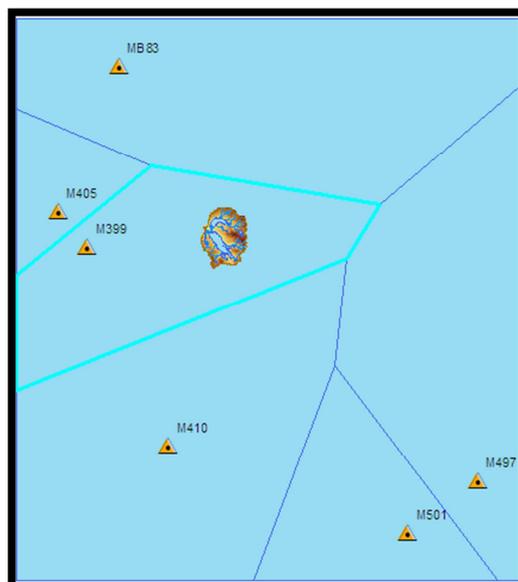
Este método se basa en asignar a cada punto de la cuenca la precipitación registrada por el pluviómetro más cercano (estaciones meteorológicas, dentro o fuera del área de estudio). Para su aplicación primeramente se realiza las líneas de trazo entre estaciones, se dibuja con línea de trazo continuo las mediatrices de cada lado de los triángulos, las intercepciones de estas mediatrices definen un conjunto de polígonos y a

cada polígono se le asigna la precipitación correspondiente que está en su interior, finalmente se mide el área de cada polígono y se la aplica la ecuación 3.13 de precipitación media sobre la cuenca. Este procedimiento se lo realizó con el software ArcGis 9.3 obteniendo el siguiente resultado.

Tabla. 3.35. Precipitación media mensual con polígonos de Thiessen

Estación	Este (m)	Norte (m)	Elevación (m.s.n.m)	Precipitación Media mensual (mm)
M405	743506.70	9753427.82	2438.00	43.48
M399	748196.29	9747767.06	3178.00	76.80
M410	761307.64	9715296.00	2450.00	113.18
M501	799882.00	9701018.84	665.00	201.99
M497	811184.07	9709569.83	612.00	169.29
MB83	753370.99	9777103.88	3210.00	48.20

Fuente: INAMHI
Datum: WGS 84
Proyección: UTM



Elaboración: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.46. Polígonos de Thiessen

Tabla. 3.36. Precipitación media polígonos de Thiessen

Área Polígono Thiessen(km2)	Precipitación M399	Área de la cuenca (km2)	Precipitación media mensual (mm)
1131.09	76.80	51.43	1689.05

Elaboración: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Una vez obtenida la precipitación media de la cuenca se procede a realizar el mismo procedimiento que para el cálculo de caudal por el método de Isoyetas, multiplicando la precipitación media mensual por el área de la microcuenca.

Tabla. 3.37. Aporte mensual de agua por precipitación método de Thiessen

Precipitación mm	Área km2	Volumen (m3)/mes
1689.05	51.43	86867841.50

Elaboración: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Modelo WEAP

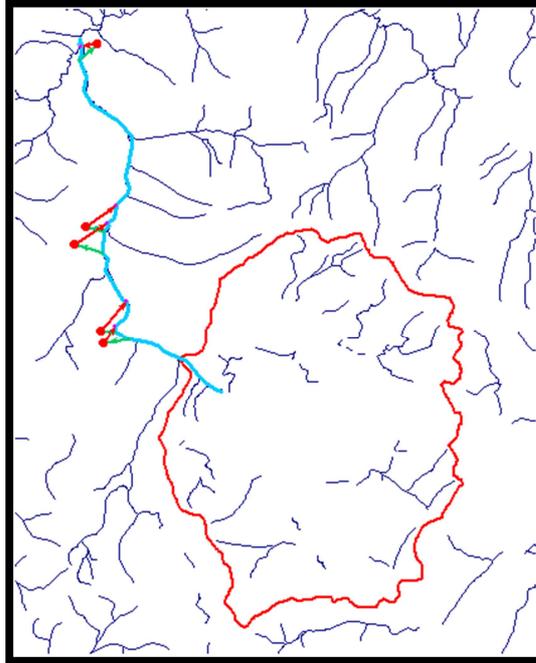
El modelo WEAP es una herramienta computacional que apoya la planificación integrada de Recursos hídricos que proporciona un marco comprensivo, flexible y de fácil uso para la planificación y análisis de políticas.

Delimitación de la Zona de estudio

Se la realizó Mediante el software WEAP⁴⁴, el cual permite modelar y definir una determinada zona de estudio, se procedió a cargar las coberturas que permitirán definir de una mejor manera los parámetros y variables que intervendrán en el modelamiento

⁴⁴ Water Evaluation And Planning System

de la demanda del Recurso Hídrico y estas coberturas son: RIOS_L y DELIMITACION_MICROCUEENCA_A.



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 3.47. Delimitación y sitios de demanda de Recurso Hídrico de la micro cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán (software WEAP)

Definición de los parámetros:

Para realizar el modelo se procedió a establecer el período del 2012 al 2016 en el cual se va a trabajar.

A continuación se identifica el río principal de la cuenca, y posteriormente mediante la herramienta River (*Ver Figura 3.46*) del software WEAP se procede a digitalizarlo, en el cual se ingresa los datos mensuales de caudal.



Figura. 3.48. Herramientas de modelamiento del software WEAP

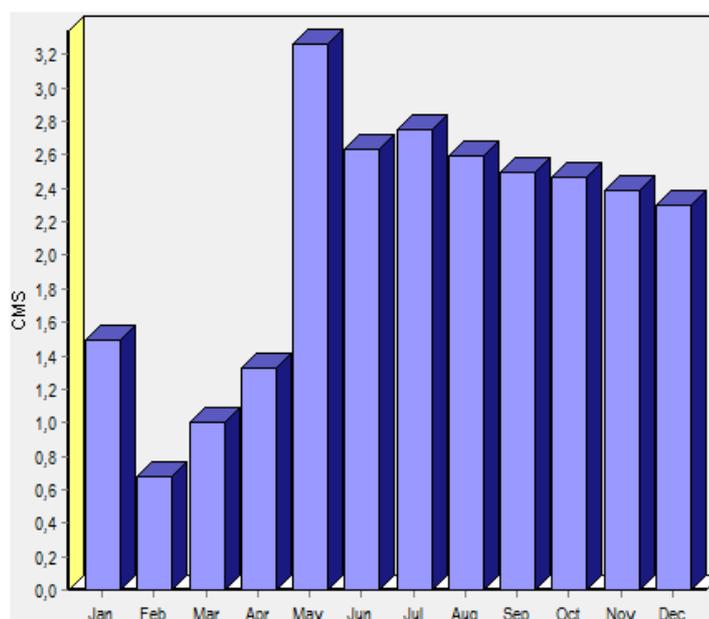


Figura. 3.49. Grafico de caudales por mes (software WEAP)

Sitios de demanda

Se definen como puntos de demanda a los agentes que hacen uso del Recurso Hídrico del río principal, en éste caso, las poblaciones y proyectos implementados en la zona. Los datos que se ingresan para cada uno de éstos puntos de demanda son: número de habitantes, consumo anual de agua y tasa de crecimiento poblacional.

Tabla. 3.38. Sitios de demanda

SITIO DE DEMANDA	HABITANTES	CONSUMO ANUAL	TASA DE CRECIMIENTO
Ozogoche alto:	256	7475,2	1,34
Ozogoche bajo:	350	10220	1,34
Puca Totoras:	1000	1492,99	1,34
Piscina de truchas 1	....	1492,99	.....
Piscina de truchas 2	....	29200	.....

Fuente: Encuesta realizada en campo

Las piscinas de truchas son proyectos que se pretende realizar para las poblaciones mejorando así su economía, la descripción detallada se encuentra en el capítulo 7 del presente proyecto de grado.

Con ayuda de estos datos se procede a correr el modelo sugerido, el cual muestra los siguientes resultados en m³/año:

	2012	2013	2014	2015	2016	Sum
OZOGOCHHE ALTO	7.475,20	7.575,37	7.676,88	7.779,75	7.884,00	38.391,19
OZOGOCHHE BAJO	10.220,00	10.356,95	10.495,73	10.636,37	10.778,90	52.487,95
Piscina trucha 2	1.492,99	1.492,99	1.492,99	1.492,99	1.492,99	7.464,96
Piscinas trucha	1.492,99	1.492,99	1.492,99	1.492,99	1.492,99	7.464,96
TOTORAS	29.200,00	29.591,28	29.987,80	30.389,64	30.796,86	149.965,58
Sum	49.881,18	50.509,58	51.146,40	51.791,75	52.445,74	255.774,65

Figura. 3. 50. Demanda anual del Recurso Hídrico m³/año (software WEAP)

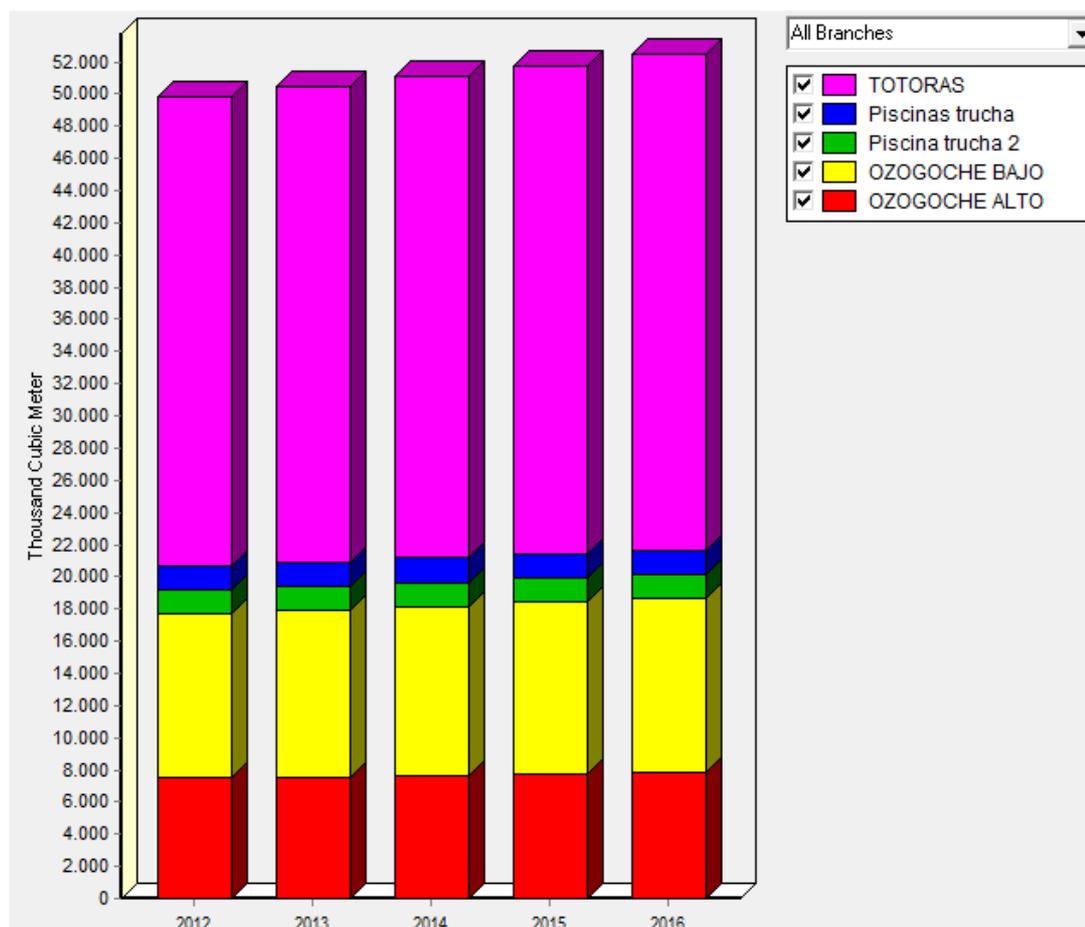


Figura. 3.51. Gráfico de la demanda del Recurso Hídrico (software WEAP)

Como resultado se obtiene la demanda anual durante un período de 5 años que necesitan las poblaciones de Ozogoché Alto, Ozogoché Bajo y Totoras para tener un consumo básico y un nivel de vida adecuado. Las figuras 3.50 y 3.51 expresan los valores necesarios de consumo de agua que requiere la población.

3.3.4 Matriz de comparación

Indica las ventajas, desventajas y resultados entre el modelo WEAP y los métodos, aforo, Isoyetas y polígonos de Thiessen.

Tabla. 3. 39. Matriz de comparación entre los modelos de cálculo de caudal

Método	Caudal (m ³ /s)	Volumen (m ³ /mes)	Ventajas	Desventajas	Observaciones
Aforo	2.13	5520960.00	Permite conocer exactamente el caudal existente en el período de tiempo que es medido	Ir a campo todo el tiempo para obtener resultados exactos	Es recomendable utilizar el caudal de 0.68 m ³ /s ya que es el mas crítico y con el que se debería trabajar para modelamientos en la cuenca.
Isoyetas	2.79	7234143.80	Es un método que no requiere ir a campo para obtener datos aproximados de cantidad de agua en la zona de	Si no se tienen estaciones meteorológicas en la zona de estudio, los datos no son confiables.	Este método no es recomendado para este estudio ya que, los datos de las estaciones meteorológicas

			estudio.		consultados, son de localidades alejadas a Ozogoché, tampoco se tiene datos de intensidad de la lluvia para calcular el respectivo caudal de la zona con.
Polígonos de Thiessen	3.51	86867841.50	Al igual que el método de Isoyetas ayuda a calcular el caudal sin necesidad de ir a campo para la toma de datos.	Necesariamente requiere estaciones meteorológicas dentro del área de estudio para tener datos confiables.	Este método no es recomendable para trabajar en esta área ya que la precipitación media mensual obtenida para el área es de 1689 mm/mes, saliendo del rango establecido en la línea base. Esto ocurre ya que el polígono es demasiado grande

					para el área de estudio.
Modelo WEAP	El caudal obtenido representa la demanda que requieren las poblaciones al año <i>(Ver Figura 3.47).</i>	415676.50	Utiliza varios parámetros para realizar el modelamiento de agua. Sirve para modelar proyectos de riego, calidad de agua, entradas y salidas de demanda de agua.	Si no existen datos completos del sector, el modelamiento puede ser simple o no se lo puede realizar.	Ozogoche carece de datos que ayuden al correcto modelamiento del software. El modelo ayudó a hacer una proyección de demanda de agua en los principales sectores que requieren del recurso.

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

La pérdida de caudal en el microcuenca Cubillín y Magtayán es mínima debido a que no existe intervención humana y los páramos se conservan en perfecto estado; esto está representado en el caudal del Río Ozogoche que es $2.13 \text{ m}^3/\text{s}$, sin embargo la población puede subsistir perfectamente con el mínimo caudal de $0.68 \text{ m}^3/\text{s}$ ya que no requieren excesivas cantidades de agua para realizar sus actividades, esto ocurre a pesar de que la pérdida sea de $1.45 \text{ m}^3/\text{s}$, de época seca a época lluviosa.

De los métodos realizados y descritos en la tabla 3.38, el método más idóneo es el de Aforo ya que los datos obtenidos han sido monitoreados y medidos en campo con el fin de mantener y cuidar el Recurso Hídrico.

CAPITULO 4

ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA

4.1. CALIDAD DEL AGUA

Tanto la calidad como la cantidad son aspectos del agua que aseguran determinado uso. La calidad es representada por características intrínsecas generalmente medibles de naturaleza física, química y biológica. Esas características son mantenidas dentro de ciertos límites que viabilizan el uso que se le da al recurso agua. Estos límites constituyen los criterios y recomendaciones o normas legales de la calidad del agua. Los límites no permanecen estáticos a lo largo del tiempo, por lo contrario es preciso actualizarlos de acuerdo a los objetivos, la tecnología y las condiciones económicas de la sociedad. Las exigencias de la salud pública son prioritarias y tienen menor flexibilidad en términos de afrontar los límites establecidos.

4.1.1 Normativa Ecuatoriana

El análisis de los datos de las lagunas Cubillín y Magtayán, se los comparó con la normativa ecuatoriana Tulas libro VI anexo 1 de calidad del agua, donde indica los criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas.

4.1.2 Metodología

Para obtener los datos de calidad de agua de las lagunas de Cubillín y Magtayán se procedió a muestrear a cada laguna en 9 puntos diferentes, el muestreo se lo realizó mediante bote, y a cada muestra se la georeferenció mediante la ayuda del GPS (navegador), con fecha 16 y 17 de abril de 2012.



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 4.1. Muestreo de Agua

Lugar: Laguna Magtayán

También se muestreo el inicio del río Ozogoche en la desembocadura de la laguna Cubillín para comparar con los datos obtenidos con las 2 lagunas. Los datos de muestreo del río Ozogoche fueron monitoreados durante un período de 10 meses, en época lluviosa como en época seca, iniciando el 12 de Diciembre de 2010 hasta el 04 de Octubre de 2011.



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 4.2. Muestreo río Ozogoche

Lugar: Río Ozogoche

Los parámetros analizados en las lagunas y en el río fueron los siguientes:

- pH
- Turbiedad
- Sólidos totales
- Sólidos suspendidos
- Sulfatos
- Nitratos
- Nitritos
- DBO5
- DQO
- Coliformes Totales
- Coliformes fecales
- Temperatura

Una vez obtenidas las muestras, fueron respectivamente analizadas por los técnicos de la UNACH en los laboratorios de Servicios Ambientales obteniendo los siguientes resultados:

Temperatura promedio de las lagunas y el río: 10°C

Tabla. 4.1. Coordenadas de puntos de muestreo laguna Cubillín

Punto	E(m)	N(m)
1C	768059	9749789
2C	768933	9749553
3C	769576	9748798
4C	769945	9748175
5C	770650	9747032
6C	770120	9747242
7C	769473	9747606
8C	769128	9748467
9C	768586	9749208

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Datum: WGS 84

Proyección: UTM

Tabla. 4.2. Coordenadas de puntos de muestreo laguna Magtayán

Punto	E (m)	N (m)
1M	768478	9751266
2M	768448	9751754
3M	768837	9751948
4M	769090	9752223

5M	769659	9752208
6M	769919	9751863
7M	770389	9751758
8M	769142	9751783
9M	768742	9751343

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Datum: WGS 84

Proyección: UTM

Tabla. 4.3. Coordenadas de puntos de muestreo río Ozogoche

Punto	E(m)	N(m)
R1	767484	9750497

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Datum: WGS 84

Proyección: UTM

Tabla. 4.4. Comparación entre Parámetros químicos de la laguna Cubillín con la norma TULAS libro VI anexo 1

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	1C	2C	3C	4C	5C	6C	7C	8C	9C	Tulas	Observaciones
pH	[H ⁺]	PE-LSA-01	6,99	7,01	7,12	7,20	7,24	7,28	7,38	7,40	7,42	5-9	Dentro de los límites
Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	2,01	3,01	2,71	2,83	2,31	10,08	1,15	3,07	5,43	100	Dentro de los límites
Sólidos Totales	mg/l	PE-LSA-04	10,00	5,00	4,00	8,00	11,00	12,00	23,00	17,00	21,00	1600	Dentro de los límites
Sólidos Suspendidos	mg/l	ESTANDAR METHODS 2540 D	7,00	2,00	2,00	4,00	6,00	11,00	18,00	13,00	12,00	100	Dentro de los límites
Sulfatos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 SO4-E	1,00	12,00	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00	1,00	1,00	1000	Dentro de los límites
Nitratos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 NO ₃ -E mod.	0,40	1,00	0,3	0,09	0,05	0,4	0,5	0,4	0,60	10	Dentro de los límites
Nitritos	mg/l	STANDARD METHODS 4500-NO ₂ - B	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	60	Dentro de los límites
DBO ₅	mg/l	STANDARD METHODS 5210 B.	4,00	3,00	2,00	3,00	8,00	7,00	6,00	4,00	8,00	100	Dentro de los límites
DQO	mg/l	PE-LSA-03	≤10	≤10	≤10	≤10	≤10	≤10	≤10	≤10	≤10	250	Dentro de los límites
Coliformes Totales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	7	12	25	35	< 2	15	1 2	32	5	3000	Dentro de los límites
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	< 2	8	15	20	< 2	8	4	23	< 2	200	Dentro de los límites

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Tabla. 4.5. Comparación entre Parámetros químicos de la laguna Cubillín con la norma TULAS libro VI anexo 1

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	1M	2M	3M	4M	5M	6M	7M	8M	9M	Tulas	Observaciones
pH	[H ⁺]	PE-LSA-01	7.01	7.26	7.3	7.2	7,24	7.43	7.23	7.29	7,42	5-9	Dentro de los límites
Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	3.02	3.33	2.3	2.38	2.13	10.1	11.5	3.7	3.45	100	Dentro de los límites
Sólidos Totales	mg/l	PE-LSA-04	12	7	6	10	13	14	25	19	23	1600	Dentro de los límites
Sólidos Suspendidos	mg/l	ESTANDAR METHODS 2540 D	7	4	3	5	7	7	13	10	17	100	Dentro de los límites
Sulfatos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 SO4-E	1,00	12,00	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00	1,00	1,00	1000	Dentro de los límites
Nitratos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 NO ₃ - E mod.	0.3	0.9	0.2	0.6	0.4	0.4	0.7	0.3	0.8	10	Dentro de los límites
Nitritos	mg/l	STANDARD METHODS 4500- NO ₂ - B	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	60	Dentro de los límites
DBO ₅	mg/l	STANDARD METHODS 5210 B.	5	4	3	4	9	8	5	4	9	100	Dentro de los límites
DQO	mg/l	PE-LSA-03	≤10	≤10	≤10	≤10	≤10	≤10	≤10	≤10	≤10	250	Dentro de los límites
Coliformes Totales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	<2	10	23	33	12	13	10	31	3	3000	Dentro de los límites
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	8	10	<2	20	17	13	7	20	15	200	Dentro de los límites

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Tabla. 4.6. Comparación entre Parámetros físico químicos del río Ozogoché con la norma TULAS libro VI anexo 1

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	R1	Tulas	Observaciones
pH	[H ⁺]	PE-LSA-01	7.46	5-9	Dentro de los límites
Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	0.45	100	Dentro de los límites
Sólidos Totales	mg/l	PE-LSA-04	97.62	1600	Dentro de los límites
Sólidos Suspendidos	mg/l	ESTANDAR METHODS 2540 D	2.14	100	Dentro de los límites
Sulfatos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 SO4-E	5.78	1000	Dentro de los límites
Nitratos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 NO ₃ -E mod.	0.06	10	Dentro de los límites
Nitritos	mg/l	STANDARD METHODS 4500-NO ₂ - B	0.01	60	Dentro de los límites
DBO ₅	mg/l	STANDARD METHODS 5210 B.	0.77	100	Dentro de los límites
DQO	mg/l	PE-LSA-03	6.71	250	Dentro de los límites
Coliformes Totales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	7.67	3000	Dentro de los límites
Temperatura	°C		12	<35°	Dentro de los límites

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

4.1.3 Índice de calidad del Agua (ICA)⁴⁵

El Índice de Calidad del Agua (ICA) indica el grado de contaminación del agua a la fecha del muestreo y está expresado como porcentaje del agua pura; así, agua altamente contaminada tendrá un ICA cercano o igual a cero por ciento, en tanto que en el agua en excelentes condiciones el valor del índice será cercano a 100%.

Se expresa mediante la ecuación:

$$ICA = \frac{k \sum (C_i x P_i)}{\sum P_i} \quad Ec. 4.1$$

Donde:

C_i: Calidad del parámetro en función de su concentración. Los niveles de Calidad de Agua tuvieron un rango de 0 a 100 que fueron localizadas en las ordenadas y los diferentes niveles de las variables en las abscisas.

Estas curvas son conocidas como “Relaciones Funcionales” o “Curvas de Función”⁴⁶

P_i: Pesos específicos asignados a los parámetros, cuya sumatoria es 1.

K: Constante que toma los siguientes valores:

- 1,00 para aguas claras sin aparentes contaminación
- 0,75 para aguas con ligero color, espumas, ligera turbidez aparente no natural
- 0,50 para aguas con apariencia de estar contaminada y fuerte olor
- 0,25 para aguas negras que presentan fermentaciones y olores.

Para el análisis de ICA se seleccionaron los parámetros más significativos de contaminación obtenidos del muestreo en campo para el Río Ozogoché, y mediante la tabla 4.7 se evaluó la calidad de agua expresada en un rango de 0 a 100, la cual se divide en uso de pesca y vida acuática y la otra para uso en riego agrícola. Mediante

⁴⁵ http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas_2000/compendio_2000/03dim_ambiental/03_02_Agua/data_agua/RecuadroIII.2.2.2.htm

⁴⁶ OTT, 1978; BROWN et al., 1970

esta tabla se procedió a ponderar los parámetros más importantes de acuerdo con los diferentes usos del agua (Ver Tabla 4.8).

Tabla. 4.7. Índices de calidad del agua

RANGO ICA	CRITERIOS GENERALES			
	ESTADO	USO: PESCA Y VIDA ACUÁTICA	ESTADO	USO: RIEGO AGRÍCOLA
100	Excelente	Pesca y Vida Acuática Abundante	Excelente	No requiere tratamiento para riego
90			Aceptable	Tratamiento menor para cultivos que requieren de alta calidad
80				
70	Aceptable	Límite para peces muy sensitivos	Levemente contaminada	Utilizable en la mayoría de los cultivos
60	Levemente contaminada	Dudosa la pesca sin riesgo para la salud		
50	Contaminada	Limitada a especies muy resistentes	Contaminada	Tratamiento requerido para la mayoría de cultivos
40	Fuertemente contaminada	Inaceptable para Actividad Pesquera		
30	Excesivamente Contaminada	Inaceptable para Vida Acuática	Fuertemente contaminada	Solo para cultivos muy resistentes
20			Excesivamente Contaminada	Inaceptable para riego

Fuente: LEÓN, Luis, “Índices de Calidad del Agua (ICA), Forma de Estimarlos y Aplicación en la Cuenca Lerma-Chapala” Instituto mexicano de Tecnología del Agua.

Tabla. 4.8. Ponderación respectiva para calcular el ICA

Rio Ozogoche	Pesos (Pi)	Calidad del agua (Ci)
pH	0.15	87
Turbiedad	0.1	90

Sólidos Totales	0.05	79
Sulfatos	0.05	99
Nitratos	0.05	99
DBO ₅	0.15	99
DQO	0.15	98
Coliformes Totales	0.2	100
T	0.1	100

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Una vez obtenidas las ponderaciones se procede a calcular el ICA mediante la ecuación 4.1 con $k=1$ ya que son agua claras y sin contaminación, obteniendo el siguiente resultado.

Tabla. 4.9. Resumen calidad del agua del río Ozogоче

Cuerpo de agua	ICA	Pesca y Vida acuática	Riego Agrícola	Parámetro TULAS
Río Ozogоче	95.45	Excelente	Excelente	Dentro de los límites

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

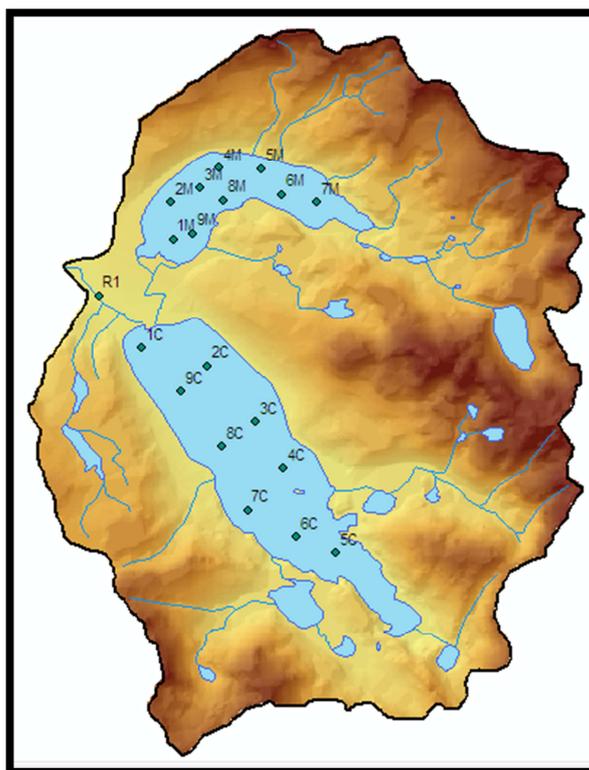
4.1.4 Resultados y Discusión

Los datos obtenidos en el análisis físico químico proporcionados por la UNACH, indican una baja contaminación en las lagunas y el río Ozogоче (Ver Tablas 4.4, 4.5, 4.6) principalmente porque en el entorno no hay factores antropogénicos que alteren el ecosistema y la calidad del agua.

Todos los valores están dentro de los límites máximos permisibles de la legislación ecuatoriana, indicando que es apta para consumo de las poblaciones aledañas de la zona, también para el desarrollo y conservación de especies de flora y fauna ya que el agua es limpia está bien oxigenada.

El ICA indica que el agua del río y las lagunas tienen abundante pesca y vida acuática en su entorno y que no requiere tratamiento previo para el riego (Ver Tabla 4.9), esto es producto de la situación actual en el que se encuentran las lagunas, es decir, en el parque nacional Sangay como área protegida, ofreciendo así una excelente calidad del agua que se la puede aprovechar al máximo como recurso.

Los puntos de muestreo fueron útiles para comparar contaminación entre las lagunas y el río (Ver Figura 4.3.), sin embargo los datos no difieren mucho por el hecho de ser aguas en estado natural y sin rastro de contaminación.



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 4.3. Puntos de muestreo Microcuenca de Cubillín y Magtayán

CAPITULO 5

ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA - ECONÓMICA

5.1. ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA (ZEE)

La Zonificación Ecológica Económica (ZEE) comprende el análisis de la micro cuenca de manera integral, este es un paso concluyente en el diagnóstico del levantamiento de la línea base ambiental.

En la zonificación se analizan los aspectos bióticos, abióticos, socio-económicos y culturales para de ésta manera identificar las potencialidades y restricciones, de las unidades ecológicas económicas (UEE) que se pueden obtener.

La realización de una zonificación permite obtener un diagnóstico conservacionista con la finalidad de preservar, proteger y conservar los valores ecológicos, paisajísticos, productivos y científico-culturales sino estuvieren alterados, o en caso contrario mejorar, recuperar, rehabilitar o restaurar los elementos y procesos del ambiente natural y poner en valor los recursos insuficientemente aprovechados.

5.1.1 Modelamiento Cartográfico

Realizar un manejo de base de espaciales con el objetivo de llegar a un producto cartográfico requiere de una serie de pasos que permitirán lograrlo como son: El establecimiento de objetivos y criterios del análisis, preparar los datos para las operaciones espaciales, ejecutar dichas operaciones (Álgebra de mapas), análisis

tabular, interpretar resultados, refinamiento del análisis, producción de mapas y reporte tabular de resultados.

5.1.2 Modelamiento

Es la manipulación interactiva de los mapas, a través de los diferentes sub modelos preparados y organizados de acuerdo a la finalidad y objetivo planteados. A partir de los sub modelos se elaboran tablas o matrices en las cuales se muestra el modo en que interactúan las variables y los atributos. Luego, se asigna las correspondientes calificaciones a cada atributo de cada sub modelo y mediante un SIG en este caso (ArcGIS 9.3), se obtienen como resultado los productos cartográficos.

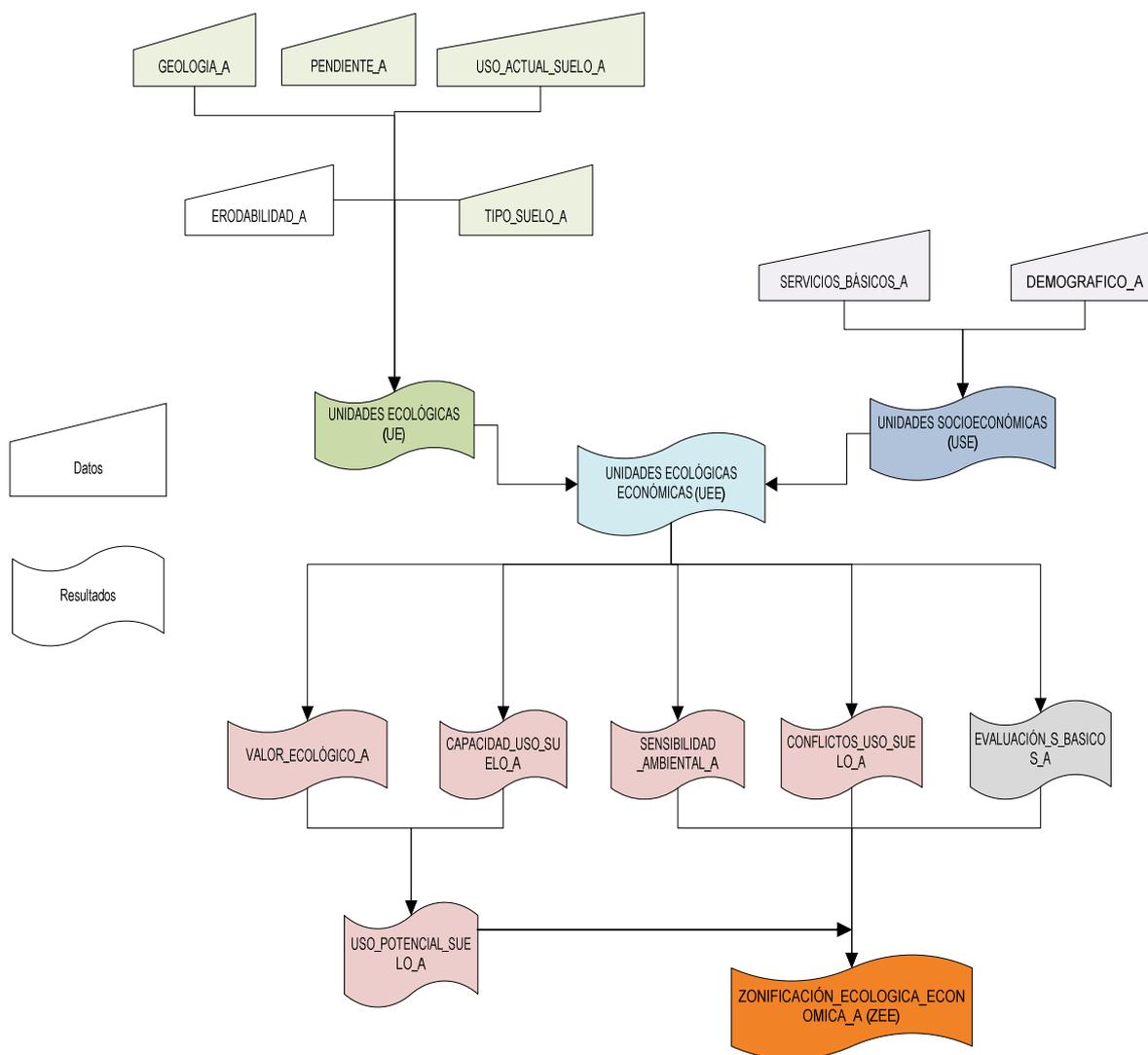
Unidades Ecológicas Económicas: Para realizar la valoración del territorio se debe procederá la generación de los diferentes submodelos que permitan evaluar el territorio de acuerdo a diversos criterios.

Unidades Ecológicas (UE): Se las obtiene mediante la relación de mapas temáticos como: geológico, erodabilidad, pendientes, tipo y uso actual del suelo y cobertura vegetal.

Unidades Socioeconómicas (USE): Se establece dichas unidades mediante el análisis de las características del territorio, en las que intervienen variables que corresponden a aspectos demográficos, socioculturales, económicos, y ocupación del territorio tomando en consideración el objetivo que se está persiguiendo y los resultados que se quieren obtener.

Unidades Ecológicas Económicas (UEE): Las unidades ecológicas (UE) dan como resultado zonas en las cuales la parte física y biológica interactúan de manera homogénea, por lo que al superponerlas con las (USE) se obtiene (UEE) logrando la caracterización de la zona mediante dichas unidades, encontrando así las

potencialidades y limitaciones de la zona de estudio, mediante la evaluación de criterios como: Calidad del sistema natural y Calidad del sistema Socioeconómico. La ZEE dependerá del grado de heterogeneidad del territorio.



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

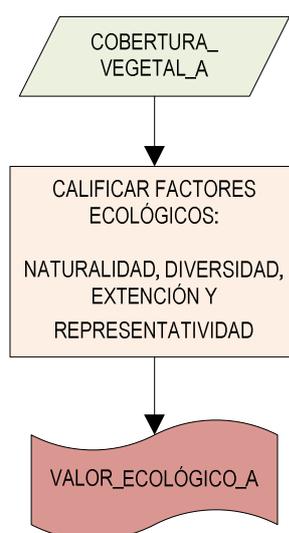
Figura. 5.1. Metodología de la ZEE

5.1.3 Valoración del Territorio para el Potencial del Sistema Natural

a) Valor Ecológico

El valor ecológico se obtiene por la sumatoria de la importancia de las características sobresalientes de un área de estudio, se valora cada uno de los elementos representativos del medio natural, lo cual ayuda con la estabilidad de los procesos ambientales, para lo cual se tomó criterios únicamente de su adecuación a la realidad ecológica y social.

El objetivo de obtener un valor ecológico es determinar las áreas en las cuales se puede realizar una estrategia de conservación.



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 5.2. Modelo cartográfico para la determinación del Valor Ecológico de la micro cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán

Para determinar el valor ecológico se utiliza una valoración de los factores ecológicos, método planteado por las naciones unidas en el año 2000, donde se valora a las zonas de vida encontradas, con ayuda del inventario de flora y fauna proporcionados por la

UNACH y el mapa de cobertura vegetal elaborado anteriormente. Los factores evaluados son los siguientes:

- **Naturalidad.**- La naturalidad se mide por el nivel de conservación del lugar. Los espacios poco o nada alterados son la mejor referencia.
- **Fragilidad.**- El factor de fragilidad se define como la susceptibilidad a la perturbación, esencialmente de origen antrópico. No está basado exclusivamente en principios ecológicos, comprende además el impacto antrópico ya sea actual o potencial.
- **Diversidad (Variedad o riqueza).**- La diversidad es una medida de la heterogeneidad de los sistemas tanto bióticos como abióticos. En el caso del área de estudio el interés se centra en las especies de plantas y de animales que naturalmente forman parte de procesos ecológicos.
- **Extensión.**- La extensión de un espacio natural se define por su área. Se debe considerar además los fragmentos de hábitat, su disposición en el espacio, es decir, las distancias y las características de los espacios que los separan.
- **Representatividad.**- La representatividad se refiere a la necesidad de ciertas áreas de representar, o ser una muestra de, la variedad completa de la diversidad biológica. Esto significa que necesitan contener muestras adecuadas de la amplia gama de ecosistemas existentes. Sin embargo, algunas carecen de componentes clave, o simplemente no tienen el tamaño adecuado o están en el lugar equivocado.

Al analizar la zona de estudio, se puede determinar que toda la micro cuenca, está ubicada en el Parque Nacional Sangay, por lo que el valor ecológico ya está establecido y es de **PROTECCIÓN**.

El valor ecológico de las diferentes tipos de cobertura vegetal existentes en la zona, se evalúa mediante la designación de un puntaje a cada uno de ellos, en el cual se distingue la importancia del medio natural, por lo que se utilizó la siguiente metodología:

Tabla. 5.1. Rangos de Valoración mediante factores ecológicos

RANGOS	IMPORTANCIA
1 - 4	Bajo
5 - 7	Medio
8 - 10	Alto

Fuente: Planeación de las Naciones Unidas, 2002

Tabla. 5.2. Valoración ecológica de la micro cuenca de las Lagunas de Cubillín y Magtayán

Cobertura vegetal	Naturalidad (0 - 4)	Fragilidad (0 - 1)	Diversidad (0 - 2)	Extensión (0 - 1)	Representatividad (0 - 2)	Total	Valoración
Páramo de almohadilla	4	1	1	1	2	9	Alto: Protección (A)
Páramo herbáceo	3	1	1	1	2	8	Alto Protección (B)
Suelo semi desnudo	3	1	1	1	2	8	Alto Protección (C)

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Al realizar la valoración económica de las clases de cobertura vegetal, se determinó que las tres tiene una valoración alta que corresponde a un área de PROTECCIÓN, sin embargo se clasificó a cada una de ellas según la importancia y la aportación que tienen dentro de la cuenca de la siguiente manera:

- Se designó al páramo de almohadilla como zona de Protección (A) debido a que es una fuente importante para el almacenamiento del Recurso Hídrico además de ser muy frágil a la intervención de factores antropogénicos.
- Al páramo herbáceo se lo clasificó como zona de Protección (B), ya que es un área de constante aumento, debido a la pérdida natural del páramo de almohadilla.
- El Suelo semi desnudo se lo designó como zona de Protección (C), debido a que es un área crítica que se encuentra incrementando en la zona de estudio debido a procesos naturales de cambio climático y desertización.

b) Capacidad de uso del suelo

La capacidad de uso del suelo, define la aptitud y actividad que se debe realizar en el territorio, considera variables abióticas como: la pendiente del terreno, que es un factor determinante en el análisis, el tipo y el uso actual del suelo, que definirá las áreas adecuadas para la realización de distintas actividades dentro de la zona, además se acostumbra a utilizar la variable climática para definir zonas con distintas regiones climáticas.

Para éste caso, no se realizará el mapa de capacidad de uso de suelo, ya que la zona de estudio se encuentra en una área de conservación, además de no encontrarse dentro ésta zonas agrícolas, ganaderas, producción forestal y otros factores que determinen la áreas representativas en el estudio.

c) Uso potencial del suelo

Es el estudio que permite localizar áreas aptas para una actividad específica, en el cual se utilizan los estudios del valor ecológico y el de capacidad de uso del suelo de la zona, mediante la ponderación de los parámetros más representativos y determinantes de los dos estudios.

Para éste caso, debido a que no fue necesario realizar el estudio de capacidad de uso de suelo, el USO POTENCIAL DEL SUELO se define únicamente como área de

PROTECCIÓN, que es el valor ecológico de la micro cuenca, con la clasificación ya propuesta.

Tabla. 5.3. Uso potencial del suelo de la micro cuenca las lagunas de Cubillín y Magtayán

CUADRO DE ÁREAS		
USO POTENCIAL DEL SUELO	AREA(has)	SÍMBOLO
Protección (A)	792,56	P(A)
Protección (B)	2989,55	P(B)
Protección (C)	508,17	P(C)

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

d) Sensibilidad Ambiental

Se basa en el estudio de vulnerabilidad, en donde su objetivo primordial es determinar las áreas en las cuales existe un alto grado de amenazas a deslizamientos y procesos erosivos que pueden afectar a al territorio y a sus poblaciones.

Una de las amenazas analizadas es la susceptibilidad a deslizamientos para la cual se considera factores como la pendiente, tipo de toca, cobertura vegetal y el factor detonante que es la precipitación, ayudado por procesos erosivos naturales.

Además se consideró la susceptibilidad a la erosión que en ésta zona es un proceso natural, y no presenta mayor afectación debido a que no es un área con intervención antropogénica.

Para elaborar el mapa de sensibilidad ambiental, se considera los análisis anteriormente realizados, en el diagnóstico de la micro cuenca, del cual se toma los mapas temáticos como: mapa geológico, mapa de pendientes, mapa de cobertura vegetal, mapa de uso

del suelo, mapa de susceptibilidad a deslizamientos y susceptibilidad a la erosión. Por lo que se utiliza el método Delphi, que consiste en la ponderación de cada una de las variables utilizadas de manera independiente, estableciendo de ésta manera las limitaciones de las variables. La ponderación se la realizó de la siguiente manera:

Tabla. 5.4. Ponderación de mapas para obtención de Mapa de Sensibilidad Ambiental

COMPONENTE	VARIABLE	PARÁMETRO	CLASE	ORDEN	POND.
ABIÓTICO O FÍSICO	Geología	Litología	CUARCITA, ESQUISTO	3	0,19
			TONALITA	2	0,25
			AGLOMERADO, PIROCLÁSTICO, ANDESITA	2	0,25
			TILITAS, DEPÓSITO ALUVIAL	1	0,31
	Vulnerabilidad	Susceptibilidad a deslizamientos	BAJA	2	0,4
			MEDIA	1	0,6
		Susceptibilidad a erosión	ALTA	1	0,5
			MEDIA-ALTA	2	0,35
			BAJA	3	0,15
	Suelos	Uso actual	PÁRAMO DE ALMOHADILLA	3	0,15
			PÁRAMO HERBÁCEO	2	0,30
			ESPACIO NATURAL SIN VEGETACIÓN	1	0,55
	Geomorfología	Porcentaje de pendiente (%)	0 – 2		0,05
			2 – 5		0,09

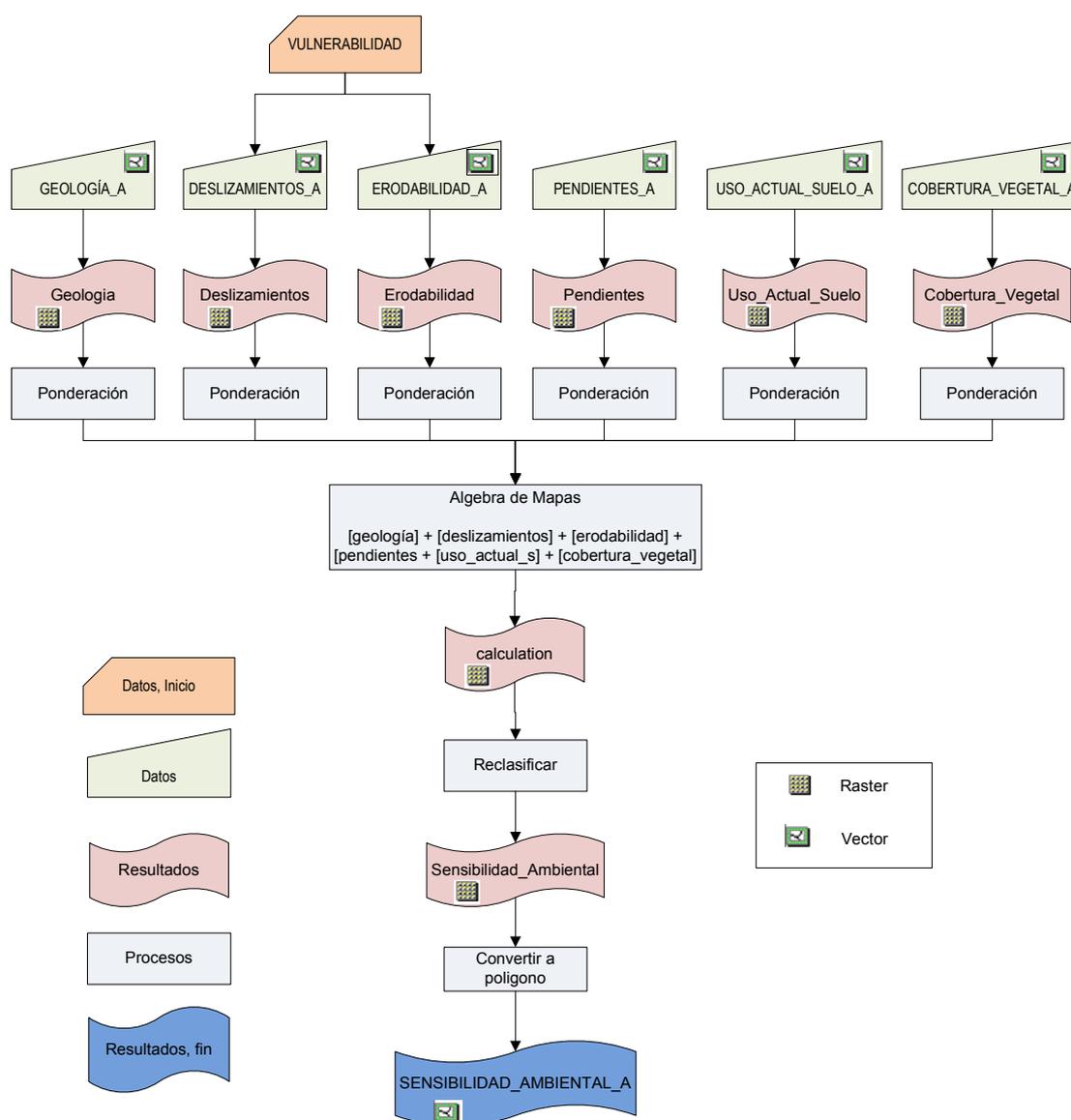
			5 – 15		0,12
			15 – 25		0,16
			25 – 35		0,23
			>35		0,35
BIÓTICO	Cobertura vegetal	Descripción	PÁRAMO DE ALMOHADILLA	3	0,15
			PÁRAMO HERBÁCEO	2	0,30
			SUELO SEMI DESNUDO	1	0,55

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

- **Mapa Geológico:** A partir del análisis de la micro cuenca se definen cinco unidades geológicas como son: el Depósito Aluvial, Depósito Glacial, Formación Tarqui, Serie paute y la Tonalita, las cuales fueron ponderadas tomando en cuenta el tipo de roca y su influencia sobre los procesos geodinámicos, que principalmente es una susceptibilidad a deslizamientos en bajas proporciones, como se muestra en la Tabla 5.4.
- **Vulnerabilidad:** Se tomó en cuenta los mapas de susceptibilidad a deslizamientos y la susceptibilidad a erosión tomando en cuenta el estudio anteriormente realizado, en los cuales se ponderó con valores más altos a la susceptibilidad alta y valores bajos a la más baja.
- **Mapa de Uso Actual del Suelo:** Se realizó una ponderación tomando en consideración la sensibilidad y cuan propenso son cada uno de éstos tipos de cobertura a los distintas amenazas que pueden generarse, de ésta manera se valoró con la mayor cantidad al espacio natural sin vegetación y con menor valor al Páramo de Almohadilla.
- **Mapa Pendientes:** Las pendientes mayores (>35% de inclinación) se designa un valor alto en el peso de la tabla de ponderación, donde se localizan comúnmente

deslizamientos, los siguientes parámetros fueron normalizados disminuyendo los valores de pesos, de acuerdo al porcentaje de inclinación de las pendientes.

- Mapa de Formaciones Vegetales: (valor ecológico): Se establece valores mayores al suelo semi desnudo y al páramo herbáceo debido a su poca capacidad para almacenar agua, mientras que el valor más bajo se lo designó al páramo de almohadilla.



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 5.3. Modelo cartográfico de Sensibilidad Ambiental de la micro cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán

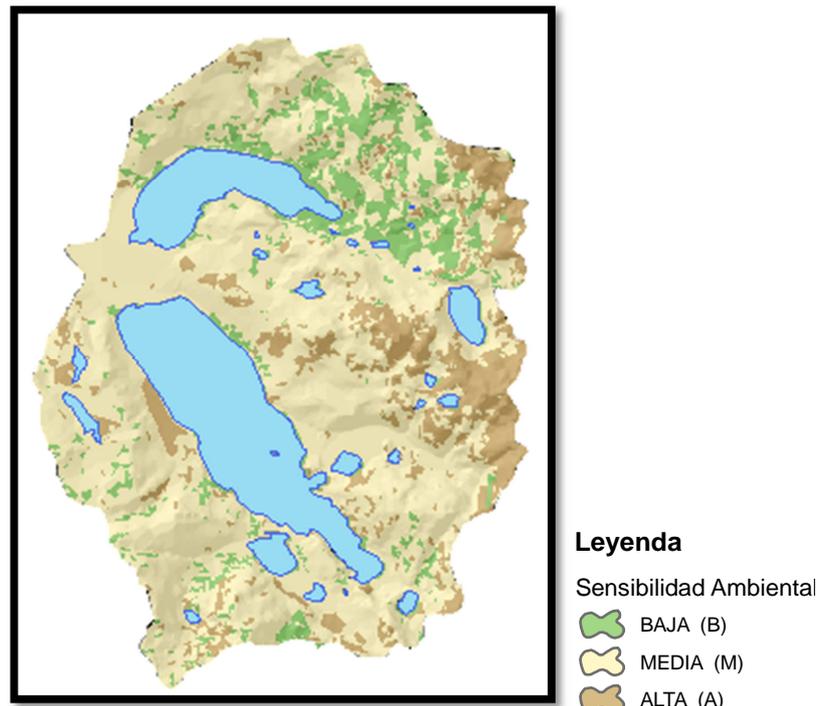
A través del método de Álgebra de mapas (suma de mapas), se obtuvo el raster de las áreas con diferentes tipos de sensibilidad, el cual es posteriormente reclasificado, a fin de conseguir tres nuevas clases que definan el mapa de Sensibilidad Ambiental como se muestra en la Tabla 5.5.

Tabla. 5.5. Tipos de Sensibilidad Ambiental en la micro cuenca de las Lagunas de Cubillín y Magtayán

SENSIBILIDAD	RANGO	DESCRIPCIÓN
Baja	0,85 – 1,52	Baja susceptibilidad a amenazas, debido a se encuentra en zonas de pendientes planas, se elimina la vulnerabilidad a deslizamientos.
Media	1,52 – 2,19	Zonas de pendientes moderadas, una susceptibilidad a movimientos en masa media, además de encontrarse en un área de páramo herbáceo y otras de suelos semi desnudos.
Alta	2,19 – 2,86	Presencia de pendientes fuertes, donde ocurren procesos erosivos naturales con mayor intensidad y existen zonas de suelos semi desnudos, en zonas inestables por la susceptibilidad a deslizamientos.

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

A través del mapa de Sensibilidad Ambiental se determina que la zona de estudio tiene una sensibilidad en su mayoría baja, debido a la carencia de amenazas de gran magnitud.



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 5.4. Esquema de Sensibilidad Ambiental de la micro cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán

5.1.4 Valoración para el potencial del Sistema Socioeconómico

Se refiere al conflicto de uso de suelo que se tiene en una zona determinada, por lo que al no tener zonas agrícolas ni urbanas, el conflicto de uso de suelo es nulo. Además se refiere a la implementación y existencia de servicios básicos como: teléfono, alcantarillado, agua potable y energía eléctrica, que influye en un territorio y en su población.

Por la carencia de dichos parámetros se considera sin importancia ésta variable para el análisis final de la Zonificación Ecológica Económica de la micro cuenca de las Lagunas de Cubillín Y Magtayán.

5.1.5 Zonificación Ecológica Económica (ZEE)

La Zonificación Ecológica Económica se basa en el desarrollo de proyectos y propuestas para un plan de manejo del territorio, por lo que utiliza como herramienta fundamental las áreas donde existen conflictos de uso no adecuado como son: tierras subutilizadas y sobre utilizadas. Sin embargo en la zona de estudio la ZEE se basará en implementar proyectos de conservación del Recurso Hídrico, y de la biodiversidad debido a que se encuentra en un área protegida como es el Parque Nacional Sangay.

Para la micro cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán, se determina que la ZEE tiene como resultado tres clases temáticas que son el producto de la sensibilidad ambiental anteriormente analizada como es: Sensibilidad Baja, Media y Alta, que servirán para la realización de los proyectos de investigación científica y de protección del Recurso Hídrico con el fin de aportar con propuestas de desarrollo a las poblaciones directamente influenciadas.

Tabla. 5.6. Áreas y clases temáticas de la ZEE de las lagunas de Cubillín y Magtayán

CLASES	SÍMBOLO	ÁREA (HAS)	% ÁREA
Zona de Protección A	P(A)	512,84	12,05
Zona de Protección B	P(B)	3107,12	73,02
Zona de Protección C	P(C)	637,98	14,92

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

CAPITULO 6

DISEÑO Y ESTRUCTURACIÓN DE UN SIG PARA LA MICROCUENCA DE LAS LAGUNAS DE CUBILLÍN Y MAGTAYÁN

Una geodatabase es un repositorio de datos espaciales y alfanuméricos, que mantiene todas las características de una base de datos alfanumérica convencional, que es no redundante y versátil, además que puede manejar todas las características espaciales entre los elementos almacenados en este caso *Topología*.

Para el presente estudio, el SIG elaborado, aportará con un fácil manejo de todos los datos espaciales y alfanuméricos, que ayudará de manera sustancial al desarrollo de los estudios prospectivos de la micro cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán, así como también la elaboración de proyectos y propuestas para el manejo de los recursos que en él se encuentran.

6.1. CATÁLOGO DE OBJETOS

La generación de información geográfica digital (geoinformación) en el mundo, ha venido incrementándose día a día, lo que ha obligado a investigar estándares que permitan el intercambio o transferencia de información.⁴⁷

Un catálogo de objetos, permite la gestión y optimización en el manejo de la información espacial que se encuentra en una geodatabase, por medio de la catalogación y codificación de cada uno de sus elementos.

⁴⁷ Catálogo de Objetos de Cartografía base IGM

Por lo cual se presenta la necesidad de elaborar un catálogo de objetos geográficos de la micro cuenca, tomando en consideración los estándares de ya establecidos: catálogo de objetos IGM y CLIRSEN.

Mediante la implementación de éste catalogo de objetos, se podrá establecer una estandarización permitiendo a los usuarios manejar el mismo lenguaje, además de comprender el alcance que conlleva su manejo adecuado.

6.1.1 Componentes del catálogo de objetos

El catálogo de objetos estará formado de los siguientes componentes:

a) Categoría

Es la clasificación general de los elementos que van a ser modelados en cada MAPA TEMATICO. Los mapas temáticos están dentro de dos categorías definidas por su tipo:

A = Coberturas tipo Vector

B = Coberturas tipo Raster

b) Subcategoría

Son los subconjuntos de la categoría que tienen características similares y se pueden agrupar, además contiene a los elementos geográficos, que son regidos por sus características iniciales.

- **Feature Dataset:** es el nombre de la carpeta que contiene la sub categoría.

Para la presente geodatabase, se nombra a las sub categorías de la siguiente manera: al inicio la letra de la categoría a la cual pertenece (A ó B), acompañado por el número de mapa, sub guión y el nombre del mapa en mayúsculas. (*Ver Tabla.6.1.*)

c) Elemento

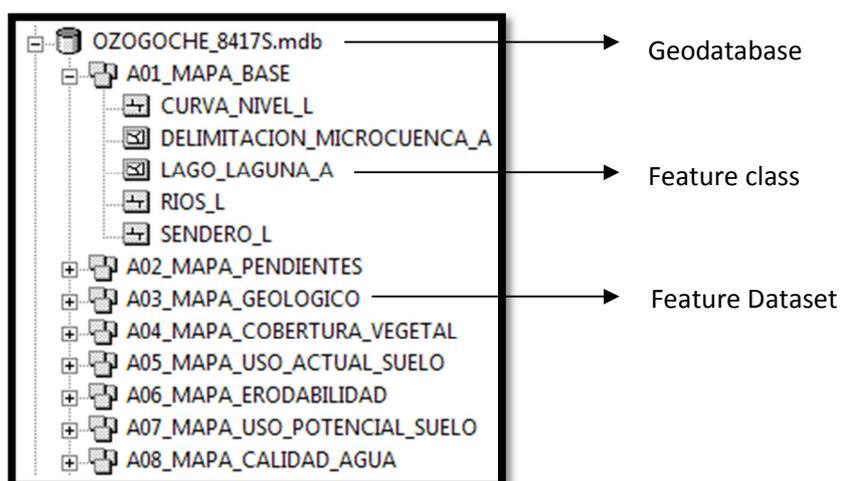
Unidad fundamental de la información geográfica, es la representación espacial de los objetos, en la cual se tiene en cuenta la escala en la que se requiere la información y el sistema de referencia de éste.

Feature Class: Es la nomenclatura para cada objeto y se lo representa por el nombre del objeto seguido por las siguientes letras dependiendo del tipo para las coberturas tipo vector:

- La letra: **_P** para coberturas tipo punto
- La letra: **_L** para coberturas tipo línea y
- La letra: **_A** para coberturas tipo polígono

Para las coberturas tipo raster no es necesaria la explicación si es punto, línea o polígono.

En el Arcgis9.3 a cada una de éstas categorías se las representa de la siguiente manera:
(Ver Figura 6.1)



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 6.1. Geodatabase, Feature dataset y Feature class

			SENDERO_L
			LAGO_LAGUNA_A
			DEMILIMITACION_MICRO CUENCA_A
A02	A	MAPA_PENDIENTES	PENDIENTES_A
A03	A	MAPA_GEOLÓGICO	GEOLOGIA_A
A04	A	MAPA_COBERTURA_VEGETAL	COBERTURA_VEGETAL_A
			MULTITEMPORAL_1987_A
			MULTITEMPORAL_2001_A
			MULTITEMPORAL_2011_A
A05	A	MAPA_USO_ACTUAL_SUELO	USO_ACTUAL_SUELO_A
A06	A	MAPA_ERODABILIDAD	ERODABILIDAD_A
A07	A	MAPA_USO_POTENCIAL_SUELO	USO_POTENCIAL_SUELO_ A
A08	A	MAPA_CALIDAD_AGUA	PUNTOS_ANALISIS_QUIMI CO_P
A09	A	MAPA_SUSCEPTIBILIDAD_MOVIMIEN TOS_EN_MASA	DESLIZAMIENTOS_A
A10	A	MAPA_VALOR_ECOLOGICO	VALOR_ECOLOGICO_A
A11	A	MAPA_ZONIFICACION_ECOLOGICA_E CONOMICA	ZONIFICACION_ECOLOGI CA_ECONOMICA_A
B01	B	MAPA_PENDIENTES	raster_pend
B02	B	MAPA_ISOYETAS	Isoyetas_ma

B03	B	MAPA_DESLIZAMIENTOS	riesgos
B04	B	MAPA_SENSIBILIDAD_AMBIENTAL	sensib_a

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

6.2. BASE DE DATOS ESPACIAL E IMPLEMENTACIÓN DE GEODATABASE

La Geodatabase, es un modelo que permite el almacenamiento físico de la información geográfica como datos vectoriales, raster, CAD, topología y tablas.⁴⁸

Es un repositorio de datos espaciales y alfanuméricos, por lo que requiere tener una estructuración y un método definido para su elaboración, de tal manera de hacerlo útil, y versátil al momento de su utilización.

Para la elaboración de la cartografía de la micro cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán a escala 1:50000, se tomó como base la información proporcionada por la UNACH⁴⁹, de la carta topográfica de “*Totoras*”, además de información levantada en campo y datos socio económicos del INEC.⁵⁰ Los mapas realizados se resumen en la (*Tabla. 6.1*).

Para la estandarización de los datos espaciales, se requiere de un sistema de referencia, para éste caso se utilizó el WGS 84.

Tabla. 6. 2. Parámetros de Georeferenciación

Proyección	Transversal de Mercator
Datum Horizontal	WGS 84
Sistema de Coordenadas	WGS 84 – UTM

⁴⁸ BASTIDAS KRISLEN, TERAN CYNTHIA , 2011

⁴⁹ Universidad Nacional de Chimborazo

⁵⁰ Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

Zona UTM	17 S
Unidades	Metros

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

6.2.1 Topología

Para la validación de la información base obtenida de la carta topográfica “*Totoras*”, se realizó la respectiva revisión topológica que permitirá identificar, fallas y anomalías en las coberturas, que evitarán posteriores complicaciones en la realización de los mapas.

Las principales acciones a las que se someterán las coberturas son: eliminación de líneas sueltas, corrección de líneas superpuestas, alargamiento de líneas, entre otros. Para éste efecto se aplican reglas topológicas por medio del software ARCGIS 9.3.

- Para las coberturas tipo línea se realizó aplicó las siguientes reglas topológicas:

Must Not Overlap: Líneas de la misma cobertura no pueden estar superpuestas.

Must Not Intersect: Una línea no debe solapar otra línea de la misma cobertura.

Must Not Have Dangles: Los puntos finales de las líneas de una cobertura, deben tocar otra línea de la misma cobertura.

Must Not Self – Overlap: Una línea de la misma cobertura no debe solaparse entre sí.

Must Not Self – Intersect: Una línea de una capa no debe cortarse a sí misma.

Must Be Single Part: Una línea de una capa no debe tener más de una parte.

Must Not Intersect Or Touch Interior: Una línea de una capa no debe tocar, líneas de la misma capa en sus extremos.

- Para las coberturas tipo polígono se realizó aplicó las siguientes reglas topológicas:

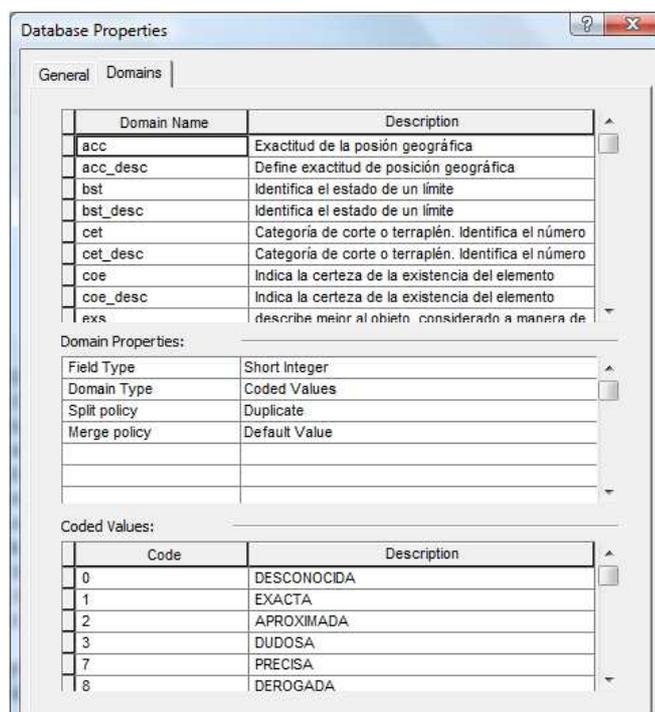
Must Not Overlap: Un área no debe sobreponerse a otra en la misma capa.

Must Not Have Gaps: Un vacío no puede existir entre las áreas de una misma capa.

Al correr las reglas topológicas se presentan errores los cuales son corregidos, mediante las herramientas de edición del ARCGIS 9.3.

6.2.2 Estructuración de la Geodatabase

Una vez corregidos los errores topológicos se procede a realizar la estructuración de cada una de las coberturas base y temáticas tomando en consideración el catálogo de objetos prediseñado (Ver Tabla 6.3). Además se procede a establecer los dominios de la base de datos geográfica mediante la utilización del Catálogo de Objetos IGM (Ver Figura 6.2.).



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 6.2. Dominios de la Geodatabase “OZOGOCHE_8417S”

Mapa Base: Es un feature dataset que se lo designó con el código “A01” dentro de la geodatabase “OZOGOCHE_8417S”, en el sistema de referencia WGS 84.

A continuación se procede a elaborar todos los feature class pertenecientes a ésta sub categoría, tomando en cuenta el tamaño de campo y la forma de su estructura como indica el catálogo de objetos IGM.

Tabla. 6.3. Catálogo de objetos de la Geodatabase “OZOGOCHE_8417S” – Subcategoría “A01_MAPA_BASE”

CATALOGO DE OBJETOS TEMATICO DE LA MICROCUCENCA DE LAS LAGUNAS DE CUBILLÍN Y MAGTAYÁN					
A01		CATEGORIA:		A	
		SUBCATEGORIA:		MAPA_BASE	
		Feature Dataset:		A01_MAPA BASE	
		ELEMENTO:		CURVAS DE NIVEL	
		Feature class:		CURVAS_NIVEL_L	
		REPRESENTACION:		Línea	
Atributos					Dominios
Código	Nombre	Descripción	Tipo de dato	Extensión	Valores del dominio
FID	CODIGO DE IDENTIFICACION DEL OBJETO DENTRO DEL CATALOGO	CODIGO DE IDENTIFICACION DEL OBJETO DENTRO DE LA TABLA DE ATRIBUTOS	OBJECT ID	...	...
Shape	CODIGO DE IDENTIFICACION	GEOMETRIA DEL DATO	TEXT	...	Line: SI EL DATO ESTA REPRESENTADO POR LINEAS.
descripcio	DESCRIPCION	LÍNEA QUE CONECTA PUNTOS QUE TIENEN EL MISMO VALOR DE ALTURA RESPECTO AL DATUM VERTICAL	TEXT	250	LÍNEA QUE CONECTA PUNTOS QUE TIENEN EL MISMO VALOR DE ALTURA RESPECTO AL DATUM VERTICAL

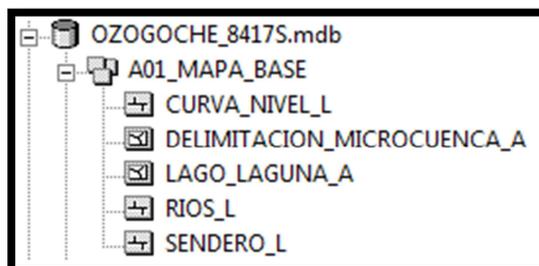
hqcdesc	DESCRIPCION DE LA CURVA	TIPO DE CURVA QUE REPRESENTA	TEXT	80	INTERMEDIA: CURVAS DE NIVEL QUE TIENEN INTERVALOS DE 40 METROS. INDICE: CURVAS DE NIVEL QUE VAN CADA 4 CURVAS INTERMEDIAS.
zv2	ELEVACION	ES EL VALOR DE LA CURVA DE NIVEL	LONG	9	
ShapeLeng	LONGITUD SHAPE	LONGITUD DE LA CURVA	DOUBLE	0	LA MEDIDA DE LA LONGITUD MEDIDA EN KILOMETROS
SUBCATEGORIA:					MAPA_BASE
Feature Dataset:					A01_MAPA BASE
ELEMENTO:					RIO
Feature class:					RIOS_L
REPRESENTACION:					Línea
Atributos					Dominios
Código	Nombre	Descripción	Tipo de dato	Extensión	Valores del dominio
FID	CODIGO DE IDENTIFICACION DEL OBJETO DENTRO DEL CATALOGO	CODIGO DE IDENTIFICACION DEL OBJETO DENTRO DE LA TABLA DE ATRIBUTOS	OBJECTID	...	...
Shape	CODIGO DE IDENTIFICACION	GEOMETRIA DEL DATO	TEXT	...	Line: EL DATO ESTA REPRESENTADO POR UNA LINEA
descripcio	DESCRIPCION	CORRIENTE NATURAL DE AGUA, MÁS O MENOS CONTINUA, DESEMBOCA EN EL MAR, EN UN LAGO O EN OTRO RÍO. ALGUNAS VECES SUS AGUAS SE PIERDEN POR INFILTRACIÓN	TEXT	250	CORRIENTE NATURAL DE AGUA, MÁS O MENOS CONTINUA, DESEMBOCA EN EL MAR, EN UN LAGO O EN OTRO RÍO. ALGUNAS VECES SUS AGUAS SE PIERDEN POR INFILTRACIÓN
nam	NOMBRE	NOMBRE OFICIAL DEL OBJETO	TEXT	80	NOMBRE DEL RIO
orden	ORDEN DE CAUCE	ES EL ORDEN DE CAUCE QUE SE LE ASIGNA A CADA RIO EN LA MICROCUENCA	DOUBLE	0	1 : SE ASIGNA A LOS CURSOS QUE SON LAS NACIENTES DE LA RED. 2 : SE ASIGNA A LA CONJUNCION DE DOS

					CAUCES DE ORDEN 1 3 : SE ASIGNA AL LUGAR DE ENCENTRO ENTRE DOS CAUCES DE ORDEN 2.
longitud km	LONGITUD DEL RIO	LA MEDIDA DE LONGITUD DE LOS RIOS EN KILOMETROS	DOUBLE	0	
tipo	TIPO DE RIO	DESCRIPCION DEL TIPO DE RIO	STRING	20	Principal: RIOS QUE SON MAS ESTENSOS. Tributario: RIOS DE MENOR EXTENSION.
ELEMENTO:					LAGUNA O LAGO
Feature class:					LAGO_LAGUNA_A
REPRESENTACION:					Poligono
Atributos					Dominios
Código	Nombre	Descripción	Tipo de dato	Extensión	Valores del dominio
FID	CODIGO DE IDENTIFICACION DEL OBJETO DENTRO DEL CATALOGO	CODIGO DE IDENTIFICACION DEL OBJETO DENTRO DE LA TABLA DE ATRIBUTOS	OBJECT ID	...	...
Shape	CODIGO DE IDENTIFICACION	GEOMETRIA DEL DATO	TEXT	...	Polygon: EL DATO ESTA REPRESENTADO POR UN POLIGONO.
descripcio	DESCRIPCION	CUERPO DE AGUA, DULCE O SALADA, RODEADA POR TIERRA	TEXT	250	CUERPO DE AGUA, DULCE O SALADA, RODEADA POR TIERRA
nam	NOMBRE OFICIAL	NOMBRE DEL LAGO OLAGUNA	TEXT	80	
Area	AREA	AREA DEL LAGO O LAGUNA MEDIDA EN KILOMETROS CUADRADOS	DOUBLE	0	
SUBCATEGORIA:					MAPA_BASE
Feature Dataset:					A01_MAPA BASE
ELEMENTO:					SENDERO
Feature class:					SENDERO_L

REPRESENTACION:					Línea
Atributos					Dominios
Código	Nombre	Descripción	Tipo de dato	Extensión	Valores del dominio
FID	CODIGO DE IDENTIFICACION DEL OBJETO DENTRO DEL CATALOGO	CODIGO DE IDENTIFICACION DEL OBJETO DENTRO DE LA TABLA DE ATRIBUTOS	OBJECT ID	...	...
Shape	CODIGO DE IDENTIFICACION	GEOMETRIA DEL DATO	TEXT	...	Polyline: EL DATO ESTA REPRESENTADO POR UNA LINEA.
descripcio	DESCRIPCION	CAMINO PARA EL PASO DE PERSONAS O ANIMALES	TEXT	250	CAMINO PARA EL PASO DE PERSONAS O ANIMALES
desc2	DESCRIPCION SECUNDARIA	EPOCA SECA	TEXT	50	EPOCA SECA
coe	EXISTENCIA ELEMENTO	INDICA LA CERTEZA DE LA EXISTENCIA DEL ELEMENTO	SHORT	4	
wtc	TIPO DE CLIMA	CATEGORÍA TIPO CLIMA	SHORT	4	
OBJETO:					LIMITE MICRO CUENCA
Feature class:					DELIMITACION_MICROCUENCA_A
REPRESENTACION:					Polígono
Atributos					Dominios
Código	Nombre	Descripción	Tipo de dato	Extensión	Valores del dominio
FID	CODIGO DE IDENTIFICACION DEL OBJETO DENTRO DEL CATALOGO	CODIGO DE IDENTIFICACION DEL OBJETO DENTRO DE LA TABLA DE ATRIBUTOS	OBJECT ID	...	...
Shape	CODIGO DE IDENTIFICACION	GEOMETRIA DEL DATO	TEXT	...	Polygon: EL DATO ESTA REPRESENTADO POR UN POLIGONO.
AREA	AREA MICROCUENCA	CALCULO DEL AREA	DOUBLE	20	AREA DE LA DELIMITACION DE LA MICROCUENCA EN KILOMETROS CUADRADOS
PERIMETRO	PERIMETRO MICROCUENCA	CALCULO DEL PERIMETRO	DOUBLE	20	PERIMETRO DE LA MICROCUENCA EN KILOMETROS

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

La infraestructura de datos espaciales para este caso en el ARCGIS 9.3, queda de la siguiente manera:



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 6.3. Infraestructura de la Sub categoría “A01_MAPA_BASE”

Así se procedió a realizar una propuesta para el tipo y tamaño de los campos utilizados de acuerdo a los requerimientos de los feature dataset de la geodatabase. Por lo que se utilizó los siguientes lineamientos que se muestran en la siguiente tabla resumen (*Ver Tabla. 6.4*).

Tabla. 6.4. Propuesta del tipo y tamaño de campo

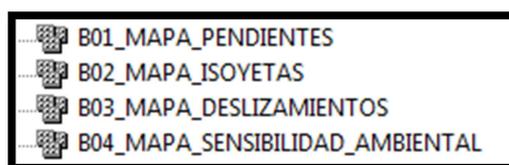
FEATURE DATASET	FEATURE CLASS	NOMBRE CAMPO	TIPO DATO	EXTENSIÓN
A02_MAPA_PENDIENTES	PENDIENTES_A	pendiente	TEXT	5
		area	DOUBLE	0
A03_MAPA_GEOLOGICO	GEOLOGIA_A	unid_geolo	TEXT	250
		simbolo	TEXT	250
		roca	TEXT	250
A04_MAPA_COBERTURA_VEGETAL	COBERTURA_VEGETAL_A	clase	TEXT	250
		area	TEXT	250

		simbolo	TEXT	250
	MULTITEMPORAL_1987	clase	TEXT	250
	MULTITEMPORAL_2001	area	TEXT	250
	MULTITEMPORAL_2011	simbolo	TEXT	250
A05_MAPA_USO_ACTUAL_SUELO	USO_ACTUAL_SUELO_A	Uso_actual	TEXT	250
		Area	DOUBLE	0
		simbolo	TEXT	250
A06_MAPA_ERODABILIDAD	ERODABILIDAD_A	erodabilid	TEXT	50
		area	DOUBLE	0
A07_MAPA_USO_POTENCIAL_SUELO	USO_POTENCIAL_SUELO_A	clase	TEXT	250
		simbolo	AREA	10
		area	DOUBLE	0
A08_MAPA_CALIDAD_AGUA	PUNTOS_ANALISIS_QUIMICO_P	punto	TEXT	250
		E	DOUBLE	0
		N	DOUBLE	0
		laguna	TEXT	250
		ph	TEXT	250
		turbiedad	TEXT	250
		solidos_to	TEXT	250
		solidos_su	TEXT	250
		sulfatos	TEXT	250
		nitratos	TEXT	250
		Nitritos	TEXT	250

		DBO5	TEXT	250
		DQO	TEXT	250
A09_MAPA_SUSCEPTIBILIDAD_ MOVIMIENTOS_EN_MASA	DESLIZAMIENTOS_A	riesgo	TEXT	250
		area	DOUBLE	0
A10_MAPA_VALOR_ ECOLOGICO	VALOR_ECOLOGICO_A	valor_e	TEXT	250
		simbolo	TEXT	250
		area	DOUBLE	0
A11_MAPA_XONIFICACION_ ECOLOGICA_ECONOMICA	ZONIFICACION_ ECOLOGICA_ ECONOMICA_A	clase	TEXT	250
		simbolo	TEXT	250
		area	BOUBLE	0

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

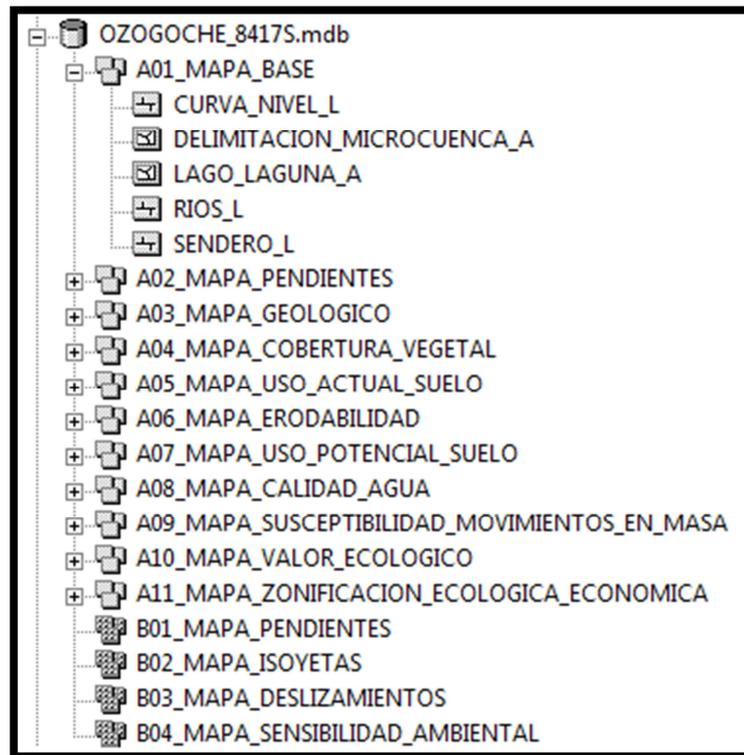
Coberturas temáticas: Las coberturas tipo ráster fueron agrupadas mediante la utilización de Raster datasets, que integran coberturas temáticas de similares características. (Ver Figura 6.4).



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 6.4. Estructura raster de la geodatabase "OZOGOCHÉ_8417S"

Las Geodatabase final está compuesta por coberturas tipo vector y tipo raster, logrando agrupar todas las coberturas utilizadas para el presente estudio. El resultado final se muestra en la siguiente figura:



Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Figura. 6.5. Geodatabase “OZOGOCHES_8417S”

CAPITULO 7

PROPUESTA DE PLAN DE APROVECHAMIENTO DE RECURSO HÍDRICO DEL SISTEMA LACUSTRE OZOGOCHÉ

El presente plan se basa en el diagnóstico antes descrito en el capítulo III, trata de incentivar a la población a mantener una aptitud sustentable hacia el Recurso Hídrico de Ozogoche, evitando así el deterioro de la microcuenca y motiva a que autoridades y comunidad, trabajen en conjunto por un bienestar común.

7.1. DIAGNÓSTICO DEL RECURSO HÍDRICO

Indica el estado en el que se encuentran actualmente los factores descritos en el capítulo III, para así definir sus conflictos y capacidades.

Tabla. 7.1. Simbología de las condiciones de indicadores

Símbolo	Descripción
	<p>Indicador en buenas condiciones</p>

	Indicador en condiciones constantes
	Indicador en malas condiciones

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Tabla. 7.2. Estado de los indicadores de la microcuencia

Factor	Variable	Indicador	Criterio
Biótico	Flora	Formaciones Vegetales	
		Especies endémicas	
	Fauna	Especies endémicas	
Abiótico	Geología	Erodabilidad	

	Clima	Precipitación	
	Suelo	Área protegida	
		Uso	
		Movimientos en masa	
	Hidrología	Calidad del agua	
		Caudal	
Socio-económico	Demografía	Densidad poblacional	
	Vivienda	Servicios Básicos	

	Educación	Establecimientos educativos	
		Desarrollo tecnológico y material de estudio	
	Salud	Centros de salud	
	Comunicación y transporte	Vías y transporte	
	Producción	Áreas cultivadas	
		Áreas de pastoreo	
		Exportación leche	

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

7.1.1 Definición de conflictos

Estos conflictos se ven reflejados por el criterio de color rojo, demuestra un indicador en malas condiciones el cual puede afectar a la sensibilidad ambiental, al valor ecológico o al componente socioeconómico.

- La población de Ozogoche Alto no cuenta con servicios básicos en sus viviendas, el agua es almacenada en pozos, la población no tiene alcantarillados ni servicio telefónico, tampoco posee luz eléctrica constantemente.
- No existe un establecimiento educativo adecuado para el desarrollo intelectual de los niños, que diariamente acuden a clases, a pesar de tener profesores que les enseñen a leer y escribir, no poseen los suficientes implementos tecnológicos ni didácticos con los cuales el desarrollo estudiantil sería el óptimo.
- En el sector no existe un centro de salud capaz de satisfacer las necesidades de la población, el centro de salud más cercano se localiza en Totoras.
- No existe vías adecuadas para el ingreso vehicular, los caminos son de tierra intervenidos únicamente por maquinaria.
- Los pobladores de Ozogoche alto no se dedican a la agricultura ya que por motivos de clima, las heladas no permiten producción alguna de cultivos en la zona, el pastoreo es escaso y la producción de leche en su mayoría es para consumo interno de los pobladores.

7.1.2 Definición de capacidades

- Ozogoche posee un ecosistema natural intacto no intervenido por presencia humana, lo cual se ve reflejado en la calidad del agua y la biodiversidad que existe en la zona.
- El páramo de almohadillas localizado en su mayoría alrededor de las lagunas, es importante para el almacenamiento de agua en la microcuenca, el páramo de pajonal, debe ser conservado ya que evita la erosión en las montañas y la sedimentación en las lagunas.
- Al ser un ecosistema casi intacto y con gran atractivo visual, Ozogoche es un gran atractivo turístico que puede llegar a ser reconocido a nivel nacional.

- La calidad de agua que presentan las lagunas de Cubillín y Magtayán es excelente para la vida acuática y el consumo humano, este es un aspecto positivo para aquellos usuarios de agua proveniente del río Ozogoché hacia la parte baja de la cuenca.
- Al existir poca densidad poblacional, la implementación de plan de manejo puede tomarse en forma positiva por parte de la población, al ser los principales beneficiarios del recurso agua.

7.2. DEMANDA DEL RECURSO HÍDRICO

La microcuenca de Cubillín y Magtayán contiene agua de excelente calidad en sus lagunas, así como en el reservorio natural el páramo de almohadillas, abastece aproximadamente a 1600 personas, las cuales son beneficiarios directos del recurso.

Con aproximadamente 0.68 m³/s de caudal en época seca (*Ver Tabla 3.28*), el agua puede utilizarse para diferentes usos y para consumo diario de acuerdo a las necesidades que tiene la población (cocina, aseo, evacuación de excretas).

Tabla. 7.3. Consumo de agua en la cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán

Consumo de agua persona/día (litros)	Caudal de la microcuenca (l/s)	Población Ozogoché alto, bajo y Puca Totoras	Consumo población / día (litros)
80	680	1606	128480

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Existe gran número de actividades que pueden ser aprovechadas por las poblaciones cuenca abajo del río Ozogoché porque el caudal puede abastecer sin problemas, además el agua tiene excelente calidad, muchas de estas actividades se sustentan en la agricultura y ganadería. Una

proyección que se tiene para la población es que dentro de los siguientes 5 años, el caudal de la microcuenca no disminuya y abastezca a los pobladores dentro y fuera de la microcuenca, aproximadamente se necesitarán 255774 m³ de agua para cumplir con la meta.

Una de las características principales de la cuenca alta, es que no existe agricultura, manteniendo el Recurso Hídrico en condiciones naturales y estables sin la presencia de agroquímicos que afecten a la calidad de agua. En base al diagnóstico descrito, políticas y líneas estratégicas, se formula una serie de metas y programas orientados al cuidado, protección y aprovechamiento del Recurso Hídrico en la microcuenca por parte de los usuarios directos.

7.3. FORMULACIÓN DE POLÍTICAS Y LÍNEAS ESTRATÉGICAS

Las políticas y líneas estratégicas se basan en el Plan Nacional del Buen Vivir creado por SENPLADES⁵¹ las cuales dan los lineamientos estratégicos para el desarrollo del territorio y de las comunidades.

Tabla. 7.4. Políticas y líneas estratégicas para la propuesta de plan de aprovechamiento de Recurso Hídrico

Objetivo	Políticas	Lineamientos estratégicos
Objetivo 1: Auspiciar la igualdad, cohesión e integración social y territorial en la diversidad	Política 1.4. Democratizar los medios de producción para generar condiciones y oportunidades equitativas.	Ampliar progresivamente el acceso al agua segura y permanente en sus diversos usos y aprovechamientos a través de la construcción y mejoramiento de infraestructura y eficiencia en los mecanismos de

⁵¹ Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo

Objetivo	Políticas	Lineamientos estratégicos
		<p>distribución.</p> <p>Fomentar la gestión comunitaria del Recurso Hídrico, impulsando un manejo equitativo, eficiente y sustentable.</p> <p>Generar condiciones de vida y actividades productivas alternativas para las poblaciones asentadas en zonas protegidas, garantizando el estricto respeto de los ecosistemas y considerando la participación de las mujeres diversas.</p>
Objetivo 3: Mejorar la calidad de vida de la población	Política 3.1. Promover prácticas de vida saludable en la población.	<p>Diseñar y aplicar programas de información, educación y comunicación que promuevan entornos y hábitos de vida saludables.</p> <p>Implementar mecanismos efectivos de control de calidad e inocuidad de los productos de consumo humano, para disminuir</p>

Objetivo	Políticas	Lineamientos estratégicos
	<p>Política 3.6. Garantizar vivienda y hábitat dignos, seguros y saludables, con equidad, sustentabilidad y eficiencia.</p>	<p>posibles riesgos a la salud.</p> <p>Promover programas públicos de vivienda adecuados a las condiciones climáticas, ambientales y culturales, accesibles a las personas con discapacidades, que garanticen la tenencia segura y el acceso a equipamiento comunitario y espacios públicos de calidad.</p> <p>Ampliar la cobertura y acceso a agua de calidad para consumo humano y a servicios de infraestructura sanitaria: agua potable, eliminación de excretas, alcantarillado, eliminación y manejo adecuado de residuos.</p>
<p>Objetivo 4: Garantizar los derechos de la naturaleza y promover un ambiente sano y sustentable</p>	<p>Política 4.1. Conservar y manejar sustentablemente el patrimonio natural y su biodiversidad terrestre y marina, considerada como sector estratégico.</p>	<p>Fortalecer los sistemas de áreas protegidas terrestres y marinas, basados en su gestión y manejo con un enfoque ecosistémico, respetando sus procesos naturales y evolutivos, ciclos</p>

Objetivo	Políticas	Lineamientos estratégicos
		<p>vitales, estructura y funciones.</p> <p>Diseñar y aplicar procesos de planificación y de ordenamiento de territorial en todos los niveles de gobierno, que tomen en cuenta todas las zonas con vegetación nativa en distinto grado de conservación, priorizando las zonas ambientalmente sensibles y los ecosistemas frágiles, e incorporen acciones integrales de recuperación, conservación y manejo de la biodiversidad con participación de las y los diversos actores.</p> <p>Desarrollar proyectos de forestación, reforestación y revegetación con especies nativas y adaptadas a las zonas en áreas afectadas por procesos de degradación, erosión y desertificación, tanto con fines productivos como de conservación y</p>

Objetivo	Políticas	Lineamientos estratégicos
		<p>recuperación ambiental.</p> <p>Proteger la biodiversidad, particularmente las especies y variedades endémicas y nativas, bajo el principio precautelatorio a través de, entre otras medidas, la regulación del ingreso y salida de especies exóticas.</p>
	<p>Política 4.2. Manejar el patrimonio hídrico con un enfoque integral e integrado por cuenca hidrográfica, de aprovechamiento estratégico del Estado y de valoración sociocultural y ambiental.</p>	<p>Establecer lineamientos públicos integrales e integrados de conservación, preservación y manejo del agua, con criterios de equidad y racionalidad social y económica.</p> <p>Estimular la gestión comunitaria responsable del Recurso Hídrico y apoyo al fortalecimiento de las organizaciones campesinas e indígenas en los territorios para garantizar la continuidad y permanencia de los procesos de conservación.</p> <p>Impulsar la investigación</p>

Objetivo	Políticas	Lineamientos estratégicos
		para la restauración, reparación, rehabilitación y mejoramiento de los ecosistemas naturales y la estructura de las cuencas hidrográficas.

Fuente: SENPLADES

7.3.1 Formulación de metas objetivos y programas

Tabla. 7.5. Metas objetivos y programas para el plan de aprovechamiento de Recurso Hídrico en la microcuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán

Factor	Variables	Indicadores	Descripción Indicadores	Metas	Objetivos	Programas
Biótico	Flora	Formaciones vegetales	La microcuenca cuenta con páramo de almohadillas y páramo de pajonal	Establecer medidas de reforestación con especies endémicas del sector para evitar la desertización natural y apoyar a la conservación de especies de flora naturales en la zona.	Preservar el ecosistema intacto sin intervención de actividades antrópicas en el sector	Programa de recreación y ecoturismo sustentable
		Especies endémicas	Las especies encontradas en la zona son 109,	Conservar las formaciones naturales al		

Factor	Variables	Indicadores	Descripción Indicadores	Metas	Objetivos	Programas
			cuyo hábitat son los páramos	100% y evitar la intervención humana.		
	Fauna	Especies endémicas	Se encontraron 57 especies, 47 aves, 10 especies de macro y meso mamíferos y 2 especies de anfibios	Evita la caza y captura de especies propias del sector, así como, evitar introducir nuevas especies que alteren el ecosistema y preservarlos naturalmente.		
Abiótico	Geología	Erodabilidad	Grado de erosión de las rocas por procesos	Monitorear las zonas propensas a erodabilidad para evitar la	Evitar la deforestación y erosión en zonas de quebradas	Programas de protección de pendientes Programa de

Factor	Variables	Indicadores	Descripción Indicadores	Metas	Objetivos	Programas
			naturales	disminución de páramo de almohadillas 1 vez al año.		reforestación
	Clima	Precipitación	En la zona de estudio la precipitación promedio mensual es de 133mm	Implementar 3 estaciones meteorológicas a mediano plazo, las cuales contengan información actualizada de la microcuenca para planificar mejor el uso del recurso agua.	Monitorear los cambios climáticos en la microcuenca mediante el uso de estaciones meteorológicas	Programa de reforestación Programa implementación de estaciones meteorológicas
	Suelo	Área protegida	El 100% de la zona de estudio	Mantener una reunión anual	Mantener el uso actual del suelo	Programa de desarrollo de

Factor	Variables	Indicadores	Descripción Indicadores	Metas	Objetivos	Programas
			es un área protegida por estar dentro del Parque Nacional Sangay	con las autoridades locales, para indicar novedades, respecto a actividades no debidas dentro de la microcuenca.	como área de protección	prácticas ganaderas y agrícolas
		Uso	Utilizado Sobreutilizado Uso adecuado	Mantener la capacidad de carga del suelo por parte de los habitantes de la microcuenca y evitar el aumento de ganado en la		

Factor	Variables	Indicadores	Descripción Indicadores	Metas	Objetivos	Programas
				zona.		Programa de reforestación
		Movimientos en masa	Indica zonas susceptibles a los deslizamientos	Mantener al 100% la cobertura vegetal en laderas y zonas donde exista desertización natural.		
	Hidrología	Calidad de agua	Resultados positivos en todos los análisis del agua	Mantener la calidad del agua de las lagunas y ríos, evitando prácticas de ganadería dentro de la microcuenca. Prohibir la	Preservar la calidad del agua en excelentes condiciones de la microcuenca.	Programa de monitoreo de calidad del agua Programa de desarrollo de prácticas ganaderas y agrícolas

Factor	Variables	Indicadores	Descripción Indicadores	Metas	Objetivos	Programas
				utilización de agroquímicos dentro de la microcuenca.		
		Caudal	El caudal dentro de la microcuenca es bajo en época seca	<p>Proteger el páramo de almohadillas al 100% que es almacenador natural de agua en caso de existir una época seca severa.</p> <p>Destinar el 20% del caudal para consumo humano en las poblaciones</p>	Mantener la vegetación en quebradas y zonas cercanas a las lagunas	<p>Programa de reforestación</p> <p>Programa implementación de estaciones meteorológicas</p>

Factor	Variables	Indicadores	Descripción Indicadores	Metas	Objetivos	Programas
				aledañas a las riveras del río Ozogoche.		
Socio-Económico	Demografía	Densidad poblacional	Densidad poblacional baja	<p>Implementar proyectos de desarrollo social que ayuden al incremento de ingresos económicos a la población.</p> <p>Identificar el área de influencia que tiene la microcuenca en la población.</p>	<p>Desarrollar propuestas de aprovechamiento de Recurso Hídrico para poblaciones cuenca debajo de la zona de estudio.</p> <p>Promover la conservación del atractivo turístico natural y cultural.</p>	<p>Programa de distribución de agua potable y proyección de uso del recurso agua</p> <p>Programa de desarrollo de prácticas ganaderas y agrícolas</p> <p>Programa de recreación y ecoturismo</p>

Factor	VARIABLES	Indicadores	Descripción Indicadores	Metas	Objetivos	Programas
	Vivienda	Servicios básicos	Dentro de la microcuenca el único servicio básico es la luz eléctrica	Hacer una proyección de volumen de agua que requiere la población para subsistir durante un período de 5 años.	Mejorar la calidad de vida de la población.	sustentable. Programa de desarrollo de prácticas ganaderas y agrícolas Programa de equipamiento y servicios básicos
	Educación	Establecimientos educativos	En la zona existe una escuela solo de educación primaria	Equipar a la escuela con material audiovisual y educativo que ayude a los estudiantes a estar a nivel de cualquier otro estudiante de		
		Desarrolló tecnológico y material de estudio	El establecimiento educativo no posee ninguna implementación			

Factor	Variables	Indicadores	Descripción Indicadores	Metas	Objetivos	Programas
			tecnológica para el estudio	zonas urbanas.		
	Salud	Centros de Salud	No cuenta con un centro de salud	Implementar un centro de Salud en la comunidad que vele por la salud de la población y tenga equipamiento necesario en caso de ser necesario.		
	Comunicación y transporte	Vías y transporte	No cuenta con transporte ni vías adecuadas	Mejorar la vía de acceso a Ozogoche al 100% incentivando al			Implementar infraestructura vial para fortalecer las exportaciones así

Factor	Variables	Indicadores	Descripción Indicadores	Metas	Objetivos	Programas
				turismo y mejorando la calidad de vida de la población.	como el turismo.	
	Producción	Áreas cultivadas	La comunidad no cosecha ningún tipo de vegetal	Implementar como forma de vida una piscina de truchas como alternativa económica para la población.	Eliminar prácticas agrícolas dentro de la microcuena.	
		Áreas de pastoreo	Están localizadas alrededor de la microcuena siendo estas en poco porcentaje	Capacitar al 100% de la comunidad de Ozogoche en las prácticas ganaderas, para evitar un daño al	Capacitar a la población para implementar mejores técnicas de ganadería. Formar asociaciones de	

Factor	Variables	Indicadores	Descripción Indicadores	Metas	Objetivos	Programas
				ecosistema del área protegida.	producción pecuaria.	
		Exportación leche	La exportación es mínima, se dedican más al consumo interno	Aumentar la exportación de leche un 30% a las pasteurizadoras cercanas con mejores técnicas ganaderas.	Establecer precios definidos para la venta de productos	

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

7.4. MOMENTO OPERATIVO

7.4.1. Zonificación Ecológica-Económica

Mediante la ZEE los proyectos y propuestas para el plan de manejo van orientados hacia la conservación del recurso y de la biodiversidad, pretendiendo que el territorio sea aprovechado al máximo sin entrar en conflictos sociales con el ecosistema.

La ZEE de la microcuenca de las lagunas es de protección ya que se encuentra en el Parque Nacional Sangay, la sensibilidad presente en estas zonas indica que partes de la microcuenca son las que mayor protección requieren, con el fin de obtener su máximo aprovechamiento para la conservación del Recurso Hídrico, flora y fauna.

Zona de protección A: con un total de 512.84 has representando el 12.05% de la microcuenca, indica las zonas de menor sensibilidad además de ser fuente importante de almacenamiento de agua.

Zona de protección B: con un total de 3107.12 has representando el 73.02% de la microcuenca, indica las zonas de sensibilidad media, debido a la pérdida natural de páramo de almohadilla y páramo de pajonal.

Zona de protección C: con un total de 637.98 has representando el 14.92% de la microcuenca, indica las zonas de mayor sensibilidad por estar sometidas a procesos de cambio climático y desertización natural.

Tabla. 7.6. Programas de acuerdo a la ZEE de la microcuenca de las lagunas Cubillín y Magtayán

Zonificación Ecológica Económica	Programas de propuesta de plan de aprovechamiento
Zona de protección A	Programa de reforestación Programas de protección de pendientes Programa de recreación y ecoturismo sustentable Programa de monitoreo de calidad del agua
Zona de protección B	
Zona de protección C	

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

7.4.2. Descripción de actividades de Programas

Tabla. 7. 7 Programa de reforestación

Actividades y Cronograma	Año									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Levantamiento de línea base	X	X								
Convocatoria a líderes comunitarios	X	X	X	X	X					
Capacitaciones	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Reforestación			X	X	X	X	X	X	X	X

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Tabla. 7. 8. Programa de protección de pendientes

Actividades y Cronograma	Año									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Determinación de zonas con mayor pendiente	X									
Determinar zonas de mayor erodabilidad		X	X							
Monitoreo de zonas de páramo de almohadillas y páramo de pajonal		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Reforestación y protección de zonas con pendientes pronunciadas				X	X	X	X	X	X	X

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso**Tabla. 7. 9. Programa de recreación y ecoturismo sustentable**

Actividades y Cronograma	Año									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Realización de mapa base de la zona	X									
Capacitaciones a la comunidad		X	X	X	X					
Implementación de Infraestructura para recreación en la zona		X	X	X	X	X	X			
Mejora en las vías de ingreso Ozogoche		X	X							
Promocionar a Ozogoche como lugar turístico en Chimborazo.			X	X	X	X	X	X	X	X

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Tabla. 7. 10. Programa de monitoreo de calidad del agua

Actividades y Cronograma	Año									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Monitoreo mensual de cuerpos de agua en Ozogoche	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Medición mensual de caudal en Ozogoche	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Control de calidad de agua en Ozogoche	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Implementación de Estaciones Meteorológicas		X	X							

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Tabla. 7. 11. Programa de desarrollo de prácticas ganaderas y agrícolas

Actividades y Cronograma	Año									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Determinar el uso actual del suelo	X									
Capacitación a la comunidad ganadera		X	X	X						
Capacitación a la comunidad agrícola		X	X	X						
Exportación de productos por parte de la comunidad de Ozogoche		X	X	X	X	X	X	X	X	X

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

7.4.3. Proyectos Priorizados

Los proyectos están orientados hacia los objetivos propuestos por el PNBV (Ver Tabla 7.4), para el desarrollo de la población aprovechando de una manera sustentable el Recurso Hídrico de la microcuenca.

Tabla. 7.12. Proyecto de reforestación con especies endémicas

Resumen narrativo de Objetivos	Indicadores variables objetivamente	Medios de verificación	Supuestos
<p>FIN:</p> <p>Evitar la deforestación en zonas de quebradas.</p> <p>Mantener el uso actual del suelo como área de protección.</p>	<p>Porcentaje de área protegida de vegetación.</p>	<p>Geodatabase</p> <p>Inspección en campo</p>	<p>Los pobladores no muestran interés en participar en el programa</p> <p>No existe Apoyo del GAD⁵²</p>
<p>PROPÓSITO:</p> <p>Garantizar los derechos de la naturaleza y promover un ambiente sano y saludable.</p>	<p>Índice de eficacia en cumplir los derechos de la naturaleza</p>	<p>Inspección en campo</p>	<p>No hay entusiasmo por parte de los pobladores ni por los GAD en el cumplimiento de la actividad</p>

⁵² Gobiernos Autónomos Descentralizados

<p>COMPONENTES:</p> <p>1. Pobladores reciben información acerca del programa de reforestación.</p> <p>2. Pobladores de las zonas aledañas reforestan zonas que así lo requieran.</p> <p>3. Los GAD declaran a Ozogoche como área protegida</p>	<p>Porcentaje de pobladores que conocen acerca del programa de reforestación.</p> <p>Porcentaje de zonas reforestadas en la microcuenca.</p> <p>Porcentaje de personas informadas.</p>	<p>Charlas informativas</p> <p>Trípticos</p> <p>Videos</p> <p>SIG</p> <p>Inspección en campo</p> <p>Encuestas</p>	<p>La comunidad desconoce los motivos por los cuales se reforesta en la microcuenca.</p> <p>Los pobladores no participan en la reforestación ni tampoco hay interés de parte de los GAD.</p> <p>NO existe respaldo del ministerio del medioambiente.</p>
<p>ACTIVIDADES:</p> <p>1.1. Convocatoria a líderes comunitarios</p> <p>1.2. Realizar charlas comunicativas a los pobladores beneficiarios</p> <p>1.3. Realizar</p>	<p>Dinero invertido en la realización de dichas actividades</p>	<p>Registro contable del responsable de la actividad</p>	<p>Los líderes no participan y no se reúnen con las autoridades.</p> <p>Hay desinterés por parte de los pobladores y no</p>

<p>cursos de capacitación acerca de la reforestación</p> <p>2.1. Repartición de especies forestales endémicas del sector a los pobladores.</p> <p>2.2. Ubicación de posibles zonas a reforestar.</p> <p>2.3. Reforestación con especies endémicas en las zonas necesitadas.</p> <p>3.1. Reunión con los directivos de los GAD.</p> <p>3.2. Revisión de las ventajas de tener a la microcuenca como área protegida.</p> <p>3.3. Anuncio a la población que la microcuenca es área protegida.</p>			<p>asisten a las reuniones y charlas de capacitación.</p> <p>Los GAD no aportan con especies forestales endémicas a los pobladores del sector.</p> <p>No hay técnicos que informen acerca a la comunidad cuales son las zonas que requieren atención</p> <p>No hay poyo de los GAD</p> <p>No existe comunicación de parte de los GAD, informando los acontecimientos ocurridos</p>
---	--	--	--

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Tabla. 7.13. Proyecto de implementación de red de distribución de agua potable

Resumen narrativo de Objetivos	Indicadores variables objetivamente	Medios de verificación	Supuestos
<p>FIN:</p> <p>Abastecer a las comunidades cuenca abajo de agua con excelente calidad.</p>	<p>Porcentaje de familias beneficiarias del Recurso Hídrico</p>	<p>Informe técnico que indique la zona que esta con el servicio de agua potable</p>	<p>El GAD apoya el proyecto</p> <p>Las comunidades se interesan y empiezan a participar</p>
<p>PROPÓSITO:</p> <p>Mejorar la calidad de vida de las personas que carecen de este recurso</p>	<p>Porcentaje de viviendas que participan en el proyecto con el servicio</p>	<p>Realización de encuestas.</p> <p>Control de caudal utilizado</p>	<p>Viviendas con agua potable.</p> <p>Mejora en la calidad de vida de las personas</p>
<p>COMPONENTES:</p> <p>1. Viviendas con nueva infraestructura para distribución de agua potable.</p> <p>2. Pobladores que usaban agua de pozo tienen el servicio directo en sus viviendas.</p> <p>3. Pobladores que consumían agua en</p>	<p>Área que cubre la red de distribución de agua potable.</p> <p>Porcentaje de personas que ya no utilizan agua de pozo para consumo.</p> <p>Calidad del agua de</p>	<p>Planos SIG</p> <p>Informe técnico</p> <p>Inspección en campo</p> <p>Encuestas</p> <p>Inspección en campo</p> <p>Informes técnicos</p>	<p>Apoyo con recursos económicos y técnicos de parte de los GAD.</p> <p>Pobladores dejan de sacar el agua de pozos.</p> <p>Las personas</p>

estado natural, consumen agua potable.	consumo.	de laboratorio Análisis de muestras	consumen agua con confianza.
ACTIVIDADES: 1.1 Cálculo de caudal. 1.2 Calculo de pendientes 1.3 Contratación de personal 1.4 Compra de material 1.5 Ejecución obras 2.1. Bombeo de agua a través de la red 2.2. Uso del agua directo en las viviendas 3.1. Almacenamiento de agua 3.2. Potabilización del agua.	Costo de la tubería Pago a personal Costo de la obra Cantidad de agua bombeada Cantidad de agua potabilizada Cantidad de cloro utilizado	Cronograma Presupuesto Estudio de impacto ambiental Medidores de agua Informes técnicos de laboratorio Análisis de muestras	Envió de equipo técnico para realizar las obras. Colaboración del las comunidades con el proyecto. La población utiliza el agua en sus viviendas. La población consume el agua potable directo en sus hogares.

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Tabla. 7.14. Proyecto de piscicultura como fuente económica

Resumen narrativo de Objetivos	Indicadores variables objetivamente	Medios de verificación	Supuestos
FIN: Evitar el crecimiento	Porcentaje de	Encuestas	Los líderes

de actividades ganaderas por parte de la población, incentivando a nuevas técnicas amigables con el ambiente y que sean de aprovechamiento económico para los pobladores.	personas que se dedican a la ganadería. Porcentaje de personas que implementan la piscicultura como actividad económica.	Visitas a campo Área utilizada para la ganadería Área utilizada para la piscicultura	comunitarios no demuestran ningún compromiso para no incrementar la ganadería. No hay Apoyo del MAGAP
PROPÓSITO: Incrementar las actividades económicas de la población, sin deteriorar el ecosistema.	Incremento en el porcentaje de actividades económicas en la población. Porcentaje de zonas afectadas por la piscicultura. Porcentaje de zonas recuperadas de la ganadería.	Encuestas Censos Registros del INEC SIG Visita a campo SIG Visita a campo	La mayoría de las personas no ha incrementado su situación económica. No existe apoyo de personal técnico. Las zonas de páramo de pajonal no se mantienen y se deterioran.
COMPONENTES: 1. Las personas que no tenían trabajo ahora venden truchas. 2. Los ingresos económicos aumentan en la	Porcentaje de personas que se dedican a esta actividad. Incremento en el porcentaje de ingresos económicos	Encuestas Registros INEC	Los GAD no envían personal técnico para capacitación de piscicultura. No hay mejora en

<p>población.</p> <p>3. Zonas afectadas por el incremento de ganado, se ven recuperadas.</p>	<p>de la población.</p> <p>Porcentaje de paramo de pajonal recuperado.</p>	<p>SIG</p> <p>Visita a campo</p>	<p>la calidad de vida de las personas.</p> <p>El páramo de pajonal se encuentra deteriorado.</p>
<p>ACTIVIDADES:</p> <p>1.1. Ubicación de las piscinas de crianza de truchas.</p> <p>1.2. Capacitación por parte de los técnicos del MAGAP.</p> <p>1.3. Charlas a los pobladores.</p> <p>1.4. Crianza de truchas.</p> <p>1.5. Pesca y venta de truchas.</p> <p>2.1. Venta de truchas a los mercados cercanos</p> <p>2.2. Consumo interno de truchas</p> <p>3.3. Control de expansión de ganado.</p> <p>3.4. Verificación áreas protegidas afectadas.</p>	<p>Numero de piscinas en la zona.</p> <p>Porcentaje de pobladores capacitados en el sector.</p> <p>Numero de truchas vendidas.</p> <p>Porcentaje áreas recuperadas.</p>	<p>Visitas a campo.</p> <p>SIG</p> <p>Estudio de impacto ambiental</p> <p>Registros de actividades de capacitación por parte de los técnicos</p> <p>Facturas emitidas, recibos.</p> <p>SIG</p> <p>Visitas a campo</p>	<p>No hay colaboración por parte de los pobladores.</p> <p>Los técnicos no acuden a los poblados a capacitar a los pobladores.</p> <p>No hay disponibilidad logística.</p> <p>No hay cooperación por parte de los pobladores.</p> <p>No se delimitan las Zonas</p>

3.5. Reforestación.			productivas. No hay equipo técnico con experiencia. Los pobladores no colaboran con actividades de reforestación.
---------------------	--	--	---

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Tabla. 7.15. Proyecto de recreación y ecoturismo

Resumen narrativo de Objetivos	Indicadores variables objetivamente	Medios de verificación	Supuestos
FIN: Convertir a Ozogoché en un lugar recreativo y turístico nacional.	Índice de actividades turísticas realizadas en Ozogoché.	Encuestas del Ministerio de turismo. Trípticos	No hay apoyo por parte del ministerio de turismo. No hay apoyo por parte de la población
PROPÓSITO: Incrementar las visitas turísticas y actividades económicas de la población en el parque nacional Sangay sector Ozogoché.	Porcentaje de visitas recibidas por año. Porcentaje de ingresos que tiene la población por medio de esta actividad.	Registros de ingreso de turistas. Boletos entregados.	No hay visitas por parte de los turistas nacionales ni extranjeros a Ozogoché.

<p>COMPONENTES:</p> <p>1. Los turistas gozan de áreas exclusivas para senderismo y actividades al aire libre.</p> <p>2. Los ingresos económicos aumentan en la población.</p>	<p>Porcentaje de áreas destinadas a actividades recreativas.</p> <p>Incremento en el porcentaje de ingresos económicos de la población.</p>	<p>Trípticos. Mapas. SIG Ministerio de turismo. Páginas web Registros INEC</p>	<p>Los turistas no visitan Ozogоче, y desconocen del lugar.</p> <p>Los pobladores no se dedican a actividades turísticas. No hay apoyo de la comunidad.</p>
<p>ACTIVIDADES:</p> <p>1.1. Capacitación por parte de técnicos especialistas en turismo.</p> <p>1.2. Recorrido en campo para verificar áreas de senderismo, camping etc.</p> <p>1.3. Implementación de infraestructura para caminatas, camping.</p> <p>1.4. Promocionar a Ozogоче como centro de turismo y recreación.</p> <p>1.5. Acoger a los</p>	<p>Porcentaje de personas dedicadas al turismo. Aéreas destinadas a actividades turísticas. Porcentaje de personas que conocen a Ozogоче como centro turístico y de recreación.</p>	<p>Visita a campo Encuestas Registros Informe de actividades.</p>	<p>No hay disponibilidad de presupuesto. No envían equipo técnico con experiencia a capacitar. No hay apoyo por parte de la comunidad. No hay apoyo por parte del ministerio de turismo.</p>

visitantes nacionales y extranjeros.			
2.1. Capacitación a guías.	Numero de guías en la zona.	Registros Tripticos	
2.2. Venta de comida y alojamiento para turistas.	Porcentaje de turistas que requieren de estos servicios.	Facturas	

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

Tabla. 7.16. Proyecto implementación de un sistema Económico Social en la Comunidad

Resumen narrativo de Objetivos	Indicadores variables objetivamente	Medios de verificación	Supuestos
FIN: Implementar servicios básicos en la comunidad.	Porcentaje de viviendas con servicios básicos implementados	SIG Visitas a campo Encuestas	Los líderes no se comprometen con el proyecto. No hay apoyo por parte de los GAD. No hay apoyo por parte de la comunidad.
PROPÓSITO: Mejorar la calidad de vida de los habitantes que no tienen servicios	Nivel de calidad de vida	Visitas a campo Inspección de las viviendas	No hay apoyo por parte de los GAD. No hay apoyo por parte de la

básicos.			comunidad.
<p>COMPONENTES:</p> <p>1. Las viviendas tienen servicios básicos.</p> <p>2. Las personas aumentan su calidad de vida.</p>	<p>Área que cubren los servicios básicos.</p> <p>Aumento de nivel socioeconómico</p>	<p>Inspecciones</p> <p>SIG</p> <p>Informe técnico</p> <p>Visitas a campo</p> <p>Encuestas</p>	<p>Los habitantes no dan uso a sus nuevos servicios.</p> <p>No hay apoyo por parte de la comunidad.</p> <p>No hay apoyo por parte de los GAD.</p>
<p>ACTIVIDADES:</p> <p>1.1. Identificar zonas que requieren implementación de servicios básicos.</p> <p>1.2. Transportar material para la construcción</p> <p>1.3. Inicio de obras por parte de técnicos.</p> <p>1.4. Verificar el correcto funcionamiento de los servicios básicos.</p> <p>2.1. Uso de los servicios básicos.</p> <p>2.2. Evaluación de la calidad de la infraestructura.</p>	<p>Porcentaje de área que necesita servicios básicos.</p> <p>Dinero invertido en materiales y obras.</p> <p>Porcentaje de servicios básicos que requieren ser mejorados.</p> <p>Porcentaje de personas que utilizan los servicios.</p> <p>Índice de calidad de la infraestructura.</p>	<p>Cronogramas</p> <p>SIG</p> <p>Inspecciones en campo</p> <p>Informe técnico</p> <p>Estudio de impacto ambiental</p> <p>Encuestas</p> <p>Informe técnico</p>	<p>No hay disponibilidad de presupuesto</p> <p>No envían equipo técnico a la zona</p> <p>La comunidad no colabora con las obras.</p> <p>No hay apoyo por parte de los líderes comunitarios</p> <p>La población no mejora su calidad de vida.</p> <p>No hay inspección</p>

			por parte de equipo técnico para el correcto uso de los servicios.
--	--	--	--

Elaborado: Cristian Serrano & Emilio Valdivieso

CAPITULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1.CONCLUSIONES

- En la microcuenca de Cubillín y Magtayán se aprecia la riqueza en flora y fauna al ser un ecosistema sin intervención de actividades antrópicas, el resultado se refleja en la variedad de especies de páramo de flora y fauna que se mantienen intactas dentro del área de estudio.
- La calidad de agua presente en las lagunas es excelente para la vida acuática y consumo humano, ya que los resultados en el análisis químico e índices de calidad del agua se encuentran dentro de los límites y no presenta indicios de agroquímicos.
- Las encuestas realizadas en campo, así como los datos obtenidos del último censo nacional de población y vivienda 2010, indican las malas condiciones de vida que tiene la población, al no existir un buen centro educativo, tampoco un centro de salud ni servicios básicos que expresen buena calidad de vida en los pobladores.
- Con el análisis de los datos de caudal en la microcuenca, se determinó que existe suficiente cantidad de agua para abastecer a la población y apoyar a proyectos de distribución de agua potable o riego cuenca abajo, sin embargo si no se protege la parte alta, puede que los pobladores que dependen de este recurso en las poblaciones de Ozogoche alto y bajo, sufran de déficit de agua en época seca.
- La población requiere aproximadamente 49881 m³/año de agua para tener una calidad de vida aceptable, sin embargo el agua no es aprovechada en su totalidad, ya que, su

situación actual no permite el beneficio de este recurso por carecer de un sistema de distribución de agua potable en la zona de Ozogoché alto y Ozogoché bajo.

- La ausencia de estaciones meteorológicas en la zona de estudio, no ha permitido hacer un análisis del clima que refleje con mayor precisión y fidelidad los factores como temperatura y precipitación de la micro cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán, por lo que dicho análisis se realizó de modo regional y en base a las visitas de campo a la zona.
- Mediante el análisis multitemporal de los tres períodos 1987, 2001 y 2011, se puede determinar que existe un decremento del Páramo de Almohadilla en el período de 1987 – 2011 de 250,9 (has), y un aumento considerable en los suelos semidesnudos en el mismo período de 95,9 (has).
- La pérdida de cobertura vegetal, en la micro cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán se produce mediante procesos erosivos naturales ó DESERTIZACIÓN, debido a que la zona carece de intervención antropogénica.
- Debido al bandeo que presentan las imágenes Landsat a partir del año 2003, se procedió a la corrección de la imagen 2011 mediante el método de relleno, logrando elaborar de ésta manera el Mapa de Cobertura Vegetal del año 2011.
- La Zonificación Ecológica Económica ha sido importante para determinar las unidades geográficas homogéneas existentes en la zona y en base a eso elaborar un apropiado plan de manejo para cada una de ellas. Las zonas definidas en base al presente estudio son “Zona de Protección A”, con un nivel de sensibilidad ambiental bajo, “Zonas de Protección B”, sensibilidad ambiental media y “Zonas de Protección C”, con sensibilidad ambiental alta, y con alto grado de vulnerabilidad.

8.2.RECOMENDACIONES

- Resulta necesario implementar más estaciones meteorológicas en la zona de estudio o sus alrededores, con la finalidad de que reciban información de todos parámetros meteorológicos, de tal manera que los estudios de clima sean completos y reales.

- Es indispensable que el levantamiento de datos en campo se realice con un equipo multidisciplinario, para que la información recopilada sea la requerida según las necesidades que presente el estudio.
- Realizar la aplicación de las metodologías propuestas en el presente estudio para diagnósticos posteriores de otras cuencas hidrográficas, que permitan la validación de los procesos aplicados a la presente.
- Para asegurar que la calidad de agua en las lagunas es excelente y que esté siempre dentro de los límites máximos permisibles, se recomienda un monitoreo constante en el sector ya que varias comunidades cuenca abajo dependen del recurso y pueden verse afectadas por el descuido del mismo.
- Al corregir la imagen del Landsat del 2011 mediante el método de relleno, se recomienda utilizar la mayor cantidad de imágenes posibles de años cercanos, lo cual permitirá obtener mejores resultados en el método.
- Socializar con los pobladores del sector un plan de manejo para la conservación de los páramos de almohadilla en la micro cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán y mantener el caudal de la zona.
- Es importante que la propuesta para el Plan de Manejo de la micro cuenca de las lagunas de Cubillín y Magtayán que se detalla en el presente estudio, se aplique usando las herramientas y procesos recomendados, con la finalidad de asegurar un desarrollo sostenible al territorio y sus recursos.
- Tener un inventario actualizado de flora y fauna, para mantenerlo como base de datos que posteriormente indique si existe pérdida de especies dentro de Ozogoche.
- Es indispensable que se utilice la geodatabase generada para posteriores estudios, con el fin de tener una guía de la situación actual de la micro cuenca y que sirva de guía para la elaboración de nueva información.

BIBLIOGRAFÍA

- Bastidas, Krislen y Teran Cynthia, “Levantamiento de la línea base ambiental de la microcuenca del Río Saucay, Cantón Alausí, Provincia de Chimborazo, para la propuesta de un plan de manejo, utilizando herramientas SIG”, Sangolquí 2011
- Bavera, G. A. y H. A. Bèguet, “Cursos de Producción Bovina de Carne, FAV UNRC”, <http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Genesis%20del%20suelo%20y%20caracteristicas%20generales.pdf>, 2003, 09/05/2012.
- Boada, C., “Composición y Diversidad de la Mastofauna en cuatro localidades de la provincia del Carchi dentro del área de intervención del proyecto GISRENA. Pp. 71-92. *En*: C. Boada y J. Campaña (eds.). Composición y diversidad de la flora y fauna en cuatro localidades en la provincia del Carchi. Un reporte de las evaluaciones ecológicas rápidas. EcoCiencia y GPC”, Quito, Ecuador, 2008.
- Buitrón, G., “Composición y Diversidad de la Avifauna en cuatro localidades de la provincia del Carchi dentro del área de intervención del proyecto GISRENA. Pp. 33-66. *En*: C. Boada y J. Campaña (eds.). Composición y diversidad de la flora y fauna en cuatro localidades en la provincia del Carchi. Un reporte de las evaluaciones ecológicas rápidas. EcoCiencia y GPC”. Quito, Ecuador, 2008.
- Chuvieco, Emilio, “TELEDETECCIÓN AMBIENTAL- La observación de la Tierra desde el Espacio”, Editorial Ariel S.A., mayo 2002.
- Curso “Manejo Integrado de las Cuencas Hidrográficas”, Laboratorio de Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental del Territorio. Departamento de Geografía. Facultad de Ciencias <http://tecrenat.fcien.edu.uy/Cuencas/Gestion%20Integrada%20de%20Cuencas/Practico%201.pdf>, 09/05/2012.
- DOFFO, Nelso; GONZÁLEZ; Gustavo, “Caracterización morfométrica de la cuenca alta del Arroyo Las Lajas, Córdoba: Un análisis estadístico”, *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 2005, <http://scielo.unam.mx/pdf/rmcg/v27n3/v27n3a14.pdf>, 09/05/2012.
- Emmons, L. H. y Feer, F., “Mamíferos de los bosques húmedos de América tropical”. 1era edición en español, Editorial FAN, Santa Cruz de la Sierra, 1999.

- ESRI Chile S.A, Landsat7 ETM+, <http://www.esri-chile.com/biblioteca/landsat7etm.pdf>, 8-05-2012
- Faustino, Jorge; Jiménez, Francisco; Velásquez, Sergio; Alpizar, Francisco; Prins, Cornelis; “Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas”, Cali, 2006.
- Fierro, Diana y Jiménez Lizbeth, “Caracterización de la micro cuenca del Río Manzano, Cantón Alausí, Provincia de Chimborazo y propuesta de Plan de Manejo, utilizando herramientas SIG, Sangolquí, Julio 2011.
- Fuentes, José de Jesús, “Análisis Morfométrico de cuencas: caso de estudio del Parque Nacional Pico de Tancitaro”, 2004, http://www.ine.gob.mx/descargas/cuencas/morfometria_pico_tancitaro.pdf, 09/05/2012.
- Garcés, Cecilia; Ruiz, Viviana, “Análisis multitemporal de la cobertura vegetal y su relación con los recursos hídricos en las micro cuencas de los Ríos Saucay, Manzano y Juval mediante el caudales, uso de sensores remotos y herramientas SIG”, Sangolquí, 2011.
- GUIDO E, Busnelli M, *Criterios morfométricos para la evaluación de la torrencialidad de una cuenca hídrica (Río Las Cataras, Catamarca)*, XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos en Mendoza. Vol. 6, 1993.
- HENAO, S., Jesús, “Introducción al manejo de cuencas hidrográficas”, Universidad Santo Tomas, Bogotá, 1988.
- “Instrumentos de apoyo para el análisis y la gestión de riesgos naturales”, <http://www.snet.gob.sv/Riesgo/GuiaMetodologica.pdf>, 09/05/2012.
- Jarrín V., “Mamíferos en la Niebla. Otonga, un bosque nublado del Ecuador”, Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Publicación Especial 5, Quito, Ecuador, 2001.
- Medina, Iván, “Teoría Del Procesamiento de Imágenes Satelitales”, Quito, Ecuador, 2009
- Medina, Ivan, “Informe Técnico riesgos dipecho Santo Domingo de los Tsáchilas componente cartografía y sig”, 2010.

- O'Dea, N. y R. J. Whittaker, "How resilient are Andean montane forest bird communities to hábitat degradation?", *Biodiversity Conservation*, 2007.
- PRIETO, Francisco J., PAUCAR María G. "Diversidad de flora y fauna en los páramos y bosques montanos del sur oeste del Parque Nacional Sangay (Provincias de Chimborazo y Cañar)", 2011.
- Robredo S. Jose C "Calculo de Caudales de Avenida" Universidad técnica de Madrid.
- SANTILLÁN, Eduardo; JARQUIN Yazmin; DE ANDA José; OLVERA Mario, "Análisis Morfométrico y delimitación de Cuencas Hidrográficas de Topografía Compleja", <http://www.selper-mexico.org.mx/XT%20PDF/HIDROLOGIA/HIDRO-01.pdf>, 09/05/2012.
- SENPLADES Plan Nacional de Buen Vivir 2009-2013, Ecuador, 2009.
- SENPLADES, Normas para la Inclusión de Programas y Proyectos en los planes de Inversión Pública: Matriz de Marco Lógico, http://www.senplades.gob.ec/c/document_library/get_file?uuid=4719a244-5326-4053-9da5-401daf4e9226&groupId=18607, 2011, 16/04/2012.
- Suárez, L.; Mena. P., "Manual de métodos para inventarios de vertebrados terrestres", Fundación EcoCiencia, Quito, 1994.
- Tirira, D, "Mamíferos del Ecuador", Museo de Zoología. Pontificia Universidad Católica del Ecuador/SIMBIOE, Publicación Especial 2. Quito, Ecuador, 1999.
- Tirira, D., "Guía de campo de los mamíferos del Ecuador", Ediciones Murciélagos Blanco, Publicación especial sobre los mamíferos del Ecuador 6, Quito, Ecuador, 2007.
- Tolcachies, Alberto "Medicina ambiental, Contaminación del Agua, Libro Virtual Intranet.
- Tomas, Alejandro, "Mapa estratégico del Ordenamiento Ecológico y Territorial del Municipio de Oaxaca de Juárez", <http://prezi.com/fc3jmujfhwbn/mapa-estrategico-del-ordenamiento-ecologico-y-territorial-del-municipio-de-oaxaca-de-juarez/>, 2011, 16/04/2012.
- WORLD VISIÓN, "Manual de Manejo de Cuencas, Modulo 1: Conceptos básicos", 2004.