



**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 de manejo integral de la cuenca del Río  
Casacay en el Cantón Pasaje, Provincia de El Oro mediante la  
utilización de herramientas SIG”**

**REALIZADO POR:  
ANDREA LUCÍA ARAUJO NAVAS  
FRANCISCO DARIO CABRERA TORRES**

**Sangolquí – Ecuador**

**Mayo - 2009**

## *CERTIFICADO*

Por medio del presente documento, certificamos que la señorita Andrea Lucía Araujo Navas y el señor Francisco Darío Cabrera Torres, desarrollaron el presente Proyecto de Tesis de Grado titulado “PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LA CUENCA DEL RÍO CASACAY EN EL CANTÓN PASAJE, PROVINCIA DE EL ORO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE HERRAMIENTAS SIG”, como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Geógrafo y del Medio Ambiente, en ésta Institución.

---

Ing. Ginella Jácome  
DIRECTORA

---

Ing. Mario Cruz  
CODIRECTOR

Sangolquí, 2009

## *AGRADECIMIENTOS*

*Especialmente a Dios, por su paciencia y entendimiento, a mis padres, mis hermanos, mis primos, mis amigos y amigas, por ayudarme, apoyarme y escucharme cuando lo he necesitado, sin ellos hubiera sido muy difícil el camino;*

*Agradezco a los ingenieros y profesionales que supieron apoyarnos y aportaron mucho en el desarrollo de este proyecto con sus ideas y enseñanzas.*

*André*

*A Dios por ser la luz que guía mi sendero y mi existir, por darme la fe y la fuerza para poder salir adelante;*

*El presente trabajo va dirigido con una expresión de gratitud para mis distinguidos maestros, que con nobleza y entusiasmo, vertieron todo su apostolado en mi alma;*

*Y a mi querida Universidad, porque en sus aulas recibí los más gratos recuerdos que nunca olvidaré*

*Pancho*

## *DEDICATORIA*

*Dedico este trabajo a todos los estudiantes y personas interesadas en estudiar e investigar más en el ámbito del manejo de cuencas hidrográficas, y otros temas de investigación, esperando sea una fuente de información útil y un aporte para generar ideas nuevas y mejoradas, que planteen buenas soluciones para el desarrollo del país.*

*Andre*

*A mis Padres, hermanos y sobrinos que por su afán y sacrificio fue posible la culminación de esta etapa estudiantil que me ha capacitado para un futuro mejor y que siempre pondré al servicio del bien, la verdad y la justicia;*

*A Tatiana, por estar siempre a mi lado y enseñarme que el cariño sincero puede atravesar las barreras del tiempo y la distancia;*

*A mis amigos Nico, Andre, Lore, Jeanneth, Janisse y a la Promoción 05, quienes hicieron de mi paso por la universidad una gran experiencia. Gracias de corazón*

*Pancho*

## *RESUMEN*

El Manejo de Cuencas hidrográficas es un tema que se ha venido tratando desde ya varias décadas atrás, este se enfoca en la armonización entre el ser humano y el ambiente, tornándose importante para la gestión ambiental y el mejoramiento de la calidad de vida del hombre. El presente trabajo fue realizado en base a información secundaria, y al análisis de los factores: sociales, económicos y ambientales, dentro de la subcuenca del río Casacay, con la finalidad de implementar alternativas de manejo óptimas a las condiciones actuales del sector.

Los Sistemas de Información Geográfica, como herramienta de modelamiento y especialización de los datos, permitieron elaborar varias alternativas de manejo, como: la zonificación ecológica económica, caudal ecológico e inundaciones, que fueron de gran importancia para la toma de decisiones.

Los resultados obtenidos se presentan como planes y programas basados en las alternativas de manejo, los cuales van dirigidos a cada uno de los elementos que integran la subcuenca, proponen soluciones que involucran a los gobiernos e instituciones locales, que junto con la ayuda entidades educativas plantean un mejoramiento en la calidad de vida y desarrollo de la población.

## *SUMMARY*

Watershed management is a topic that has been studied for several decades, focusing on the harmonization between the human being and the environment, and becoming increasingly important for environmental protection and for improving the quality of human life. This research is based on information obtained from secondary sources, and on the analysis of the impact of social, economical and environmental factors on Casacay River's sub-basin. Its goal is to implement optimal management alternatives according to the current conditions of the study area.

Geographic Information Systems, as a tool for data modeling and specialization enabled to develop several management alternatives such as: economical and ecological zoning, ecological flow and flooding, which were of high importance for the decision making process.

The obtained results are shown as plans and programs based on management alternatives, which aim to improve the current conditions of each constitutive element of the sub-basin. Their main purpose is to offer possible solutions that involve governments and local authorities, which, along with educational institutions outline an improvement on the inhabitants quality of life as well as the development of the whole area.

## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
Portada	
Certificación	ii
Agradecimientos	iii
Dedicatoria	iv
Resumen	v
Summary	vi
Índice	vii
Índice de Tablas	xiv
Índice de Figuras	xv
Índice de Esquemas	xvi
Índice de Ecuaciones	xvi

## CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 ÁREA DE ESTUDIO	4
1.4.1 Reseña Histórica	4
1.4.2 Descripción General	5
1.5 OBJETIVOS	8
1.5.1 General	8
1.5.2 Específicos	8
1.6 METAS	8
1.7 DISEÑO DE LA TESIS	9
1.8 ESTRUCTURA DEL PROYECTO	12

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 INTRODUCCIÓN	14
------------------	----

2.2 CUENCA HIDROGRÁFICA	14
2.2.1 Definición	14
2.2.2 Elementos	15
2.2.3 Partes de una cuenca hidrográfica	16
2.2.4 Clasificación	17
2.3 FACTORES AMBIENTALES	18
2.3.1 Factores Físicos	18
2.3.1.a Relieve y Fisiografía	18
2.3.1.a.1 Parámetros Morfométricos	18
2.3.1.b Geología y Geomorfología	22
2.3.1.c Clima	22
2.3.1.d Agua	24
2.3.1.d.1 Usos del Agua	24
2.3.1.d.2 Calidad del Agua	25
2.3.1.d.3 Caudal	27
2.3.1.e Suelo	28
2.3.1.e.1 Parámetros de análisis de suelos	28
2.3.1.e.2 Uso Actual del Suelo	30
2.3.2 Factores Bióticos	31
2.3.2.a Zonas de Vida	31
2.3.2.b Flora	33
2.3.2.c Fauna	33
2.4 FACTORES SOCIO ECONÓMICOS CULTURALES	33
2.4.1 Población	34
2.4.2 Salud	34
2.4.3 Educación	35
2.4.4 Infraestructura	35
2.4.5 Paisaje	35
2.4.6 Capital Social	35
2.4.7 Tenencia de Tierra	36
2.4.8 Actividades Económicas	36
2.5 ANALISIS FODA	36
2.6 MANEJO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS	37
2.6.1 Utilización de herramientas SIG orientado al manejo de cuencas	37
2.6.1.a Modelo SIG	38
2.7 MODELO CARTOGRÁFICO	39
2.7.1 Características de los Modelos Cartográficos	40
2.7.2 Tipos de Modelado Cartográfico	40

2.8 ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS	41
2.8.1 Zonificación Ecológica Económica (ZEE)	41
2.8.1.a Características de la ZEE	42
2.8.1.b Tipos de ZEE	42
2.8.1.c Capacidad de Uso del Suelo	42
2.8.1.d Uso Potencial	43
2.8.1.e Síntesis Socioeconómica	43
2.8.2 Caudal Ecológico	43
2.8.3 Inundaciones	44
2.9 IMPACTOS AMBIENTALES	45
2.10 PROPUESTA DEL PLAN DE MANEJO	45

### **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

3.1 INTRODUCCIÓN	46
3.2 COMPONENTES AMBIENTALES	46
3.2.1 Factores abióticos	46
3.2.1.a Relieve y Fisiografía	46
3.2.1.a.1 Parámetros Morfométricos	46
3.2.1.b Geología y Geomorfología	53
3.2.1.c Clima	53
3.2.1.d Agua	54
3.2.1.d.1 Usos del Agua	54
3.2.1.d.2 Calidad del Agua	54
3.2.1.d.3 Caudales	55
3.2.1.e Suelo	57
3.2.1.e.1 Descripción de los tipos de Suelos	57
3.2.1.e.2 Análisis de Suelos	57
3.2.1.e.3 Uso Actual del Suelo	60
3.2.2 Factores bióticos	61
3.2.2.a Zonas de Vida	61
3.2.2.b Flora	64
3.2.2.c Fauna	64
3.3 COMPONENTES SOCIALES ECONÓMICOS Y CULTURALES	64
3.3.1 Población	65

3.3.2 Salud	67
3.3.3 Educación	68
3.3.4 Infraestructura	68
3.3.4.a Red Vial	68
3.3.4.b Centros de Salud	69
3.3.4.c Centros Educativos	69
3.3.5 Paisaje	70
3.3.6 Vivienda	70
3.4 UTILIZACIÓN DE HERRAMIENTAS SIG ORIENTADO MANEJO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS	71
3.4.1. Procesamiento de Mapas	71
3.5 ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS	80
3.5.1 Zonificación Ecológica Económica (ZEE)	80
3.5.1.a Capacidad de Uso del Suelo	80
3.5.1.b Uso Potencial	88
3.5.1.c Conflictos	89
3.5.1.d Síntesis Socioeconómica	90
3.5.1.e Categorías de Uso	90
3.5.2 Caudal Ecológico	91
3.5.2.a Caudal	91
3.5.2.b Tiempo y Variabilidad	92
3.5.2.c Calidad	92
3.5.2.d Infraestructura hidráulica	92
3.5.2.e Métodos para la determinación de caudales ecológicos	93
3.5.3 Inundaciones	94
3.6 IMPACTOS AMBIENTALES	95

## **CAPÍTULO IV RESULTADOS**

4.1 ELEMENTOS DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CASACAY	96
4.1.1 Río principal	96
4.1.2 Los afluentes	96
4.1.3 Línea divisoria de vertientes	96
4.1.4 Relieve de la subcuenca	96
4.1.5 Partes de la subcuenca	96

4.1.6 Clasificación de cuencas hidrográficas	97
4.2 COMPONENTES AMBIENTALES	98
4.2.1 Factores abióticos	98
4.2.1.a Relieve y Fisiografía	98
4.2.1.a.1 Parámetros Morfométricos	99
4.2.1.b Geología y Geomorfología	103
4.2.1.c Clima	105
4.2.1.d Agua	107
4.2.1.d.1 Usos del Agua	108
4.2.1.d.2 Calidad del Agua	110
4.2.1.d.3 Caudales	112
4.2.1.e Suelo	113
4.2.1.e.1 Descripción de los tipos de Suelos	113
4.2.1.e.2 Análisis de Suelos	114
4.2.1.e.3 Uso Actual del Suelo	116
4.2.2 Factores bióticos	117
4.2.2.a Zonas de Vida	117
4.2.2.b Flora	119
4.2.2.c Fauna	121
4.3 COMPONENTES SOCIALES ECONÓMICOS Y CULTURALES	123
4.3.1 Población	123
4.3.2 Salud	126
4.3.3 Educación	126
4.3.4 Infraestructura	127
4.3.5 Paisaje	128
4.3.6 Vivienda	129
4.3.7 Capital Social	130
4.3.8 Tenencia de Tierra	132
4.3.9 Actividades Económicas	132
4.3.10 Población Económicamente Activa	135
4.4 ANÁLISIS FODA	135
4.5 MANEJO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS	137
4.6 ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS	138
4.6.1 Zonificación Ecológica Económica (ZEE)	138
4.6.1.a Capacidad de Uso del Suelo	138
4.6.1.b Uso Potencial	140
4.6.1.c Conflictos	142
4.6.1.d Síntesis Socioeconómica	143

4.6.1.e Categorías de Uso	143
4.6.2 Caudal Ecológico	146
4.6.3 Inundaciones	146
4.7 IMPACTOS AMBIENTALES	148

## **CAPÍTULO V PROPUESTA DE PLANES DE MANEJO**

5.1 INTRODUCCIÓN	150
5.2 PROGRAMAS DEL PLAN DE MANEJO	150

## **CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1 CONCLUSIONES	164
6.2 RECOMENDACIONES	169

<b>SIGLAS</b>	171
---------------	-----

<b>GLOSARIO</b>	172
-----------------	-----

<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	179
---------------------	-----

<b>ANEXOS</b>	
---------------	--

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>pág.</b>
Tabla. I.1. Coordenadas del límite de la subcuenca del río Casacay	6
Tabla. II.2. Clasificación de una cuenca hidrográfica	17
Tabla. II.3. Operaciones topológicas	41
Tabla. III.4. Formas de las cuencas hidrográficas	48
Tabla. III.5. Susceptibilidad a las crecidas	48
Tabla. III.6. Clasificación de pendiente media	51
Tabla. III.7. Datos Meteorológicos de la subcuenca Casacay	53
Tabla. III.8. Límite permisible para uso humano y consumo doméstico	55
Tabla. III.9. Clasificación de textura	58
Tabla. III.10. Clasificación de salinidad	58
Tabla. III.11. Clasificación de acidez	59
Tabla. III.12. Clasificación de MO	60
Tabla. III.13. Clasificación de consistencia	60
Tabla. III.14. Biotemperatura	61
Tabla. III.15. Precipitación	62
Tabla. III.16. Humedad	63
Tabla. III.17. Evapotranspiración	64
Tabla. III.18. Población 1986	65
Tabla. III.19. Población 2007	65
Tabla. III.20. Tamaño de la muestra	66
Tabla. III.21. Grupos de edades	67
Tabla. III.22. Grupos por sexos	67
Tabla. III.23. Principales Causas de Mortalidad	67
Tabla. III.24. Porcentaje de Alfabetismo	68
Tabla. III.25. Establecimientos de Salud	69
Tabla. III.26. Centros educativos de la subcuenca del Casacay	69
Tabla. III.27. Viviendas de la subcuenca del Casacay, 1986	70
Tabla. III.28. Viviendas de la subcuenca del Casacay, 2007	70
Tabla. III.29. Cartas Topográficas	71
Tabla. III.30. Proceso de elaboración del Mapa Base	72
Tabla. III.31. Proceso de elaboración del DTM	72
Tabla. III.32. Proceso de elaboración del Mapa de Pendientes	73
Tabla. III.33. Proceso de elaboración del Mapa Geológico	73
Tabla. III.34. Proceso de elaboración del Mapa Geomorfológico	74
Tabla. III.35. Proceso de elaboración del Mapa de Microcuencas	74

Tabla. III.36. Proceso de elaboración del Mapa de Descripción de Tipos de Suelo	75
Tabla. III.37. Proceso de elaboración del Mapa de Tipos de Suelo	75
Tabla. III.38. Proceso de elaboración del Mapa de Uso Actual de Suelo	76
Tabla. III.39. Proceso de elaboración del Mapa de Biotemperatura	77
Tabla. III.40. Proceso de elaboración del Mapa de Humedad	77
Tabla. III.41. Proceso de elaboración del Mapa de ETP	78
Tabla. III.42. Proceso de elaboración del Mapa de Precipitación	78
Tabla. III.43. Proceso de elaboración del Mapa de Zonas de Vida	79
Tabla. III.44. Proceso de elaboración del Mapa de Grupo de Edades	79
Tabla. III.45. Proceso de elaboración del Mapa de Grupo de Sexo	80
Tabla. III.46. Proceso de elaboración del Mapa de Densidad Poblacional	80
Tabla. III.47. Valoración de Parámetros para obtener la Capacidad Agrológica	82
Tabla. III.48. Clasificación de profundidad para obtener la Capacidad Agrológica	82
Tabla. III.49. Clasificación de tipos de suelo para obtener la Capacidad Agrológica	83
Tabla. III.50. Clasificación de geología para obtener la Erosión	84
Tabla. III.51. Clasificación de uso actual para obtener la Erosión	85
Tabla. III.52. Clasificación de relieve para obtener la Erosión	85
Tabla. III.53. Clasificación de zonas de vida para obtener la Erosión	86
Tabla. III.54. Clasificación de erosión para obtener la Capacidad Agrológica	86
Tabla. III.55. Clasificación de precipitación para obtener la Capacidad Agrológica	87
Tabla. III.56. Clasificación de temperatura para obtener la Capacidad Agrológica	87
Tabla. III.57. Clasificación de humedad para obtener la Capacidad Agrológica	87
Tabla. III.58. Infraestructura Vial para obtener el Uso Potencial	88
Tabla. III.59. Valoración de infraestructura vial para obtener el Uso Potencial	88
Tabla. III.60. Uso Actual vs. Uso Potencial del Suelo	89
Tabla. III.61. Conflictos vs. Uso Potencial del Suelo	91
Tabla. IV.62. Tipos de pendientes en la subcuenca Casacay	98
Tabla. IV.63. Geología de la subcuenca Casacay	104
Tabla. IV.64. Geomorfología de la subcuenca Casacay	105
Tabla. IV.65. Microcuencas	107
Tabla. IV.66. Usos de Agua del río Casacay	110
Tabla. IV.67. Calidad del Agua	111
Tabla. IV.68. Calidad del Agua del río Casacay	111
Tabla. IV.69. Descripción de los tipos de suelos en la subcuenca Casacay	113
Tabla. IV.70. Uso Actual del Suelo en la subcuenca Casacay	117
Tabla. IV.71. Flora de la subcuenca Casacay	120
Tabla. IV.72. Cultivos de especies en la subcuenca Casacay	121
Tabla. IV.73. Fauna de la subcuenca Casacay	121

Tabla. IV.74. Lista de especies de animales de la subcuenca Casacay	122
Tabla. IV.75. Población proyectada al 2015	123
Tabla. IV.76. Densidad Poblacional en la subcuenca Casacay	124
Tabla. IV.77. Crecimiento poblacional	125
Tabla. IV.78. Red Vial	127
Tabla. IV.79. Cultivos en la subcuenca del Casacay	133
Tabla. IV.80. Ganado en la subcuenca del Casacay	134
Tabla. IV.81. Clases agrológicas de la subcuenca Casacay	139
Tabla. IV.82. Clasificación de uso potencial de la subcuenca Casacay	140
Tabla. IV.83. Conflictos de suelo en la subcuenca Casacay	142
Tabla. IV.84. Síntesis Socio Económica en la subcuenca Casacay	143
Tabla. IV.85. Zonificación Ecológica Económica	145
Tabla. IV.86. Áreas de la ZEE	146
Tabla. IV.87. Matriz de Impactos	149
Tabla. V.88. Tipo de Flora para reforestación	157

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
Figura. I.1. Ubicación general de la subcuenca Casacay	7
Figura. II.2. Esquemmatización de una cuenca hidrográfica	15
Figura. II.3. Partes de una cuenca hidrográfica	17
Figura. II.4. Ciclo del Agua	24
Figura. II.5. Fuentes de Agua, usos y calidad	25
Figura. II.6. Texturas del suelo	29
Figura. II.7. Zonas de Vida	32
Figura. II.8. Sobreposición de mapas	39
Figura. III.9. Mediana de Altitud	50
Figura. III.10. Aforo con flotador	56
Figura. III.11. Área transversal media	56
Figura. III.12. Altura vs. Temperatura	62
Figura. IV.13. Esquemmatización de la subcuenca Casacay	97
Figura. IV.14. Orden de drenaje de la subcuenca Casacay	101
Figura. IV.15. Diagramas Ombrotérmicos	106
Figura. IV.16. Crecimiento poblacional	123
Figura. IV.17. Crecimiento de viviendas	130
Figura. IV.18. Profundidad Jubones 80 m.	147
Figura. IV.19. Profundidad Jubones 200 m.	147

## ÍNDICE DE ESQUEMAS

	<b>pág.</b>
Esquema. I.1. Diseño de la tesis	11
Esquema. III.2. Capacidad Agrológica	81
Esquema. IV.3. Análisis FODA	137
Esquema. V.4. Planes de Manejo	151

## ÍNDICE DE ECUACIONES

	<b>pág.</b>
Ec. 1: Longitud Axial	47
Ec. 2: Ancho Promedio	47
Ec. 3: Coeficiente de Compacidad	48
Ec. 4: Factor Forma	48
Ec. 5: Altitud Media	49
Ec. 6: Pendiente Media	50
Ec. 7: Densidad de Drenaje	51
Ec. 8: Índice Asimétrico	52
Ec. 9: Coeficiente de Torrencialidad	52
Ec. 10: Tiempo de Concentración	53
Ec. 11: Velocidad del río	55
Ec. 12: Área Transversal Media	56
Ec. 13: Caudal del río	57
Ec. 14: Temperatura en función de Altura	62
Ec. 15: ETP según Thornwaite	63
Ec. 16: Índice de calor anual Thornwaite	63
Ec. 17: Variable Thornwaite	64
Ec. 18: Tamaño de la Muestra	66
Ec. 19: Erosión	83
Ec. 20: Profundidad máxima	94
Ec. 21: Crecimiento poblacional	123
Ec. 22: Crecimiento de Viviendas	130