



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

INSTITUTO DE POSTGRADO



Instituto de
Posgrado

MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

TEMA:

“MITIGACIÓN DE IMPACTOS EN EL USO Y CONSERVACIÓN DE LA MICROCUENCA DEL RÍO HUACA CON ENFOQUE COMUNITARIO DE LA INVESTIGACIÓN-ACCIÓN, MEDIANTE ANÁLISIS MULTITEMPORAL”

Trabajo de Investigación previo a la obtención del Título de Magíster en
Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas

AUTORA: Consuelo del Pilar Ruiz Pomasqui

DIRECTOR: Ph.D. Wilfredo Ramiro Franco

IBARRA - ECUADOR

2019

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

En calidad de tutor del Trabajo de Grado titulada: **“MITIGACIÓN DE IMPACTOS EN EL USO Y CONSERVACIÓN DE LA MICROCUENCA DEL RÍO HUACA CON ENFOQUE COMUNITARIO DE LA INVESTIGACIÓN-ACCIÓN, MEDIANTE ANÁLISIS MULTITEMPORAL”**, de autoría de: Consuelo del Pilar Ruiz Pomasqui, para optar por el grado de Magister en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 30 días del mes de marzo de 2019

Lo certifico

(Firma).....

Wilfredo Ramiro Franco. PhD

C.C.: 1757359411

DIRECTOR DE TESIS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA



Instituto de
Posgrado

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1001781382		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Ruiz Pomasqui Consuelo del Pilar		
DIRECCIÓN:	Ibarra, calle 8 de marzo 1-20		
EMAIL:	consue_ruiz@yahoo.com		
TELÉFONO FIJO:	062 632412	TELÉFONO MÓVIL:	0998521693
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	“MITIGACIÓN DE IMPACTOS EN EL USO Y CONSERVACIÓN DE LA MICROCUENCA DEL RÍO HUACA CON ENFOQUE COMUNITARIO DE LA INVESTIGACIÓN-ACCIÓN, MEDIANTE ANÁLISIS MULTITEMPORAL”		
AUTOR (ES):	Oscar Iván Mayanquer Mayanquer		
FECHA:	2019-03-30		
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO			
PROGRAMA:	<input type="checkbox"/> PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO		
TITULO POR EL QUE OPTA:	Magíster en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas		
ASESOR /DIRECTOR:	José Raúl Guzmán Paz. Msc/ Wilfredo Ramiro Franco. PhD		

2. CONSTANCIAS

La autora (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

En la ciudad de Ibarra, a los 30 días del mes de marzo de 2019

LA AUTORA

(Firma).....

Consuelo del Pilar Ruiz Pomasqui

CI.: 1001781382

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: POSGRADO – UTN


Fecha: Ibarra, 30 de marzo de 2019

CONSUELO DEL PILAR RUIZ POMASQUI: “MITIGACIÓN DE IMPACTOS EN EL USO Y CONSERVACIÓN DE LA MICROCUENCA DEL RÍO HUACA CON ENFOQUE COMUNITARIO DE LA INVESTIGACIÓN-ACCIÓN, MEDIANTE ANÁLISIS MULTITEMPORAL”, TRABAJO DE GRADO. MAGÍSTER EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS. UTN. Universidad Técnica del Norte, Ibarra.

DIRECTOR: Wilfredo Ramiro Franco. PhD.

El principal objetivo de la presente investigación fue, Diseñar un programa de mitigación para el uso y conservación de la microcuenca del Río Huaca con enfoque comunitario, mediante análisis multitemporal en los periodos 1996 – 2011 – 2017.

Fecha: Ibarra, 30 de marzo de 2019



.....
Wilfredo Ramiro Franco. PhD

Director



.....
Ing. Consuelo del Pilar Ruiz Pomasqui

Autora

DEDICATORIA

A Dios quien inspiró mi espíritu para la conclusión de esta tesis. A mis padres quienes me dieron la vida, educación, apoyo y consejos. A mi familia quienes fueron un gran apoyo emocional durante el tiempo que escribía esta tesis. A todas las personas que me apoyaron para escribir y concluir esta investigación.

Consuelo del Pilar

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte por la formación académica que imparte.

A mi director de tesis PhD. Wilfredo Franco por su paciencia, apoyo, entrega y colaboración a lo largo de esta investigación, por la confianza brindaba y por impulsarme siempre a hacer las cosas de la mejor manera.

Al asesor Msc. José Guzmán por la colaboración en la revisión de la investigación.

A todas las personas que de una u otra manera han contribuido en la elaboración de este estudio, gracias por el cariño y por el impulso a seguir avanzando siempre.

Consuelo del Pilar

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS	ii
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	iii
REGISTRO BIBLIOGRAFICO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
GLOSARIO	xv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema de investigación	2
1.2. Objetivos de la investigación	5
1.2.1. Objetivo general	5
1.2.2. Objetivos específicos	5
1.3. Preguntas de investigación.....	6
1.4. Justificación	7
CAPÍTULO II	9
MARCO REFERENCIAL.....	9
2.1. Antecedentes	9
2.1.1. Los sistemas de información geográfica en el análisis y gestión de la cuenca.....	9
2.1.2. Parámetros morfométricos	11
2.1.3. Coeficiente de compacidad de Gravelius (kc)	13
2.1.4. Altitud o elevaciones de la microcuenca del Río Huaca.....	13
2.1.5. Pendiente de la Cuenca	16

2.2. Referentes teóricos	20
2.2.1. El Suelo	20
2.2.2. El agua.....	28
2.2.3. Cobertura vegetal	30
2.2.4. Plan de mitigación.....	31
2.2.5. Sistemas de conservación de suelos y agua	33
CAPÍTULO III.....	39
MARCO METODOLÓGICO	39
3.1. Descripción del área de estudio	39
3.2. Parámetros morfométricos e hidrográficos de la microcuenca del Río Huaca	40
3.2.1. Pendiente de la Cuenca	42
3.3. Tipo y diseño y de investigación.....	44
3.4. Procedimiento de investigación	45
3.4.1. Análisis Multitemporal.....	46
3.4.2. Softwares de SIG.....	46
3.4.3. Obtención de las imágenes.....	47
3.4.4. Tratamiento digital de las imágenes satelitales con el software ArcMap	47
3.5. Clasificación de las imágenes satelitales	47
3.5.1. Agrupación de los píxeles de la imagen por categorías	48
3.5.2. Elaboración del mapa de cobertura vegetal y análisis multitemporal de las imágenes satelitales	48
3.6. Determinación del grado de deterioros de la erosión del suelo y afectación a los cursos de agua	49
3.6.1. Población y muestra	50
3.6.2. Técnicas e instrumentos de recolección de información.....	51
CAPÍTULO IV.....	53
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	53
4.1. Caracterización morfométrica de la microcuenca del Río Huaca.....	53
4.2. Análisis multitemporal de la microcuenca del Río Huaca	54

4.3. Cambio de uso del suelo en la microcuenca del Río Huaca en el período 1996 a 2011.....	64
4.4. Cambio de uso del suelo en la microcuenca del Río Huaca en el período 2011 a 2017.....	65
4.5. Interfometría de la microcuenca del Río Huaca	67
4.6. Caracterización socio ambiental de la población de la microcuenca del Río Huaca	71
CAPÍTULO V	83
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	83
5.1. Conclusiones del análisis multitemporal del uso de la tierra	83
5.2. Propuesta del Plan de Mitigación de la microcuenca del Río Huaca.....	84
5.2.1. Principios básicos para ejecutar un plan de mitigación	84
5.2.2. Estrategia básica para la formulación del plan maestro	84
5.2.3. Organización para la implementación del Plan.....	86
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89
ANEXOS	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rangos para la definición de la forma de una cuenca.....	13
Tabla 2. Cálculo de la altitud media de la microcuenca del Río Huaca.....	15
Tabla 3, Cálculo de la altitud media de la microcuenca del Río Huaca.....	15
Tabla 4. <i>Densidad de drenaje</i>	18
Tabla 6. Reporte análisis de textura suelos microcuenca Río Huaca.....	23
Tabla 6. Parámetros morfométricos e hidrográficos de la microcuenca del Río Huaca	40
Tabla 7. Cálculo de la curva hipsométrica de la microcuenca del Río Huaca	41
Tabla 8. Clasificación de pendientes.....	42
Tabla 9. Cálculo de orden del cauce de la microcuenca del Río Huaca.	43
Tabla 10. Obtención de las siguientes imágenes de la zona de estudio	46
Tabla 11. Mitigación para el uso y conservación de la microcuenca del rio Huaca 1996- 2011 Cobertura vegetal	64
Tabla 12. Mitigación para el uso y conservación de la microcuenca del rio Huaca 2011- 2017 Cobertura vegetal	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. El análisis espacial.....	10
Figura 2. Representación de los parámetros Área, Perímetro y Longitud Axial en el territorio ocupado por la microcuenca hidrográfica.....	12
Figura 3. Representación de los parámetros Altitud Máxima y Altitud Mínima en el territorio ocupado por la microcuenca hidrográfica.....	14
Figura 4. Tipos de curvas Hipsométrica.....	16
Figura 5. Análisis de patrones de Drenaje.....	18
Figura 6. Ubicación de la microcuenca del Río Huaca y su área de influencia.....	39
Figura 7. Curva Hipsométrica de la microcuenca del Río Huaca.....	41
Figura 8. Mapa de Pendientes Microcuenca del Rio Huaca.....	42
Figura 9. Orden del cauce de la microcuenca el Río Huaca.....	43
Figura 10. <i>Patrón de drenaje de la microcuenca del Río Huaca</i>	44
Figura 11 Interpretación de la imagen de la microcuenca del Río Huaca/Carchi 1996-2017.....	54
<i>Figura 12. Mitigación para el uso y conservación de la microcuenca del rio Huaca 2011-2017</i>	56
Figura 13. Mitigación para el uso y conservación de la microcuenca del rio Huaca 1996 Cobertura vegetal.....	58
Figura 14. Mitigación para el uso y conservación de la microcuenca del rio Huaca 2011 Cobertura vegetal.....	60
Figura 15. Mitigación para el uso y conservación de la microcuenca del rio Huaca 2017 Cobertura vegetal.....	62
Figura 16. Mitigación para el uso y conservación de la microcuenca del rio Huaca 2017 Cobertura vegetal.....	68
Figura 17. Susceptibilidad a erosión dentro de la cuenca hidrográfica.....	69
Figura 18. Ocupación de la población que habita en la microcuenca del Río Huaca	71
Figura 19. Género de pobladores en la microcuenca el Río Huaca.....	71
Figura 20. Edad de los habitantes de la microcuenca del Río Huaca.....	72
Figura 21. Conocimiento de las personas sobre que es una cuenca Hidrográfica.....	72

Figura 22. Cambios en el uso de la tierra.....	72
Figura 23. Deterioro del suelo en la microcuenca del Río Huaca.....	73
Figura 24. Calidad del agua de la microcuenca del Río Huaca	73
Figura 25 Disminución de caudal	73
Figura 26 Manejo y conservación	74
Figura 27. Gestión del uso, manejo y conservación de la microcuenca	74
Figura 28. Actividades de corresponsabilidad	74
Figura 29. Contribución de los pobladores	75
Figura 30. Aporte económico.....	75
Figura 31. Pagos por mal uso.....	75
Figura 32. Fuentes de contaminación del agua	76
Figura 33. Efectos de la mala calidad de agua.....	76
Figura 34. Medidas preventivas	77
Figura 35. Aumento del volumen de agua limpia	77
Figura 36. Actividades de contaminación del suelo.....	78
Figura 37. Actividades agrícolas inadecuadas	78
Figura 38. Actividad pecuaria	78
Figura 39. Conservación de suelos.....	79
Figura 40. Manejo de suelo para mejorar el balance hídrico	79
Figura 41. Captación de nuevos recursos hídricos.....	80
Figura 42. Educación ambiental.....	80
Figura 43. Creación de viveros	80
Figura 44. Viveros comunitarios.....	81
Figura 45. Plantación con arboles	81
Figura 46. Especies vegetales recomendadas.....	81
Figura 47. Métodos de rescate de las aguas y recuperación de su calidad.....	82
Figura 48 Punto visual 1 microcuenca del Rio Huaca	96
Figura 49 Punto visual 2, microcuenca del Rio Huaca	97
Figura 50 Punto visual 3, microcuenca del Rio Huaca.	97
Figura 51 Cuenca baja del Rio Huaca.....	98
Figura 52 Pequeñas parcelas de cultivos de papa en Huaca	98
Figura 53 Contaminación del Rio Huaca, parte media	99

Figura 54 Contaminación de Río Huaca	99
Figura 55 Sobrepastoreo microcuenca del Río Huaca	100
Figura 56 Planta de tratamiento Casa fría	100
Figura 57 Planta de tratamiento Paja Blanca	101
Figura 58 Planta de tratamiento Paja blanca	101
Figura 59 Cuaspud, cuenca media, se puede observar los perfiles de suelo: Horizonte A y Horizonte B	102
Figura 60 Labores de labranza en un terreno con pendiente del 50% Casa Fría media	102
Figura 61 Reunión de capacitación sobre cuidado de los recursos naturales a pobladores de las comunidades de la microcuenca del Río Huaca	103
Figura 62 Reunión de capacitación sobre cuidado de los recursos naturales a pobladores de las comunidades de la microcuenca del Río Huaca	103

GLOSARIO

A: Área

Aster: Radiómetro de Reflexión y Emisión Térmica de Spaceborne Avanzado

Ap: Ancho promedio

CEPAL: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

Dd: Densidad de drenaje

DH: Desnivel altitudinal

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

Ff: Factor de forma

GAD: Gobierno Autónomo Descentralizado

GEOINSTITUTOS: Institutos geográficos y cartográficos de América Latina

GRN: Gestión de Recursos Naturales

H: Altitud media

Hmax: Altitud máxima

Hmin: Altitud mínima

IAP: Investigación Acción Participativa

IGM: Instituto Geográfico Militar

INAMHI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

INATEC: Instituto Nacional Tecnológico-Nicaragua

INERHI: Instituto Ecuatoriano de Recursos Hídricos

JICA: Agencia de Cooperación Internacional del Japón

kc: Coeficiente de compacidad de Gravelius

La: Longitud axial

Lansadt: Una serie de satélites construidos y puestos en órbita para la observación en alta resolución de la superficie terrestre.

Ma: Mediana de altitud

MINP: Manejo Integrado de Nutrición de las Plantas

NASA: Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio

P: Perímetro

SIG: Sistemas de información geográfica

SENPLADES: Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo del Ecuador

SIGTIERRAS: Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica.

SRTM: Misión Topográfica Shuttle Radar

RESUMEN

“MITIGACIÓN DE IMPACTOS EN EL USO Y CONSERVACIÓN DE LA MICROCUENCA DEL RÍO HUACA CON ENFOQUE COMUNITARIO DE LA INVESTIGACIÓN-ACCIÓN, MEDIANTE ANÁLISIS MULTITEMPORAL”

Autora: Consuelo del Pilar Ruiz Pomasqui

Correo: consue_ruiz@yahoo.com

Las imágenes satelitarias constituyen una formidable herramienta en el estudio y monitoreo de procesos de dimensiones geográficas que pudieran estar comprometiendo la sostenibilidad del desarrollo socioeconómico y sus actividades inherentes, como es el caso, al provocar la degradación ambiental, de suelos y aguas mediante el cambio de uso de la tierra en cuencas altas. En la cuenca alta del río Huaca, el frente de uso agropecuario ha venido afectando las últimas áreas remanentes del bosque montano y las fuentes primarias de agua. Este trabajo tuvo como objetivo diseñar un programa de mitigación para el uso y conservación de la microcuenca del Río Huaca con enfoque comunitario, con base en el análisis multitemporal de imágenes en los períodos 1996 – 2011 – 2017. Se determinó el grado de deterioro por erosión del suelo y la afectación de nacientes y cursos de agua de la microcuenca y se formularon medidas de mitigación como programas de diferentes prácticas de conservación, cuya sociabilización permitirá su aplicación con el fin de evitar y revertir su degradación biofísica y contaminación. La interpretación y análisis de las imágenes aéreas se complementó con recorridos de campo para observación directa, y encuestas y entrevistas a profundidad de familias del grupo focal definido. Se constató que la cobertura de bosques naturales se redujo progresivamente desde 1996 a 2011, e, igualmente, que entre 2011 y 2017 se recuperó la sucesión natural en ciertas áreas y en otras se inició la cobertura por plantaciones forestales protectoras, lo que es indicativo del inicio del cambio en la tendencia degradante hacia la recuperación de la microcuenca. El levantamiento de campo permitió detectar el nivel de consciencia adquirido por la población local sobre el impacto ambiental y sus consecuencias y la necesidad de capacitarse para emprender las actividades necesarias para recuperar los recursos suelo y agua de la microcuenca del río Huaca. El trabajo finaliza con la formulación de un Plan de Mitigación de la degradación ambiental de la microcuenca con la participación de la comunidad local.

Palabras claves: conservación cuencas altas, Carchi, aplicación de SIG.

ABSTRACT

"MITIGATION OF IMPACTS ON THE USE AND CONSERVATION OF THE HUACA RIVER WATERSHED WITH A COMMUNITY-BASED APPROACH TO ACTION RESEARCH, THROUGH MULTI-TEMPORAL ANALYSIS"

Author: Consuelo del Pilar Ruiz Pomasqui

Correo: consue_ruiz@yahoo.com

The satellite images constitute a formidable tool in the study and monitoring of processes of geographical dimensions that could be compromising the sustainability of the socioeconomical development and its inherent activities, as it is the case, by causing the environmental, soil and water degradation through the change of land use in high watersheds. In the upper basin of the Huaca river, the front of agricultural use has been affecting the last remnant areas of the montane forest and primary water sources. The objective of this work was to design a mitigation program for the use and conservation of the micro-basin with a community approach, based on a multitemporal analysis of images in the periods 1996 - 2011 - 2017. The degree of deterioration due to soil erosion and the affectation of springs and watercourses of the Huaca River micro-basin were determined and mitigation measures were formulated as diverse conservation practices programs, whose socialization will allow their application in order to avoid and reverse the continuation of biophysical degradation and pollution. The interpretation and analysis of the aerial images was complemented with field trips for direct observation, and surveys and in-depth interviews with families of the defined focal group. It was found that the coverage of natural forests was progressively reduced from 1996 to 2011, and also that between 2011 and 2017 the natural succession was recovered in certain areas, and in others the coverage was initiated by protective forest plantations, which is indicative of the change initiation of the degrading tendency towards the recovery of the micro-basin. The field survey made it possible to detect the level of awareness acquired by the local population about the environmental impact and its consequences and the need to be trained to undertake the necessary activities to recover the soil and water resources of the Huaca river micro-basin. The work finish with the formulation of a Mitigation Plan to face the environmental degradation of the micro-basin with the local community participation.

Keywords: Watersheds Conservation, Carchi, GIS application.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En el Capítulo I se expone la temática afín que fundamenta el trabajo investigativo para el cumplimiento de los objetivos planteados. De esta manera se presentan los diversos temas y subtemas según jerarquía de investigación y magnitud del problema a investigarse.

En el Capítulo II se describen los conceptos, teorías, definiciones, categorías, metodologías y resultados de investigaciones que sustentan la presente investigación, la información que se ha utilizado es de tipo general y especial y que se ha presentado en forma física y digital de los últimos 5 años.

En el Capítulo III se detallan el diseño, tipo de investigación, técnicas e instrumentos de recolección de información, estas actividades que responden a la pregunta ¿Cómo lo haré?, y que se detallan para el cumplimiento de los objetivos específicos y siguiendo las preguntas directrices planteadas.

En el Capítulo IV se presenta los resultados y discusión o propuesta, respondiendo a la pregunta cuáles fueron los hallazgos, los nuevos conocimientos que arrojo la investigación, las medidas de mitigación para el uso y conservación de la microcuenca del Río Huaca con enfoque comunitario, mediante análisis multitemporal en los períodos 1996 – 2011 – 2017.

En el Capítulo V se formulan las conclusiones y recomendaciones de la investigación señalando los resultados en relación a los objetivos planteados, exponiendo la importancia e indicando sus implicaciones teóricas y prácticas.

1.1. Problema de investigación

Es muy notorio que los recursos naturales expresamente suelos y aguas, constituyen un problema latente, en cuanto al creciente deterioro por causas climáticas articuladas a procesos antrópicos, los mismos que han sido motivo de preocupación de sectores gubernamentales, locales, comunitarios y a nivel global.

El sistema hídrico desempeña una importante función esencial dentro del ecosistema, al ser el componente vital en sus diferentes dimensiones funcionales y de estructura, lo cual se expresa en la existencia de la vida misma en sus variadas formas.

De manera particular, la provincia del Carchi, en la zona 1 del Ecuador, presenta una serie de problemas relacionados al uso y manejo del suelo y el agua, que conlleva al constante deterioro de estos recursos indispensables para la vida en la Tierra. Se tienen referentes técnicos y científicos que dan veracidad de lo antes expresado conforme sostiene la Corporación Andina de Fomento y The Nature Conservancy (2008):

El agua y el suelo constituyen recursos que sostienen la vida. Sin embargo, las diferentes labores humanas al no ser encaminadas desde un punto de vista sostenible han ocasionado deterioro (...) en la producción y la economía respecto al progreso social. Adicionalmente se ignora el costo que los recursos naturales muestran para la sociedad humana, desde una perspectiva ecológica, económica, ética y cultural (p.18).

Franco (2016) afirma:

Carchi, provincia andina al Norte del Ecuador, (...), ha fundamentado su desarrollo social y económico en la explotación, prácticamente sin medida, del recurso Suelo, originalmente de extraordinaria productividad por su origen volcánico. El sector agropecuario ha sufrido transformaciones significativas desde la primera mitad del siglo XX en función de impulsos sociales (crecimiento demográfico), políticos

(reformas agrarias de 1965 y 1973 y leyes agrícolas) y económicos (infraestructura, créditos, paquetes tecnológicos, nuevas industrias y mercados); cambiando sus patrones de producción cada tres o cuatro décadas mientras se expandía la superficie agropecuaria. Desde reciente data, en Carchi se ha impulsado la agro -industrialización, pero la provincia debe enfrentar ahora el dilema de la sostenibilidad de su desarrollo agropecuario, en riesgo por procesos de degradación de sus suelos y recursos hídricos. Urge emprender la vía de la innovación en los sistemas agroproductivos para detener la degradación ambiental y mantener la senda del crecimiento económico y bienestar social. (p.1)

En las últimas décadas, el uso intensivo y mecanizado de la tierra en Carchi se ha convertido también en factor diferenciador de suelos, al promover la redistribución del material edáfico del horizonte A1 (franco arenoso fino a limoso) a lo largo de las vertientes. (Franco, 2016, p.6)

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2011) menciona que:

Los beneficios en la producción han estado relacionados a conocimientos de gestión que han destruido los sistemas de tierras y aguas... pone en riesgo la producción y el sustento de los agricultores...causado ...degradación del medioambiente, desgaste de biodiversidad y contaminación de las aguas superficiales y subterráneas debido a un uso incorrecto de fertilizantes y pesticidas (p. 2).

Concordando con FAO, la degradación de la biodiversidad no solamente es ocasionada por el uso inadecuado de fertilizantes sistémicos, sino también se ven reflejados en un inadecuado uso de estos elementos químico de alto espectro que sustancialmente descomponen sistemas internos de la estructura ecosistémica disminuyendo su capacidad funcional y estructural, puesto que los sistemas hídricos constituyen las

arterias para la circulación de elementos que conllevan una serie de disfunciones dentro de su actividad herbicida, insecticida y de fertilización obligada.

Ante lo anotado, se puede generar diversas concepciones de la forma y manejo de sustancias sintéticas que a medida del constante uso demarcan patrones culturales en cuanto a normativas de aplicación que el agricultor con su afán de mejorar la producción y su capacidad laboral con mano de obra no calificada, ni técnica recurre a un sistema rudimentario de factores socio-culturales que en muchas situaciones imperan de manera determinante la funcionalidad sobre todo del recursos hídrico en cuanto a evidencias alta contaminación que se desprende en cadena a los demás sistemas de la cadena sistémica-ecológica.

Esta aseveración hace más viable para el caso en estudio, por cuanto el agricultor tiene que constantemente depender de esta modalidad agrícola insostenible, que a postre genera deterioro del recurso agua y suelo, a tal punto de abandonar tierras con alta capacidad productiva y fertilidad, por cuanto sus tierras de cultivo se ven afectadas por la erosión hídrica, eólica, y demás factores intervinientes.

En este sistema se agudiza la economía local-comunitaria, ocasionando la alta incidencia de pobreza en diferentes sectores rurales, quienes no cuentan con elementos indispensables y servicios ambientales que les aporten una vida digna según los sistemas integrales del buen vivir.

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Diseñar un programa de mitigación para el uso y conservación de la microcuenca del Río Huaca con enfoque comunitario, mediante análisis multitemporal en los períodos 1996 – 2011 – 2017.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar la magnitud, causas y consecuencias de los cambios de uso de la tierra en la microcuenca del Río Huaca en los períodos 1996 – 2011 – 2017, mediante análisis multitemporal de imágenes de satélite.
- Determinar el grado de deterioro por erosión del suelo y afectación a los cursos de agua.
- Diseñar el plan de mitigación para el uso y conservación del suelo acorde al enfoque comunitario y la investigación-acción.

1.3. Preguntas de investigación

- ¿Cuál es la magnitud y las consecuencias en el cambio del uso de la tierra de la microcuenca del río Huaca en los períodos 1996 – 2011 – 2017?
- ¿Qué factores ocasionan el deterioro del suelo y el nivel de los cursos de agua en la microcuenca del río Huaca?
- ¿Qué medidas pueden proponerse para mitigar el deterioro de la cuenca?

1.4. Justificación

La presente investigación nos permitirá caracterizar los cambios de uso de la tierra y cuantificar la expansión de la frontera agrícola en los diferentes períodos de análisis, los resultados de esta caracterización nos permitirán establecer las posibilidades y limitaciones de los recursos citados anteriormente. También, se conocerá el grado de deterioro por erosión del suelo, afectación de cursos de agua de la microcuenca, con los resultados de la recolección de información en campo por medio de encuestas se formularon medidas de mitigación como programas de diferentes prácticas de conservación de suelo y agua que urge aplicar en la microcuenca del Río Huaca y se sociabilizara a la población estrategias de conservación de los recursos agua, suelo y vegetación con el fin de evitar su destrucción o contaminación.

La información que se obtenga de esta investigación también servirá para que las diferentes Instituciones que están dentro de la microcuenca puedan trabajar desde sus diferentes capacidades implementando proyectos alternativos, planes de manejo comunitario, ordenanzas, establecer mecanismos políticos para apoyar a la biodiversidad, apoyo a la conservación de los recursos naturales, fomento de alternativas productivas, fortalecer un sistema de labranza reducida en papa, brindar apoyo al manejo comunitario y conservación de los recursos naturales.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

En este capítulo se describen los conceptos, teorías, definiciones, categorías, metodologías y resultados de estudios que sustentan la presente investigación, la información que se ha utilizado es de tipo general y especial y que se ha presentado en forma física y digital de los últimos 5 años.

2.1. Antecedentes

La cuenca hidrográfica está considerada como un ecosistema donde interactúan y se interrelacionan variables biofísicas y socio económicas que actúan como un todo. (Sánchez y Artieda, 2004).

La cuenca hidrográfica se compone de una serie de efluentes que funcionan como captaciones naturales y que confluyen hasta un lecho colector común. La morfometría de una cuenca permite establecer parámetros de evaluación del funcionamiento de un sistema hídrico dentro de del proceso de planificación, manejo y gestión de la cuenca hidrográfica.

La metodología empleada para la caracterización de la microcuenca del Río Huaca involucra procesos basados en recopilación bibliográfica de información documental, además de análisis y tratamiento de información geográfica mediante la utilización del Software Arc Gis 10.3.

2.1.1. Los sistemas de información geográfica en el análisis y gestión de la cuenca

La función más importante de los sistemas de información geográfica, se trata de ayudar a la toma de decisiones y a la gestión de los recursos presentes en el territorio. Al tratarse de un sistema, la información puede analizarse desde la planificación, toma de datos, su almacenamiento y análisis de resultados lo que proyecta la toma de decisiones.

Más puntualmente los sistemas de información geográfica se definen como una herramienta para recolectar, exhibir, manejar, analizar y producir datos espacialmente referenciados. Las capas de datos de un SIG pueden considerarse como un telón de datos “flotantes” que poseen referencias espaciales comunes, lo que permite su superposición y un ángulo de análisis vertical y a través de los datos y fenómenos que se desarrollan en el territorio denominados modelos cartográficos. (World Vision, 2004).

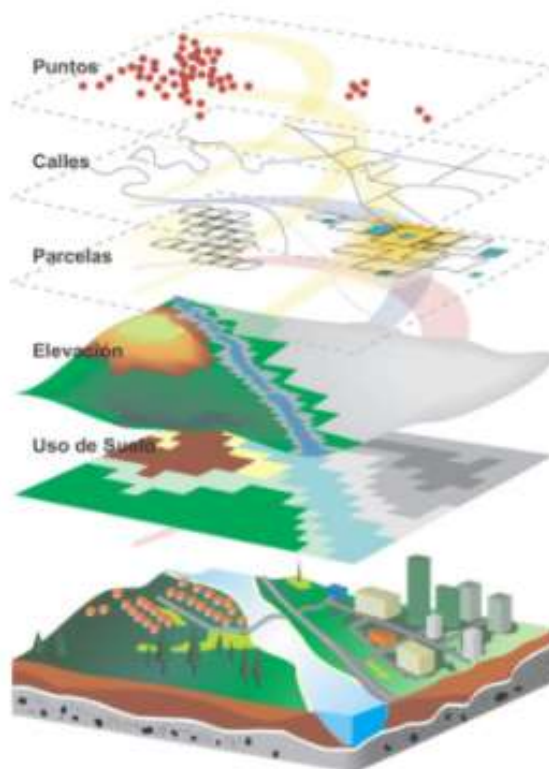


Figura 1. El análisis espacial.
Nota: Tomado de <http://ingeap.com/>

Es justamente esta capacidad en el tratamiento de datos espaciales que ofrecen los SIG lo que lo convierten en la herramienta óptima del manejo y gestión de una cuenca hidrográfica, al permitir el análisis integral de los recursos, permitiendo la realización fácil y oportuna de diagnósticos, diseño de planes de manejo, evaluación de impactos en la implementación de programas y políticas, manejo de información biofísica y socioeconómica de la cuenca, permite incorporar la multi temporalidad en el manejo de datos y la complementariedad entre información cualitativa y cuantitativa.

2.1.2. Parámetros morfométricos

- **Área (A)**

Se trata de la superficie de la cuenca dentro de los límites fijados por la divisoria topográfica. Se consigue automáticamente a partir de la digitalización y poligonización de las cuencas en un sistema de información geográfica.

- **Perímetro (P)**

El perímetro se refiere a la medida de la longitud que rodea al área, al igual que el parámetro de área, este parámetro se obtiene automáticamente al calcular la geometría del polígono digitalizado.

- **Longitud axial (La)**

Se trata del eje de la cuenca, mismo que es medido desde el punto de desembocadura de la cuenca hasta el afluente más alejado. Se ha utilizado el sistema de información geográfica para digitalizar la línea que representa la longitud axial de la cuenca y obtener su medida, la misma que se presenta a continuación:

A cerca de los parámetros antes mencionados: Área, Perímetro y Longitud Axial se tiene la representación geográfica en la Microcuenca del Río Huaca.

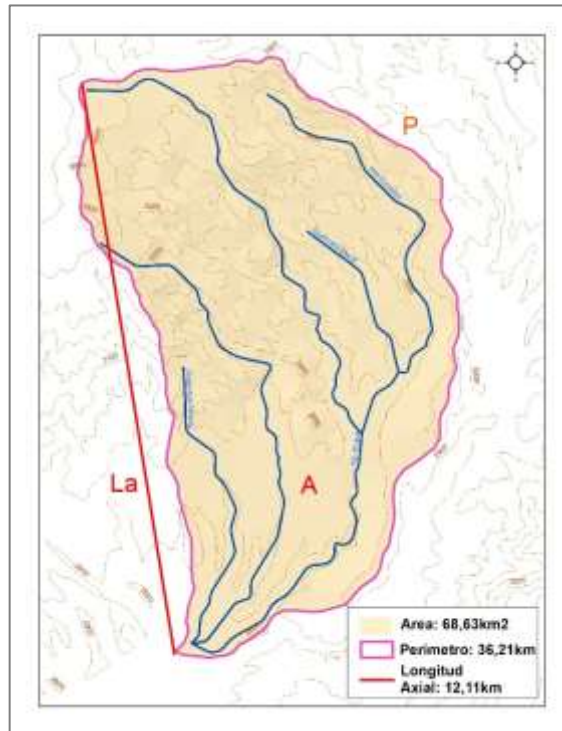


Figura 2. Representación de los parámetros Área, Perímetro y Longitud Axial en el territorio ocupado por la microcuenca hidrográfica.

- **Ancho promedio (Ap)**

El ancho promedio de la microcuenca viene calculado por la división entre el área y la longitud axial de la microcuenca, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Ancho Promedio} = \frac{\text{Área}}{\text{Longitud Axial}}$$

- **Factor forma (Ff)**

El factor forma se obtiene al dividir el ancho promedio y la longitud axial de la microcuenca. Este coeficiente nos permite analizar la tendencia a crecidas de una microcuenca, es así que factores de forma con valores bajos son menos propensos a tener crecidas intensas:

$$\text{Factor forma} = \frac{\text{Ancho Promedio}}{\text{Longitud Axial}}$$

2.1.3. Coeficiente de compacidad de Gravelius (kc)

Se trata de un valor adimensional expresado con 1 para las microcuencas imaginarias de forma perfectamente circular. El grado de aproximación a esta índice muestra la tendencia a concentrar grandes volúmenes de agua de escurrimiento.

Tabla 1.

Rangos para la definición de la forma de una cuenca

Clase Kc1	Rango entre 1 y 1.25	Forma redonda a oval redonda.
Clase Kc2	Rango entre 1.25 y 1.5.	Forma oval redonda a oval oblonga.
Clase Kc3	Rango entre 1.5 y 1.75	Forma oval oblonga a rectangular oblonga
Clase Kc4	Rango mayor a 1.75.	Forma rectangular oblonga.

Nota: Tomado de FAO (1985).

$$\text{Coeficiente de Compacidad} = \frac{0,28 * \text{Perímetro}}{\sqrt{\text{Área}}}$$

2.1.4. Altitud o elevaciones de la microcuenca del Río Huaca

- **Altitud mínima (Hmin)**

Se trata de la cota más baja localizada dentro del territorio de la microcuenca, que en el general de los casos debería responder a la desembocadura del río principal o zona baja de la misma. En este caso se ha usado como fuente para la obtención de la información las Curvas de Nivel, las mismas que se tratan de isocotas que se forman al unir puntos de altura común, en este caso al tratarse de una capa de cartografía base su fuente en el territorio ecuatoriano es el Instituto Geográfico Militar IGM, en una escala de 1:100000, lo cual nos permite la obtención de las mismas con una separación de 100m la una de la otra. El análisis visual permitió conocer el valor de la altitud mínima de la microcuenca del Río Huaca:

$$H_{min} = 2800 \text{ msnm}$$

- **Altitud máxima (Hmax)**

Se trata de la cota más alta localizada dentro del territorio de la microcuenca, de manera general se puede ubicar en los picos o crestas montañosas de donde nacen los afluentes hacia el río principal. En este caso, al igual que en el caso de la Altitud mínima, se ha usado como fuente para la obtención de la información las Curvas de Nivel.

- **Desnivel altitudinal (DH)**

Se trata de la diferencia entre el valor de la altitud máxima y el valor de la altitud mínima dentro de la microcuenca hidrográfica.

$$DH = A_{max} - A_{min}$$

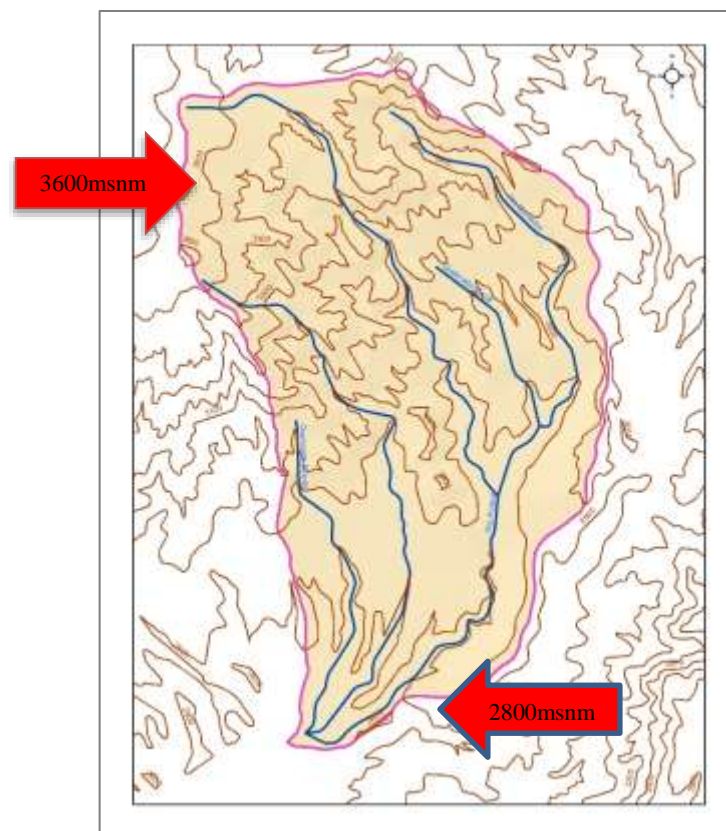


Figura 3. Representación de los parámetros Altitud Máxima y Altitud Mínima en el territorio ocupado por la microcuenca hidrográfica.

- **Altitud media (H)**

Este parámetro se refiere a la variación altitudinal que se presenta en la microcuenca hidrográfica, cuya importancia radica en la transición térmica causante de microclimas y marca la existencia de pisos climáticos y hábitats de acuerdo a las condiciones presentes dentro de un territorio.

La obtención de la altitud media se da mediante la siguiente fórmula:

$$Altitud Media = \frac{\Sigma(Hi * Ai)}{Área}$$

Donde:

Hi = Diferencia entre dos curvas de nivel sucesivas

Ai = Área parcial entre dos curvas de nivel sucesivas.

Tabla 2.

Cálculo de la altitud media de la microcuenca del Río Huaca

COT. MAX. (msnm)	COT. MIN. (msnm)	Hi	Ai	Hi*Ai
3600	3500	3550	2,2	7903,27625
3500	3400	3450	5,6	19160,1822
3400	3300	3350	5,7	19037,2192
3300	3200	3250	5,4	17606,3973
3200	3100	3150	6,9	21589,7031
3100	3000	3050	9,3	28479,07
3000	2900	2950	13,0	38390,6894
2900	2800	2850	15,2	43407,8456
Σ=				195574,383

Tabla 3, Cálculo de la altitud media de la microcuenca del Río Huaca

$$H = \frac{195574,383}{68,63}$$

$$H = 2849,7\text{msnm}$$

- **Mediana de altitud (Ma)**

Se representa por la curva hipsométrica, la cual indica el porcentaje de área de la cuenca o bien la superficie de la cuenca que existe por encima de cierta cota determinada. Se construye llevando al eje de las abscisas los valores del área drenada proyectada en km² o en porcentaje, obtenida hasta un determinado nivel, el cual se lleva al eje de las ordenadas.

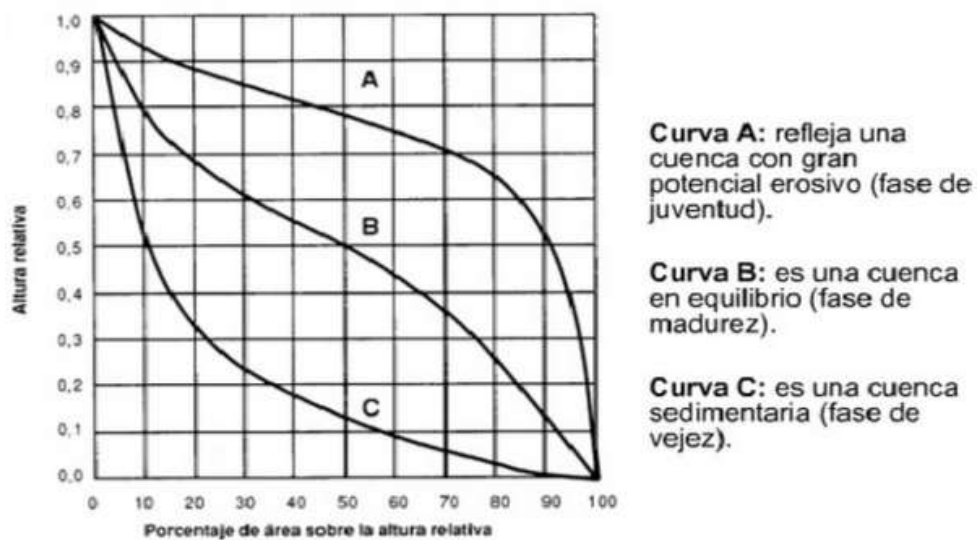


Figura 4. Tipos de curvas Hipsométrica.

Nota: Tomada de <https://www.ingeciv.com/>

2.1.5. Pendiente de la Cuenca

Este parámetro se obtiene de la relación de las diferentes alturas existentes en el territorio de la microcuenca con las distancias recorridas. Sin embargo, para este caso se analizó con el uso del software ArcGIS a partir de la creación de un modelo de triangulación provenientes de las curvas de nivel, luego de ello se obtiene un modelo digital de elevación y mediante la herramienta Slope, se obtiene el ráster de pendientes, mismo que se convierte a formato vector y se reclasifica según los rangos de pendientes en porcentajes.

- **Morfometría hidrográfica**

Orden de cauce

Para el cálculo del orden del cauce se utilizó la metodología propuesta por el autor Strahler (1952, 1957), cuyo esquema es el más usado en estudios hidrológicos en la actualidad. (Mantilla, et.al., s/f)

Las reglas básicas de proceso de ordenamiento son los siguientes:

- Los segmentos que están unidos a una fuente y los que no tienen tributarios, son definidos como de primer orden.
- Cuando se unen dos corrientes de orden 1 crean una corriente de segundo orden.
- Cuando dos corrientes de orden diferente se unen, el orden de la corriente aguas abajo es el máximo orden de las corrientes que la preceden es decir de tercer orden.

Se procede de esta manera hasta la completa jerarquización del drenaje, debemos tomar en cuenta que el encuentro de un orden de menor magnitud con uno de mayor magnitud no significa el cambio del orden.

- **Densidad de drenaje (Dd)**

La densidad de drenaje de una cuenca hidrográfica se define como el cociente entre la longitud total de todos los drenajes pertenecientes a la misma y la superficie o área total de la cuenca, parámetro que fue definido por el autor Horton en 1945.

Las clasificaciones de los tipos de densidad de drenaje se basan en los siguientes criterios:

Tabla 4.

Densidad de drenaje

Pobrementemente drenada	0-0,6km/km2	Se dan en suelos muy permeables o resistentes a la erosión, pendientes bajas. Muestra la capacidad de desalojar un volumen de agua dado.
Medianamente drenada	0,6 - 3 km/km2	Muestra una capacidad moderada para resistir la erosión y un suelo poco permeable.
Bien drenada	>3	Dan a conocer suelos fácilmente erosionables o relativamente impermeables con pendientes fuertes y escasa cobertura vegetal.

- **Patrón de drenaje**

Los canales de drenaje forman una red que transporta el agua del sistema hídrico a través de la cuenca hasta la desembocadura del río principal. Existen varios factores que influyen sobre el patrón de drenaje que tiene una cuenca hidrográfica como son su geología (fallas), su geomorfología (pendientes y laderas), su litología, la permeabilidad y tipo de suelo, la cobertura vegetal, el régimen de lluvias entre otros.



Figura 5. Análisis de patrones de Drenaje.

Nota. Tomado de Aguilar (2007)

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituyen una herramienta fundamental para el análisis multitemporal del uso del suelo. Los SIG, constituyen

bases informatizadas de datos con cierto elemento espacial. La información recopilada está referenciada geográficamente, y pueden ser mapas, estadísticas o datos climáticos sobre una área delimitada, por lo que todas estas variables logran relacionarse mutuamente de representaciones diversas.

El análisis multitemporal es una valoración de los cambios que sufrieron las coberturas vegetales examinadas en diferentes períodos de tiempo, para realizar este análisis es obligatorio interpretar imágenes Landsat, y Aster, para ello es preciso recurrir al uso de Sistemas de Información Geográfica como el ArcMap. Los resultados adquiridos serán de suma importancia para elaborar estudios preventivos en las zonas que existan los cambios de cobertura. (Puerres, 2016. p.17)

Otro aprovechamiento del análisis multitemporal es que implica el estudio del dinamismo de una determinada zona: espacios urbanos, forestales, áreas de agricultura, entre otros; también permite evaluar fenómenos como inundaciones, incendios forestales, deforestación, así como seguir la evolución de sus efectos (Chuvienco 1990). Además, las series de tiempo derivadas de los estudios con sensores remotos revelan que los cambios de uso del suelo no siempre ocurren de manera progresiva, a veces se pueden presentar periodos episódicos de cambios rápidos y abruptos (Lambin, 2003).

El Valle Interandino ecuatoriano en su tramo más septentrional en la provincia del Carchi, entre 2700 y 3200 m de altitud, muestra una alta intensidad de uso agrícola relacionado con su historia de ocupación, la fertilidad de los suelos de origen volcánico y el clima húmedo y frío. (...). En la zona de estudio, el uso agrícola se ha venido intensificando desde su deforestación a mediados del siglo XX (Hidalgo, 2007), llevando la frontera del bosque húmedo montano alto original sobre los 3200 m de altitud; de hecho, al elaborar la línea base de deforestación del Ecuador se encontró que la sub-región interandina muestra el menor valor de remanencia de vegetación natural entre todas las sub-regiones de Ecuador (MAE, 2012), (Franco, 2016, p.3).

2.2. Referentes teóricos

2.2.1. El Suelo

Según la ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO, 2017a) define al suelo como el medio natural para el desarrollo de las plantas. Asimismo, se ha determinado como un cuerpo natural que consiste en capas de suelo (horizontes del suelo) dispuesto de materiales de minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua. El suelo es el resultado final de la influencia del tiempo y combinado con el clima, topografía, organismos (flora, fauna y ser humano), de materiales parentales (rocas y minerales originarios). Como producto el suelo difiere de su material parental en su textura, estructura, consistencia, color y propiedades químicas, biológicas y físicas (p.1).

El suelo es un elemento esencial de la "**Tierra**" y "**Ecosistemas**". Ambos son significados amplios que comprenden la vegetación, el agua y el clima en el caso de la tierra, y además comprende asimismo las consideraciones sociales y económicas en el caso de los ecosistemas.

2.2.1.1. Evaluación de suelos

Según la FAO (2017a) El significado “tierra” comprende más que el concepto “suelo”. La valoración de tierras se elige como un criterio integrado y multidisciplinar tomando en cuenta los factores agrícolas, sociales, económicos y otros ecosistemas más allá que suelo (como recursos de agua y clima).

La valoración de suelos se enfoca en los requerimientos concretos del suelo y administración de tierras y la relación entre ambos. La mayoría de las valoraciones de suelos han estado realizadas para manejos de sistemas agrícolas y sistemas de cultivos, sin embargo, los mismos principios se logran utilizar a otras medidas (p.2).

2.2.1.2. La biodiversidad del suelo, conservación y agricultura.

Las prácticas agrícolas ejercen un impacto fundamental en la biota del suelo, sus actividades y diversidad. La deforestación o conversión de praderas para cultivos agrícolas afectan de manera drástica el ambiente del suelo llevando a la reducción del número y especies de organismos. Además, la reducción de la cantidad y calidad de residuos vegetales incorporados al suelo y la reducción en número de especies de plantas superiores lleva a cabo a la reducción en el rango de hábitat y fuentes de alimentación para los organismos del suelo.

La biota del suelo llega a ser afectada en distintas formas, tanto positivas como negativas, de acuerdo con el manejo y sistemas agrícolas implementados en un campo y dependiendo en la localización de la biota en el suelo. Como ejemplo existen organismos vulnerables a los cambios del pH en el suelo; la relación bacteriana: fúngica será afectada con la adición de fertilizantes y abonos alterando la relación C/N tal como los efectos de laboreo. El laboreo reduce el número de hifas fúngicas, ya que los agregados del suelo que se mantienen unidos por estos se destrozan.

2.2.1.3. Manejo del suelo

Según la FAO (2017a), dentro del manejo de las tierras se integra el manejo del suelo y tiende a enfocarse en las diferencias de tipos de suelos y sus características para definir intervenciones específicas con el ámbito de mejorar su calidad para el seleccionado uso de la tierra. Prácticas específicas de manejo del suelo son necesarias para la protección y conservación de los recursos del suelo. Además, existen intervenciones específicas para aumentar el almacenamiento de carbono en el suelo y mitigar el cambio climático. (p4).

2.2.1.4. Conservación del suelo

Para adquirir la seguridad alimentaria y medios de vida se aplican métodos apropiados del manejo de la tierra que ayudan a invertir la degradación de recursos del suelo, agua

y biológicos y para aumentar la producción de cultivo y ganadería. Los efectos de degradación de suelos son numerosos. Entre ellos se incluye la pérdida de la productividad del suelo, aumento de acidez, salinidad, alcalinización, disminución de la estructura del suelo, erosión eólica e hídrica acelerada, desgaste de la materia orgánica y de biodiversidad. Como consecuencia la productividad y los ingresos referentes de la agricultura se reducen, la migración hacia áreas urbanas aumenta y la pobreza rural se disgusta. Se adquieren medidas para recobrar la producción de suelos desgastados que se deben conectar con otras medidas que dañan las prácticas de manejo de tierras en particular la agricultura de conservación, buenas prácticas agrícolas y manejo de riegos y el Manejo Integrado de Nutrición de las Plantas (MINP).

2.2.1.5. Degradación del suelo

FAO (2017) manifiesta que la degradación del suelo es un cambio en la salud del suelo resultando en una baja de la capacidad del ecosistema para producir bienes o proporcionar servicios para sus beneficiarios. Los suelos degradados contienen un estado de salud deficiente que no proporcionaría bienes y servicios normales del suelo en su ecosistema.

Franco (como se citó en Franco, 2016) afirma:

Sin embargo, ya desde los 70's, informes oficiales han venido alertando sobre los riesgos derivados de la degradación de los suelos y de los recursos hídricos, por efectos del sobreuso (INERHI et al.1979), y, en las últimas décadas, por uso imprudente en la aplicación de agroquímicos (Crissman, 2002). La expresión más notoria de ello es la producción de papas aun en suelos intensamente erosionados, al punto que, habiendo perdido la casi totalidad del horizonte A1, se cultiva en el lapilli expuesto a la superficie (horizonte IIC, denominado localmente "arenas blancas") aplicando altas dosis de fertilizantes y plaguicidas. (p. 6)

- **Definiciones según la FAO (2017):**

2.2.1.6. La erosión del suelo

A menudo se confunde con la degradación del suelo, ya que realmente se refiere a las pérdidas absolutas de suelo de las capas superficiales y nutrientes del suelo. De hecho, el resultado más visible de destrucción del suelo, pero no cubre totalmente todos sus aspectos. La erosión del suelo se describe a un proceso natural en zonas montañosas, pero frecuentemente se pierde por el uso de malas prácticas de manejo. Para Suquilanda (2008) “La erosión es la pérdida selectiva de materiales de suelo. Por la acción del agua o del viento los materiales de las capas superficiales van siendo arrastrados” (p. 14).

La **degradación de la tierra** comprende un alcance más extenso que la erosión y degradación de suelos en conjunto ya que abarca los cambios negativos en la capacidad del ecosistema para prestar bienes y servicios (inclusive biológicos y servicios y bienes relacionados con el agua – in en visión de y también su correlación con bienes y servicios sociales y económicos).

La **desertificación** expresión común utilizada para a) la degradación de la tierra en zonas de tierras áridas y/o b) el cambio irreversible de la tierra a tal estado que ya no puede ser regenerado a su uso originario.

La **prevención** involucra el uso de acciones y efectos de conservación que conservan los recursos naturales y su medio ambiente productivos.

Tabla 5.

Reporte análisis de textura suelos microcuenca Río Huaca

Muestras	CONTENIDO			Textura
	% Arena	% Limo	% Arcilla	
Pasto	48,40	42,2	9,4	Franco
Cultivos	47,60	45,2	7,20	Franco
Bosque de eucalipto	56,80	36,8	6,40	Franco arenoso
Bosque nativo	60,40	36,8	6,4	Franco arenoso

2.2.1.7. Tipos de erosión hídrica

Según Peralta (s.f.). La erosión puede ser provocada principalmente por tres factores fundamentales, a saber:

- El agua
- El viento
- El hielo

Las manifestaciones particulares de cada uno de estos agentes erosivos son diferentes, dependiendo de la magnitud de su contribución al fenómeno de si estos agentes actúan solos o en combinación y, del entorno natural en el cual están actuando (llámese fragilidad de los ecosistemas).

La erosión por agua provoca tipos de erosión bien características, Núñez (como se citó en Castro y Santos, 2012) considera que la erosión hídrica se diferencia por su forma de desgastar el suelo directamente:

a) Erosión pluvial

Esta es causada por el impacto de las gotas de lluvia en la capa superficial del suelo y particularmente cuando no tiene cobertura vegetal. La fuerza con la que golpean las gotas el suelo (en función de la intensidad de la lluvia) produce un desprendimiento de las partículas del suelo. Dicho desprendimiento genera que las partículas de la capa superficial del suelo se disgreguen y se transporten como sedimentos hacia otro lugar, consecuentemente se produce la pérdida de nutrientes del suelo. (p. 27).

El pastoreo de páramos disminuye la porosidad de los suelos (Hofstede, 1995), aumentando el riesgo de escorrentía superficial y erosión asociada. Vis (1986) mostró que el peligro de erosión causada por la lluvia es más grande en bosques andinos que en campo abierto por el aumento del diámetro de gotas.

b) Erosión Laminar

Las partículas desprendidas por las gotas de lluvia se encuentran suspendidas en el agua son arrastradas y desplazadas siguiendo el sentido de la pendiente. Dicho desplazamiento se produce en dos formas; difusa poco perceptible, pero existe una exposición de las raíces de las plantas a la superficie terrestre y uniforme (p.27).

c) Erosión Surcos

Núñez (2001) describe este proceso erosivo como escurrimiento o flujo concentrado del agua, el agua se escurre por la superficie de los terrenos transportando las partículas de suelo paralelas al sentido de la pendiente. Concentran su flujo a lo largo de pequeñas depresiones de la superficie incluso en terrenos con pequeñas ondulaciones formando surcos. Los surcos inicialmente tienen medidas con valores que van de 3 cm de ancho y a 5 cm de profundidad y con el transcurso del tiempo y las condiciones del medio pueden llegar a medir 40 a 60 cm de ancho y 20-30 cm de profundidad.

Este proceso se ve acelerado según las condiciones del medio y es mucho más activo cuando se presentan suelos desnudos y texturas finas, es decir suelos arcillosos y limosos.

Pero también se presenta en forma más violenta en suelos con texturas moderadamente gruesas, esto ocurre en suelos de origen volcánico por su capacidad de hidratarse en más del 100% sumando la pendiente y las condiciones de suelos desnudos generan erosión en surcos con mayor facilidad (p. 28)

d) Erosión Cárcavas

Este tipo de erosión hace referencia a cauces con fuerte pendientes y encajados (Almorox, 2010). Es decir, son cursos de agua permanentes con paredes empinadas que conducen efímeros flujos de agua durante las precipitaciones. Estas pueden alcanzar tanto en longitud como en profundidad grandes dimensiones que se traducen

en pérdida de suelo por la mayor cantidad de sedimentos que transportan (Morgan, 1997). Este proceso se genera por una fuerte concentración del agua, escurrimiento y paisajes inestables.

Las cárcavas tienen dos características:

La forma: según su ubicación en laderas tienen forma en V mientras que en terrenos planos tiene forma de U.

La actividad cíclica y dinámica: Se refiere esencialmente a su proceso erosivo o remontante, donde Núñez (2001, 119) explica que:

“la concentración del agua que escurre por la parte superior de entrada a la cárcava, debido a su amplitud y altura de caída de agua de escurrimiento hasta la base de la cárcava erosiona sus flancos laterales e internos. Esto hace retroceder el cauce (actividad dinámica), con lo que aumenta en tamaño y longitud hacia la cima de las laderas hacia la parte superior de entrada de agua de la cárcava” (p. 29).

La **mitigación** es la participación para disminuir la degradación en curso. (...). El objetivo principal es de para la destrucción continua y comenzar con el progreso de los recursos y sus funciones. Los impactos de mitigación tienden a ser visibles en corto y mediano plazo: suministrando así un adecuado incentivo para esfuerzos a continuación. La palabra “mitigación” además se utiliza para describir la disminución de los impactos de degradación.

La **rehabilitación** es inevitable cuando la tierra ya está degradada hasta tal punto que su utilización original es imposible y se ha transformado en improductiva. Consecuentemente, se requieren inversiones de largo plazo y más caras para alcanzar algún impacto.

2.2.1.8. Problemática del suelo

Uso inadecuado del suelo

Suquilanda (2008) afirma:

Después de alrededor de cinco décadas de la aplicación de los principios de la revolución verde en la agricultura ecuatoriana, buena parte de los suelos del país, se han visto seriamente deteriorados por el uso de tecnologías inadecuadas a nuestra realidad ecológica, económica y sociocultural. Propiciando bajas sensibles en la productividad de la mayoría de los cultivos, severos desbalances de los agroecosistemas y contaminación ambiental, con los impactos negativos en la salud de los agricultores y consumidores finales. (p.4)

Fragilidad de los suelos en pendientes fuertes

De Noni *et al* (como se citó en Hofstede, 1998) indican que las zonas de vegetación natural por arriba de los 3200m en las sierras ecuatorianas están en un equilibrio morfo-dinámico frágil. Este equilibrio es disturbado en muchas ocasiones por, entre otras causas, la agricultura. La ausencia de una cobertura protectora del suelo parte del año, las pendientes fuertes y las prácticas agrícolas, por ejemplo, labranza en la dirección de la pendiente, han causado erosión acelerada en áreas con agricultura. (p.33)

2.2.1.9. Interferometría

Tomlinson (como se citó en Yandún, 2018) menciona que un sensor radar expresa un lanzamiento electromagnético y lo acumula tras irradiarse en la superficie planetaria, conociendo el tiempo de demora del pulso y su rapidez puede apreciarse el trayecto entre satélite y terreno. En 1999 la NASA inició el proyecto SRTM para fabricar un mapa geodésico de toda la Tierra a partir de interferometría radar. (p. 13)

2.2.2. El agua

Según la CEPAL (s.f.) el agua en la Constitución del Ecuador ha aumentado significativamente en su punto de vista declarativo sobre los derechos del agua y la naturaleza, como el soporte ético y jurídico de la co-existencia de los seres vivos sobre el planeta, evolución que se manifiesta en la Constitución vigente desde enero de 2008. Sin embargo sea algo tarde, al fin las personas están alcanzando a una cosmovisión que hace mucho tiempo la tenían y practicaban los pueblos ancestrales de la Tierra. Resumiéndose lo siguiente: El agua como un Derecho Humano y del Buen Vivir (Art. 12 y Art. 32); la Visión integral del agua (Art. 66-1); el Agua como un bien nacional (Art. 318); los cuerpos de agua dentro de una visión de cuenca hidrográfica (Art. 411); la gobernabilidad democrática del agua (Art. 318); y, la gestión social del agua (Art. 318 y Art. 415) (CEPAL, s.f., p.24).

2.2.2.1. Uso de agua en la cuenca

Para Hofstede (1998 “La escorrentía constante de las cuencas cubiertas por páramos y bosque alto andino es una fuente importante de agua limpia para los acueductos, embalses y el riego de tierras a altitudes más bajas” (p.33).

En el diagnóstico de las estadísticas del agua en el Ecuador de la CEPAL (2012) en el literal 4.7. Demanda hídrica y usos, menciona:

Se entiende como demandas los volúmenes de agua requeridos para satisfacer los usos a los cuales están destinados, de acuerdo a una situación deseable y valorando el avance real en lo tecnológico (...). Demanda es la cantidad de agua que resulta necesario suministrar en origen para satisfacer un uso determinado; y, consumo es la pérdida o reducción física del volumen de agua disponible que ese uso lleva consigo. Es preciso distinguir también entre usos prioritarios que resultan

imprescindibles para la vida y la actividad económica y usos secundarios que pueden ser satisfechos temporalmente con caudales sobrantes, pero que no constituyen una necesidad imposible de satisfacer sin la utilización de agua dulce, por lo que no es necesario tomarlos en cuenta en la realización de los balances. Las demandas se clasifican también en dos grandes categorías: para usos consuntivos y para usos no consuntivos. (p.12)

2.2.2.2. Agua de riego

Para FAO (2011) La reserva de agua para la agricultura es una restricción creciente en lugares donde se han sobre utilizado los recursos hídricos renovables o donde es imposible negociar su gestión transfronteriza. Generalmente, la insuficiencia de agua restringe la producción del regadío, principalmente en los países y lugares con alto estrés hídrico (...). El aumento del requerimiento por parte de la agricultura y de otros sectores está promoviendo la competitividad por el agua, lo que se traduce en estrés ambiental e incertidumbres socioeconómicas. En las áreas donde las lluvias son escasas y no es posible el desarrollo de nuevos recursos hídricos, se pronostica que la producción agrícola estará más restringida por la insuficiencia de agua que por la disponibilidad de tierra. (p.5)

2.2.2.3. Calidad de las aguas solidos totales

Para la CEPAL (2012):

La contaminación de los recursos hídricos y la destrucción de los ecosistemas relacionados a ellos son dos de los más graves problemas que perturban al desarrollo sostenible. Incorre en este escenario, el aumento poblacional y su progresiva demanda de agua, el incumplimiento de normas y la ausencia de aplicación de sanciones implacables a los actores

de impactos ambientales desfavorables. La calidad del agua se ve perturbada por: 1) el vertimiento de aguas residuales, 2) la disposición final de residuos sólidos, y, 3) agroquímicos y nutrientes que por escorrentía se desplazan hacia los cuerpos de agua. Puesto que agentes de contaminación están los asentamientos poblacionales, las actividades industriales y agropecuarias. (p.14)

Según la CEPAL, 2012, literal b)-Información estadística del agua, los resultados fueron:

- El inconveniente más grave que tiene el Ecuador, en relación a información estadística del agua es su confiabilidad, lo cual incurre en la calidad de las investigaciones que se ejecutan y en el precio de las obras hidráulicas. También, estos datos sobre el recurso hídrico no se encuentran completos y desactualizados. (p. 14)
- En relación a las instalaciones construidas, principalmente las de riego, se mira que existe una desinformación sobre los estudios de base, (...). De la misma manera se carece de información sobre eficiencias, producción y productividad de la agricultura con riego, organización de beneficiarios, impacto ambiental, etc.
- Los datos hidrometeorológicos en ocasiones se interrumpen por el deterioro, pérdida de los equipos y a las infraestructuras. Estos inconvenientes han determinado que la información quede en manos de los observadores, quienes en ciertas ocasiones inventan parte de esta información, restando aún más su confiabilidad. Por otra parte, los datos están en libretas o en archivos que pueden desaparecer.

2.2.3. Cobertura vegetal

La cobertura de la tierra indica los elementos físicos que ocupan la superficie de la Tierra, como el agua, bosque y estructuras urbanas (James B. Campbell, 2007). El

término cobertura de la tierra está relacionado al tipo de elementos presentes en la superficie de la tierra, por ejemplo: campos de cultivos, lagos, bosques.

Para GEOINSTITUTOS (2018) la cobertura vegetal se contextualiza como la capa de vegetación natural que reviste la superficie terrestre, alcanzando una extensa gama de biomásas con desiguales particularidades fisonómicas y ambientales, desde pastizales hasta las áreas cubiertas por bosques naturales. Además incluyen las coberturas vegetales provocadas que son la consecuencia de la acción humana como áreas de cultivos. (p.1)

Su distribución en la tierra depende de los factores climáticos y de los suelos. La relación entre la vegetación y el clima es muy grande. Tiene tanta importancia que inclusive se llega a dar nomenclatura (nombre) a los climas según el tipo de vegetación que crece en la zona donde ellos imperan. Por eso se habla de un clima de selva de un clima de sabana de un clima de páramo, entre otros.

2.2.3.1. Importancia de la cobertura vegetal en cuencas

La cobertura vegetal corresponde a los atributos biofísicos de la superficie terrestre y los usos del suelo a los distintos propósitos humanos con los que se aprovechan estos atributos, determinan el funcionamiento de los ecosistemas terrestres: afectan directamente a su biodiversidad, contribuyen a los cambios climáticos locales, regionales y globales y son las fuentes primarias de la degradación de los suelos.

2.2.4. Plan de mitigación

Según GESTIÓN DE RECURSOS NATURALES (GRN, 2015) manifiesta que el plan de medidas de mitigación, reparación y compensación ambiental de un proyecto o actividad deberá contener, cuando proceda, uno o más de los siguientes planes:

- Plan de Medidas de Mitigación Ambiental

- Plan de Medidas de Reparación y/o Restauración Ambiental
- Plan de Medidas de Compensación Ambiental

Las medidas de mitigación ambiental tienen por finalidad evitar o disminuir los efectos adversos del proyecto o actividad, cualquiera sea su fase de ejecución. Se expresarán en un Plan de Medidas de Mitigación que deberá considerar, a lo menos, una de las siguientes medidas:

- Las que impidan o eviten completamente el efecto adverso significativo, mediante la no ejecución de una obra o acción, o de alguna de sus partes.
- Las que minimizan o disminuyen el efecto adverso significativo, mediante una adecuada limitación o reducción de la magnitud o duración de la obra o acción, o de alguna de sus partes, o a través de la implementación de medidas específicas.
- Las medidas de reparación y/o restauración tienen por finalidad reponer uno o más de los componentes o elementos del medio ambiente a una calidad similar a la que tenían con anterioridad al daño causado o, en caso de no ser ello posible, restablecer sus propiedades básicas. Dichas medidas se expresarán en un Plan de Medidas de Reparación y/o Restauración. (p.1)
- Las medidas de compensación ambiental tienen por finalidad producir o generar un efecto positivo alternativo y equivalente a un efecto adverso identificado. Dichas medidas se expresarán en un Plan de Medidas de Compensación, el que incluirá el reemplazo o sustitución de los recursos naturales o elementos del medio ambiente afectados, por otros de similares características, clase, naturaleza y calidad. Las medidas de reparación y compensación ambiental sólo se llevarán a cabo en las áreas o lugares en que los efectos adversos significativos que resulten de la ejecución o modificación del proyecto o actividad, se presenten o generen. (GNR, 2018, p.1)

- Si de la predicción y evaluación del impacto ambiental del proyecto o actividad se deducen eventuales situaciones de riesgo al medio ambiente, el titular del proyecto o actividad deberá proponer medidas de prevención de riesgos y de control de accidentes. Las medidas de prevención de riesgos tienen por finalidad evitar que aparezcan efectos desfavorables en la población o en el medio ambiente. Las medidas de control de accidentes tienen por finalidad permitir la intervención eficaz en los sucesos que alteren el desarrollo normal de un proyecto o actividad, en tanto puedan causar daños a la vida, a la salud humana o al medio ambiente. (GNR, 2018, p.1)

2.2.5. Sistemas de conservación de suelos y agua

La FAO (2017b) señala que:

Para identificar prácticas de adaptación adecuadas a un determinado territorio, es necesario establecer previamente los grupos de actores involucrados, definidos por características similares desde el punto de vista del uso de la tierra, el sistema de producción, la etnia, la cultura, el territorio donde hacen agricultura y las cadenas productivas a las que pertenecen. Esta etapa, facilita el análisis de la adaptación, por cuanto en general ellos tendrán similares amenazas, impactos y atributos de viabilidad frente a las acciones propuestas. Será necesario también establecer las amenazas y vulnerabilidades del territorio específico, ya sea sobre el comportamiento de las especies cultivadas, como sobre los sistemas naturales que sirven de soporte a la actividad agrícola. Una vez determinadas las condiciones previas, se establecerán las prácticas adecuadas y viables para enfrentar dichas amenazas y disminuir la vulnerabilidad del territorio y de su comunidad. (p.4)

En el manual de Prácticas de conservación de suelos y agua de JICA-INATEC (2016) también se describen las prácticas de conservación que se describen a continuación:

- Manejo de técnicas y tecnologías de la conservación del suelo y agua
- Manejo de técnicas y tecnología de la cosecha de agua
- Manejo de técnicas y tecnologías de los sistemas de riego y drenaje. (p.3)

En este manual pedagógico se encuentran las medidas y procedimientos establecidos para las prácticas de conservación de suelos en la finca didáctica, con la aplicación de criterios técnicos de las diferentes tecnologías para la conservación y aprovechamiento del agua utilizando los recursos de la misma y la aplicación adecuada de los procedimientos para establecer los sistemas de riego y drenaje. (JICA-INATEC, 2016, p. 5)

2.2.5.1. Cultura ambiental comunitaria

Según Rodríguez et al. (2011) en su estrategia para la educación ambiental en comunidades cubanas describe los principios de la estrategia de educación ambiental como un conjunto de acciones coherentes diseñadas en programas orientados a medio plazo para optimizar o cambiar un entorno socioambiental en un contexto geográfico determinado (p.5).

A continuación, se detalla los principios de las estrategias:

La táctica es dialéctica, flexible, creativa, interactiva, provechosa y se retroalimenta durante su aplicación comunitaria. Tiene coherencia, lógica y la integridad de todos los gestores, actores e instituciones que participan en este proceso, por lo cual se fundamenta en los siguientes principios. Contempla un procedimiento de valoración y seguimiento. (Rodríguez et al., 2011, p.5)

- ***Orientada hacia el desarrollo sostenible.*** Puesto que identifica como ambientales no sólo las dificultades clásicas relativas a la contaminación, sino además otros ligados a argumentos sociales, culturales y económicos, asocia el factor medioambiental a un progreso sostenible que responda una apropiada

calidad de vida para las presentes y futuras generaciones. (Rodríguez et al., 2011, p.5)

- **Contextualizada.** Porqué considera las particularidades específicas de las comunidades en que se labora, tanto la semiurbana como la rural, los beneficios, edades, géneros, nivel socioeconómico y ubicación geográfica. (Rodríguez et al., 2011, p.5)
- **Coherente.** Puesto que construye una tarea de formación ambiental considerando la formación sobre el medioambiente (hace referencia al medio natural como un contenido), la educación a través del medioambiente (tiene incidencia metodológica en el cómo enseñar) y la educación a favor del medioambiente (lleva implícito un componente ético, porque incide en la formación valórica de las personas y permite configurar una ética de las relaciones del ser humano con su ambiente). (Rodríguez et al., 2011, p.6)
- **Perspectiva sistémica.** Ya que está enfocada a la comprensión de que el medioambiente es fruto de diferentes interacciones dinámicas entre componentes ecológicos, sociales, económicos y culturales y cada uno de estos elementos influyen sobre el resto, modificándolos y modificándose. (Rodríguez et al., 2011, p.6)
- **Visión socioambiental.** Puesto que el proyecto y el cumplimiento de los planes deben incorporar la reflexión y discusión sobre el efecto que tienen las tareas humanas en la naturaleza, y los riesgos y amenazas que la degeneración medioambiental tiene para el hombre. Se debe fragmentar con la división que hay entre sociedad, naturaleza, cultura y recursos naturales, adquiriendo integralidad. (Rodríguez et al., 2011, p.6)
- **Participación y cooperación.** Ya que el espíritu que administra el diseño y progreso de la estrategia es aumentar la colaboración consciente, responsable

y eficaz de la ciudadanía y, asimismo, fomentar la cooperación mutua y equitativa entre todos los sectores de la sociedad. (Rodríguez et al., 2011, p.6)

- **Transversal.** Puesto que para alcanzar cambiar la cultura se utiliza tanto la instrucción formal como informal contiene acciones para diferentes públicos porque se necesita la intervención de todos. (Rodríguez et al., 2011, p.6)
- **Flexible.** Porque posee un enfoque rápido que considera la acción y mecanismos de retroalimentación que logran cambios en el estudio cuando nuevos escenarios o situaciones así lo necesiten. (Rodríguez et al., 2011, p.6)
- **Operativa.** Puesto que la estructura de las labores y la participación en programas facilitara el esquema como su ejecución en las comunidades. (Rodríguez et al., 2011, p.6)
- **Integrada.** Porque se desarrolla y despliega sobre la base de labores en común y el trabajo coordinado de esfuerzos de los distintos componentes e instituciones de la comunidad.
- **Coevolución.** Puesto que debe interrelacionarse con el régimen social y económico sobre el que se efectúa, cambiar conjuntamente con éste y favorecer la reorganización de intereses, actitudes y comportamientos ambientales. (Rodríguez et al., 2011, p.6)
- **Teórico práctico.** Ya que favorece el acceso y aprovechamiento de espacios naturales al aire libre por su valiosa importancia para el progreso de programas de formación ambiental, dado que consienten acordar los conocimientos teóricos con la práctica vivencial. (Rodríguez et al., 2011, p.6)

2.2.5.2. Investigación acción participativa

El propósito de la IAP no es el conocimiento en sí, es interpretar y entender las propias prácticas, y producir los cambios necesarios que permitan su mejoramiento, o sea su cualificación. Bien lo afirma Elliott (1991):

El objetivo fundamental de la investigación-acción consiste en mejorar la práctica en vez de generar conocimientos. La producción y utilización del conocimiento se subordina a este objetivo fundamental y está condicionado por él”. En cambio, la llamada Investigación-Acción-Participativa (IAP), aunque se basa en pautas similares, propende por cambios en un contexto y radio más amplio, vale decir, la sociedad en sus diversas agrupaciones. Respecto a los pasos básicos, bueno es recordar a Lewin (citado por Rodríguez, 1998), señalado como pionero de este tipo de investigación, quien en 1946 identificó cuatro fases en la IAP: “planificar, actuar, observar y reflexionar”. No hay que eximirse, en consecuencia, de planificar y aplicar las técnicas requeridas para recoger la información, según la naturaleza de la investigación emprendida, como podrían ser la entrevista, la observación y la encuesta, habida cuenta que se involucran grupos. Hay que destacar la inclusión de la reflexión, el diálogo y el análisis, que (junto con la introspección) serán permanentes durante el proceso. Las conclusiones que se vayan generando, serán revertidas al mejoramiento de las prácticas respectivas (Niño, 2012, pp. 37-38).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se detallan la descripción del área de estudio, el diseño y tipo de investigación, técnicas e instrumentos de recolección de información, población y muestra que se detallan para el cumplimiento de los objetivos específicos y siguiendo las preguntas directrices planteadas.

3.1. Descripción del área de estudio

La microcuenca del río Huaca se encuentra ubicada en la Provincia del Carchi, cantón San Pedro de Huaca, parroquia Huaca, comunidades Cuaspud, Paja Blanca Norte y Paja Blanca Sur; cantón Tulcán, parroquia Santa Martha de Cuba y Julio Andrade, esta última con las comunidades El Moral, San Joaquín, Guananguicho, Casa Fría Alto, Casa Fría Medio, San Vicente de Casa Fría Medio.

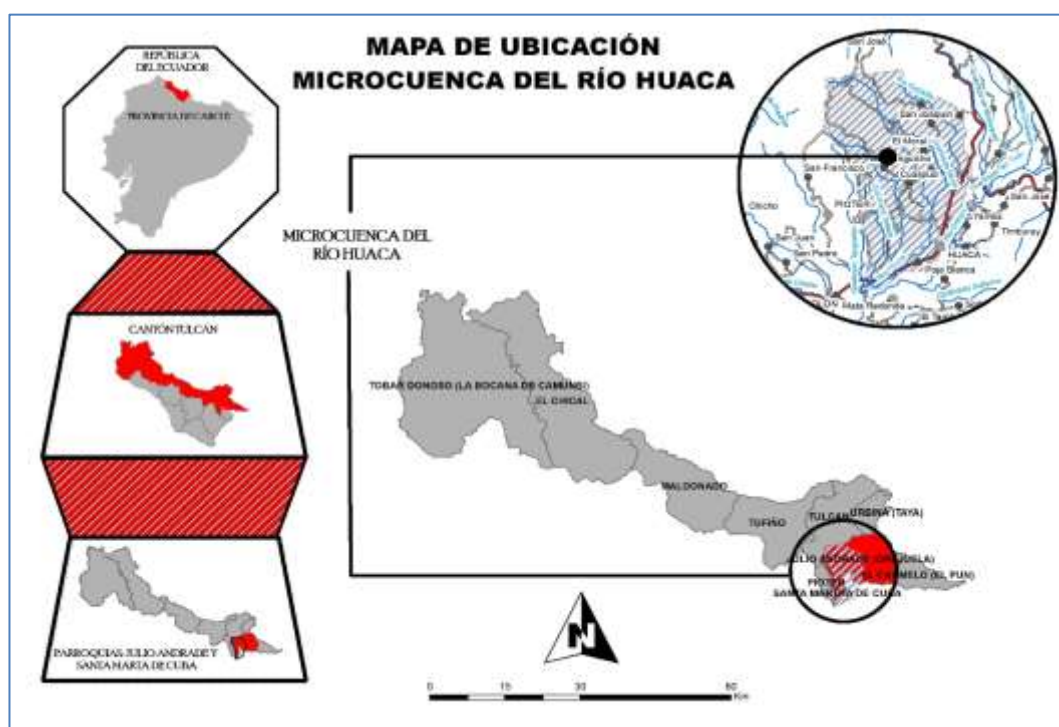


Figura 6. Ubicación de la microcuenca del Río Huaca y su área de influencia

El Gobierno Autónomo Descentralizado de San Pedro de Huaca (GAD-HUACA, 2014) menciona que:

Las (...) condiciones climáticas de la Microcuenca del Río Huaca se estableció con información de las estaciones meteorológicas del INAMHI. Los datos del clima como la precipitación, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar son necesarios en la caracterización del clima. Para el análisis climatológico, se consideraron las estaciones meteorológicas ubicadas a diferentes altitudes y lugares de donde se ha obtenido la información para la caracterización del clima en esta parte de la provincia del Carchi. En general la información de los parámetros climáticos es confiable y permite precisar de manera adecuada las condiciones climáticas del área de estudio.

3.2. Parámetros morfométricos e hidrográficos de la microcuenca del Río Huaca

Tabla 6.

Parámetros morfométricos e hidrográficos de la microcuenca del Río Huaca

Parámetro	Método	Resultado	Interpretación
Área,	Cálculo de geometría en ArcGIS 10.2	A= 68,63km ²	
Perímetro,	Cálculo de geometría en ArcGIS 10.2	P = 36,21km	
Longitud axial	Medición del eje principal de la Cuenca en ArcGIS10.2	La= 12,11km	
Ancho promedio (Ap)	$AP = \frac{A}{L_a}$	Ap = 5,66 km	
Factor de forma	$Ff = \frac{Ap}{L_a}$	Ef= 0,47	
Coeficiente de compacidad	$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi * A}}$	KC= 1,22	Forma redonda
Altitud mínima	Curvas de nivel DEM	Hmin= 2800 msnm	2800 msnm
Altitud máxima	Curvas de nivel DEM	Dh= 3600 msnm	3600 msnm
Desnivel altitudinal	Dh=Hmáx- Hmin	Dh= 800 msnm	800 msnm

Tabla 7.

Cálculo de la curva hipsométrica de la microcuenca del Río Huaca

COT. MAX. (msnm)	COT. MIN. (msnm)	COTA MEDIA	AREA (km ²)	AREA/AREA TOTAL (%)	AREA ACUMULADA
3600	3500	3550	2,8	4,1	4,1
3500	3400	3450	6,1	8,8	12,9
3400	3300	3350	5,6	8,2	21,1
3300	3200	3250	6,2	9,0	30,1
3200	3100	3150	6,9	10,0	40,1
3100	3000	3050	10,2	14,8	55,0
3000	2900	2950	15,7	22,9	77,8
2900	2800	2850	15,2	22,2	100,0

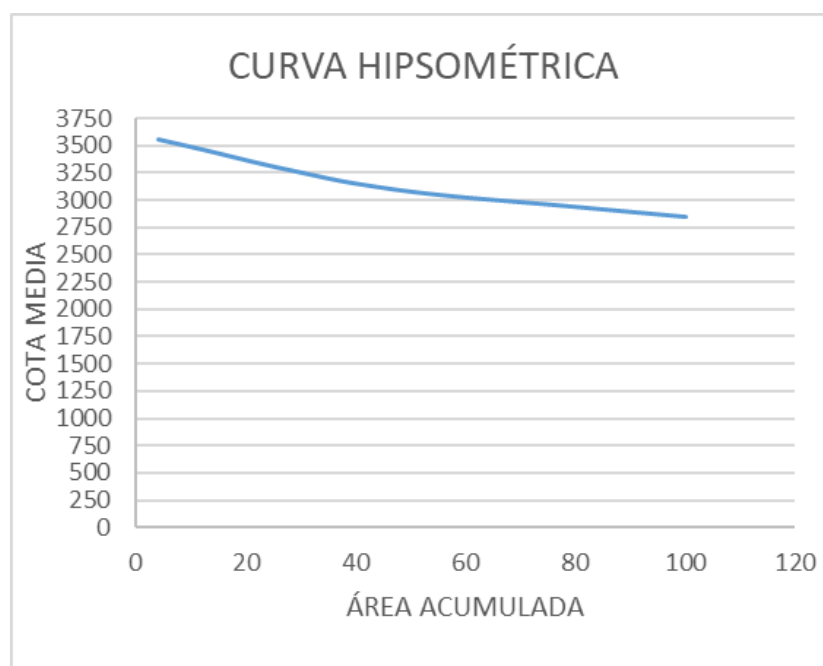


Figura 7. Curva Hipsométrica de la microcuenca del Río Huaca

La forma de la curva se obtiene de manera poco pronunciada debido a que los valores de la cota máxima y mínima no tienen una variación grande sino de apenas 800 metros, es decir no se trata de un área con gran desnivel altitudinal, como se muestra en el parámetro calculado anteriormente. Igualmente se debe considerar que el intervalo de curva es de 100 metros que no nos permite mayor número de valores en el eje de las

abscisas. Sin embargo, se puede concluir debido a la forma a la que tiende la curva que se trata de una tipología C, de cuenca sedimentaria en fase de vejez.

3.2.1. Pendiente de la Cuenca

Este parámetro se obtiene de la relación de las diferentes alturas existentes en el territorio de la microcuenca con las distancias recorridas de la microcuenca del Río Huaca.

Tabla 8.

Clasificación de pendientes

Pendiente	Área	Porcentaje
Abruptas, montañoso mayor al 70%	13,07	19,04
Fuertes, colinado 25-50%	19,31	28,13
Inclinación regular, suave o ligeramente ondulada 5-12%	16,63	24,23
Irregular, ondulación moderada 12-25%	6,01	8,76
Muy fuertes, escarpado 50-70%	13,62	19,84
Total	68,64	100,00

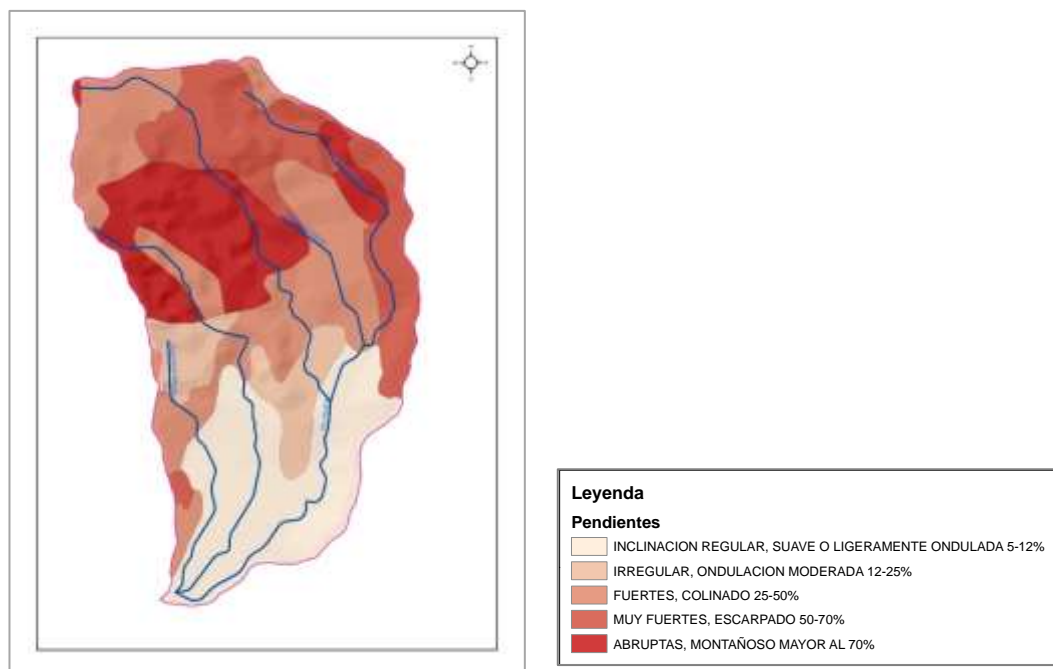


Figura 8. Mapa de Pendientes Microcuenca del Río Huaca.

Morfometría hidrográfica

Orden de cauce

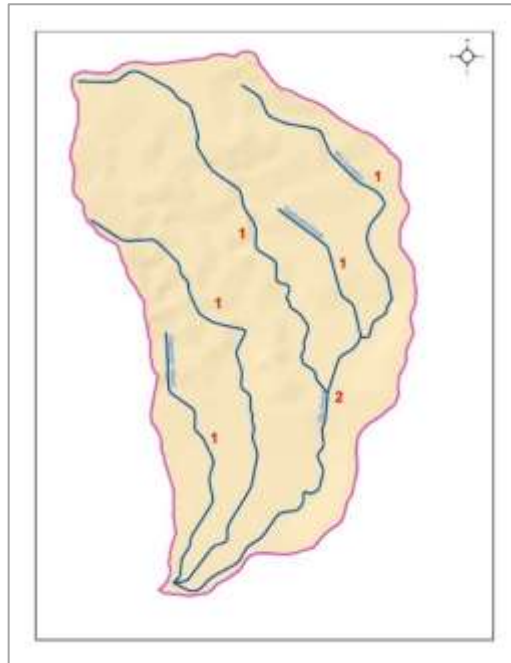


Figura 9. Orden del cauce de la microcuenca el Río Huaca

Tabla 9.

Cálculo de orden del cauce de la microcuenca del Río Huaca.

Orden de los cursos de agua	Nro. de curso de agua	Longitud total (km)
1	5	41,69
2	1	8,53
Total		50,22

Densidad de drenaje (Dd)

La densidad de drenaje de la microcuenca del Río Huaca es:

$$Dd = 0,73\text{km/km}^2$$

Patrón de drenaje

Se puede observar en la microcuenca del Río Huaca el tipo de patrón de drenaje paralelo que muestra la presencia de rocas volcánicas basálticas, rocas clásticas de tipo conglomerados y areniscas maduras. (Dunoyer, 1995).

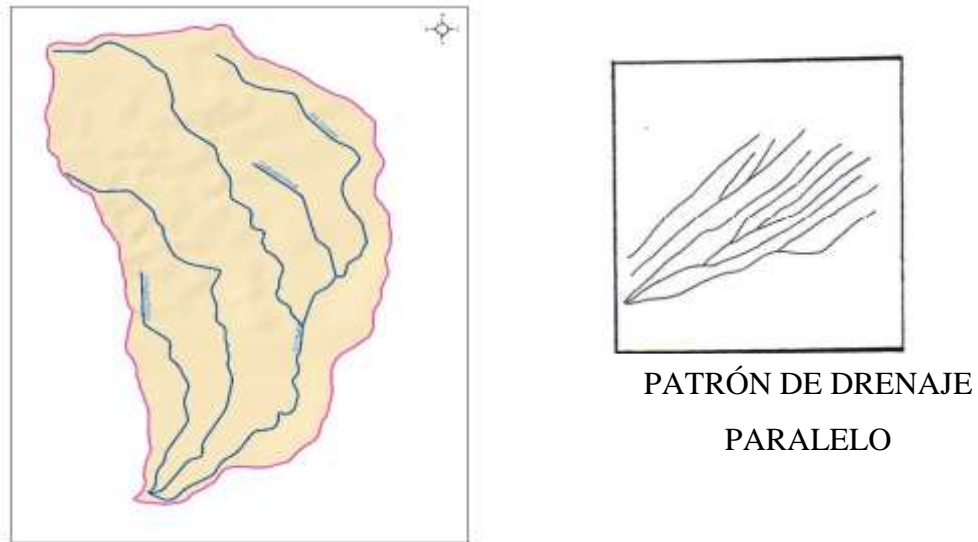


Figura 10. *Patrón de drenaje de la microcuenca del Río Huaca*

3.3. Tipo y diseño y de investigación

A continuación se detallan los tipos de investigación utilizados:

- **Investigación documental**

Se trabajó con investigación documental porque se indago, recopiló y analizó información de tipo general (libros, revistas, datos) y especial (artículos científicos, tesis de grado y posgrado). Para el cumplimiento del primer objetivo se utilizaron insumos digitales como: imágenes satelitales del sensor LANDSAT del año 1996, Ortofotografías SIGTIERRAS del año 2011 e imágenes del sensor oli del año 2017; para el segundo objetivo se utilizó información del fin del área de estudio y para el cumplimiento del tercer objetivo se trabajó con información en físico y digital para adaptar el plan de mitigación para el uso y conservación de la microcuenca del río Huaca.

- **Investigación de campo**

Esta investigación se utilizó para el cumplimiento de los tres objetivos específicos, se recorrió la microcuenca del río huaca para caracterizar los componentes, biótico,

abiótico y socioeconómicos, la interpretación y procesamiento de las imágenes satelitales permitió obtener el análisis multitemporal para el periodo 1996-2017, se aplicaron entrevistas y encuestas a los pobladores del área de estudio para recopilar información sobre la percepción de los pobladores con respecto al uso del suelo y estado de conservación de la cuencas.

- **Alcance descriptivo**

Igualmente puede considerarse de tipo descriptivo también porque en este trabajo porque se caracterizaron las variables consideradas y sus componentes dentro del objetivo específico 1: cambios de uso del suelo y cobertura vegetal, practica de manejo del suelo y centros poblados, tamaños de parcelas de producción; para el objetivo específico, 2 se considerarán las variables: pendiente, tiempo de laboreo mecánico, intensidad de laboreo mecánico, cobertura vegetal.

- **Diseño de investigación**

Esta investigación tiene un enfoque cuali-cuantitativo o mixto por la información que se manejó para lograr los objetivos propuestos y contestar las preguntas directrices, además el diseño adoptado fue documental porque se indago, reviso, clasifico y analizó información fidedigna primaria y secundaria para trabajar en los mapas respectivos y de campo con alcances exploratorio y descriptivo porque se trabajó en la recolección de información de fuentes primarias por medio de entrevistas y encuestas a un grupo seleccionado de habitantes de la microcuenca del Rio Huaca.

3.4. Procedimiento de investigación

Para el cumplimiento del primer objetivo: determinar la magnitud, causas y consecuencias de los cambios de uso de la tierra en la microcuenca del río huaca en los períodos 1996 – 2011– 2017, mediante análisis multitemporal de imágenes de satélite se empleó la siguiente metodología:

3.4.1. Análisis Multitemporal

Para realizar el Análisis Multitemporal de la microcuenca del río Huaca se establecieron los siguientes pasos:

- Tratamiento digital de las imágenes satelitales con el software ArcMap 10.3
- clasificación supervisada de las imágenes para obtener la cobertura vegetal.
- Elaboración del mapa de Cobertura Vegetal y análisis multitemporal de Los cambios de cobertura vegetal y usos del suelo.

Tabla 10. Obtención de las siguientes imágenes de la zona de estudio

Obtención de las siguientes imágenes de la zona de estudio

AÑO	IMAGEN	PATH/ROW	FUENTE
1996	Landsat 19960103 Sensor TM	10/60	NASA-USGS (SERVICIO GEOLOGICCO DE LOS EEUU)
2011	Ortofotografía del proyecto SIG IERRAS	FORMATO RASTER	SENPLADES-SIGTIERRAS
2017	LansatSensor OLI 20670127	10/60	NASA-USGS

3.4.2. Softwares de SIG

Existen diversos sistemas de información geográfica que se distinguen por las herramientas que brindan y por su licencia libre o comercial, en el presente estudio se utilizaron los que se señala a continuación:

Por medio del software ArcGIS se consigue visualizar, crear, manipular y gestionar la información geográfica con la que se labora de manera integral, permitiendo examinar, observar y analizar datos según sus parámetros, relaciones y tendencias, logrando nuevas capas de información con actuales bases de datos.

El programa se compone de una interfaz gráfica amigable, es sencillo de usar y abarca una gran ayuda en línea. Con esta herramienta es viable elaborar mapas que permiten la visualización de patrones, tendencias y singularidades, una librería que ayuda a la construcción rápida de mapas permitiendo almacenar en distintos formatos y editarlos rápidamente (Cure, 2012).

3.4.3. Obtención de las imágenes

La imagen satelital LANDSAT del año 1996 se obtuvo a través del servidor del Earth Science Data Interface (ESDI) at the Global Land Cover Facility (GLCF) (<http://glcfapp.glcfc.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>.)

Mientras que la Ortofotografías SIGTIERRAS del año 2011 se obtuvo del proyecto SIG TIERRAS DE LA SENPLADES

3.4.4. Tratamiento digital de las imágenes satelitales con el software ArcMap

Mediante la herramienta Image Analysis del software ArcMap 10.3 se procedió a realizar la unión de bandas multiespectrales.

Para las imágenes LANDSAT, SIGTIERRAS se procedió a realizar el corte de la imagen con el área de estudio, este proceso se lo realizó con la herramienta Extract by mask.

3.5. Clasificación de las imágenes satelitales

Para las tres imágenes se realizó la clasificación supervisada, para ello se consideraron los siguientes aspectos:

- Porcentaje y contenido de nubes del área de estudio
- Determinar los objetos de las imágenes
- Uso adecuado de la combinación de bandas multiespectrales

La clasificación implica categorizar una imagen multibanda en términos estadísticos, esto supone reducir la escala de medida de una variable continua (niveles digitales), a una escala nominal o categórica. La imagen multibanda se convierte en otra imagen en donde los números digitales que definen cada píxel no tienen relación con la radiancia detectada (Chuvieco, 1996).

Para identificar las diferentes Coberturas Vegetales se utilizó una combinación de bandas RGB 432 que es la que permitió visualizar de mejor manera los diferentes estratos de la vegetación.

3.5.1. Agrupación de los píxeles de la imagen por categorías

La selección de muestras se realizará con el método de “Polígonos definidos por el usuario”. Este método se basa en el reconocimiento de patrones en la respuesta espectral de los píxeles, posteriormente se dibujará un polígono el cual se usa para crear la firma espectral. Para ello se usó la herramienta Draw polygon que se encuentra en la opción Classification.

Después que las firmas fueron definidas, se ordenaron los píxeles de la imagen en 7 clases basadas en las firmas, esto se lo realizó con la herramienta de Training Sample Manager para uso de una regla de decisión de clasificación. La regla de decisión es un algoritmo matemático que, usando los datos contenidos en la firma, realiza el ordenamiento real de los píxeles en distintos valores de clase.

Finalmente, ya determinadas las diferentes categorías de cobertura vegetal en las imágenes satelitales, se procedió a usar la herramienta maximum likelihood classification para analizar las firmas espectrales y generar la imagen raster clasificada.

3.5.2. Elaboración del mapa de cobertura vegetal y análisis multitemporal de las imágenes satelitales

Ya con el archivo depurado calculada la superficie y determinadas las diferentes zonas de cobertura vegetal se procedió a elaborar la cartografía multitemporal y analizar los

resultados obtenidos con el fin de determinar los cambios de cobertura que se han producido en el área de estudio de la microcuenca del río huaca durante los años 1996, 2011 y 2017.

3.6. Determinación del grado de deterioros de la erosión del suelo y afectación a los cursos de agua

Se determinó el grado de deterioro por erosión del suelo y afectación a los cursos de agua. Se tomó muestras de agua en diferentes puntos:

Muestra 1, puente Río Huaca.

Caracterización del área: Se evidencia fuerte arrastre de sedimentos en el agua del río, también arrastre de desechos sólidos con fundas y envases plásticos, la vegetación de la rivera está compuesta por chilca (*Baccharis* sp.), suro, shashi, bromeraceas, mora, hierba de gallinazo, plantas herbáceas; a la izquierda y derecha del cauce se observa pasto cultural, kikuyo, sauco y lechero. El suelo tiene pomina. Las rocas del lecho del río son angulares, volcánicas, no hay transporte de material rocoso.

Foto panorámica 1, La Ranchería, quebrada Santo Tomás

Punto bosque de eucalipto, se puede observar algunas manchas de rebrotes de bosque de eucalipto glóbulos, sin manejo.

Cuenca visual 2, Cuaspud

En este sector se evidencia prácticas agrícolas en terrenos de pendientes de 70% y escarpadas se identifica áreas con lapilli rojo pardo

Cuenca visual 3, perfil del suelo,

Se puede observar el perfil visible del suelo de bosque de 1,30 m, lapilli rojo pardo de 45 cm y pomina de 80cm.

Cuenca visual 4, Casa Fría

Naciente del río Huaca, se puede observar la predominancia de pastos degradados escasos relictos de bosque nativo, presencia de miconias y suelo escarpado 70 %.

Muestra de suelo de bosque nativo, predominan asteráceas, tiene 55 cm de profundidad, existe la presencia de gualicones, achupallas (*Puya angelensis* E.), mortiño, romerillo, paja tupial, hoja blanca (*Badilloa salicina*), chilca (*Baccharis*), arcillejos, encino. (Cota máxima de la cuenca naciente del Río Huaca).

Punto de aforo de la cuenca, la ribera del río está cubierta con árboles de eucalipto glóbulos y pequeños arbustos de suro, mora y chilca.

Parte baja de la cuenca, presenta pastizales con especies de árboles de tilo, aliso, lechero se observa que existe el 10% de cultivos como la arveja y papa y el 90% del área está cubierta de pastizales.

3.6.1. Población y muestra

La población de la microcuenca del Río Huaca es de 1,631 habitantes.

Para el cálculo de la muestra se utilizará la siguiente ecuación (Posso, 2013).

$$n = \frac{N \times \delta^2 \times Z^2}{(N - 1)E^2 + \delta^2 \times Z^2}$$

N= Población

n= Tamaño de la muestra

δ = Desviación estándar: 0,5

E= Error de estimación: 0,05%

Z= Nivel de confianza: 1,96

Muestra: 312 habitantes

3.6.2 Técnicas e instrumentos de recolección de información

Para validar la información que se obtiene con el cumplimiento de los objetivos 1 y 2 de utilizaron las siguientes técnicas e instrumentos de recolección de información:

- Técnica de observación simple y participante, la simple se realizó en el recorrido que se hizo para conocer la microcuenca del Río Huaca, la participante se realizó cuando se tenga contacto con la población para recoger la información necesaria. Sera estructurada porque se planificará los aspectos especificados siguiendo la metodología de la Investigación. -Acción Participativa.
- Entrevista parcialmente estructurada, se realizó a informantes claves como presidentes de las comunidades, líderes, y pobladores de los diferentes barrios y comunidades que habitan dentro del perímetro de la microcuenca del Río Huaca.
- Encuesta, se realizaron preguntas que ayuden a validar la información generada con el análisis multitemporal-SIG y también preguntas que sirvieron de enlace entre los objetivos específicos y la realidad estudiada.

Una vez analizados los resultados y considerando los principales impactos, vulnerabilidades y amenazas., se procedió a elaborar los siguientes programas:

Programas de uso y conservación de suelo y agua que serán construidos y socializados con la metodología de la Investigación-Acción Participativa.

Los programas desarrollados y socializados con apoyo de una cartilla de educación ambiental fueron:

Microcuenca del Río Huaca:

- Generalidades
- Que es la microcuenca del Rio Huaca

Manejo de Cultivos (agroecología):

- Rotación de cultivos
- Diversificación de cultivos/Diversificación Inter cultivo
- Labranza de conservación
- Agricultura orgánica
- Gestión de fertilizantes
- Sistema Integrado de gestión de plagas y enfermedades
- Implementación de materia orgánica

Manejo de ganadería:

- Sistemas silvopastoriles
- Quema controlada de pastizales

Manejo forestal:

- Forestación /reforestación

Mejora de la Gestión de agua lluvia:

- Cosecha de agua lluvia
- Sistemas eficientes de riego

Conservar la biodiversidad agrícola/restauración de hábitats:

- Restauración de la vegetación natural
- Conservación de la biodiversidad.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización morfométrica de la microcuenca del Río Huaca

La microcuenca del Río Huaca tiene un área de 68,63 km², un perímetro de 36, 21 km², longitud axial de 12,11 km², ancho promedio de 5,66 mk², el factor de forma es de 0, 47; según el coeficiente de compacidad 1,22 tiene una forma redonda, presenta el desnivel altitudinal de 800 msnm considerando que la altura máxima es de 3600 msnm y mínima es de 2800 msnm.

Dentro de la Morfometría hídrica el orden de cauce presenta 1 orden de curso de agua con 5 cursos de agua con una longitud de 41, 69 km y el orden 2 con 1 curso de agua con una longitud de 8,53 Km. Además, tiene una densidad de drenaje de 0,73 km/km², con un patrón de drenaje paralelo.

4.2. Análisis multitemporal de la microcuenca del Río Huaca

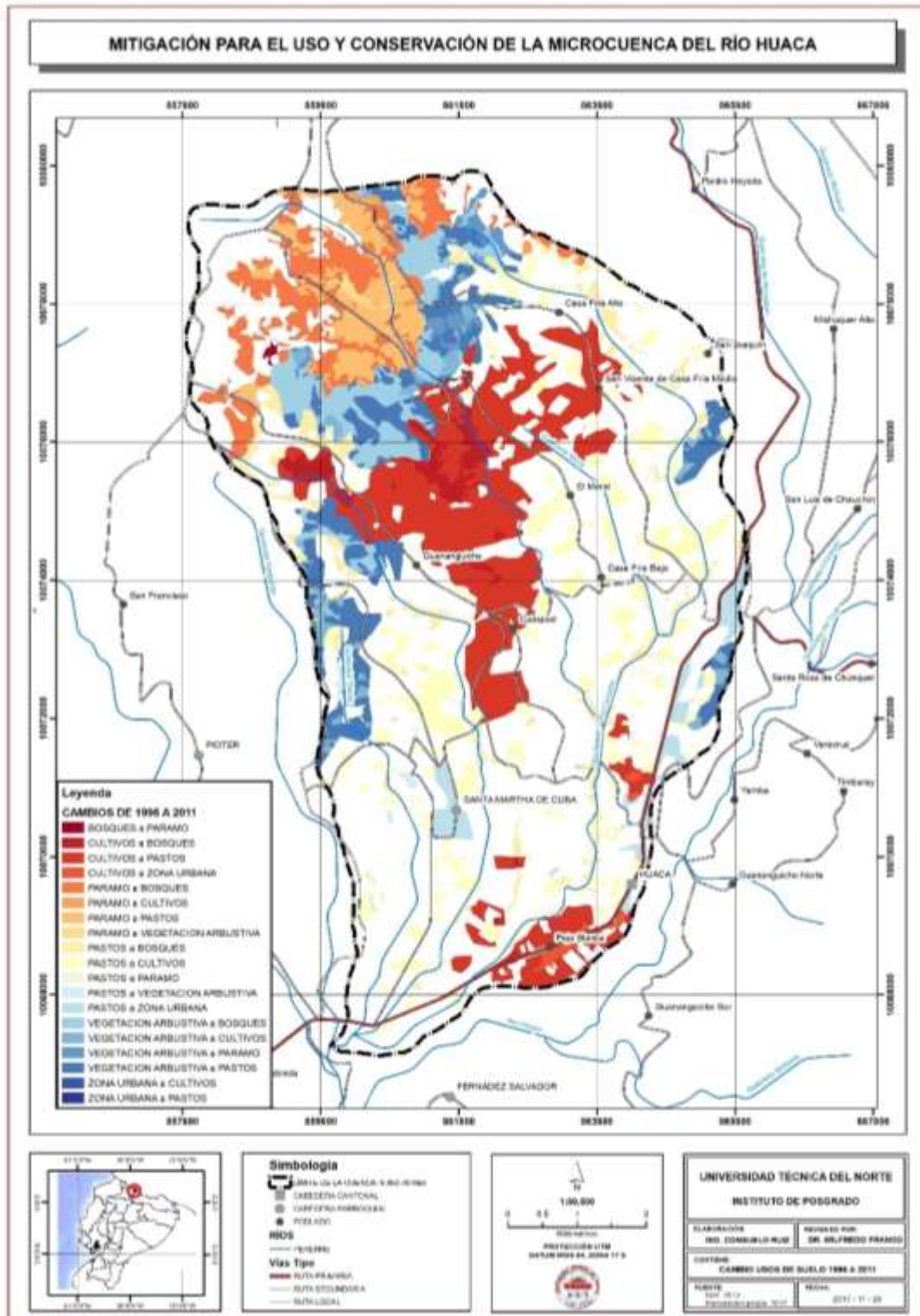


Figura 11 Interpretación de la imagen de la microcuenca del Río Huaca/Carchi 1996-2017

Como se puede observar en las imágenes, para el año 1996 la zona de influencia, poseía un área boscosa de aproximadamente el 45% de su totalidad, entre plantaciones forestales y bosques naturales; frente al dominante porcentaje de pastos y zonas urbanas en un 48% y 7%, respectivamente. Para el año 2011 el área boscosa tuvo un aumento paulatino, cubriendo el 47% del área total, con la inminente disminución de la cobertura de pastos, que, a esta fecha, cubría alrededor del 45% (figura 11).

El análisis multitemporal de la micro cuenca del río Huaca, determina que los cambios entre el año 1996 al año 2011 en las zonas con mayor influencia y riesgo se encuentran registrado en los bosques a páramo, cultivos a bosques y cultivos a pastos.

Además, los cultivos a zona urbana se han extendido en sectores como Paja Blanca, Guananguicho y San Vicente de Casa Fría medio; mostrando que el área de influencia donde se pierde mayor vegetación arbustiva y bosques es cercano a los centros poblados o comunidades en desarrollo.

A diferencia de la zona urbana a pasto, zona urbana a cultivos y vegetación arbustiva a pastos, donde el grado de influencia ha sido mínimo y éste se encuentra cercano a las riveras de la micro cuenca del río Huaca, porque es donde se puede verificar la mayor parte de vegetación conservada entre el año de 1996 al año 2011.

Además, hay que considerar que los pastos en relación a la zona urbana la vegetación arbustiva con el páramo y los cultivos con los bosques han tenido un grado de influencia o de afectación medio; esto porque la gran parte del territorio se encuentra entre las comunidades colindantes y los linderos de las mismas, también en zonas cercanas a la ceja de montaña donde nace la Cuenca hidrográfica del Río Huaca. Cabe resaltar que, en sectores como Casa Fría Alto, Casa Fría Bajo y territorio de la parroquia Santa Martha de Cuba el avance de la frontera agrícola tiene un rango equilibrado y controlado.

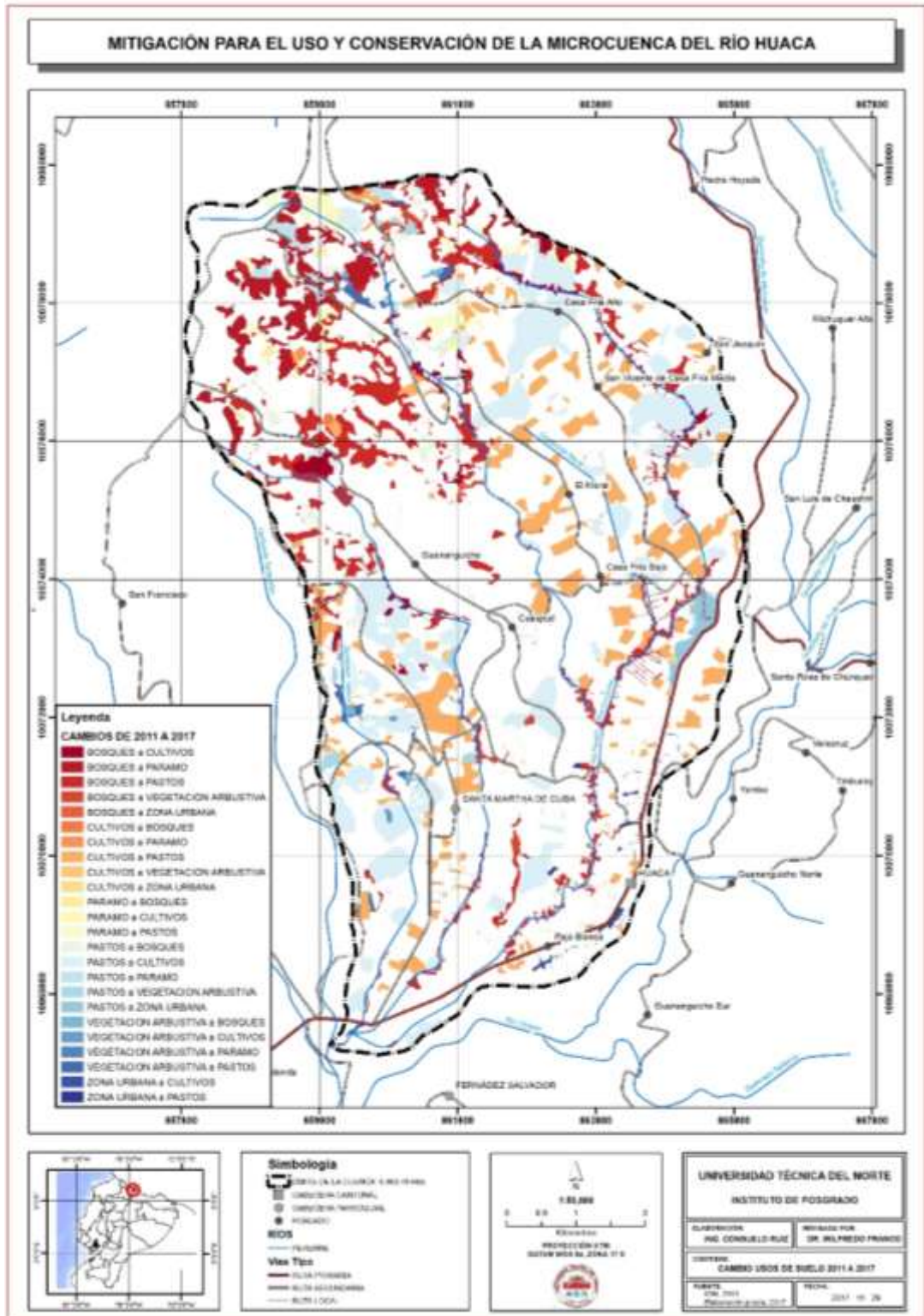


Figura 12. Mitigación para el uso y conservación de la microcuenca del río Huaca 2011-2017

Dentro de la cobertura boscosa, se identificaron plantaciones forestales y bosques naturales, que pese a estar relacionados entre sí, no se identificaron los mismos cambios a nivel de cobertura. La cobertura de bosques disminuyó el 3% entre el 2011 y 2017, mientras que las plantaciones forestales se redujeron en un 10%.

Sin embargo, existe un aumento en ciertos sectores; esto relacionado en parte con las actividades de reforestación, además, se debe resaltar los procesos de sucesión vegetal y recuperación natural. Por otra parte, la disminución del área de plantaciones forestales puede ser consecuencia de las actividades de aprovechamiento forestal (figura 12).

Los factores relacionados a los bosques presentan un alto riesgo sobre todo en los aspectos de cultivos, el páramo y los pastos, además una alarmante cifra se representa dentro de la vegetación arbustiva y la zona urbana que se ha extendido hacia los sectores de la micro cuenca del río Huaca en un 80%. Cabe destacar que existe un equilibrio en relación a los cultivos esto en relación a la normativa legal vigente que ayuda a la protección de la ceja de montaña; así los bosques, páramo y pastos se han conservado en gran parte en la cuenca hidrográfica y también en los sectores que están mínimamente poblados.

En cambio, la vegetación arbustiva ha tenido un elevado incremento cercano a los bosques y los pastos dentro de las zonas urbanas y las comunidades, además la zona urbana y cultivos, así como los pastos muestran un equilibrio de la vegetación en el territorio. A diferencia del año 1996 donde existía gran parte de bosques y páramo, en el año 2011 se puede verificar una disminución alta de este porcentaje.

Sin embargo, entre el año 2011 al año 2017 este porcentaje de disminución se duplica y se puede verificar en la (figura 12), que en comunidades como Casa Fría Alto y San Vicente de Casa Frío Medio, donde existía altas plantaciones vegetales páramos y vegetación arbustiva esta ha disminuido casi en un 75%; también los sectores como Paja Blanca y Casa Fría Bajo la frontera agrícola se ha extendido rápidamente, así como también el incremento de población ha sido significativo.

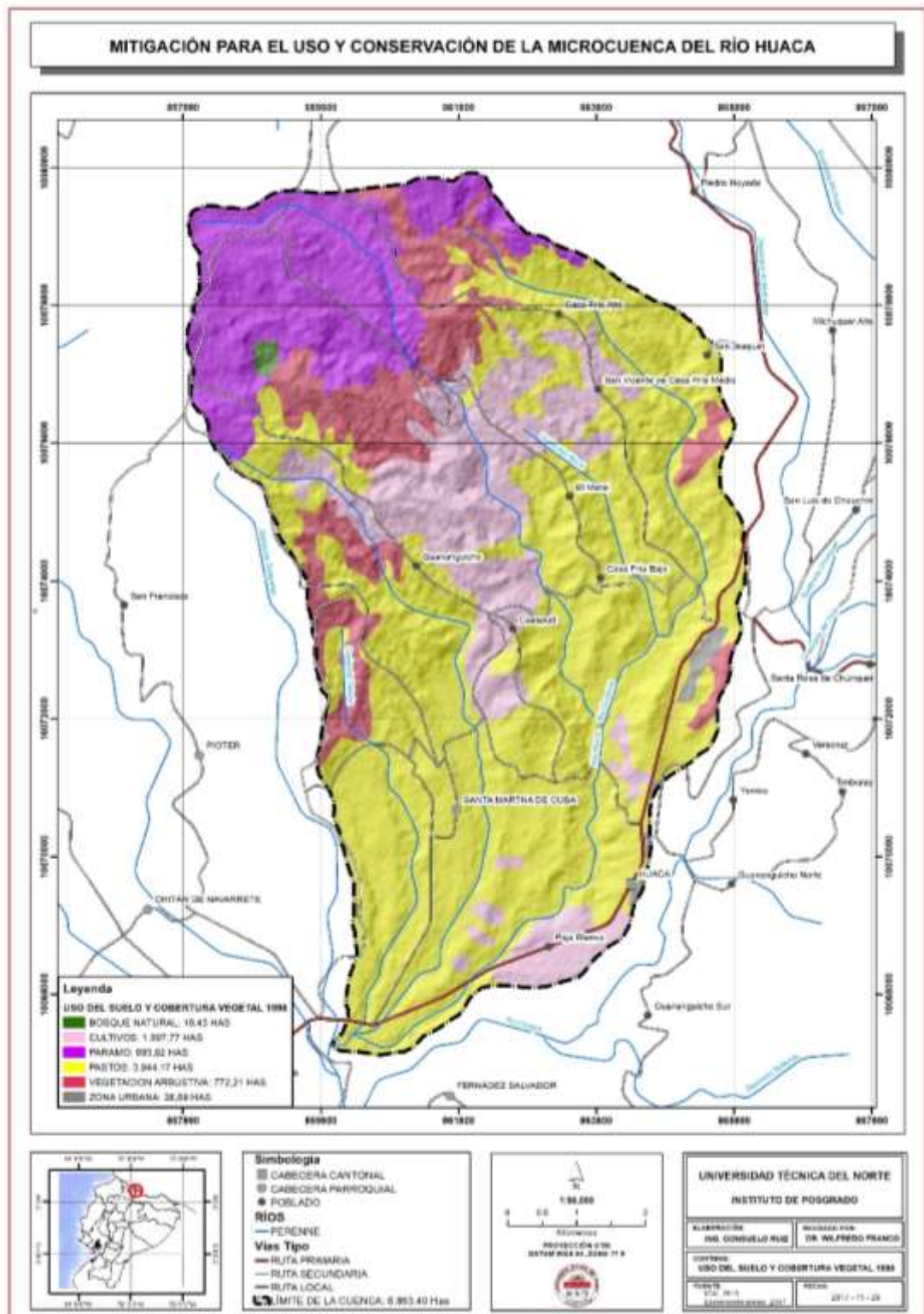


Figura 13. Mitigación para el uso y conservación de la microcuenca del río Huaca 1996 Cobertura vegetal

Un factor relacionado con el cambio de uso de suelo puede ser el desarrollo de procesos urbanísticos, produciendo la disminución de la cobertura vegetal. Sin embargo, el aumento del área urbana en el área de estudio fue poco significativa con relación a las demás clasificaciones, aumentando en un 5%, lo que corresponde a aproximadamente 494 hectáreas.

Para hablar del uso de suelo y cobertura vegetal del año 1996 se especifican los siguientes datos del bosque natural cubre un total de 16, 43 ha., mientras que los cultivos ocupan 1097, 77 ha. Además, el páramo representa 993, 92 ha, los pastos 3944, 17 ha y la vegetación arbustiva un total de 772, 21 ha.

Hablando de la zona urbana esta alcanza 38, 89 ha, de donde se extienden las comunidades y centros poblados cercanos a las parroquias. El porcentaje más alto que cubre el territorio de la microcuenca del Río Huaca pertenece a los pastos muy seguido de los cultivos y el páramo (figura 13).

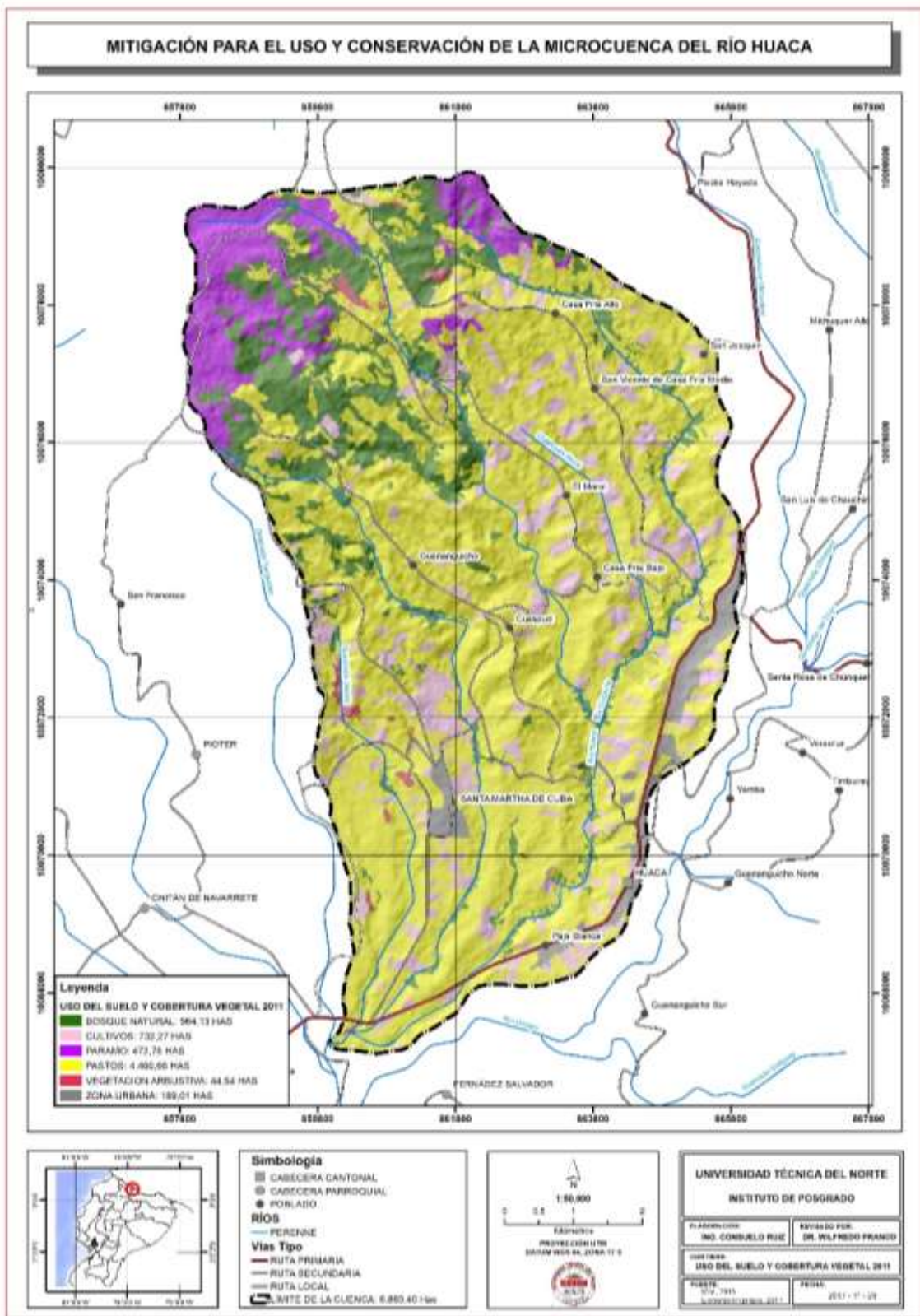


Figura 14. Mitigación para el uso y conservación de la microcuenca del río Huaca 2011 Cobertura vegetal

En la (figura 14), el análisis evidencia que el aumento en el área de las clases correspondientes a cobertura boscosa (bosques y plantaciones forestales), se ha dado gracias a la formación, por medios naturales o antrópicos, que adquieren un valor importante con relación a la función de conectividad que prestan al ecosistema.

También es posible identificar cambios en la cobertura, para el año 2011, el uso del suelo y cobertura vegetal representa en el bosque natural 964, 13 ha, en los cultivos 732, 27 ha, en el páramo 472, 78 ha. Además, los pastos representan el mayor número de territorio con 4460, 66 ha; mientras que la vegetación arbustiva ha disminuido significativamente a 44, 54 ha, en relación al año 1996.

La zona urbana en cambio incremento a 189, 01 ha, a diferencia de las 38, 89 ha, que se verificaron en el año de 1996. Sin duda uno de los sectores más afectados por el avance de la frontera agrícola ha sido el bosque natural el cual ha disminuido en al menos un 50%. Por otra parte, el páramo ha tenido una disminución del 45%.

En cuanto a la cobertura de pastos, fenómeno producido por actividades como la expansión de las fronteras agrícolas, la apertura de potreros, el aumento de cultivos, entre otras, se identificó una disminución con respecto al año 2011. Sin embargo, esta clasificación es la que se encuentra en mayor extensión sobre la superficie de la zona de estudio.

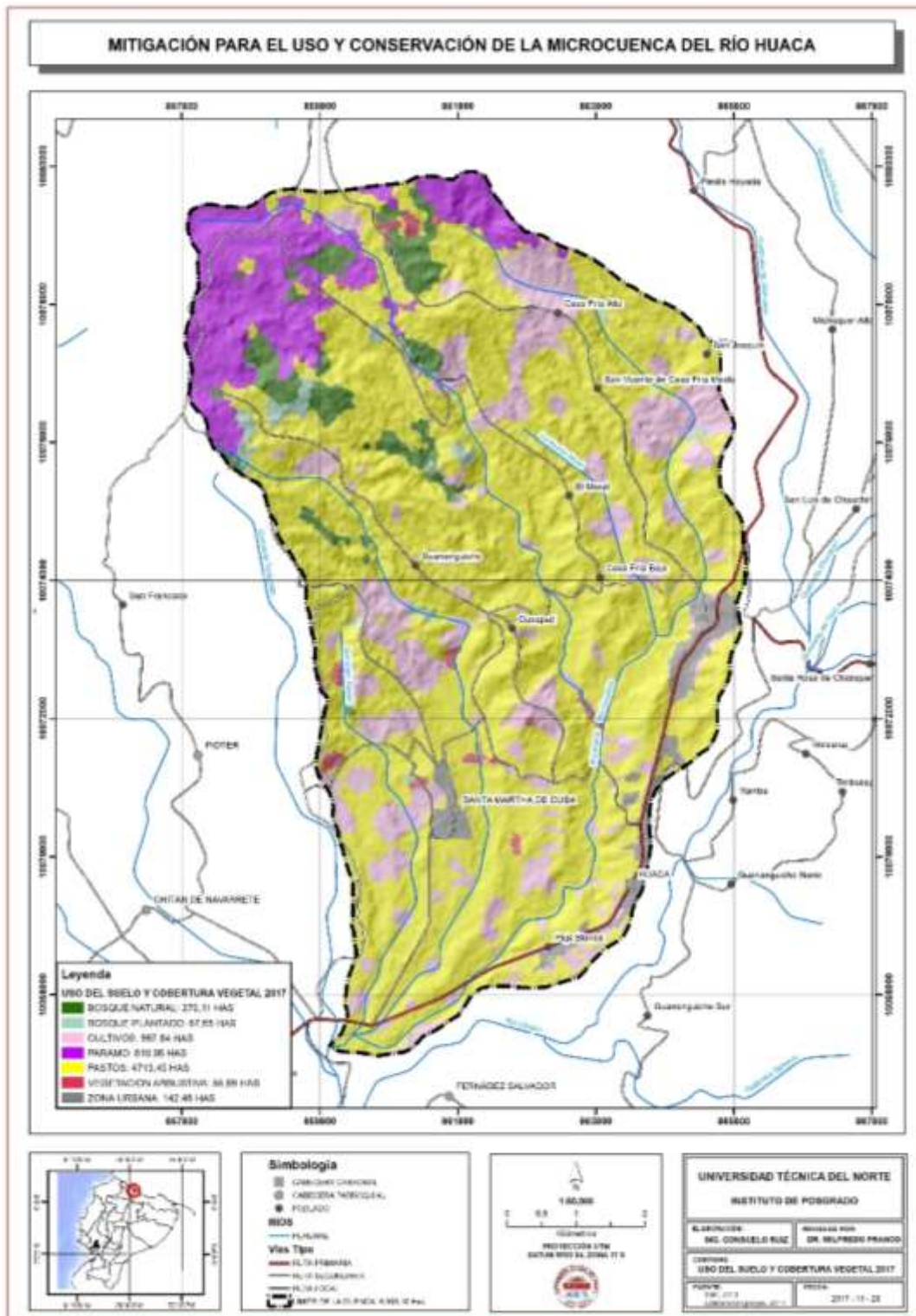


Figura 15. Mitigación para el uso y conservación de la microcuenca del río Huaca 2017 Cobertura vegetal

Para el año 2017 el uso de suelo y cobertura vegetal se presenta de la siguiente manera: aparte el bosque natural con 275, 11 ha, el bosque plantado 67, 65 ha y los cultivos con 997, 84 ha. Además, el páramo representa 610, 26 ha, los pastos 4713, 46 ha; siendo este el de mayor cobertura en todo el territorio de la micro cuenca del río Huaca.

Además, la vegetación arbustiva tiene un total de 55, 89 ha; mientras que la zona urbana se mantiene en 142,45 hectáreas. En relación a las 189,01 ha, que se verificaba en el 2011, definiendo así que la zona urbana tiene un equilibrio controlado de expansión.


Teniendo en cuenta los resultados, podemos inferir que el aumento de la cobertura boscosa en el área de influencia, está vinculado con las tareas de reforestación del mismo. Es importante mencionar, que si bien, la deforestación de cualquier ecosistema causa impacto en su dinámica y sus elementos, en este caso, no es tan negativo, ya que las plantaciones se establecen con fines de explotación de madera y así, reducir la presión en los bosques naturales.

El análisis mostro que se aprecian mayores cambios en las zonas correspondientes a los bordes del área de influencia de los ríos y quebradas, es decir, en las rondas hídricas, dando indicios de actividades propiciadas con el fin de preservar la red hídrica de la zona, al concientizar a la comunidad sobre la importancia de la protección de este recurso.

4.3. Cambio de uso del suelo en la microcuenca del Río Huaca en el período 1996 a 2011.

Tabla 11.

Mitigación para el uso y conservación de la microcuenca del río Huaca 1996-2011
Cobertura vegetal

Símbolo	Cambio uso de Suelo	Área (Has)	Porcentaje
	BOSQUES a PARAMO	3,31	0,05
	CULTIVOS a BOSQUES	103,44	1,51
	CULTIVOS a PASTOS	832,48	12,13
	CULTIVOS a ZONA URBANA	24,9	0,36
	PARAMO a BOSQUES	323,08	4,71
	PARAMO a CULTIVOS	11,41	0,17
	PARAMO a PASTOS	226,84	3,31
	PARAMO a VEGETACION ARBUSTIVA	13,01	0,19
	PASTOS a BOSQUES	257,91	3,76
	PASTOS a CULTIVOS	505,03	7,36
	PASTOS a PARAMO	7,31	0,11
	PASTOS a VEGETACION ARBUSTIVA	16,01	0,23
	PASTOS a ZONA URBANA	126,58	1,84
	VEGETACION ARBUSTIVA a BOSQUES	263,08	3,83
	VEGETACION ARBUSTIVA a CULTIVOS	74,82	1,09
	VEGETACION ARBUSTIVA a PARAMO	43,29	0,63
	VEGETACION ARBUSTIVA a PASTOS	376,14	5,48
	ZONA URBANA a CULTIVOS	0,32	0,00
	ZONA URBANA a PASTOS	0,99	0,01
	SIN CAMBIO	3653,45	53,23
	TOTAL	6863,4	100

Los cambios de uso de suelo muestran mayor de riesgo en los páramos, bosques pastos en zonas urbanas donde se realizan cultivos; además el páramo mantiene un equilibrio en el entorno debido a que los bosques cultivos pastos y vegetación arbustiva se mantienen dentro de este sector. Además, se ve un incremento equilibrado de los pastos dentro de los bosques los cultivos y el páramo además la vegetación arbustiva.

Es importante resaltar que los pastos en la zona urbana también han incrementado de una manera positiva consolidando espacios verdes propicias para el esparcimiento. También la vegetación arbustiva muestra un balance adecuado en todos los sectores de uso del suelo sobre todo en los cultivos que se encuentran cercanos a la zona urbana. Los porcentajes más altos de cobertura vegetal se centran en la vegetación arbustiva, los cultivos y los pastos con un 5,48%, 12,13% y 7,36% respectivamente.

4.4. Cambio de uso del suelo en la microcuenca del Río Huaca en el período 2011 a 2017

Simbolo	Cambio uso de Suelo	Área (Has)	Porcentaje
	BOSQUES a CULTIVOS	57,27	0,83
	BOSQUES a PARAMO	181,18	2,64
	BOSQUES a PASTOS	425,83	6,20
	BOSQUES a VEGETACION ARBUSTIVA	20,49	0,30
	BOSQUES a ZONA URBANA	2,44	0,04
	CULTIVOS a BOSQUES	3,11	0,05
	CULTIVOS a PARAMO	4,04	0,06
	CULTIVOS a PASTOS	480,38	7,00
	CULTIVOS a VEGETACION ARBUSTIVA	2,38	0,03
	CULTIVOS a ZONA URBANA	2,35	0,03
	PARAMO a BOSQUES	11,4	0,17
	PARAMO a CULTIVOS	11,19	0,16
	PARAMO a PASTOS	64,3	0,94
	PASTOS a BOSQUES	47,36	0,69
	PASTOS a CULTIVOS	670,28	9,77
	PASTOS a PARAMO	36,28	0,53
	PASTOS a VEGETACION ARBUSTIVA	27,16	0,40
	PASTOS a ZONA URBANA	30,29	0,44
	VEGETACION ARBUSTIVA a BOSQUES	6,84	0,10
	VEGETACION ARBUSTIVA a CULTIVOS	3,58	0,05
	VEGETACION ARBUSTIVA a PARAMO	3,45	0,05
	VEGETACION ARBUSTIVA a PASTOS	24,28	0,35
	ZONA URBANA a CULTIVOS	5,41	0,08
	ZONA URBANA a PASTOS	7,64	0,11
	SIN CAMBIO	4734,47	68,98
	TOTAL	6863,4	100,00

Tabla 12. Mitigación para el uso y conservación de la microcuenca del río Huaca 2011-2017 Cobertura vegetal

Los cambios de uso de suelo muestran mayor de riesgo en los bosques y cultivos a diferencia del año 2011, donde los páramos eran mayormente afectados por la frontera agrícola donde se realizan cultivos; además la vegetación arbustiva mantiene un equilibrio en el entorno debido a que los bosques, cultivos y pastos se mantienen dentro de este sector. También, se ve un incremento equilibrado de los pastos dentro de los bosques y el páramo.

Es importante resaltar que la vegetación arbustiva en la zona urbana también ha incrementado y muestra un balance adecuado en todos los sectores de uso del suelo sobre todo en los cultivos que se encuentran cercanos a la zona urbana. Los porcentajes más altos de cobertura vegetal se centran en los bosques, los pastos y cultivos con un 6,2%, 9,7% y 7% respectivamente.

4.5. Interfometría de la microcuenca del Río Huaca

En relación a la Interfometría de la micro cuenca del río huaca y la elevación del territorio se puede manifestar que existe cierta diferencia de disolución del suelo por la filtración de agua, dependiendo de la altura, teniendo en cuenta que entre el año 2007 y 2010 donde se realiza el estudio multitemporal se indica que los puntos altos de la micro cuenca como en el sector de Casa Fría Alto, existe un índice alto de filtración del agua por una diferencia de 2,14 m, donde la micro cuenca ha disuelto los minerales del suelo y por tanto ha generado una mayor profundidad que no permite una circulación adecuada del caudal de agua, esto sucede a los 2948 msnm.

Además, a los 2892 msnm se logra verificar una filtración de agua en el suelo de cerca de 1 m, este porcentaje se establece como un punto medio de relación en la Cuenca Alta del Río Huaca. También, en la cuenca media se puede verificar un mayor grado de infiltración porque a los 3124, 28 msnm, se encuentra una disolución del suelo de 3,43 m siendo esta la más grande en todo el trayecto de recorrido del caudal de la micro cuenca.

En cambio, en la cuenca baja del río, se muestra una filtración de agua de aproximadamente 3 m a los 2806, 73 msnm. Teniendo estos datos podemos considerar que tanto en la cuenca media como en la cuenca baja del Río huaca el grado de infiltración del agua y de disolución del suelo es mayor a diferencia de la cuenca alta donde aún se encuentran paramos y bosques con mayor porcentaje de vegetación arbustiva.

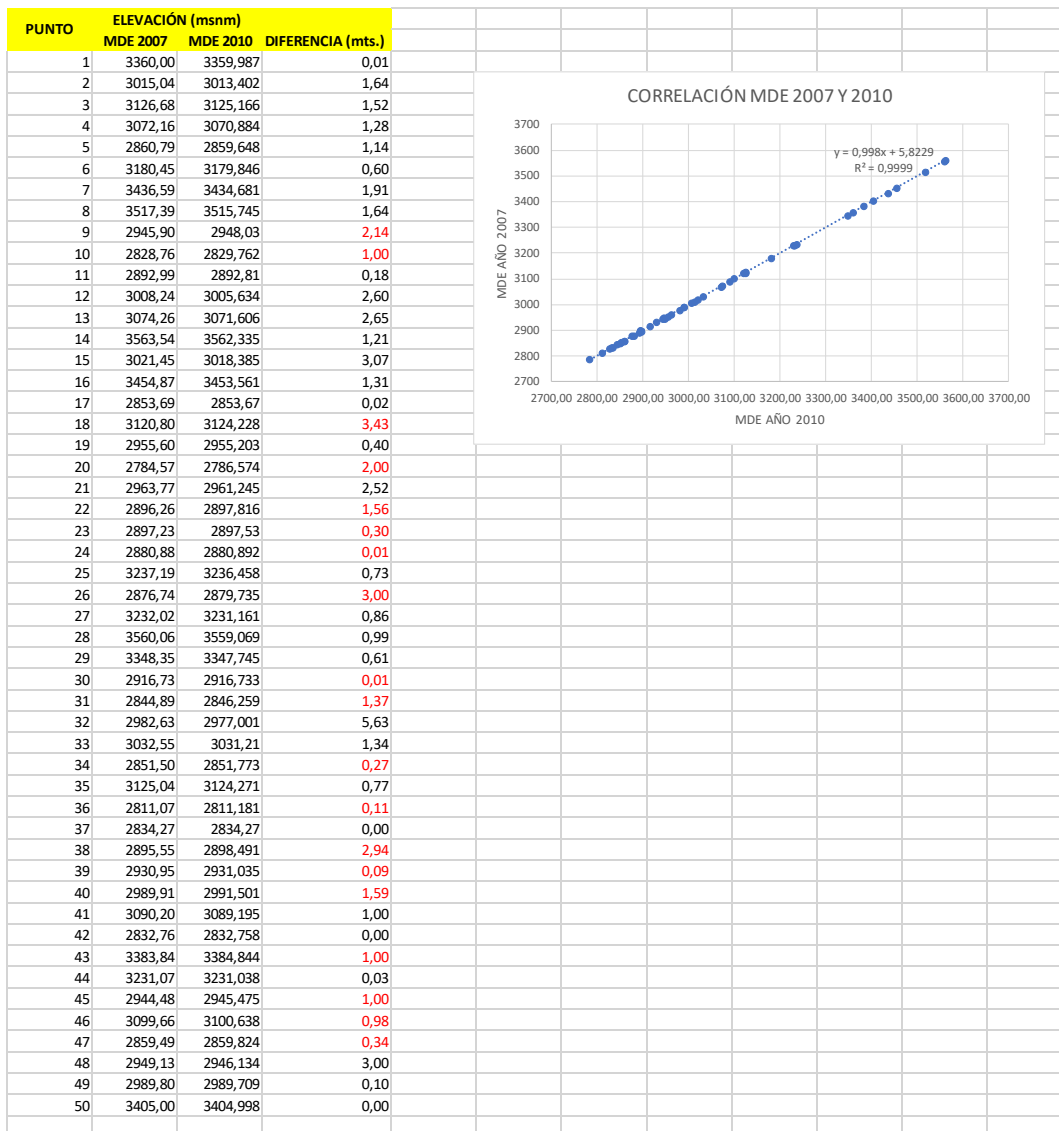


Figura 16. Mitigación para el uso y conservación de la microcuenca del río Huaca 2017 Cobertura vegetal

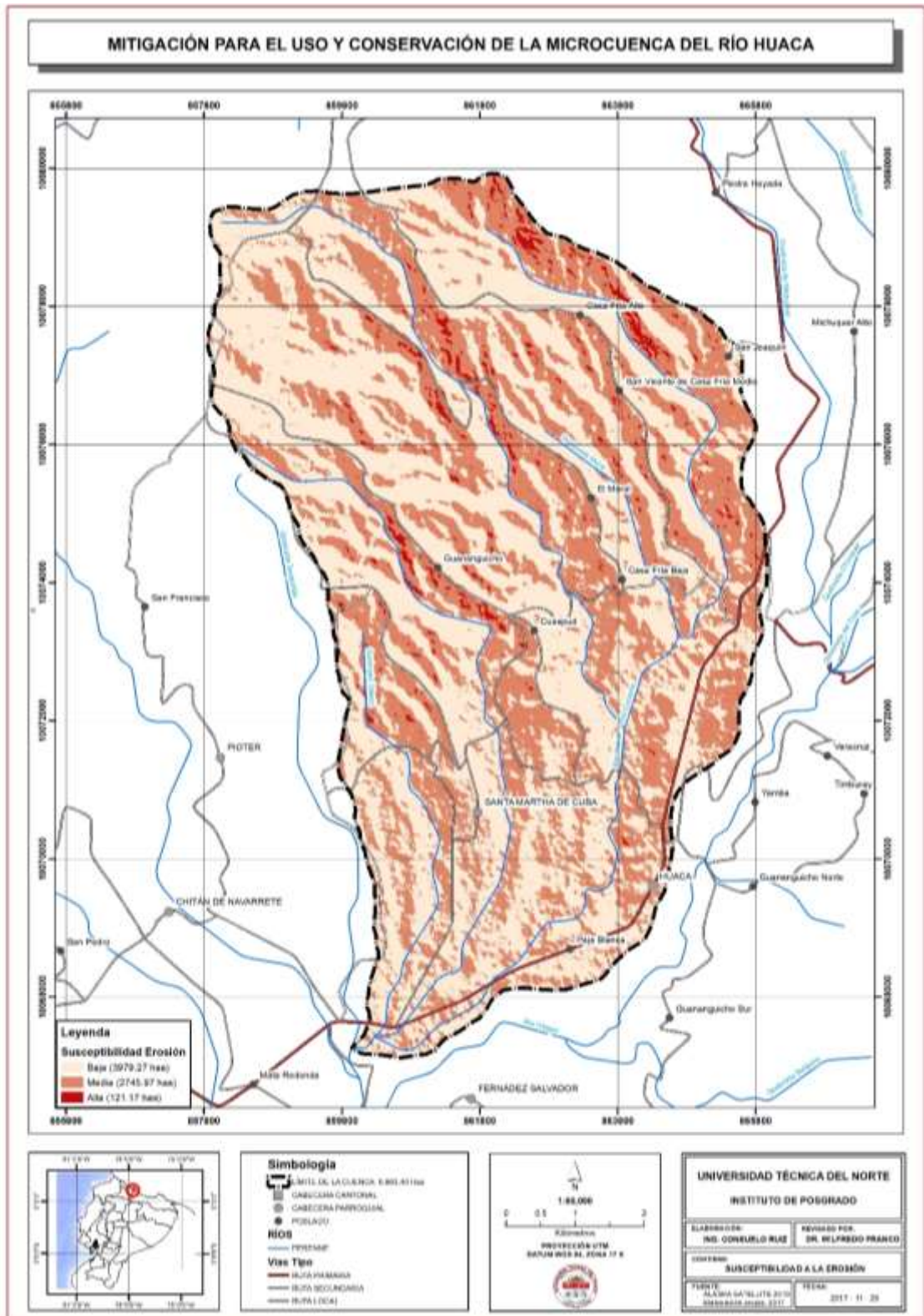


Figura 17. Susceptibilidad a erosión dentro de la cuenca hidrográfica

De acuerdo a la (figura 17), se puede manifestar que la susceptibilidad a erosión en el territorio que abarca la cuenca hidrográfica del Río Huaca, la más alta Erosión será en 121,17 ha; esto en los sectores como Santa Marta de Cuba, Casa Fría Alto y Guananguicho.

La susceptibilidad a erosión media se da en 2745,97 ha, en los sectores como Paja Blanca, El morral y San Vicente de Casa Fría Medio. Mientras que la erosión baja se da en alrededor de 3979,27 ha, en los sectores como Casa Fría Bajo y Huaca.

4.6. Caracterización socio ambiental de la población de la microcuenca del Río Huaca



Figura 18. Ocupación de la población que habita en la microcuenca del Río Huaca

La ocupación de las personas que habitan en la microcuenca del río huaca, en su mayoría representan al agricultor/propietario de los terrenos aledaños con un 29%, muy seguido de un 26% que mencionan ser comerciantes, un 14% amas de casa, un 10% empleados al igual que estudiantes, un 8% desempleados y apenas un 3% de jubilados.



Figura 19. Género de pobladores en la microcuenca el Río Huaca

El 64% de la población encuestada pertenece al género femenino, considerando que las amas de casa son quienes fueron entrevistadas en gran parte, y un 36% al género masculino que se encuentra laborando en los terrenos aledaños de la microcuenca.



Figura 20. Edad de los habitantes de la microcuenca del Río Huaca

La edad de los encuestados muestra un 63% de personas entre 31-65 años, un 30% entre los 18-30 años, es decir jóvenes y solamente un 7% de los 66 años en adelante.



Figura 21. Conocimiento de las personas sobre que es una cuenca Hidrográfica

Un 94% de personas encuestadas manifestaron tener conocimiento sobre el concepto de una cuenca hidrográfica, mientras el 6% menciono no asociarse con el concepto.



Figura 22. Cambios en el uso de la tierra

El 91% de los encuestados manifiesta que han existido cambios en el uso de la tierra durante los últimos 21 años, esto tomando como base la extensión de la frontera agrícola y la variedad de cultivos insertados en la zona de la microcuenca, mientras que el 9% dice que los cambios fueron leves o se mantiene el territorio de igual manera.

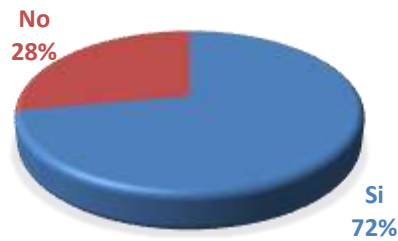


Figura 23. Deterioro del suelo en la microcuenca del Río Huaca

La mayor parte de la población considera que ha existido un deterioro progresivo del suelo en los últimos años con un 72%; mientras que el 28% afirma que el suelo se mantiene con vegetación arbustiva y apta para la producción.

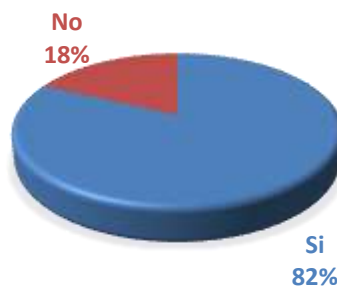


Figura 24. Calidad del agua de la microcuenca del Río Huaca

En relación a la calidad del agua el 82% de la población dice que esta ha empeorado considerablemente por la contaminación de la microcuenca, mientras que el 18% asegura que el agua aun es apta para cultivos y consumo de animales.



Figura 25 Disminución de caudal

La disminución de caudal ha sido significativa en los últimos años, el 61% afirman que circula menos agua en la microcuenca; mientras el 39% considera que el caudal es el mismo y no existe mayor afectación.

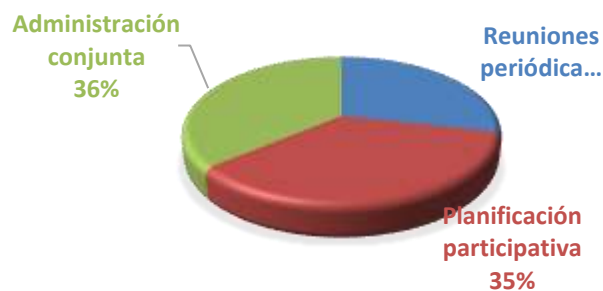


Figura 26 Manejo y conservación

Los pobladores para poder tener un manejo adecuado de la cuenca hidrográfica y garantizar la conservación de la misma, un 36% dice administrar los recursos de manera conjunta para evitar riesgos, el 35% prefiere la planificación participativa para el buen manejo del recurso hídrico y el 29% considera que las reuniones periódicas son necesarias para solucionar los problemas.

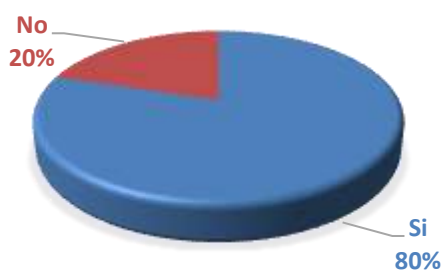


Figura 27. Gestión del uso, manejo y conservación de la microcuenca

La mayoría de la población está dispuesta a participar en conjunto para realizar un buen uso, manejo y conservación de la microcuenca con un 80%; mientras el 20% prefiere hacerlo de forma individual.

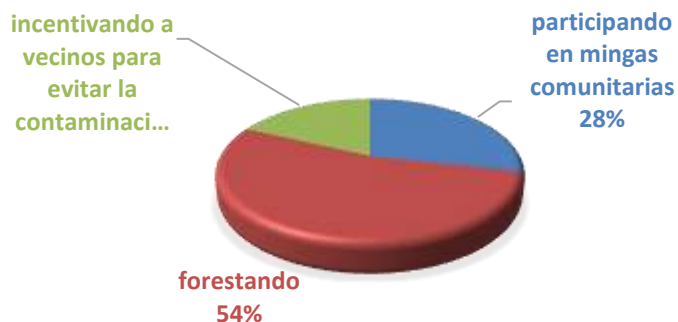


Figura 28. Actividades de corresponsabilidad

La corresponsabilidad de la población se manifiesta en un 54% a través de la forestación de la zona; mientras el 28% prefiere participar en mingas comunitarias para impulsar la conservación y el 18% lo hace incentivando al vecino para prevenir y evitar la contaminación de las riveras de la microcuenca.



Figura 29. Contribución de los pobladores

El 62% de los beneficiarios de la microcuenca prefieren aportar con mano de obra en el manejo adecuado y conservación de la microcuenca, el 31% lo hace a través de materiales y solo el 7% desea hacer un aporte económico.

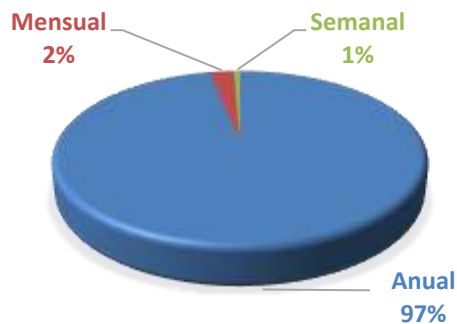


Figura 30. Aporte económico

El aporte económico que estaría dispuesto a dar los contribuyentes se establece en un 97% de forma anual, un 2% de forma mensual y 1% de forma semanal.



Figura 31. Pagos por mal uso

Los pagos por mal uso de los recursos de la cuenca hidrográfica tienen una aceptación de 96% de la población; mientras el 4% dice no está de acuerdo con este pago.

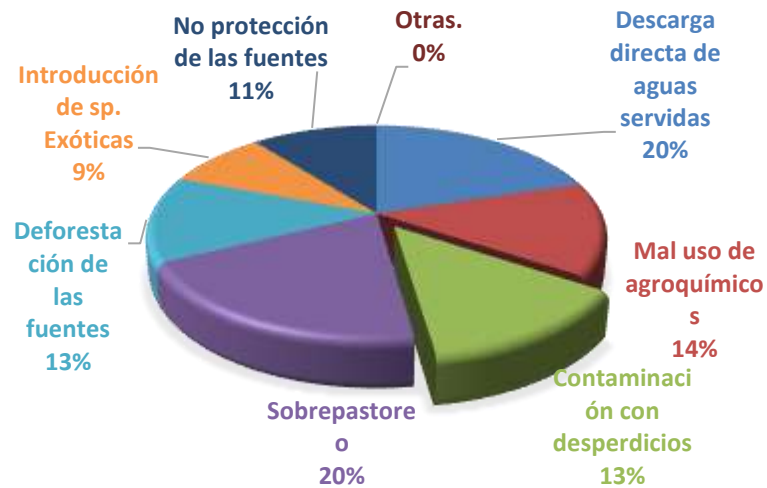


Figura 32. Fuentes de contaminación del agua

Los diferentes factores de contaminación del agua se establecen en el siguiente rango: El 20% corresponde a sobrepastoreo, la misma cantidad a descarga directa de aguas servidas; mientras el 14 es sobre el mal uso de agroquímicos, el 13% por deforestación cerca de las fuentes, la misma cantidad en relación a la contaminación con desperdicios, además la no protección de las fuentes es considerada una amenaza en el 11% y el 9% por la introducción de especies exóticas en la zona.

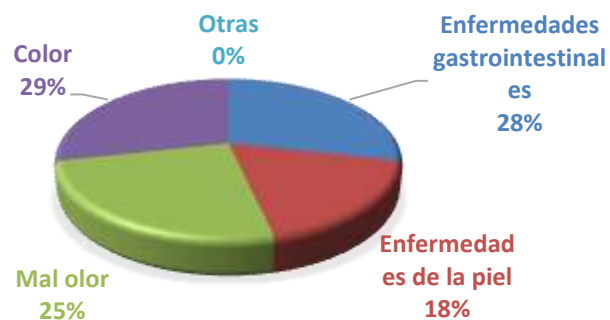


Figura 33. Efectos de la mala calidad de agua

Los efectos latentes por la contaminación y mala calidad del agua más comunes son: con un 29% el color del agua, un 28% enfermedades gastrointestinales, además un 25% el mal olor y un 18% enfermedades de la piel.



Figura 34. Medidas preventivas

Como medidas preventivas se puede manifestar que el 36% corresponde a las mingas que realiza la población para descontaminar, un 28% a las plantas de tratamiento de agua, un 18% a las y charlas de capacitación y de igual manera un 18% a la señalética implementada.



Figura 35. Aumento del volumen de agua limpia

Para aumentar el volumen de agua limpia los pobladores proponen en un 28% forestar plantas nativas, un 20% evitar la quema de bosques, un 19% la protección de los páramos y la colocación de linderos con plantas nativas y el 14% la división de potreros con plantas nativas.

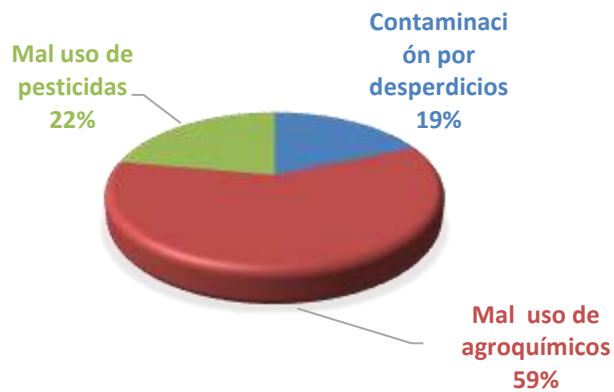


Figura 36. Actividades de contaminación del suelo

Las actividades más visibles de contaminación del suelo en un 59% se debe al mal uso de agroquímicos, el 22% al mal uso de pesticidas y un 19% por la contaminación con desperdicios.



Figura 37. Actividades agrícolas inadecuadas

Las actividades agrícolas inadecuadas están relacionadas con un 40% a la intensidad de laboreo mecánico, un 37% en relación a la permanencia y tiempo que se realiza el laboreo mecánico y el 23% en relación a la siembra en pendientes.



Figura 38. Actividad pecuaria

El porcentaje de animales según la actividad pecuaria, representa en un 68% vacuno, seguido por un 17% de ganado porcino, un 4% de caballar y un 11% otros como gallinas, ovejas y ganado menor.

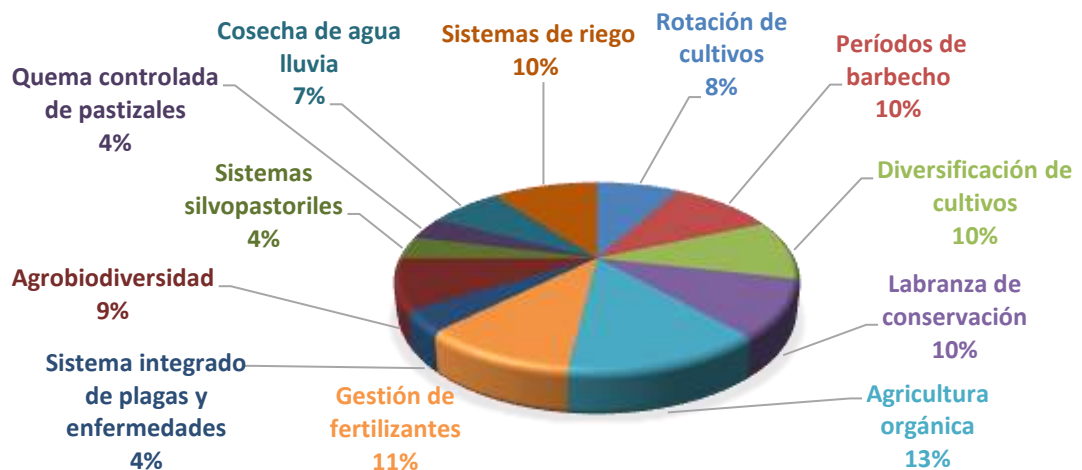


Figura 39. Conservación de suelos

Las prácticas que se realizan en la microcuenca para la conservación de suelos son: la agricultura orgánica con un 13%, un 11% la gestión de fertilizantes, un 10% labranza de conservación, al igual que periodos de barbecho, sistemas de riego y diversificación de cultivos; además un 9% de agrobiodiversidad, 8% rotación de cultivos, 7% cosecha de agua lluvia, 4% silvopastoriles, quema controlada de pastizales y sistema integrado de plagas y enfermedades.

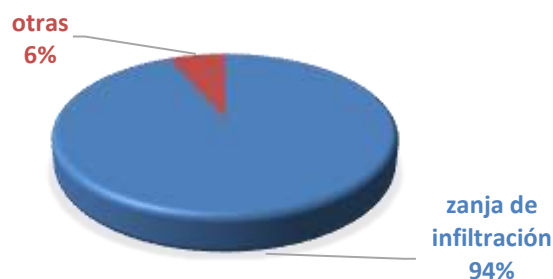


Figura 40. Manejo de suelo para mejorar el balance hídrico

El 94% de los encuestados manifiesta que se realiza mediante zanjas de infiltración siendo esta la técnica más conocida y el 6% manifiesta que realiza otras prácticas como:

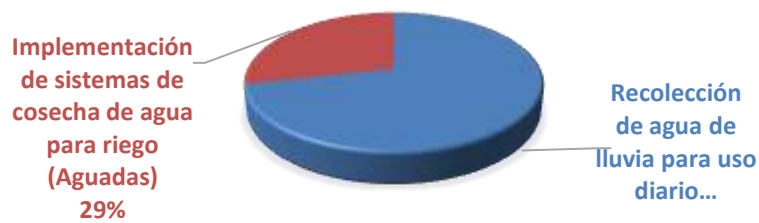


Figura 41. Captación de nuevos recursos hídricos

Para la captación de recursos hídricos, el 71% de los pobladores lo realiza mediante la recolección de agua de lluvia para uso diario y un 29% mediante la implementación de sistemas de cosecha de agua para riego.

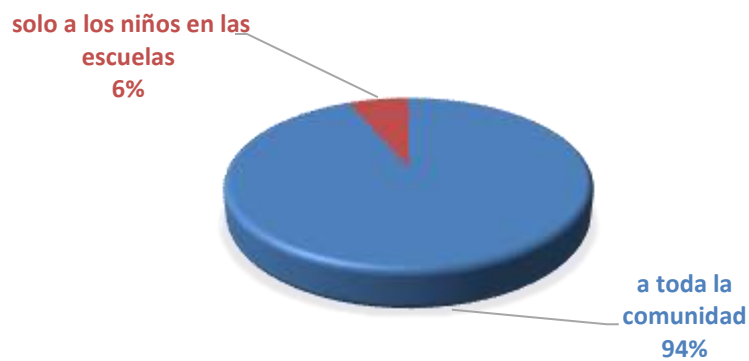


Figura 42. Educación ambiental

La comunidad considera que un 94% se debe realizar la educación ambiental a todos los sectores sociales, mientras que solo un 6% dice que debe hacerlo en los centros educativos como las escuelas.

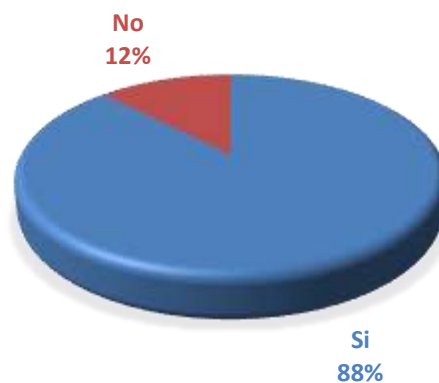


Figura 43. Creación de viveros

El 88% de los pobladores está de acuerdo con la creación de viveros en su propiedad, mientras el 12% dice no poder hacerlo por el espacio y otros factores.



Figura 44. Viveros comunitarios

El 68% de los pobladores dice estar de acuerdo con implementar viveros comunitarios, mientras el 32% dice no serlo más idóneo por el bajo compromiso de trabajo conjunto.



Figura 45. Plantación con arboles

El 96% de ellos encuestados afirma estar de acuerdo en plantar árboles, mientras el 4% dice no ser muy necesario en la zona.



Figura 46. Especies vegetales recomendadas

Las especies vegetales más recomendadas para plantar son con un 30% el pumamaqui, el 27% el aliso, El 22% el Albarracín, el 17% la acacia y el 4% restante mencionaron otras variedades de plantas.

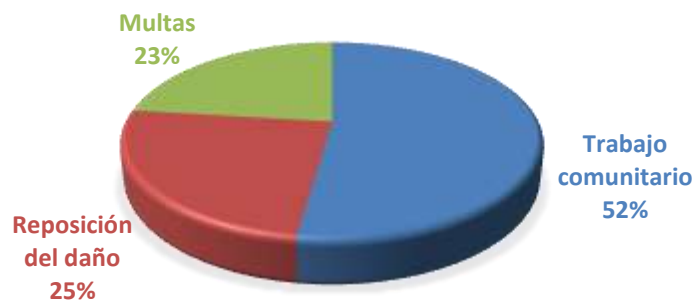


Figura 47. Métodos de rescate de las aguas y recuperación de su calidad

El 52% de encuestados menciona que se debe realizar un trabajo comunitario, el 25% hacer una reposición del daño y un 23% realizarlo a través de sanciones y multas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones del análisis multitemporal del uso de la tierra

- Se concluye que el análisis multitemporal de imágenes de satélite determino que la magnitud cobertura de la vegetación arbustiva es mayor en todo el territorio de la cuenca hidrográfica, los cambios de uso de la tierra en la microcuenca del Río Huaca en los períodos 1996 – 2011 – 2017, tuvieron relación con el incremento de frontera agrícola; además mediante análisis multitemporal, se determina el mal manejo de los recursos suelo y agua produciendo como consecuencias la disminución del caudal de agua, cambios en la estructura de suelos, contaminación con agroquímicos, intensidad de pastoreo y aumento de extensiones con pasto; así como suelos erosionados.
- Se determinó el grado de deterioro por erosión del suelo y afectación a los cursos de agua en un grado alto en 121,17 ha; esto en los sectores como Santa Marta de Cuba, Casa Fría Alto y Guananguicho, la susceptibilidad a erosión media en 2745,97 ha, en los sectores como Paja Blanca, El Morral y San Vicente de Casa Fría Medio; mientras que la erosión baja se da en alrededor de 3979,27 ha, en los sectores como Casa Fría Bajo y Huaca.
- Se diseñó el plan de mitigación para evitar impactos negativos en el entorno natural y social especialmente involuntario, reasentamiento y pérdida de biodiversidad, con almacenamiento de agua de lluvia de cada subcuenca fluvial para retrasar la inundación rápida escorrentía, y promover el uso múltiple de las estructuras y espacios hidráulicos existentes en la cuenca.
- Se desarrolló una cartilla de educación ambiental para la conservación de la microcuenca del Río Huaca, esta herramienta basada en la información proporcionada por la población del área de estudio y sociabilizado acorde al enfoque comunitario y la investigación-acción participativa.

5.2. Propuesta del Plan de Mitigación de la microcuenca del Río Huaca

5.2.1. Principios básicos para ejecutar un plan de mitigación

- Evitar impactos negativos en el entorno natural y social, especialmente involuntario.
- Reasentamiento y pérdida de biodiversidad para evitar efectos adversos en los tramos río abajo de los sitios sujetos a contramedidas tales como el aumento de la velocidad de inundación y la descarga que podrían causar un banco erosión e inundaciones,
- Enriquecer la función de almacenamiento de agua de lluvia de cada subcuenca fluvial para retrasar la inundación rápida escorrentía, y
- Promover el uso múltiple de las estructuras y espacios hidráulicos existentes en la cuenca.

5.2.2. Estrategia básica para la formulación del plan maestro

Sobre la base de los principios básicos mencionados anteriormente y los resultados de las discusiones, la formulación de un plan maestro de mitigación se establece de la siguiente manera:

Fin: Cooperar al mejoramiento de las necesidades socio económicas y ambientales de los habitantes de la microcuenca del Río Huaca, a fin de que disfruten de mejores condiciones de vida.

Resultados: Los agricultores/as utilizaran materias primas vegetativas y especies animales mejorados:

- Los agricultores/as renuevan los sistemas de producción de sus fincas.
- Utilizan y manejan adecuadamente los agroquímicos.
- Los productores/as acogen asistencia técnica de manera sistemática.
- Productores/as se agrupan para producir y comercializar sus productos.

Propósito: Promover el uso y manejo adecuado de los recursos naturales.

Resultados:

- Los agricultores/as usan y manejan apropiadamente el recurso hídrico.
- Los productores/as hacen buen uso y manejan debidamente los recursos forestales.
- Los agricultores/as utilizan excelentes prácticas de preservación de suelos.

Propósito: Mejorar la participación de la población en actividades socioeconómicas de la comunidad.

Resultados:

- Habitantes capacitados para conseguir actividades económicas que les produzcan mayores ingresos.
- Aumento del conocimiento y sensibilización de toda la población sobre la importancia de la microcuenca del Río Huaca.

Propósito: Mejorar las condiciones de vida en los hogares de la microcuenca del Río Huaca.

Resultados:

- Las familias efectúan un manejo correcto de los desechos sólidos y líquidos.
- La infraestructura de las casas es adecuada.
- Las familias comprenden y practican salud preventiva en sus viviendas

5.2.3. Organización para la implementación del Plan

Para la implementación del plan de manejo de la microcuenca del Río Huaca, se plantea la creación de una Organización Gestora, la misma que asumirá el compromiso de recibir disposiciones y el levantamiento de los recursos necesarios para el financiamiento de las acciones que se necesiten desarrollar.

Los integrantes de la organización se conseguirán distribuir las labores según los actividades más importantes para los habitantes de la microcuenca del Río Huaca, como la producción y diversidad de productos agrícolas, protección y administración ambiental, comercialización de la producción, aspectos sociales y equidad de género, entre otros.

5.2.3.1. Fomento de la asociatividad

Promover la constitución de grupos asociativos, ya sea de hecho o legalmente constituidos. Al principio se puede empezar con grupos solidarios o grupos de emprendimiento. El beneficio de los grupos asociativos es que logran alcanzar aumento de precios por la compra de materia prima en volúmenes mayores, ingresar en mercados que de manera individual no es fácil por el tamaño de la demanda.

Si los productores/as de todas las microcuencas lograran constituirse entre sí, podrían conseguir un nivel de posicionamiento tal que lograrían sinergias significativas para ser aprovechadas.

5.2.3.2. Organización para el desarrollo ambiental y la mitigación del riesgo

El manejo de los recursos naturales es importante para la sostenibilidad del desarrollo que se desea impulsar en la microcuenca del Río Huaca, por lo que es necesario prestar atención al cuidado del recurso agua, bosque, suelo y biodiversidad, entre otros.

El cuidado del recurso agua es importante para los habitantes, ya que es un líquido necesario para la vida humana y un recurso valioso para la agricultura. Por ello corresponden determinar las áreas críticas a proteger, como las zonas de recarga acuífera, los nacimientos superficiales de donde se abastecen los pobladores y las riberas de los ríos.

El recurso forestal podrá ser generado a través de agroforestería y cultivo de bosques energéticos para la obtención de leña.

El suelo deberá cubrirse con obras de conservación de suelo, práctica y técnica de cultivo en laderas.

De la misma manera, para la conservación del ambiente son significativas las condiciones de limpieza primordial ambiental que se promuevan por medio de la adecuada eliminación de las excretas, desechos sólidos, líquidos y manejo de los plaguicidas.

La mitigación del peligro es un elemento importante, debido al aumento de situaciones de temor en el territorio que ocupan los habitantes, y porque el enfoque de trabajo en microcuencas favorece la administración del riesgo.

Es conveniente desarrollar destrezas en el conocimiento de períodos de los desastres y el ejercicio de la red gestión de riesgos, para la atención de emergencias, en estrecha relación con el gobierno local.

También, es inevitable que se comience el desarrollo de planes de emergencia locales o por comunidad, de la misma manera como la elaboración de planes escolares, definición de un itinerario de evacuación y la determinación de las zonas críticas de riesgo.

Se debe desarrollar un plan de trabajo para la ejecución de prontitudes enfocadas en la recuperación ambiental, el mismo que debe tomar como base los diagnósticos de la microcuenca.

Últimamente, se necesita estar bien enterado sobre los pronósticos de condiciones del tiempo durante el año agrícola, para orientar a los productores/as sobre las decisiones a tomar en caso de que se presenten alteraciones hídricas.

5.2.3.3. Monitoreo y evaluación

Para el monitoreo y evaluación se plantea el fortalecimiento de indicadores de cumplimiento, los cuales se calculan en función del tiempo de permanencia del Plan de Manejo de la microcuenca, este puede ser para cinco años.

Los cálculos propuestos son para cada año, sin embargo, logran realizarse mediciones intermedias cada seis meses, a fin de ir indagando si los propósitos y resultados del Plan se están logrando, y poder hacer ajustes a la planeación o la realización sugerida al inicio.

Es necesario que, para mayor certeza del logro de los resultados, se pueda comprobar por más de un medio, a través de la revisión de informes, sistematizaciones, memorias de trabajo y visitas directamente al campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brenes, C. (2009). *Análisis multitemporal de cambio de uso de suelo y dinámica del paisaje en el corredor biológico volcánica central Talamanca*, COMISIÓN PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE-CEPAL. (2012). *Diagnóstico de las estadísticas del agua en el Ecuador*. Recuperado de: <http://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/archivos/download/Diagnostico%20de%20las%20Estadisticas%20del%20Agua%20Producto%20IIIc%202012-2.pdf>
- Castro, D. y Santos, W. (2012). “*Estudio de la pérdida del recurso suelo mediante el cálculo de tasas de erosión y propuesta de estrategias de manejo de suelos, determinadas por las características socio-ambientales de los andes ecuatorianos* “. Tesis de pregrado. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Costa Rica. Tesis de posgrado para optar con el título de Magister Scientiae En Manejo y Conservación de bosques tropicales. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Chuvieco, E. 1990. *Fundamentos de teledetección especial*. Ediciones Rialp, Madrid, España. 449p. Environmental Systems. Recuperado de: <http://files.especializacion-tig.webnode.com/200001110-8750e88486/FUNDAMENTOS-DE-TELEDETECCION-EMILIO-CHUVIECO.pdf>
- Chuvieco, E. (2008). *Teledetección Ambiental, la observación de la tierra desde el espacio*. Recuperado de <file:///C:/Users/acer/Downloads/Teledeteccion%20Ambiental.pdf>
- Diario El Universo-Informes (10 de mayo de 2015). *Agricultores en riesgo por el uso de los agroquímicos*. Recuperado: Refile:///C:/Users/acer/Desktop/USOS%20DE%20SUELO%20ECUADOR/Agricultores,%20en%20riesgo%20por%20el%20uso%20de%20los%20agroquiu%20micos%20_%20Informes%20_%20Noticias%20_%20El%20Universo.html

- Franco, W. (2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *TIERRA INFINITA*. (2), ISSN 2602-8131, pp. 59-91.
- Franco, W. (2016). Clasificación interpretativa de suelos volcánicos para manejo y restauración en valle interandino, Carchi-Ecuador. *ResearchGate*. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/315762648>
- Franco, W. (2016). Suelos volcánicos y riesgos y oportunidades en la vía al desarrollo agrícola sostenible del cantón Huaca, Carchi-Ecuador. *ResearchGate*.
- GESTION DE RECURSOS NATURALES-GRN (2015). Plan medidas de mitigación reparación y compensación ambiental. Recuperado de: <http://www.grn.cl/plan-medidas-de-mitigacion-reparacion-y-compensacion-ambiental.html>
- GEOINSTITUTOS (s.f.). La cobertura vegetal en la cuenca del canal de Panamá. Recuperado de: http://www.geoinstitutos.com/art_03_cober2.asp
- GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE SAN PEDRO DE HUACA. (2014). *Actualización del Plan de Ordenamiento Territorial*. Recuperado de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/CAP%201%20DIAGNOSTICO%20CANTONAL_15-11-2014.pdf
- GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE SAN PEDRO DE HUACA. (2015). *Plan de Ordenamiento Territorial*. Recuperado: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/CAP%201%20DIAGNOSTICO%20CANTONAL_15-11-2014.pdf
- Hofstede, R. Lips, J. y Jongsma, W. (1998). *Geografía, ecología y forestación de la sierra alta del Ecuador*.
- JIICA-INATEC (2016). *Manual del protagonista-Prácticas de conservación de suelos y agua*. Recuperado de: tps://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Manual_de_Conserbacion_de_Suelo_y_Agua.pdf

Marti, J. (s.f.). *La investigación –Acción Participativa. Estructura y Fases*. Recuperado de: http://www.redcimas.org/wordpress/wp-content/uploads/2012/08/m_JMarti_IAPFASES.pdf

MINISTERIO DEL AMBIENTE-MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA, ACUACULTURA Y PESCA (MAE-MAGAP). (2015). *Protocolo metodológico para la elaboración del mapa de cobertura y uso de la tierra del Ecuador continental 2013-2014, escala 1:100.000*. Quito, Ecuador.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA- FAO. (2017). *Lucha contra la contaminación*. Recuperado de:

<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021109/LUCHACONTRALACONTAMINACION.pdf>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA- FAO. (2017). *El estado de los recursos de tierra y aguas*. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/b-i1688s.pdf>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA- FAO. (2017). *Los suelos constituyen la base de la vegetación*. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i4666s.pdf>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA- FAO. (2011). *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. La gestión de los sistemas en situación de riesgo*. Roma, Italia. Mundi-Prensa, Madrid

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA-FAO a (2017). *Portal de suelo de la FAO*. Recuperado de:

file:///C:/Users/acer/Desktop/3%20PROYECTO/Definiciones%20A0_%20FAO%20_%20Organizaci%C3%B3n%20de%20las%20Naciones%20Unidas%20para%20la%20Alimentaci%C3%B3n%20y%20la%20Agricultura.html

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA-FAO a (2017). *Portal de suelo de la FAO-La*

biodiversidad del suelo. Recuperado de: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-biodiversity/es/>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA-FAO a (2017). *Portal de suelo de la FAO-Manejo de suelo*. Recuperado de <http://www.fao.org/soils-portal/soil-assessment/es/>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA-FAO a (2017). *Portal de suelo de la FAO-Degradación del suelo*. Recuperado de <http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/es/>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA-FAO a (2017). *Portal de suelo de la FAO-La gobernanza y política del suelo*. Recuperado de: <http://www.fao.org/soils-portal/policies-governance/es/>

Padilla, M. (2014). *Estudio multitemporal del uso del suelo y cobertura vegetal natural en el páramo de la parroquia Mulaló*. Tesis de grado para optar por el título de Magister en Agroecología y Ambiente. Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.

Peña, J. (2018). *Caracterización del sistema hidrográfico del río Huaca, su flora, fauna y la propuesta de un modelo de gestión*. (Tesis de maestría). Universidad de la Fuerzas Armadas-ESPE. Quito, Ecuador.

Rodríguez, L.; Barroto, M.; Gutiérrez, I.; Talabera, Y.; Quesada, M. y Núñez, A. (2011, 04 de abril). Estrategia para la educación ambiental en comunidades cubanas. *M+A. Revista electrónica de Medioambiente*. Recuperado de: <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-41204/41MariaBorrotoArticulo.pdf>.

Suquilanda, M. (2008). XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. *Deterioro de los suelos en el Ecuador y la producción agrícola*. Recuperado de: <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/3.-Ing.-Manuel-Suquilanda.pdf>

TELEDETECCION SIG Y CAMBIO GLOBAL.
file:///C:/Users/dell/Downloads/Dialnet-TeledeteccionSIGYCamBioGlobal-59790.pdf

UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE. -SECRETARIA NACIONAL DE
GESTIÓN DE REISGOS, PNUD. (2013). *Análisis de vulnerabilidades a
nivel municipal – perfil territorial cantón San Pedro de Huaca*. San Pedro de
Huaca, Ecuador.

ANEXOS

ENCUESTA: mitigación de impactos en el uso y conservación de la microcuenca del Río Huaca con enfoque comunitario de la investigación acción mediante análisis multitemporal

Fecha de encuesta: ____/____/____	Encuesta N° ____ Encuestador _____				
Esta encuesta es para el estudio de la gestión de la calidad del agua de la microcuenca del Río Huaca. La información captada es confidencial, NO tiene ningún fin político y solo se utilizará para fines académicos. Es importante señalar que NO HAY RESPUESTAS BUENAS NI MALAS.					
1. ¿Cuál es su ocupación? ____Agricultor/Propietario ____Empleado ____Jubilado/Pensionado ____Comerciante/Independiente ____Ama de casa ____Estudiante ____Desempleado					
2. Género y edad del entrevistado: ____Femenino ____Masculino ____Edad					
3. ¿Sabe usted que es una Cuenca Hidrográfica? <table border="1" style="display: inline-table; margin-right: 20px;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">SI</td> <td style="padding: 2px 5px;">NO</td> </tr> </table> Una Cuenca Hidrográfica es una unidad territorial delimitada por las líneas divisorias de aguas superficiales que convergen hacia un mismo cauce. Una de las principales funciones de una cuenca es la captación y retención del agua.		SI	NO		
SI	NO				
4. Considera Ud., ¿que han existido cambios en el uso de la tierra en estos últimos 21 años? <table border="1" style="display: inline-table; margin-right: 20px;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">SI</td> <td style="padding: 2px 5px;">NO</td> </tr> </table>	SI	NO	5. Considera Ud., ¿que el deterioro del suelo ha ido incrementando en los últimos años? <table border="1" style="display: inline-table; margin-right: 20px;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">SI</td> <td style="padding: 2px 5px;">NO</td> </tr> </table>	SI	NO
SI	NO				
SI	NO				
6. Considera Ud., ¿que el agua ha disminuido en su calidad en los últimos 21 años? <table border="1" style="display: inline-table; margin-right: 20px;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">SI</td> <td style="padding: 2px 5px;">NO</td> </tr> </table>	SI	NO	7. Considera Ud., que ha habido una disminución del caudal de agua en los últimos años <table border="1" style="display: inline-table; margin-right: 20px;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">SI</td> <td style="padding: 2px 5px;">NO</td> </tr> </table>	SI	NO
SI	NO				
SI	NO				
8. ¿Conoce usted si alguna institución realiza actividades de uso, manejo y conservación relacionadas con la gestión de la microcuenca del Río Huaca? <table border="1" style="display: inline-table; margin-right: 20px;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">SI</td> <td style="padding: 2px 5px;">NO</td> </tr> </table> ____Reuniones periódicas ____Planificación participativa ____Administración conjunta	SI	NO	9. ¿Usted estaría dispuesto a participar, conjuntamente con el resto de la comunidad, en la gestión del uso, manejo y conservación de la microcuenca del Río Huaca? <table border="1" style="display: inline-table; margin-right: 20px;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">SI</td> <td style="padding: 2px 5px;">NO</td> </tr> </table>	SI	NO
SI	NO				
SI	NO				
11. El uso, manejo y conservación de la microcuenca del Río Huaca requiere recursos que van destinados a gastos de inversión, administración y manejo de la microcuenca, para mantener en óptimas condiciones sus recursos hídricos y ambientales y programas de reforestación de las riberas. Ello necesita de una contribución mínima de los usuarios y habitantes del área de influencia. ¿Estaría Ud. dispuesto a dar una contribución mínima en forma de: ____Mano de obra ____Materiales	10. ¿Cuáles serían a su juicio las principales actividades y en cuales de ellas pudiera Ud. colaborar? ____participando en mingas comunitarias ____forestando ____incentivando a vecinos para evitar la contaminación 12. Si su aporte para el uso, manejo y conservación de la microcuenca del Río Huaca es en forma económica, ¿cuál cree usted que sería un valor prudente ____Anual ____Mensual ____Semanal 13. Estaría usted de acuerdo que se establezcan pagos por servicios ambientales para aquellos usuarios que hagan MAL USO de los recursos hídricos y ambientales de la Microcuenca del Río Huaca?				

<p>_____ Dinero</p>	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 10px;">SI</td> <td style="padding: 2px 10px;">NO</td> </tr> </table>	SI	NO				
SI	NO						
<p>14. ¿Considera Ud. que hay fuentes de contaminación del agua de las quebradas en la microcuenca del río Huaca?</p> <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse; margin-bottom: 5px;"> <tr> <td style="padding: 2px 10px;">SI</td> <td style="padding: 2px 10px;">NO</td> </tr> </table> <p>_____ Descarga directa de aguas servidas</p> <p>_____ Mal uso de agroquímicos</p> <p>_____ Contaminación con desperdicios</p> <p>_____ Sobrepastoreo</p> <p>_____ Deforestación de las fuentes</p> <p>_____ Introducción de sp. Exóticas</p> <p>_____ No protección de las fuentes</p> <p>_____ Otras. Cuales _____</p> <p>15. Qué efectos considera que existen por la mala calidad de agua?</p> <p>_____ Enfermedades gastrointestinales</p> <p>_____ Enfermedades de la piel</p> <p>_____ Mal olor</p> <p>_____ Color</p> <p>_____ Otras. Cuales _____</p> <p>18. Qué tipo (s) de actividades de contaminación del suelo existe en su propiedad?</p> <p>_____ <u>Contaminación</u> por desperdicios</p> <p>_____ <u>Mal</u> uso de agroquímicos</p> <p>_____ Mal uso de pesticidas</p> <p>Actividades agrícolas inadecuadas:</p> <p>_____ Siembra en pendientes</p> <p>_____ Tiempo de laboreo mecánico</p> <p>Horas/día/mes/año.....</p> <p>_____ Intensidad de laboreo mecánico</p> <p>_____ Otras _____</p> <p>¿Qué tipo de actividad pecuaria hay en su propiedad?</p> <p>_____ Vacuno, Cuantos animales:</p> <p>_____ Porcino, Cuantos animales:</p> <p>_____ Caballar, Cuantos animales:</p> <p>_____ Otros. Cuantos animales:</p> <p>20. Qué practicas realizaría para manejo de suelo para mejorar el balance hídrico</p> <p>_____ Uso de técnicas para el aumento de la infiltración de agua en el suelo (zanja de infiltración)</p> <p>_____ Otras. Cuales _____</p> <p>22. ¿Considera Ud. que la educación ambiental debería impartirse a través de jornadas de capacitación?</p> <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse; margin-bottom: 5px;"> <tr> <td style="padding: 2px 10px;">SI</td> <td style="padding: 2px 10px;">NO</td> </tr> </table> <p>_____ a toda la comunidad</p> <p>_____ solo a los niños en las escuelas</p>	SI	NO	SI	NO	<p>16. Las medidas que deberían implementarse para neutralizar las fuentes de contaminación y recuperar la calidad del agua deberían ser:</p> <p>_____ Plantas de tratamiento</p> <p>_____ Charlas de capacitación</p> <p>_____ Mingas para descontaminación</p> <p>_____ Señaléticas</p> <p>_____ Otras. Cuales _____</p> <p>17. Que debería hacerse para aumentar las pequeñas fuentes de agua limpia y los volúmenes de agua que producen:</p> <p>_____ forestar con plantas nativas</p> <p>_____ no quemar bosques</p> <p>_____ protección de páramos</p> <p>_____ colocar linderos con plantas nativas</p> <p>_____ división de potreros con plantas nativas</p> <p>19. ¿Qué práctica realizaría Ud., para la conservación de suelos?</p> <p>_____ Rotación de cultivos</p> <p>_____ Períodos de barbecho</p> <p>_____ Diversificación de cultivos</p> <p>_____ Labranza de conservación</p> <p>_____ Agricultura orgánica</p> <p>_____ Gestión de fertilizantes</p> <p>_____ Sistema integrado de plagas y enfermedades</p> <p>_____ Agrobiodiversidad</p> <p>_____ Sistemas silvopastoriles</p> <p>_____ Quema controlada de pastizales</p> <p>_____ Cosecha de agua lluvia</p> <p>_____ Sistemas de riego</p> <p>21. Qué practica (s) realizaría para la captación de nuevos recursos hídricos?</p> <p>_____ <u>Recolección</u> de agua de lluvia para uso diario</p> <p>_____ Implementación de sistemas de cosecha de agua para riego (Aguadas)</p> <p>23. ¿Estaría Ud. dispuesto a establecer un pequeño vivero en su casa o finca?</p> <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse; margin-bottom: 5px;"> <tr> <td style="padding: 2px 10px;">SI</td> <td style="padding: 2px 10px;">NO</td> </tr> </table>	SI	NO
SI	NO						
SI	NO						
SI	NO						

<p>24. ¿Cree Ud. que debería haber viveros comunitarios para contribuir a rescatar las aguas de la microcuenca?</p> <p><input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO</p>	<p>25. ¿Plantaría Ud. árboles en sus terrenos?</p> <p><input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO</p>
<p>26. ¿Qué especies vegetales recomendaría Ud.?</p> <p>___ Pumamaque</p> <p>___ Aliso</p> <p>___ Albarracín</p> <p>___ Acacia</p> <p>___ Otro. ¿Cual? _____</p>	
<p>14. ¿Está de acuerdo en que se establezcan normas, ajustadas a la Constitución y las leyes, que fomenten el rescate de las aguas y la recuperación de su calidad?</p> <p><input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO</p> <p>___ Trabajo comunitario</p> <p>___ Reposición del daño</p> <p>___ Multas</p>	<p>14. ¿Está de acuerdo en que se establezcan normas, ajustadas a la Constitución y las leyes, que fomenten la conservación del suelo y la recuperación de su calidad?</p> <p><input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO</p> <p>___ Trabajo comunitario</p> <p>___ Reposición del daño</p> <p>___ Multas</p>

Figura 48 Encuesta aplicada a la población que reside en la microcuenca del Río Huaca.

Nota. Adaptado de Peña (2018)



Figura 48 Punto visual 1 microcuenca del Río Huaca



Figura 49 Punto visual 2, microcuenca del Rio Huaca



Figura 50 Punto visual 3, microcuenca del Rio Huaca.



Figura 51 Cuenca baja del Rio Huaca

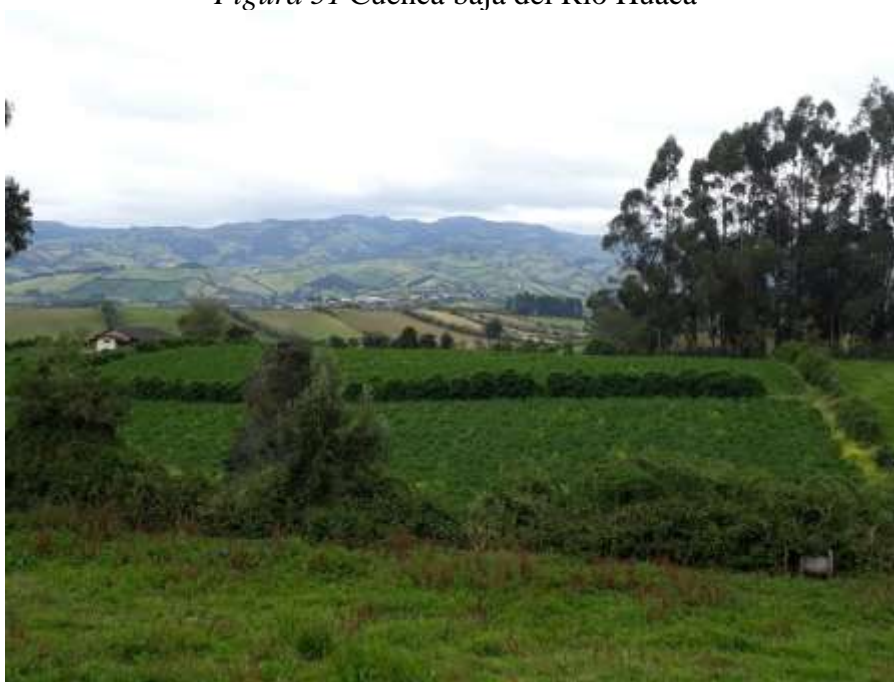


Figura 52 Pequeñas parcelas de cultivos de papa en Huaca



Figura 53 Contaminación del Rio Huaca, parte media



Figura 54 Contaminación de Rio Huaca



Figura 55 Sobrepastoreo microcuenca del Rio Huaca



Figura 56 Planta de tratamiento Casa fría



Figura 57 Planta de tratamiento Paja Blanca



Figura 58 Planta de tratamiento Paja blanca



Figura 59 Cuaspud, cuenca media, se puede observar los perfiles de suelo: Horizonte A y Horizonte B



Figura 60 Labores de labranza en un terreno con pendiente del 50% Casa Fría media



Figura 61 Reunión de capacitación sobre cuidado de los recursos naturales a pobladores de las comunidades de la microcuenca del Río Huaca



Figura 62 Reunión de capacitación sobre cuidado de los recursos naturales a pobladores de las comunidades de la microcuenca del Río Huaca

Urkund Analysis Result

Analysed Document: Oscar Mayanquer MAR 16-2019 tesis N.doc (D49210941)
Submitted: 3/16/2019 5:23:00 PM
Submitted By: jmoncada@utn.edu.ec 
Significance: 3 %

Sources included in the report:

Tesis_Basantes_Fernando_CC3.docx (D32668556)
Tesis_Basantes_Fernando_CC2.docx (D30704562)
riego y drenaje.docx (D12325825)
Tesis Enrique - Manuel.docx (D21103777)
<https://pt.slideshare.net/NicolasAlbarracin1/7-sistemas-de-riego-a-presion>
<https://doi.org/10.17584/rcch.2016v10i1.4460>
<https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
b11b5873-2c46-4de8-8405-6f7321988dd5
103ff0d7-7965-4921-8b27-8b4a84e35ab8

Instances where selected sources appear:

14