



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

**Trabajo de titulación presentado como requisito previo a la obtención del título
de Ingeniero Forestal**

**“Evaluación de los procesos erosivos en la microcuenca de la Quebrada
Ambuquí – Cochapamba, norte del Ecuador”**

AUTOR

Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

DIRECTOR

Ing. Jorge Luis Ramírez López, MSc

IBARRA - ECUADOR

2017

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

“EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS EROSIVOS EN LA MICROCUEENCA DE LA QUEBRADA AMBUQUÍ-COCHAPAMBA, NORTE DEL ECUADOR”

Trabajo de titulación revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza la presentación como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

APROBADO

Ing. Jorge Luis Ramírez López, MSc
Director de trabajo de titulación

Ing. Eduardo Jaime Chagna Ávila, Mgs.
Tribunal de trabajo de titulación

Ing. Lenin Alirio Paspuel Revelo, Mgs.
Tribunal de trabajo de titulación

Ing. Gladys Neri Yaguana Jiménez, Mgs.
Tribunal de trabajo de titulación



Ibarra – Ecuador
2017



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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO		
Cédula de identidad:	040168069-9	
Apellidos y nombres:	Benalcázar Chandi Cristian Gustavo	
Dirección:	Los Ceibos, Río Chimbo 5-60 y Río Patate	
Email:	cristiangbc92@gmail.com	
Teléfono fijo:	(06) 2-611-834	Teléfono 0969459436

DATOS DE LA OBRA	
Título:	“Evaluación de los procesos erosivos en la microcuenca de la Quebrada Ambuquí - Cochapamba, norte del Ecuador ”
Autor:	Cristian Gustavo Benalcázar Chandi
Fecha:	01 de junio del 2017
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN	
Programa:	Pregrado
Título por el que opta:	Ingeniero Forestal
Director:	Ing. Jorge Luis Ramírez López, MSc

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Cristian Gustavo Benalcázar Chandi, con cédula de ciudadanía Nro. 040168069-9; en de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de titulación descrito anteriormente, hago la entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior, Artículo 144.

3. CONSTANCIA

El autor manifiesta 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 es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 01 de junio del 2017

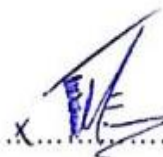
EL AUTOR:



.....
Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

C.C.: 040168069-9

ACEPTACIÓN:



.....
Ing. Betty Mireya Chávez Martínez

JEFA DE BIBLIOTECA



CESIÓN DE DERECHOS DEL AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Cristian Gustavo Benalcázar Chandi, con cédula de ciudadanía Nro. 040168069-9; manifiesto la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de titulación denominado **“EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS EROSIVOS EN LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA AMBUQUÍ-COCHAPAMBA, NORTE DEL ECUADOR”**, que ha sido desarrolla para optar por el título de Ingeniero Forestal en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

C.C.: 040168069-9

Ibarra, 01 de junio del 2017

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía:

FICAYA - UTN

Fecha: 01 de junio del 2017

Cristian Gustavo Benalcázar Chandi: **“EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS EROSIVOS EN LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA AMBUQUÍ-COCHAPAMBA, NORTE DEL ECUADOR”** /Trabajo de titulación. Ingeniero Forestal. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal. Ibarra, 01 de junio del 2017. 80 páginas.

DIRECTOR: Ing. Jorge Luis Ramírez López, MSc

El objetivo principal de la presente investigación fue: Cuantificar procesos erosivos en diferentes usos del suelo, existentes en un mismo piso altitudinal de la microcuenca. Entre los objetivos específicos se encuentra: Estimar la pérdida anual de suelo provocada por agentes erosivos en diferentes usos del suelo, evaluar la pérdida de suelo por acciones antrópicas, y determinar prácticas adecuadas de manejo de suelos.

Fecha: 01 de junio del 2017



.....

Ing. Jorge Luis Ramírez López, MSc

Director de trabajo de titulación



.....

Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

Autor

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado para mis padres, hermanas, esposa y especialmente para mi hijo Anthony quien ha sido mi mayor motivación durante este proceso académico.

Dedico a toda mi familia en general, que ha estado conmigo en todo momento, su apoyo ha sido imprescindible para mi formación académica, nada más que darles las gracias infinitas.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mi director de Trabajo de titulación, Ing. Jorge Ramírez, por su esfuerzo, dedicación y predisposición en todo momento requerido, así mismo a mis asesores; Ing Eduardo Chagna, Ing Lenin Paspuel e Ing. Gladys Yaguana, quienes con su conocimiento fueron grandes guías para la culminación de este trabajo.

A mi familia, que me han brindado su apoyo incondicional, y han compartido conmigo buenos y malos momentos. Su constancia ha sido mi mayor motivación ante las adversidades. Gracias a ellos por todo lo dado.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Págs.
HOJA DE APROBACIÓN DEL COMITÉ ASESOR.....	ii
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	iii
CESIÓN DE DERECHOS DEL AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	v
REGISTRO BIBLIOGRÁFICO	vi
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	xvii
SIGLAS	xviii
RESUMEN	xix
ABSTRACT	xx
CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	3
1.1.1 General	3
1.1.2 Específicos	3
1.2 Hipótesis	3
CAPÍTULO II	4
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Fundamentación legal	4
2.2 Fundamentación teórica	5
2.2.1 Cuencas hidrográficas	5
2.2.2 Procesos erosivos	5

2.2.2.1 Agentes erosivos	6
2.2.2.2 Tipos de erosión	7
2.2.2.3 Medición de erosión	9
2.2.3 Investigaciones relacionadas	10
2.2.3.1 Evaluación cuantitativa de la erosión hídrica superficial en suelos desnudos de la precordillera Andina y Valle Central de la VII región (Chile).	10
2.2.3.2 Estimación de pérdidas de suelo en tres situaciones de manejo de residuos post – cosecha, usando el modelo RUSLE, en el predio Pantanillos, VII región.	11
2.2.3.3 La degradación del suelo por erosión hídrica en cultivos de granos básicos y café en la microcuenca Torjá, cuenca del río Grande de Zacapa, Guatemala.	11
2.2.3.4 Evaluación de la erosión hídrica en áreas con zanjas de infiltración	11
2.2.3.5 Métodos experimentales para el seguimiento y estudio de la erosión hídrica	11
CAPÍTULO III	12
3. MATERIALES Y MÉTODOS	12
3.1 Ubicación del sitio	12
3.1.1 Política	12
3.1.2 Geográfica	13
3.1.3 Límites	13
3.2 Datos climáticos	13
3.3 Materiales y equipos	13
3.3.1 Materiales	13
3.3.2 Equipos	14
3.4 Metodología	14
3.4.1 Identificación de las áreas	14
3.4.1.1 Usos de suelo	14
3.4.1.2 Características topográficas	14
3.4.1.3 Características edáficas	15
3.4.2 Instalación del experimento	15
3.4.2.1 Instalación de parcelas	15
3.4.2.2 Instalación de varillas	16

3.4.2.3 Instalación del pluviómetro.....	17
3.4.3 Registro de datos	17
3.4.3.1 Registro de datos pluviométricos	17
3.4.3.2 Registro de datos de erosión	17
3.4.4 Cuantificación datos procesos erosivos	17
3.4.5 Proyección de datos anuales.....	19
3.4.5.1 Correlación entre precipitación – erosión	19
3.4.5.2 Cálculo de datos precipitación meses faltantes	19
3.4.5.3 Cálculo datos erosión meses faltantes.....	20
3.4.6 Comparación de procesos erosivos entre cultivos – matorral	20
3.4.7 Evaluación del riesgo de erosión.....	20
3.4.8 Análisis a nivel de la microcuenca.....	21
3.4.8.1 Delimitación de la microcuenca de la Quebrada Ambuquí - Cochapamba	21
3.4.8.2 Determinación características biofísicas de la microcuenca	21
3.4.8.1.1 Isoyetas media anual	21
3.4.8.1.2 Isotermas media anual.....	22
3.4.8.1.3 Clima.....	22
3.4.8.3 Caracterización edáfica y topográfica.....	22
3.4.8.3.1 Mapa de textura de suelos	22
3.4.8.3.2 Mapa de pendientes.....	22
3.4.8.3.3 Mapa de riesgo de erosión.....	23
3.4.8.3.4 Mapa de uso actual del suelo	23
3.4.8.3.5 Mapa de uso potencial del suelo	23
3.4.9 Zonificación de la microcuenca	24
3.4.10 Determinación actividades manejo en la microcuenca	24
CAPÍTULO IV	25
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	25
4.1 Características del área de estudio	25
4.1.1 Identificación de las áreas	25
4.1.2 Topografía.....	25

4.1.3 Características edáficas	26
4.1.3.1 Densidad aparente del suelo	26
4.1.3.2 Textura del suelo	26
4.2 Cuantificación de erosión y cantidad de precipitación	27
4.2.1 Resultados en matorral	27
4.2.2 Resultados en cultivos	28
4.2.3 Resultados en pastos	29
4.2.4 Precipitación	30
4.3 Proyección de datos anuales	31
4.3.1 Correlación precipitación – erosión	31
4.3.2 Precipitación meses faltantes	34
4.3.3 Erosión meses faltantes	35
4.4 Comparación de procesos erosivos entre cultivos – matorral	37
4.5 Evaluación del riesgo de erosión	38
4.6 Delimitación de la microcuenca	38
4.7 Características biofísicas de la microcuenca	39
4.7.1. Clima de la microcuenca	39
4.7.1.1 Precipitación	39
4.7.1.2 Temperatura	41
4.7.1.3 Zonas climáticas	42
4.7.2 Caracterización edáfica y topográfica	44
4.7.2.1 Textura del suelo	44
4.7.2.2 Pendiente	45
4.7.2.3 Riesgo de erosión	47
4.7.2.4 Uso actual	49
4.7.2.5 Uso potencial del suelo	51
4.8 Zonificación de la microcuenca	54
4.8.1 Zona de uso múltiple	56
4.8.1.1 Objetivos	56
4.8.1.2 Actividades permitidas	56
4.8.2 Zona de manejo y recuperación de suelos	56

4.8.2.1	Objetivos	57
4.8.2.3	Actividades permitidas	57
4.8.3	Zona de protección permanente	57
4.8.1.1	Objetivos	57
4.8.1.2	Actividades permitidas	58
4.9	Actividades de manejo en la microcuenca	58
4.9.1	Programa de manejo de suelos en la microcuenca de la quebrada Ambuquí – Cochapamba	58
4.9.1.1	Justificación	58
4.9.1.2	Objetivo general	59
4.9.1.3	Objetivos específicos	59
4.9.1.4	Resultados esperados	59
4.9.1.5	Estrategia del programa	59
4.9.1.6	Localización y período	60
4.9.2	Proyectos del programa	60
4.9.2.1	Proyecto de recuperación de áreas degradadas por procesos erosivos con la implementación de prácticas de manejo de suelos	60
4.9.2.2	Proyecto de educación ambiental a los pobladores de la microcuenca de la Quebrada Ambuquí – Cochapamba	62
4.9.3	Actores claves	63
4.10	Discusión	64
 CAPÍTULO V		66
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		66
5.1 Conclusiones		66
5.2 Recomendaciones		67
 CAPÍTULO VI		68
6. BIBLIOGRAFÍA		68

CAPITULO VII	71
7. ANEXOS	71

ÍNDICE DE TABLAS

	Págs.
Tabla 1. Riesgos de erosión laminar	21
Tabla 2. Criterios de clasificación de pendientes.....	23
Tabla 3. Resultado de densidad aparente del suelo.....	26
Tabla 4. Resultados de textura en el área de estudio.	27
Tabla 5. Resultados por repetición en matorral.	28
Tabla 6. Resultados de erosión y sedimentación total en matorral.....	28
Tabla 7. Resultados por cada repetición en cultivos.....	29
Tabla 8. Resultados de erosión y sedimentación total en cultivos.....	29
Tabla 9. Resultados por cada repetición en pastos.....	30
Tabla 10. Resultados de erosión y sedimentación total en pastos.	30
Tabla 11. Registro de precipitación mensual en el área de estudio.	31
Tabla 12. Relación precipitación/erosión cultivos.....	32
Tabla 13. Relación precipitación/erosión matorral.....	33
Tabla 14. Proyección de datos precipitación	34
Tabla 15. Proyección de erosión anual en cultivos.....	35
Tabla 16. Proyección de erosión anual en matorral.....	36
Tabla 17. Prueba de t pareada	37
Tabla 18. Evaluación de pérdida de suelo anual.....	38
Tabla 19. Cantidad de precipitación por superficie y porcentaje.....	40
Tabla 20. Temperatura por superficie y porcentaje de la microcuena	42
Tabla 21. Zonas climáticas de la microcuena	43
Tabla 22. Tipos de textura en la microcuena	45
Tabla 23. Clasificación de pendientes y relieve en área y porcentaje de estudio	46
Tabla 24. Riesgo de erosión de la microcuena.....	48
Tabla 25. Tipos de uso de suelo de la microcuena.....	50
Tabla 26. Clases agroecológicas en la microcuena.....	52
Tabla 27. Zonificación de la microcuena áreas y porcentaje	55
Tabla 28. Cronograma de actividades.....	72
Tabla 29. Costos del programa.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

	Págs.
Figura 1. Localización del área de estudio	12
Figura 2. Establecimiento de repeticiones por parcela.	16
Figura 3. Diseño del establecimiento de los clavos de erosión.	16
Figura 4. Altura de varilla en procesos erosivos.....	18
Figura 5. Altura de varilla en procesos de sedimentación.	18
Figura 6. Correlación precipitación – erosión en cultivos	33
Figura 7. Correlación precipitación – erosión en matorral	34
Figura 8. Delimitación de la microcuenca de la Quebrada Ambuquí – Cochapamba	39
Figura 9. Precipitación anual en la microcuenca.	40
Figura 10. Temperatura anual de la microcuenca.....	41
Figura 11. Clima de la microcuenca.	43
Figura 12. Textura del suelo en la microcuenca.	44
Figura 13. Mapa de pendientes de la microcuenca.....	46
Figura 14. Riesgo de erosión en la microcuenca.	48
Figura 15. Mapa de uso actual de la microcuenca.....	50
Figura 16. Mapa de uso potencial del suelo.....	51
Figura 17. Zonificación de la microcuenca	55

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Págs.
Fotografía 1. Establecimiento de varillas en pastos	73
Fotografía 2. Establecimiento de varillas en cultivos.....	73
Fotografía 3. Establecimiento de varillas en matorral.....	73
Fotografía 4. Establecimiento de pluviómetro	74
Fotografía 5. Mediciones en varillas	74
Fotografía 6. Registro de datos.....	74
Fotografía 7. Registro de datos.....	75
Fotografía 8. Toma de muestras para el cálculo de densidad aparente	75
Fotografía 9. Muestras de suelo para análisis en laboratorio	75
Fotografía 10. Resultados densidad aparente	76
Fotografía 11. Resultados de textura del suelo.....	77
Fotografía 12. Registro de asistentes para la exposición de resultados.....	78
Fotografía 13. Exposición de resultados en la comunidad de Rancho Chico.....	79
Fotografía 14. Participantes en la presentación de resultados	79

SIGLAS

AGROCALIDAD: Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del AGRO.

En: Erosión neta.

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

H: Lámina de suelo erosionado (mm).

IICA: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

IMTA: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

MAE: Ministerio del Ambiente Ecuador.

MAGAP: Ministerio de Agricultura Ganadería. Acuacultura y Pesca.

Ps: Pérdida de suelo.

S: Sedimentación.

ρ_{ap} : Densidad aparente del suelo.

SENPLADES: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo

t: Toneladas.

UNEP: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

TÍTULO: “Evaluación de los procesos erosivos en la microcuenca de la Quebrada Ambuquí – Cochapamba, norte del Ecuador”

Autor: Benalcázar Chandi Cristian Gustavo

Director de trabajo de titulación: Ing. Jorge Luis Ramírez López, MSc

Año: 2017

RESUMEN

Las cuencas hidrográficas enfrentan serios problemas de degradación, que se ven intensificados por actividades antrópicas.

El mal uso y manejo de los recursos naturales desencadena problemas que afectan el ciclo normal de la naturaleza, siendo la pérdida del suelo por procesos erosivos, uno de los más recurrentes. Este fenómeno se produce principalmente por: el cambio de uso de suelo, la expansión agrícola y ganadera, deforestación e incendios.

En la presente investigación se analizó las relaciones existentes entre: uso de suelo, precipitación y los procesos erosivos. A partir de esto se cuantifico la pérdida de suelo anual para cada una de las situaciones mencionadas anteriormente.

Se empleó el método de parcelas con varillas de erosión, instaladas en dos usos de suelo: matorral y cultivos de ciclo corto, ubicadas en un mismo piso altitudinal y en una misma pendiente.

La comparación entre los resultados para cada situación permitió determinar la influencia de las condiciones de cada uso de suelo, con relación a las pérdidas obtenidas.

Al final del trabajo con la participación de la comunidad se expuso los resultados obtenidos en la presente investigación, haciendo hincapié en la socialización de las mejores opciones de manejo del suelo para disminuir los niveles actuales de erosión que se evidencian en la microcuenca de la Quebrada Ambuquí- Cochapamba, norte del Ecuador.

TITLE: “Erosive processes evaluation in Ambuquí microcuenca ravine – Cochapamba, north of Ecuador”

Author: Benalcázar Chandi Cristian Gustavo

Director of thesis: Ing. Jorge Luis Ramírez López, MSc

Year: 2017

ABSTRACT

Watersheds are faced with serious degradation problems, which are intensified by anthropic activities.

The misuse and management of natural resources trigger problems that affect the normal cycle of nature, owing to the loss of soil by erosive processes, one of the most recurrent, this phenomenon is mainly produced by the change of land usage, Agricultural and livestock expansion, deforestation and fires.

The relationships between: soil use, precipitation and erosion processes were analyzed in the research. Starting from this, the annual soil loss was quantified for each of the situations mentioned above.

Plots method with erosion rods installed in two land usage: scrub and short cycle crops, located on the same altitudinal floor and on the same slope was used.

The comparison between results for each situation allowed the determination of influence of each soil usage conditions relating to the losses obtained.

At the end of the project with community participation, results were presented and the best management options were proposed to reduce the current levels of erosion in the Ambuquí-Cochapamba ravine micro-watershed, northern Ecuador.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Las cuencas hidrográficas constituyen un sistema integral de recursos naturales renovables y no renovables, que enfrentan problemas de degradación de suelo, reducción de fuentes hídricas, disminución de la cobertura vegetal, entre otras originados por: asentamientos poblacionales desordenados, expansión agrícola y ganadera, explotación de los recursos forestales, incendios, y erosión del suelo entre los principales (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2000).

La desertificación y los procesos erosivos conducen a la degradación del suelo. El 14,3 % de América del Sur y el 26% de América Central se ven afectada por procesos erosivos (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente [UNEP], 2015).

En Ecuador cerca del 50% del territorio está afectado por procesos erosivos, en algunas zonas la capa arable desapareció, dando como resultado una disminución significativa en la productividad de la tierra (Noni y Trujillo, 1986). Según Espinosa (1993) el 39,13 % de las cuencas hidrográficas del país se encuentran en estado de erosión crítica, el 28,26 % presentan una erosión seria, el 4,35 % erosión moderada, el 26,09 % erosión potencial y solo el 2,17 % sin riesgos de erosión.

Este fenómeno se evidencia en la microcuenca de la quebrada Ambuquí-Cochapamba, donde, los suelos muestran pérdida de fertilidad debido a procesos de erosión hídrica, eólica y actividades antrópicas, siendo los sitios con poca o ninguna cobertura vegetal los más afectados. Consecuentemente se evidencia el aumento de sedimentos en los cursos de agua y disminución en la producción agrícola, lo que contribuye a la migración de los habitantes de zonas rurales hacia zonas urbanas en búsqueda de alternativas laborales (Castro, 2011).

Este estudio evaluó la pérdida de suelo en relación con el porcentaje de cobertura vegetal existente en un mismo piso altitudinal, de la microcuenca de la quebrada Ambuquí-Cochapamba. Los resultados generaron información como base para el manejo de los recursos forestales, la

conservación de los suelos, el mejoramiento de las condiciones de cobertura vegetal, con fines de disminuir la pérdida de suelo por procesos erosivos.

1.1 Objetivos

1.1.1 General

- Cuantificar procesos erosivos en diferentes usos de suelo, de un mismo piso altitudinal de la microcuenca de la Quebrada Ambuquí – Cochapamba.

1.1.2 Específicos

- Estimar la pérdida anual de suelo provocada por agentes erosivos en diferentes usos del suelo.
- Evaluar el riesgo de erosión en las coberturas vegetales estudiadas.
- Determinar prácticas adecuadas de manejo de suelos en la microcuenca.

1.2 Hipótesis

- Las diferentes coberturas vegetales influyen en la cantidad de pérdida de suelo de la microcuenca.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamentación legal

El siguiente estudio se enmarcó en la línea de investigación de la carrera: Producción y protección sustentable de los recursos forestales, y en las y los objetivos, políticas y lineamientos estratégicos del Plan Nacional para el Buen Vivir 2013 – 2017 siguientes:

a) Objetivo 7: Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental, territorial y global. En su **Política y lineamiento estratégico 7.3** menciona: Consolidar la gestión sostenible de los bosques, enmarcada en el modelo de gobernanza forestal, mientras que en su **literal a)** indica: Desarrollar actividades de forestación, reforestación y revegetación con especies nativas y adaptadas a las zonas afectadas por procesos de deforestación, degradación, fragmentación, erosión, desertificación e incendios forestales.

Además el citado objetivo impulsa al cumplimiento de la **Política y lineamiento estratégico 7.6**, que dice: Gestionar de manera sustentable y participativa el patrimonio hídrico, con enfoque de cuencas y caudales ecológicos para asegurar el derecho humano al agua, en cambio en su **literal b)** Establecer mecanismos integrales y participativos de conservación, preservación, manejo sustentable, restauración y reparación integral de la funcionalidad de las cuencas hidrográficas, con criterios de equidad social, cultural y económica, en el **literal d)** promueve a fortalecer el ordenamiento territorial basado en el manejo integral y sistémico de las cuencas hidrográficas, a fin de garantizar la provisión de agua para el consumo humano, el riego, los caudales ecológicos, las actividades productivas y la hidroelectricidad. (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo [SENPLADES], 2013).

2.2 Fundamentación teórica

2.2.1 Cuencas hidrográficas

La cuenca es un sistema de captación y concentración de aguas superficiales (García , s.f.), que capta la precipitación, por donde transita el agua hasta un punto de salida en el cauce principal (Umaña, 2002). Estas poseen características propias, de acuerdo con las condiciones de carácter físico, biológico, económicos, social y cultural (Dourojeanni, 1994).

2.2.2 Procesos erosivos

La erosión, es un proceso de desprendimiento y transporte de partículas de suelo producida, por acción de factores; geológicos, antrópicos, hídricos o eólicos (Núñez, 2001). Las partículas pasan por tres fases: desprendimiento, transporte y sedimentación (Hudson, 1997). En la sedimentación el suelo removido se deposita sobre la superficie del terreno, el nivel erosivo es bastante variable, depende de las condiciones a las que este expuesto el suelo, ya sea pendiente, viento, y el tipo de cobertura vegetal (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], 1979).

Las consecuencias de la erosión son la pérdida de la capacidad del suelo para realizar sus funciones, y en el peor de los casos su desaparición total o del algunos horizontes (Almorox et al., 2010). Los procesos erosivos dan origen a ecosistemas degradados y frágiles con impactos en el ciclo de hídrico y, en general, en el entorno medio ambiental (Mateu et al., 2003).

La modelación de procesos erosivos puede ser utilizada como herramientas de predicción de la pérdida de suelos, para plantear planes de conservación, inventarios de erosión que permitan la ordenación del recurso.

2.2.2.1 Agentes erosivos

- **Topografía**

La topografía describe la superficie del terreno, caracterizada por; el grado de la pendiente, la longitud de la pendiente, la dimensión y forma de la cuenca, estos factores son determinantes en la pérdida de suelo (FAO, 2000).

Dependiendo de la inclinación del terreno los deslizamientos serán más frecuentes en las partes más bajas, debido que la pendiente regula la velocidad de circulación del agua (Almorox et al., 2010).

- **Características del suelo**

La estructura y textura se consideran las principales características, que influyen en los procesos de erosión. La estructura determina la velocidad y movimiento del agua sobre el suelo, mientras que la textura influye en la infiltración en los terrenos (Calle, 2003).

- **Precipitación**

La lluvia o precipitación es la principal fuente de agua sobre el terreno, ejerce una acción erosiva sobre el suelo, el impacto de las gotas influye en la saturación hídrica, la escorrentía y como resultado final pérdida de suelo (Núñez, 2001). El volumen y la velocidad de escorrentía dependen de la intensidad, la duración y frecuencia de la precipitación (FAO, 2000).

La erosión por el agua no es un problema en zonas planas, puesto que la velocidad de escorrentía disminuye y los niveles de sedimentación son menores (IICA, 1979).

- **Viento:**

El viento es el aire en movimiento, originado por la variación de temperatura, que remueve y transporta las partículas del suelo (Villarubia, 2012). La remoción del suelo tiende a incrementar a medida que disminuye la cobertura vegetal.

- **Vegetación:**

Es la capa de origen vegetal que se encuentra directamente sobre el suelo. Protege al suelo del impacto directo de la gota de lluvia, disminuyendo el volumen como la energía erosiva de la lluvia, simultáneamente sus raíces favorecen a la retención de agua y regulan el flujo de velocidad de la escorrentía. (Espinoza et al., 1986). Los factores de la vegetación de mayor influencia en la pérdida de suelo son: altura y densidad de la cobertura, tipo de vegetación y distribución en el año.

2.2.2.2 Tipos de erosión

- **Erosión antrópica:**

Este tipo de erosión es originada por la explotación indiscriminada de los recursos naturales, el crecimiento urbano, la sobrepoblación en zonas vulnerables, prácticas agrícolas en laderas especialmente en zonas con poca vegetación y con diseños no adecuados para la protección de suelos (Núñez 2001).

Cuando se pierde el equilibrio natural debido a actividades abusivas de la población o de las lluvias extremadamente intensas, se presentará importantes niveles de erosión o sedimentación (Sheng, 1992).

- **Erosión hídrica:**

Es la pérdida de suelo producida por el impacto de la precipitación sobre la superficie del terreno, donde se efectúan los procesos de remoción y transporte de partículas de suelo (Tayupanta, 1993).

Los principales factores que influyen en el proceso de erosión hídrica son: clima, relieve, tipo de suelo y la cubierta vegetal (Núñez, 2001).

Entre las consecuencias principales generadas por la erosión hídrica se encuentran (Almorox et al., 2010):

- Reducción de la superficie de terrenos fértiles cultivables.
- Disminución de la capa arable y la profundidad efectiva del suelo.
- Pérdida de las partículas edáficas más fuertes, disminuyendo la capacidad nutricional del suelo.
- Degradación de la cubierta vegetal.
- Sedimentación en cauces hídricos.

- **Erosión eólica**

Es la remoción de partículas edáficas por el viento (Almorox et al., 2010). La pérdida de suelo por erosión eólica incluye dos procesos: el desprendimiento de partículas y el transporte de éstas. El viento agita las partículas de tierra, las levanta y desprende del suelo (Gliessman, 1998). Existen tres tipos de desplazamiento de partículas (Hudson, 1997):

- La suspensión es el desplazamiento de partículas muy finas, generalmente de menos de 0,1mm de diámetro.
- La reptación es el movimiento de partículas que ruedan por la superficie, impulsados por el viento, su tamaño se encuentra entre 0,5mm y 1 o 2 mm.
- La saltación: este tipo de desplazamiento es por el cual se produce la mayor pérdida de suelo, consiste en una serie de saltos de las partículas sobre la superficie, los tamaños de las partículas van desde 0,05mm a 0,5mm de diámetro.

Según la FAO, (1996) las condiciones propicias para que se produzca el proceso de erosión eólica son la existencia de un suelo seco y dividido, poca o ninguna cobertura vegetal y el viento.

- **Erosión geológica**

Se considera como una erosión natural, producida por las fuerzas de la naturaleza, se define como el desgaste de las rocas y sedimentos provenientes de materiales rocosos, causada por factores como la energía de la radiación solar, las tensiones gravitacionales, que contribuyen a fracturar las masas rocosas (Núñez, 2001).

- **Erosión biológica**

Se desarrolla por acción de las raíces de las plantas en búsqueda de agua, determinadas especies de mamíferos, artrópodos y gusanos que ejercen una erosión mecánica a través de la excavación (Tayupanta y Córdova, 1990).

- **Erosión neta (En)**

Si existen procesos de erosión y sedimentación (S), entonces es posible establecer un nuevo concepto, llamado erosión neta (En), que se entiende como la diferencia entre ambos procesos. Si el valor de erosión es positivo, entonces se advierte que hubo un predominio de la erosión sobre la sedimentación; y si es negativo, es la sedimentación la que prevaleció sobre la erosión (Cuitiño y Pizarro, 2002).

- **Suelo movilizado (SM)**

Este término corresponde a la cantidad total de suelo que se moviliza durante los procesos erosivos, resulta de la sumatoria entre los valores de suelo erosionado, con los de suelo sedimentado.

2.2.2.3 Medición de erosión

Las pérdidas de suelo por procesos erosivos, afectan la producción agrícola, disminuyendo la fertilidad de las tierras, la cuantificación de erosión y el método a seleccionar depende de las

condiciones de sitio, de las capacidades técnicas y económicas (Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central [PASOLAC], 2005). A continuación se indica los métodos de evaluación directa, más aplicados para la cuantificación de erosión:

- **Clavos o varillas de erosión:** El método consiste en la utilización de varillas introducidas a lo largo de transectos, la medición en las varillas, permite observar los cambios de suelo que se producen, es decir entradas y salidas de suelo por procesos erosivos (PASOLAC, 2005).
- **Parcelas de escorrentía:** La metodología consiste en la captación de sedimentos originados por la escorrentía, es necesario instalar parcelas con estructuras en los puntos de descarga. El monitoreo en este tipo de parcelas se efectúa con mayor frecuencia cuando existen eventos lluviosos (PASOLAC, 2005).
- **Medición de raíces expuestas:** Consiste en el registro de las variaciones en nivel de la superficie, tomando como referencia elementos naturales, como es el caso de raíces, este método se emplea con especies longevas con sistemas radiculares superficiales (León, 2003).
- **Simuladores de lluvia:** Este método permite evaluar las pérdidas de suelo por medio de la simulación de la precipitación, permite el estudio de la erosión que se produce por escorrentía y salpicadura (Almorox, 2010).

2.2.3 Investigaciones relacionadas

2.2.3.1 Evaluación cuantitativa de la erosión hídrica superficial en suelos desnudos de la precordillera Andina y Valle Central de la VII región (Chile).

Cuitiño (1999), concluyó que la metodología de clavos o varillas de erosión, es un método experimental sencillo, directo, exacto y de bajo costo, que permite cuantificar procesos de erosión y sedimentación. Además, menciona que, los principales factores determinantes en el proceso erosivo son: Precipitaciones y la pendiente del terreno.

2.2.3.2 Estimación de pérdidas de suelo en tres situaciones de manejo de residuos post – cosecha, usando el modelo RUSLE, en el predio Pantanillos, VII región.

Pino (2008), determinó que los niveles de erosión bajo coberturas arbóreas son mínimas presentando mayor estabilidad, mientras que en suelos desnudos la erosión neta tiende a ser más alta.

2.2.3.3 La degradación del suelo por erosión hídrica en cultivos de granos básicos y café en la microcuenca Torjá, cuenca del río Grande de Zacapa, Guatemala.

Quiñónez (2012), menciona que, la cobertura del suelo con material vegetal vivo o en descomposición, es el factor que más controla la erosión hídrica, al proteger la superficie del suelo contra el impacto de las gotas de lluvia, reducir la velocidad de la escorrentía y atrapar las partículas de suelo removidos por la erosión en otras partes de las parcelas.

2.2.3.4 Evaluación de la erosión hídrica en áreas con zanjas de infiltración

Taboada (2011) concluye que el método de clavos de erosión no presenta interrupción en de los flujos hídricos en las laderas, lo que permite ajustarse al verdadero comportamiento de los procesos erosivos en una cuenca. Además destaca que la erosión hídrica causa pérdidas de suelo de gran magnitud que afecta el rendimiento de la producción agropecuaria.

2.2.3.5 Métodos experimentales para el seguimiento y estudio de la erosión hídrica

León (2003), señala que, el método más ampliamente utilizado es el de las “estacas de erosión” en las que, la diferencia de altura entre la parte superior del clavo y el nivel del suelo, representan el nivel de pérdidas de éste. El método encuentra su mejor ámbito de aplicación en aquellos sitios donde la erosión es relativamente rápida y donde se requieren estimativos de las pérdidas totales de suelo.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del sitio

3.1.1 Política

El estudio se realizó en la microcuenca de la Quebrada Ambuquí - Cochapamba, parroquia El Sagrario, cantón San Miguel de Ibarra, ubicado a 22 km de la cabecera cantonal, tal como se muestra en la figura 1.

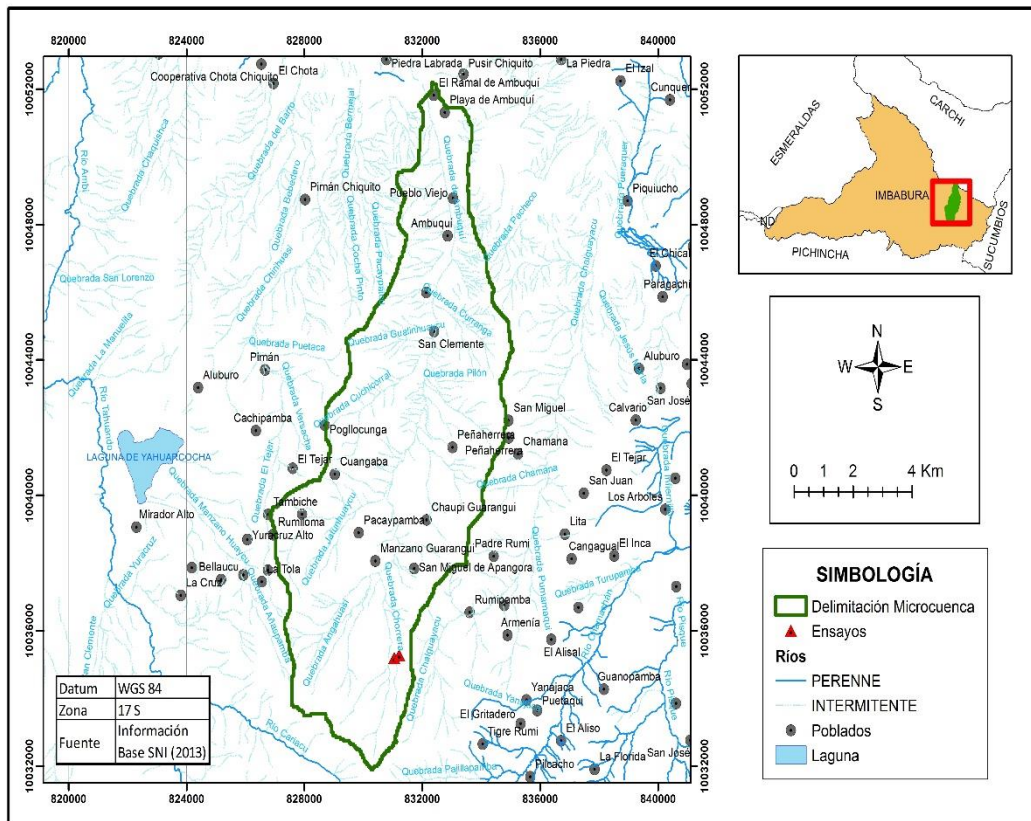


Figura 1. Localización del área de estudio

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

3.1.2 Geográfica

La microcuenca se encuentra entre 77°59'20" - 78°03'43" de longitud W, y 00°17'48" - 00°28'33" de latitud N, con una altitud que varía entre 1664 - 3715 msnm.

3.1.3 Límites

La microcuenca de la Quebrada Ambuquí – Cochapamba limita, al norte con la parroquia de Ambuquí, al sur y este con la ciudad de Ibarra y al oeste con la comunidad de Mariano Acosta.

3.2 Datos climáticos

La temperatura media anual es de 12 C°, registrándose temperaturas mínimas de 8 C° y máximas de 18 C°. Los meses de mayor temperatura son: julio, agosto, septiembre y los de menor temperatura: febrero y noviembre (Castro, 2011).

La precipitación anual registrada en base a la Estación de la Hacienda Irumina de Ambuquí es de 495.9 mm con un promedio de noventa y ocho días lluviosos al año; el mes de mayor precipitación es octubre 71,5 mm, los meses de menor precipitación son julio 16,0 mm y agosto 17,0 mm. El sitio de estudio, de acuerdo con la clasificación ecológica se considera; bosque siempre verde montano alto, sector norte y centro de la cordillera oriental (Ministerio de Ambiente del Ecuador [MAE], 2012, pág. 38)

3.3 Materiales y equipos

3.3.1 Materiales

- Varilla lisa 3/8.
- Pintura.
- Libreta de campo.

3.3.2 Equipos

- Flexómetro.
- GPS.
- Cinta métrica.
- Pluviómetro.
- Clinómetro.
- Computador.
- Cámara fotográfica.
- Impresora.

3.4 Metodología

El presente estudio tomó como referencia la metodología aplicada por Cuitiño y Pizarro (2002).

3.4.1 Identificación de las áreas

3.4.1.1 Usos de suelo

Se identificó dos tipos de uso de suelo; cultivos y matorral, para realizar la comparación de pérdidas de suelo por procesos erosivos, las condiciones son similares al estar ubicadas en un mismo piso altitudinal y en forma contigua. Como aporte adicional se realizó el mismo ensayo en pastos, ubicados en una pendiente inferior. En la identificación se muestra la vegetación más representativa de los usos mencionados.

3.4.1.2 Características topográficas

Para la medición de pendiente se empleó dos métodos, el primero con el uso de un clinómetro, el cual indica la pendiente ya sea en grados como en porcentaje, y el segundo con la diferencia de alturas en dos puntos, a una distancia horizontal.

3.4.1.3 Características edáficas

a) Densidad aparente

Para determinar la densidad aparente del suelo se obtuvo las muestras con aros de tubo PVC de 5 cm de alto y 7,62 cm de diámetro, estos anillos se introdujeron al suelo en forma vertical, este proceso se realizó para cada uso de suelo propuesto (cultivos y matorral).

Las muestras para el análisis correspondiente a densidad aparente, se enviaron al laboratorio de suelos, foliares y aguas de la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del AGRO (AGROCALIDAD), perteneciente al Ministerio de Agricultura Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) ubicado en la parroquia Tumbaco, cantón Quito.

Con los resultados de densidad se realizó los cálculos correspondientes a pérdida de suelo.

b) Textura

Para la textura se realizó una muestra compuesta de un 1 kg, cantidad necesaria para realizar los análisis, estas se enviaron a Laboratorios del Norte (LABONORT), ubicados en la ciudad de Ibarra, provincia Imbabura.

3.4.2 Instalación del experimento

3.4.2.1 Instalación de parcelas

En cada uso de suelo, se instaló una parcela con tres repeticiones de 2,7 m de largo y de 0,8 m de ancho, con una distancia de 3 m entre sí y con 30 varillas cada una. Para determinar las dimensiones se consideró que el espaciamiento sea el ideal para la toma de mediciones en los clavos de erosión, como se muestra en la figura 2.

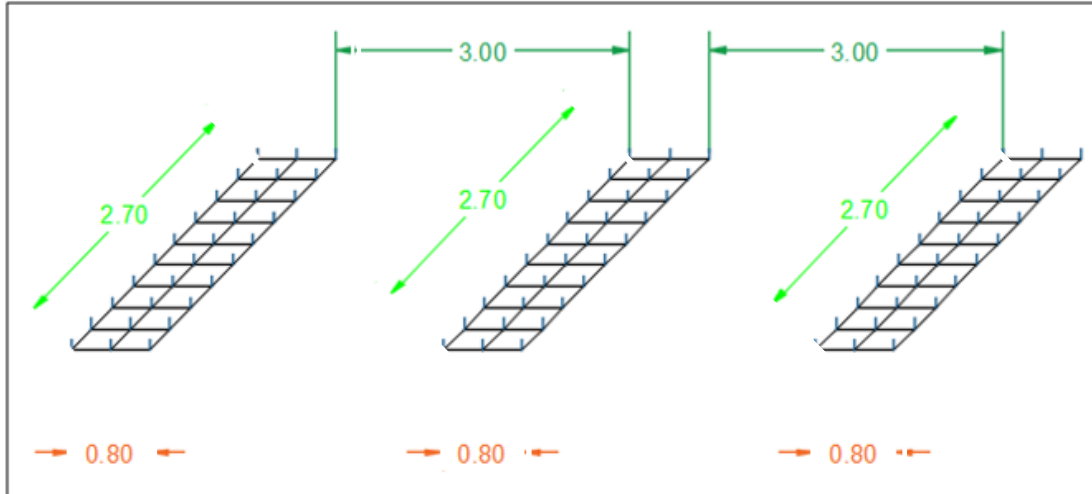


Figura 2. Establecimiento de repeticiones por parcela.

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

3.4.2.2 Instalación de varillas

En cada repetición se instaló 30 varillas de erosión de 3/8 de diámetro y 30 cm de largo, con un espaciamiento entre ellas de 40 cm de ancho y 30 cm de largo, tal como se muestra en la figura 3. Se introdujeron en el suelo 22 cm, con la finalidad de que estas queden fijas, cada varilla fue pintada 8 cm, que era la marca expuesta a la superficie. En cada uso de suelo se empleó 90 varillas y en todo el trabajo de investigación un total de 270. El establecimiento se efectuó en el mes de Diciembre del 2015.

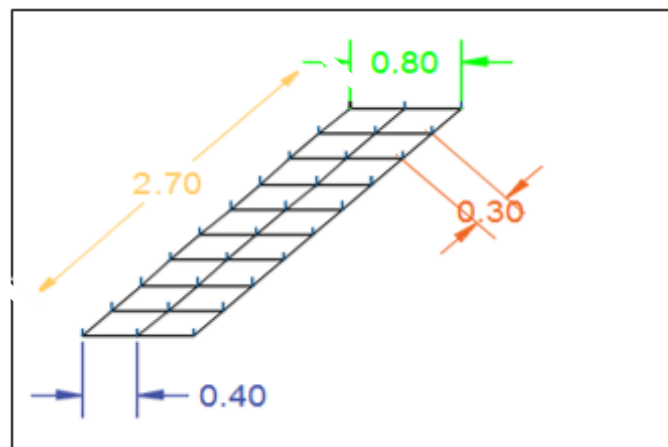


Figura 3. Diseño del establecimiento de los clavos de erosión.

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

3.4.2.3 Instalación del pluviómetro

Se instaló un pluviómetro de lectura manual, el cual fue ubicado en un lugar cercano al área de estudio, en una altitud similar para evitar variaciones de precipitación.

3.4.3 Registro de datos

3.4.3.1 Registro de datos pluviométricos

Las lecturas de precipitación se realizó diariamente a las 6 a.m., los datos se registraron en tablas para posteriormente realizar el promedio mensual de precipitación en el sitio del ensayo.

3.4.3.2 Registro de datos de erosión

Las lecturas de erosión o sedimentación se efectuaron mensualmente y durante un periodo de diez meses. Las mediciones se realizaron con un flexómetro, expresándose en milímetros. Estos datos se registraron en tablas. En el sexto mes, se ajustaron nuevamente las varillas, debido que, algunas se extraviaron y otras se encontraron movidas, esto por la presencia de animales. Para obtener la pérdida anual se realizó una proyección anual.

3.4.4 Cuantificación datos procesos erosivos

Para el cálculo de la erosión se consideró el promedio de todas las varillas que mostraron remoción de suelo, es decir tenían una lectura superior a los 8 cm, como se detalla en la figura 4, mientras que, para la cuantificación de sedimentación se tomó en cuenta las varillas que tuvieron lecturas menores a 8 cm, como en se indica en la figura 5.

Con los datos de suelo erosionado o sedimentado expresado en milímetros, se procedió a cuantificar la pérdida de suelo en t/ha, para lo que se utilizará la siguiente expresión matemática planteada por Cuitiño y Pizarro (2002):

$$Ps = h * \text{fap} * 10$$

Ecuación 1. Pérdida de suelo

En donde:

Ps = pérdida del suelo (t/ha).

h = lámina de suelo erosionado (mm).

fap = densidad aparente del suelo (peso seco del suelo /volumen) t/m³.

10 = constante.

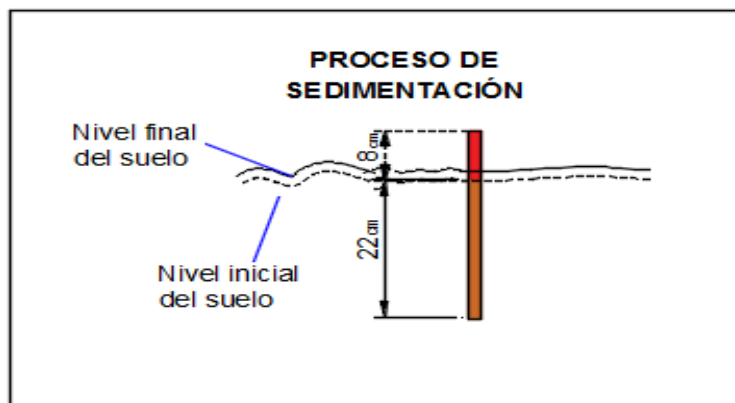


Figura 4. Altura de varilla en procesos erosivos

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

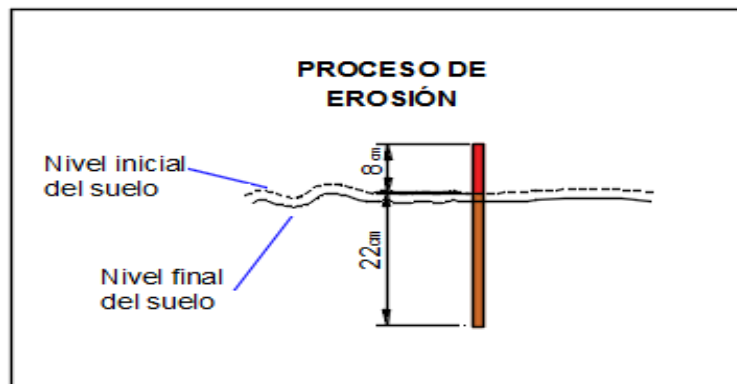


Figura 5. Altura de varilla en procesos de sedimentación.

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

3.4.5 Proyección de datos anuales

3.4.5.1 Correlación entre precipitación – erosión

A partir de los datos de precipitación y pérdida de suelo por procesos erosivos, se realizó una correlación entre las variables mencionadas, para lo cual se empleó ecuación 2:

$$r = \frac{Cxy}{\sqrt{(S^2x)(S^2y)}}$$

Ecuación 2. Fórmula de correlación

En donde:

r = coeficiente de correlación

Cxy = covarianza de las dos variables

S²x = varianza x

S²y = varianza y

3.4.5.2 Cálculo de datos precipitación meses faltantes

Para determinar la cantidad de precipitación anual, se realizó una proyección, con el fin de completar los meses restantes en el estudio (noviembre-diciembre), para lo cual se efectuó una regresión lineal, considerando datos de una estación cercana y los registros del área de estudio.

La ecuación 3:

$$Y = b_0 + b_1x + e$$

Ecuación 3. Fórmula regresión lineal

En donde:

Y= variable – respuesta

b₀= intercepto

b₁= pendiente de la recta

X = variable dependiente

e = error estándar de los coeficientes

3.4.5.3 Cálculo datos erosión meses faltantes

Con los datos de precipitación anual de la microcuenca, se procedió a realizar una proyección de los dos meses restantes (noviembre-diciembre), para obtener datos de pérdida de suelo por procesos erosivos en un periodo de un año. Para lo cual se empleó la fórmula de regresión lineal, expresada en la ecuación 3.

3.4.6 Comparación de procesos erosivos entre cultivos – matorral

Se empleó la prueba de t pareada para comparar los resultados de erosión y sedimentación obtenidos en las parcelas ubicadas en cultivos y matorral, las cuales están expuestas a condiciones similares. A través de estos análisis se determinó si existen diferencias significativas entre los tratamientos investigados. Para lo cual se empleó la ecuación 4:

$$t = \frac{\bar{x}_{di}}{s(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}$$

Ecuación 4. Prueba de t pareada

En donde:

\bar{x}_{di} = medias de las diferencias

\bar{x}_1 = promedio de la muestra 1

\bar{x}_2 = promedio de la muestra 2

s = desviación estándar

3.4.7 Evaluación del riesgo de erosión en las coberturas vegetales estudiadas

Se evaluó el grado de erosión, considerando el tipo de uso de suelo (cultivos y matorral) y la pérdida anual de suelo. Para esto se consideró la tabla de riesgo de erosión laminar propuesta por la FAO, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1.*Riesgos de erosión laminar*

Grado	Pérdida de suelo (t/ha/año)	Riesgo de erosión
1	< 0,5	Normal
2	0,5 – 5	Ligera
3	5 – 15	Moderada
4	15 – 50	Severa
5	50 – 200	Muy severa
6	> 200	Catastrófica

*t: toneladas; ha: hectáreas***Fuente:** FAO (1984)

3.4.8 Análisis a nivel de la microcuenca

3.4.8.1 Delimitación de la microcuenca de la Quebrada Ambuquí - Cochapamba

Para la delimitación se utilizó las curvas de nivel de las cartas topográficas del IGM 1:50.000, correspondientes a Ibarra, Pimampiro, Mariano Acosta y San Pablo, para lo cual fue necesario emplear el software ArcGIS 10.3, con la herramienta *Marge*, se procedió a unir y a obtener un solo archivo vectorial, con este archivo se realizó un Triangular Irregular Network (TIN), luego se creó un archivo Raster grid (DEM). Utilizando el DEM se aplicó las herramientas de Hydrology encontradas Spatial Analyst Tools.

3.4.8.2 Determinación características biofísicas de la microcuenca

3.4.8.1.1 Isoyetas media anual

Es un archivo vectorial lineal obtenido del Sistema Nacional de Información (SNI), que indican la cantidad de precipitación anual promedio, se realizó efectuando un corte con la herramienta de geoprocésamiento *clip* con la delimitación de la microcuenca.

3.4.8.1.2 Isotermas media anual

Este archivo vectorial lineal indica el promedio anual de temperatura, obtenido del Sistema Nacional de Información (SNI), se realizó efectuando un corte con la herramienta de geoprosesamiento *clip* con la delimitación de la microcuenca.

3.4.8.1.3 Clima

Se utilizó información vectorial de Isoyetas e isotermas, a los cuales se les aplicó la herramienta unión y se obtuvo el mapa climático. Para la clasificación climática se consideró los parámetros de precipitaciones anuales y las temperaturas medias anuales, mencionados por Pourrut (1983).

3.4.8.3 Caracterización edáfica y topográfica

3.4.8.3.1 Mapa de textura de suelos

Para la elaboración de este mapa se usó la capa vectorial de textura de la Sierra (2003), la cual se obtuvo del Sistema Nacional de Información. Usando la delimitación de la cuenca se realizó el corte de la capa con la herramienta *Clip*. El tipo de textura indica la influencia para la generación de movimientos de masas.

3.4.8.3.2 Mapa de pendientes

Este mapa expresa el valor de la pendiente o inclinación del terreno, para realizar se utilizó el DEM anteriormente efectuado para la delimitación, se clasificó los valores de pendientes en 6 clases diferentes. Los rangos establecidos de pendiente van desde 0 % hasta mayores de 70 % tal como se indica en la Tabla 2.

Tabla 2.

Criterios de clasificación de pendientes

Clase	Rango (%)
Plano	0 – 5
Ligeramente ondulado	5 – 12
Ondulado	12 – 25
Montañoso	25 – 50
Muy montañoso	50 – 70
Escarpado	> 70

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

3.4.8.3.3 Mapa de riesgo de erosión

Para la elaboración del mapa de riesgo de erosión se utilizó la capa de susceptibilidad de erosión, se aplicó la herramienta **Clip**, y se procedió a realizar el recorte con la delimitación de la microcuenca.

3.4.8.3.4 Mapa de uso actual del suelo

Con información procedente del SIN, se realizó el mapa de uso actual, con la capa uso-cobertura del suelo (2003), se aplicó la herramienta **Clip**, y se realizó el corte con la delimitación obteniendo la cobertura actual de la microcuenca.

3.4.8.3.5 Mapa de uso potencial del suelo

El mapa de uso potencial, se realizó con la capa Agrológico Sierra (2003), información obtenida del Sistema Nacional de información (SNI), posteriormente se aplicó la herramienta **Clip**, y se realizó el corte con la delimitación obteniendo el uso potencial de la microcuenca.

3.4.9 Zonificación de la microcuenca

Para realizar la zonificación fue necesario emplear mapas de uso actual, uso potencial, y pendientes en ArcGIS, para elaborar el mapa de zonificación, se utilizó la herramienta “select” y “intersec” y finalmente la opción “unión” para la determinación de las zonas. La zonificación se considera como un instrumento, que permite definir criterios sobre el uso del territorio, además es la base para la elaboración de planes de manejo, donde se considera la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos ambientales (Rodríguez, 2007).

3.4.10 Determinación actividades manejo en la microcuenca

Para determinar las actividades de manejo de suelo en la microcuenca, se realizó un programa de manejo de suelos, el cual consta de dos proyectos en los que se indica las actividades y el cronograma planificados.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Características del área de estudio

4.1.1 Identificación de las áreas

A continuación se detalla las características de los sitios elegidos, donde se realizó el establecimiento de las varillas, con el fin de cuantificar la pérdida de suelo por procesos erosivos:

- **Matorral:** La vegetación arbustiva es de densidad media, formada por especies arbustivas y arbóreas. Se encuentran familias como; Araliaceae, Melastomataceae, Meliaceae, Myrtaceae, Rosaceae, Urticaceae. Con mayor frecuencia se observa especies como; cedro de monte (*Cedrela montana*), pumamaqui (*Oreopanax sp*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), chilca (*Baccharis spp*).
- **Cultivos:** En el lugar donde se estableció las parcelas de medición existió un cultivo de chocho (*Lupinus alba*), el cual al inicio del estudio tenía una edad aproximada de dos meses. El tipo de siembra de este cultivo fue en surcos, además es necesario indicar que no se realizó actividades de limpieza ni de riego.

4.1.2 Topografía

Más del 50 % de la superficie total de la microcuenca se encuentra situada en pendientes superiores al 25%. Las parcelas donde se estableció en ensayo están juntas, en iguales condiciones de relieve y altitud.

Para el caso de matorral y cultivo la pendiente es del 73%, mientras que para la parcela adicional ubicada en pastos esta una pendiente del 27 %.

4.1.3 Características edáficas

4.1.3.1 Densidad aparente del suelo

La densidad aparente determinó la masa de suelo por unidad de volumen, describiendo la compactación del suelo, estos valores varían dependiendo de la estructura del suelo y la cantidad de materia orgánica. Los resultados de densidad aparente se indican en la Tabla 3.

Tabla 3.

Resultado de densidad aparente del suelo

Código de la muestra	Identificación de campo de la muestra	Parámetro analizado	Unidad	Resultado
M1	Pastos	Densidad aparente	g/cm ³	0,94
M2	Cultivos	Densidad aparente	g/cm ³	1,01
M3	Matorral	Densidad aparente	g/cm ³	1,02

M: muestra; g/cm³: gramos por centímetro

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

La cobertura vegetal incrementa la cantidad de materia orgánica del suelo, mejorando las condiciones estructurales del mismo. En caso que la densidad aparente tienda a aumentar, la compactación del suelo es mayor, esto afecta a la infiltración del agua, dando condiciones aptas para que la escorrentía incremente y así mismo el transporte de partículas de suelo. Para disminuir los niveles de densidad aparente y mejorar las condiciones propias del suelo es factible realizar una rotación de cultivos, agregar materia orgánica y la implementación de abonos verdes.

4.1.3.2 Textura del suelo

Los resultados de textura muestran la proporción de cada elemento del suelo, el tipo de textura. En la Tabla 4 se muestra los resultados de textura obtenidos.

Tabla 4.*Resultados de textura en el área de estudio*

Uso de suelo	Textura			Clase de textura
	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	
Matorral	43,60	43,00	13,40	Franco
Cultivos	49,60	40,00	10,40	Franco

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

La textura del suelo influye en varias características como; permeabilidad del suelo, capacidad de infiltración, aireación, retención de agua y nutrientes. La textura en los dos tipos de suelo, presentan los tres componentes arena (> 35 %), limo (> 35 %) y arcilla (< 25 %), en forma equilibrada, lo cual da como resultado una textura franco, la misma que posee buenas propiedades físicas y químicas. Los suelos donde predomina un componente desencadenan problemas, las texturas limosas y arenosas tienen mayor probabilidad de pérdida de suelo por procesos erosivos, las arcillosas poseen una baja permeabilidad en el suelo, que provoca pérdida de suelo por escorrentía superficial.

4.2 Cuantificación de erosión y cantidad de precipitación

Los datos expuestos a continuación son un promedio de mediciones realizadas en un periodo de diez meses, el registro de mediciones se inició en el mes de Enero hasta Octubre del año 2016.

4.2.1 Resultados en matorral

La parcela ubicada en matorral, constó de tres repeticiones, en la Tabla 5 se indica la cantidad de suelo erosionado y sedimentado para cada repetición y en la Tabla 6, se muestra el promedio de erosión y sedimentación.

Tabla 5.*Resultados por repetición en matorral*

Proceso	Repetición		
	1	2	3
Erosión (t/ha)	33,70	30,40	36,50
Sedimentación (t/ha)	18,40	23,10	14,10

*E: erosión; S: sedimentación; t: toneladas; ha: hectáreas***Elaborado por:** Cristian Gustavo Benalcázar Chandi**Tabla 6.***Resultados de erosión y sedimentación total en matorral*

Proceso	Resultados (t/ha)
Erosión	33,50
Sedimentación	18,50

*t: toneladas; ha: hectáreas***Elaborado por:** Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

Las pérdidas de suelo registradas en matorral muestran la influencia de la pendiente (73 %) sobre los procesos erosivos, a pesar de tener cubierta vegetal, las pérdidas son considerables, la escorrentía es proporcional a la pendiente, generando el arrastre de partículas del suelo.

4.2.2 Resultados en cultivos

En las parcelas ubicadas en cultivos se pudo apreciar variación en la altura de las varillas, la pérdida de suelo registrada es muy severa con pérdidas superiores a las 100 t/ha. A continuación en la Tablas 7 y 8 se muestran los resultados obtenidos para este uso de suelo:

Tabla 7.*Resultados por cada repetición en cultivos*

Proceso	Repetición		
	1	2	3
Erosión (t/ha)	109,80	124,60	134,00
Sedimentación (t/ha)	104,40	79,50	95,30

*E: erosión; S: sedimentación; t: toneladas; ha: hectáreas***Elaborado por:** Cristian Gustavo Benalcázar Chandi**Tabla 8.***Resultados de erosión y sedimentación total en cultivos*

Proceso	Resultados (t/ha)
Erosión	122,80
Sedimentación	93,00

*t: toneladas; ha: hectáreas***Elaborado por:** Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

La pérdida de suelo en cultivos, se intensifica por las prácticas agrícolas comunes en los cultivos (deshierbe), que se siembran en pendientes superiores al 70 %. En los primeros meses de toma de datos, la variación en la altura de las varillas, fue superior con relación a los últimos seis meses de mediciones, esto se debe a que, en el cultivo no se realizó ningún tipo de deshierbe, por lo cual la vegetación se incrementó en altura y densidad, brindando mayor protección al suelo y disminuyendo el desplazamiento de partículas.

4.2.3 Resultados en pastos

En el estudio se cuantifico la pérdida de suelo en pastos, como un aporte, debido que este uso de suelo no se encuentra en las mismas condiciones de pendientes que cultivos y matorral, por lo cual no se puede realizar una comparación entre estos. En la Tabla 9 y 10, se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 9.*Resultados por cada repetición en pastos*

Proceso	Repetición		
	1	2	3
Erosión (t/ha)	38,80	33,40	43,70
Sedimentación (t/ha)	27,10	27,00	32,50

*E: erosión; S: sedimentación; t: toneladas; ha: hectáreas***Elaborado por:** Cristian Gustavo Benalcázar Chandi**Tabla 10.***Resultados de erosión y sedimentación total en pastos*

Proceso	Resultados (t/ha)
Erosión	38,60
Sedimentación	28,90

*t: toneladas; ha: hectáreas***Elaborado por:** Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

La densidad del pasto, influye en la pérdida de suelo por procesos erosivos, a mayor cantidad de vegetación la protección brindada al suelo será más efectiva, el impacto de las gotas de lluvia es menor, evitando el movimiento de partículas.

4.2.4 Precipitación

La cantidad de precipitación se muestra en la Tabla 11, donde se indica el mes y la cantidad de mm registrados.

Tabla 11.

Registro de precipitación mensual en el área de estudio

Mes	Precipitación (mm)
Enero	99,00
Febrero	71,00
Marzo	112,00
Abril	32,00
Mayo	13,00
Junio	37,00
Julio	50,00
Agosto	54,00

mm: milímetros

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

En los meses considerados como lluviosos, es donde se presentó la mayor cantidad de eventos lluviosos. La cantidad y duración de las lluvias influye en la pérdida de suelo por erosión hídrica, especialmente en lugares con poca cobertura donde no existe protección, tal es el caso de las parcelas ubicadas en cultivos, donde los movimientos de masa de suelo fueron mayores en los meses donde hubo mayor presencia de precipitación.

4.3 Proyección de datos anuales

4.3.1 Correlación precipitación – erosión

La cantidad de precipitación influye en la pérdida de suelo por procesos erosivos, a continuación se indica el coeficiente de correlación entre precipitación y suelo erosionado para cada situación (cultivos y matorral).

- **Cultivos:** En la Tabla 12 se detalla la cantidad de precipitación y la pérdida de suelo en cultivos, posteriormente el valor del coeficiente de correlación.

Tabla 12.*Relación precipitación/erosión cultivos*

Mes	Precipitación (mm)	Erosión Cultivos (t/ha)
Enero	119,00	18,07
Febrero	91,00	13,37
Marzo	132,00	13,87
Abril	52,00	5,60
Mayo	33,00	2,93
Junio	77,00	8,19
Julio	70,00	10,89
Agosto	74,00	10,44

mm: milímetros; t: tonelada; ha: hectáreas

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

El coeficiente de correlación es de 0,91, este valor al ser comparado con los correspondientes tabulares al 95 % con 0,67 y al 99 % con 0,80 de probabilidad estadística, se determina una correlación altamente significativa, donde existe alta asociación entre las variables de precipitación con los valores de pérdida de suelo.

En zonas de cultivos o con escasa vegetación, la variación en la pérdida de suelo depende netamente de la precipitación. La intensidad y duración de la lluvia son proporcionales con la cantidad de suelo erosionado. En la figura 6, se muestra la gráfica de la relación entre pérdida de suelo en cultivos y precipitación.

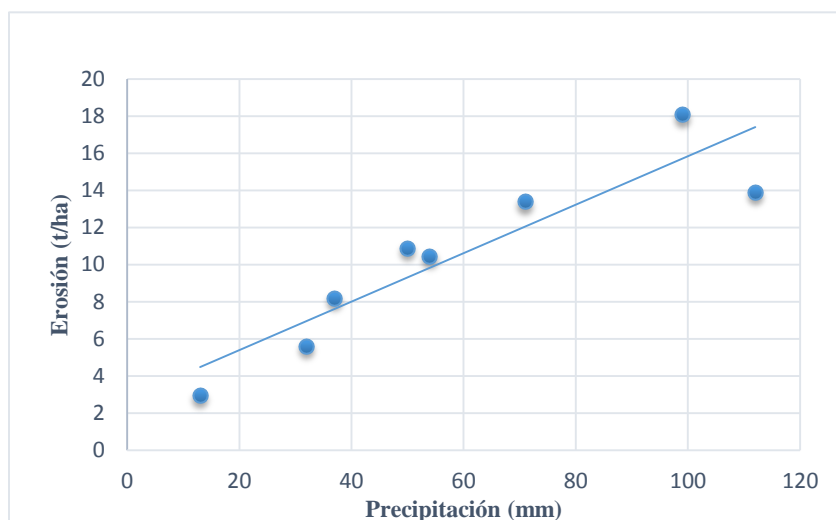


Figura 6. Correlación precipitación – erosión en cultivos

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

- **Matorral:** Se consideró los valores de precipitación mensual y erosión como se observa en la Tabla 13, luego se comparó el valor del coeficiente de correlación con sus correspondientes tabulares.

Tabla 13.

Relación precipitación/erosión matorral

Mes	Precipitación (mm)	Erosión Matorral (t/ha)
Enero	119,00	4,22
Febrero	91,00	3,40
Marzo	132,00	9,10
Abril	52,00	1,47
Mayo	33,00	2,09
Junio	77,00	2,48
Julio	70,00	2,86
Agosto	74,00	3,22

mm: milímetros; t: tonelada; ha: hectáreas

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

El valor correspondiente al coeficiente de correlación es de 0,84, valor altamente significativo al nivel del 95 % con 0,67 y al 99 % con 0,80 de probabilidad estadística. Por tanto se concluye que existe un alto grado de asociación entre las variables de precipitación y erosión registradas en matorral. En la figura 7, se indica el grafico de relación de pérdidas en suelo en matorral con la cantidad de precipitación.

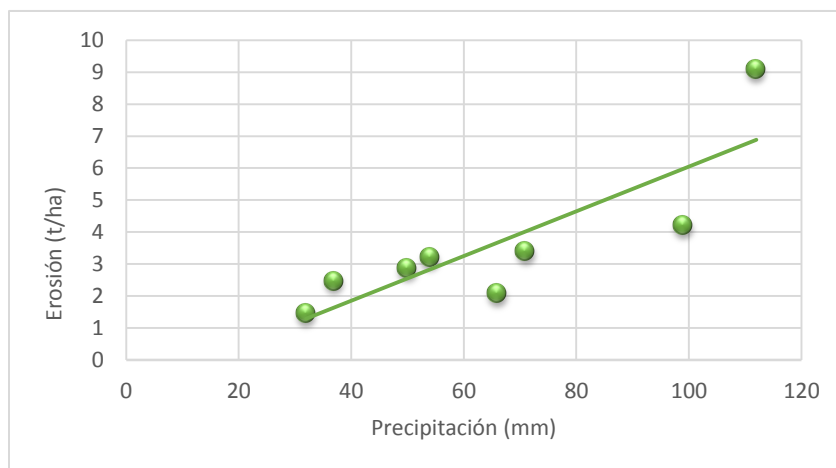


Figura 7. Correlación precipitación – erosión en matorral

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

4.3.2 Precipitación meses faltantes

Con la aplicación de una regresión lineal, se determinó los meses restantes de precipitación en el estudio (octubre – noviembre – diciembre), a continuación en la Tabla 14, se indica la proyección de la precipitación a un año en la microcuenca.

Tabla 14.

Proyección de datos precipitación

Mes	Precipitación (mm)	
	Ibarra	Cochapamba
Enero	51,60	79,68
Febrero	16,90	119,00
Marzo	62,50	91,00

Continúa en la siguiente página

Mes	Precipitación (mm)	
	Ibarra	Cochapamba
Abril	45,80	132,00
Mayo	142,00	52,00
Junio	38,20	33,00
Julio	3,30	77,00
Agosto	8,30	70,00
Septiembre	43,70	74,00
Octubre	120,70	63,20
Noviembre	91,50	71,61
Diciembre	45,70	80,88
Total	670,20	943,29

mm: milímetros

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

4.3.3 Erosión meses faltantes

Para el caso de cultivos, la proyección de datos a un año se muestra a continuación en la Tabla 15, donde se especifica la cantidad de precipitación mensual, con las pérdidas en toneladas por hectárea en un periodo de un mes:

Tabla 15.

Proyección de erosión anual en cultivos

Mes	Precipitación (mm)	Erosión (t/ha)
Enero	79,68	21,89
Febrero	119,00	18,07
Marzo	91,00	13,37
Abril	132,00	13,87
Mayo	52,00	5,60
Junio	33,00	2,93
Julio	77,00	8,19

Continúa en la siguiente página

Mes	Precipitación (mm)	Erosión (t/ha)
Agosto	70,00	10,89
Septiembre	74,00	10,44
Octubre	63,20	17,51
Noviembre	71,61	11,41
Diciembre	80,88	12,48
Total	943,37	146,65

mm: milímetros; t: tonelada; ha: hectáreas

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

En matorral la proyección de pérdidas de suelo en un año, se detalla en la Tabla 16:

Tabla 16.

Proyección de erosión anual en matorral

Mes	Precipitación (mm)	Erosión (t/ha)
Enero	79,68	0,57
Febrero	119,00	2,72
Marzo	91,00	3,40
Abril	132,00	11,10
Mayo	52,00	1,47
Junio	33,00	1,59
Julio	77,00	2,48
Agosto	70,00	2,86
Septiembre	74,00	3,22
Octubre	63,20	4,06
Noviembre	71,61	2,85
Diciembre	80,88	3,46
Total	943,37	39,78

mm: milímetros; t: tonelada; ha: hectáreas

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

4.4 Comparación de procesos erosivos entre cultivos – matorral

Para realizar este análisis se empleó el método de la t pareada. Los resultados se detallan en la Tabla 17:

Tabla 17.

Prueba de t pareada (erosión)

Repetición	Cultivos	Matorral	Di	di ²
1	10,87	3,33	7,54	56,90
2	12,30	3,37	8,93	79,70
3	13,19	3,57	9,62	92,50
\bar{x}	12,12	3,42	26,09	
		\bar{x}_{di}	8,70	

Di: diferencia de las observaciones; \bar{x}_{di} : media de las observaciones

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

De acuerdo con los resultados expresados en la tabla y con los valores obtenidos en la prueba de t pareada, el valor calculado (14,35) es muy superior a sus correspondientes tabulares al 95 y 99 % de probabilidad estadística; 4,30 al 95 % y 9,93 al 99%, por lo cual se infiere que existen diferencias altamente significativas entre las parcelas analizadas (cultivos y matorral) en cuanto a cantidad de suelo erosionado. Las variaciones se presentan por la diferencia de cobertura vegetal entre las parcelas analizadas.

La cobertura vegetal en matorral brinda protección al suelo, evita que el impacto de las gotas de lluvia con la superficie incida en el desplazamiento de partículas de suelo. La vegetación mejora las propiedades del suelo, en; textura, porosidad y densidad aparente, a través de la incorporación de materia orgánica, mejorando la infiltración del agua.

En cultivos, las pérdidas de suelo tienden a aumentar, la disminución de cubierta vegetal y las alteraciones generadas por actividades agrícolas y ganaderas, inducen a tener un suelo desnudo vulnerable al impacto de la precipitación y con mayor riesgo de escorrentía y erosión.

4.5 Evaluación del riesgo de erosión en las coberturas vegetales estudiadas

Para la evaluación, se comparó los valores de erosión proyectados a un año, con los riesgos de erosión laminar propuesta por la FAO (1984) expuestos en la Tabla 1. En la Tabla 18 se detallan los resultados:

Tabla 18.

Evaluación de pérdida de suelo anual

Uso de suelo	Erosión (t/ha/año)	Riesgo de erosión
Matorral	39,78	Severa
Cultivos	146,65	Muy severa

t: toneladas; ha: hectáreas

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

Según la tabla de riesgo de erosión de la FAO, considera una erosión severa, a valores de erosión entre 15 - 50 t/ha/año, y muy severa a pérdidas superiores a las 100 t/ha/año. El riesgo de erosión muy severo, generalmente se presenta en tierras desnudas sin cobertura vegetal, o en lugares de uso agrícola con pendientes superiores al 70 %, donde no se realiza ningún tipo de práctica conservacionista. Factores como precipitación, pendiente, cobertura vegetal, son determinantes en el riesgo de erosión en una microcuenca.

4.6 Delimitación de la microcuenca

Para este estudio se delimitó la microcuenca de la Quebrada Ambuquí – Cochapamba, la cual cuenta con una superficie total de 8125,74 ha. En la figura 8, se indica la delimitación de la microcuenca.

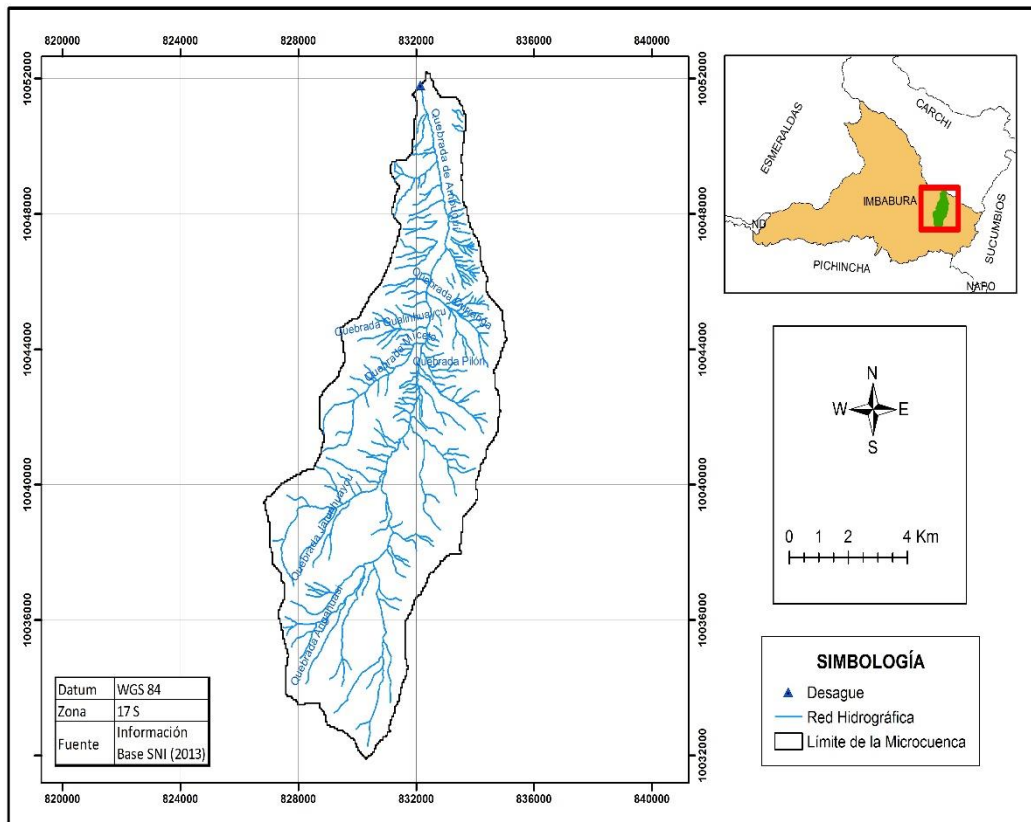


Figura 8. Delimitación de la microcuenca de la Quebrada Ambuquí – Cochapamba.

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

4.7 Características biofísicas de la microcuenca

4.7.1. Clima de la microcuenca

4.7.1.1 Precipitación

En la microcuenca de la Quebrada Ambuquí – Cochapamba, existe variaciones de precipitación, generadas específicamente por la diferencia altitudinal, con precipitaciones inferiores a los 500 mm anuales en la parte baja de la microcuenca, y superior a los 1000 mm en la parte media y alta de la microcuenca. La distribución de las precipitaciones se indica en la figura 9.

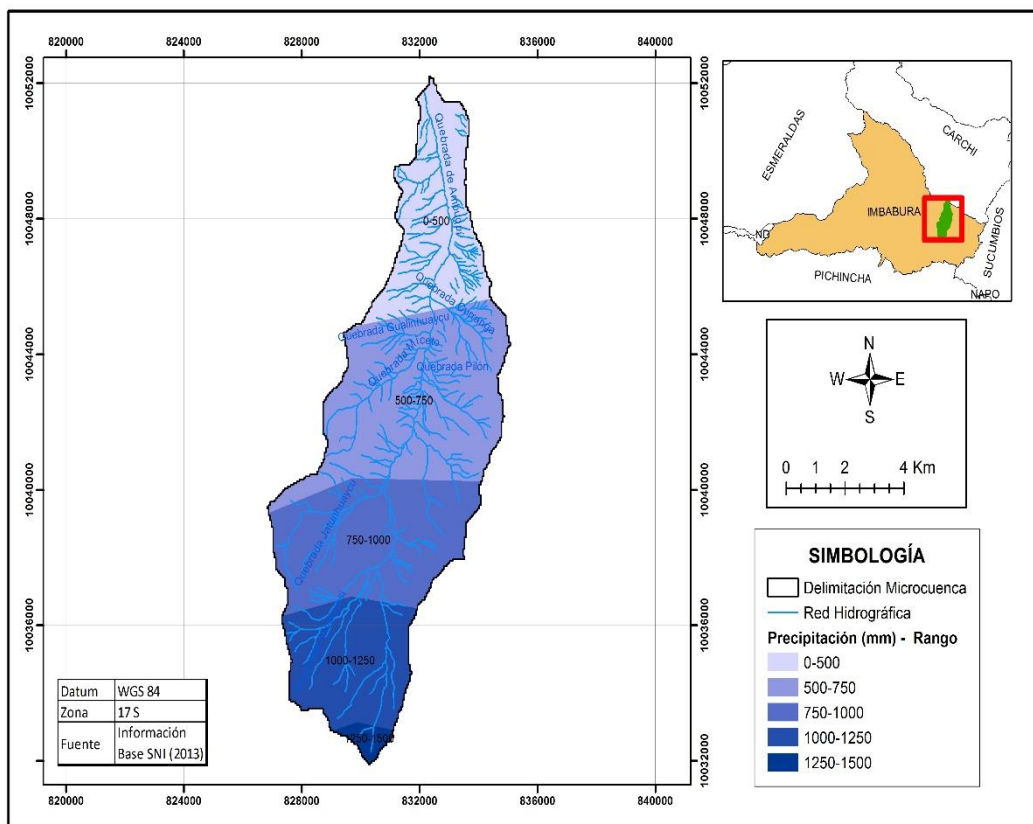


Figura 9. Precipitación anual en la microcuenca.

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

En la Tabla 19, se muestra se indica los datos de superficie y porcentaje de precipitación anual en la microcuenca.

Tabla 19.

Cantidad de precipitación por superficie y porcentaje de la microcuenca

Intervalo Isoyetas	Área (ha)	Porcentaje (%)
0 – 500	1580,76	19,45
500 – 750	2882,10	35,47
750 – 1000	2148,45	26,44
1000 – 1250	1394,52	17,16
1250 – 1500	119,92	1,48

ha: hectáreas

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

4.7.1.2 Temperatura

En la superficie de la microcuenca los rangos de temperatura van desde los 6 °C, en la parte alta, hasta los 18 °C en la parte baja, las variaciones encontradas se relacionan con la altitud. El mapa de isotermas se representa en la figura 10.

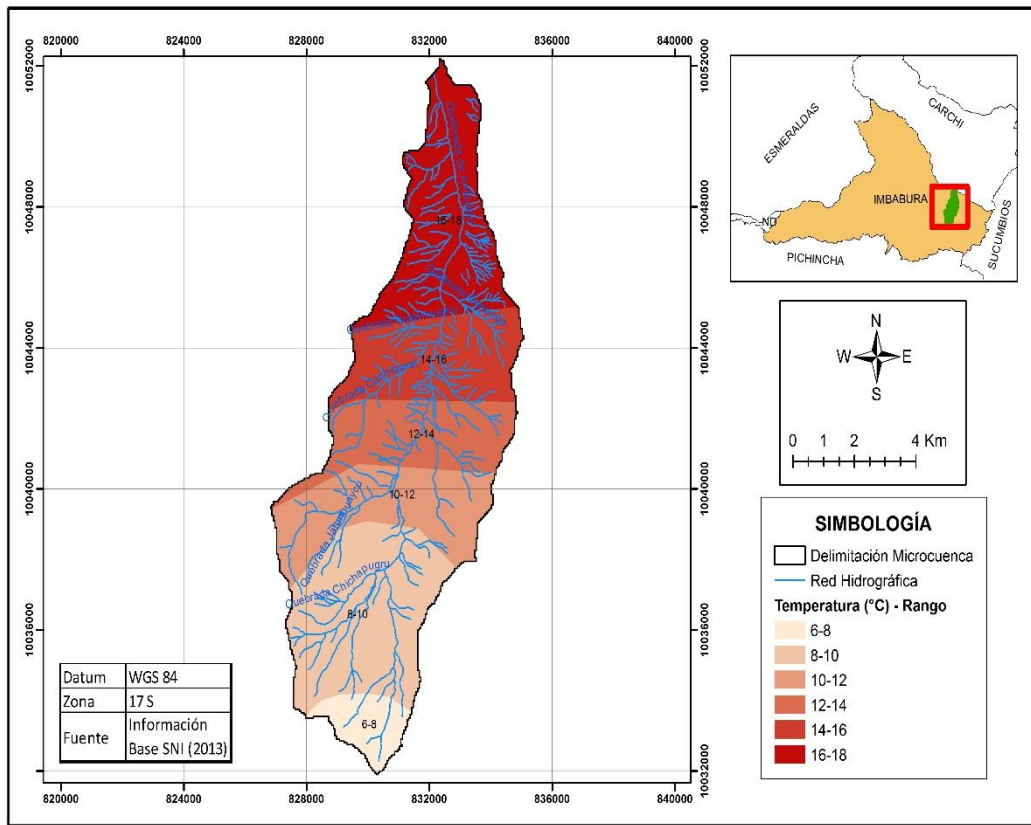


Figura 10. Temperatura anual de la microcuenca.

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

En la Tabla 20, se muestra los valores de superficie y porcentaje de la temperatura en el área de estudio.

Tabla 20.*Temperatura por superficie y porcentaje de la microcuenca*

Intervalo de isotermas (°C)	Área (ha)	Porcentaje (%)
6 – 8	419,61	5,16
8 – 10	2075,43	25,54
10 – 12	1361,46	16,75
12 – 14	1186,25	14,60
14 – 16	1308,73	16,11
16 – 18	1774,28	21,84

*ha: hectáreas***Elaborado por:** Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

4.7.1.3 Zonas climáticas

Para determinar las zonas climáticas se realizó una relación entre la cantidad de precipitación y temperatura media anual para cada zona de la microcuenca. Los climas con mayor predominancia son temperados Sub – húmedo y Subtemperado – húmedo, con más del 60 % del total de la superficie. En la figura 11, se muestra las zonas climáticas y la cantidad de superficie y porcentaje de cada una de estas.

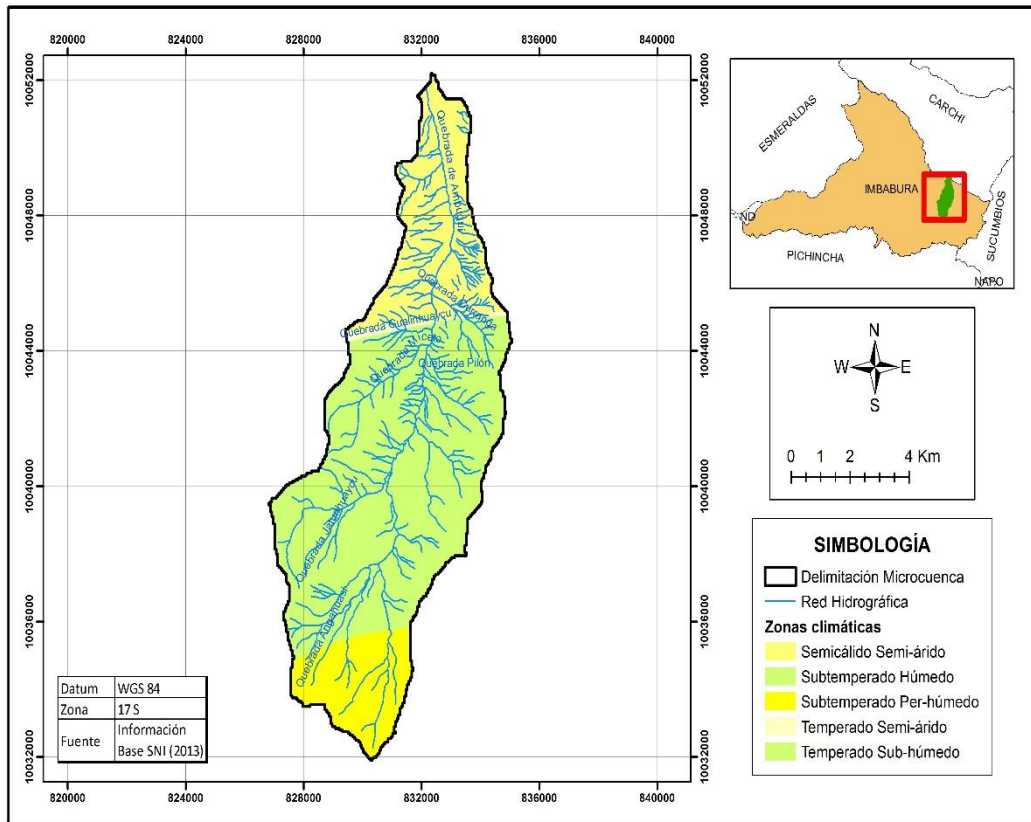


Figura 11. Clima de la microcuenca.

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

En la Tabla 21, se indica los rangos de precipitación y temperatura de cada zona climática y el porcentaje de superficie en la microcuenca.

Tabla 21.

Zonas climáticas de la microcuenca

Clima	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Área (ha)	Porcentaje (%)
Semicálido semi-árido	250-500	12-24	1774,28	21,84
Temperado semi-árido	250-500	12-17	70,19	0,86
Temperado sub-húmedo	500-1000	12-17	2424,78	29,84
Subtemperado – húmedo	500-1000	6-12	2849,23	35,06
Subtemperado Per-húmedo	1000-2000	6-12	1007,26	12,40

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

4.7.2 Caracterización edáfica y topográfica

4.7.2.1 Textura

La textura de suelos que predomina en la microcuenca es de textura media, con un 82,35 % del total de la superficie. Los suelos de textura media se encuentran en las clases texturales franco, para textura gruesa los tipos de suelos arenosos, y para textura fina los suelos con predominancia de arcilla.

En la figura 12, se muestra los tipos de textura y el espacio que ocupan dentro de la microcuenca de la Quebrada Ambuquí – Cochapamba.

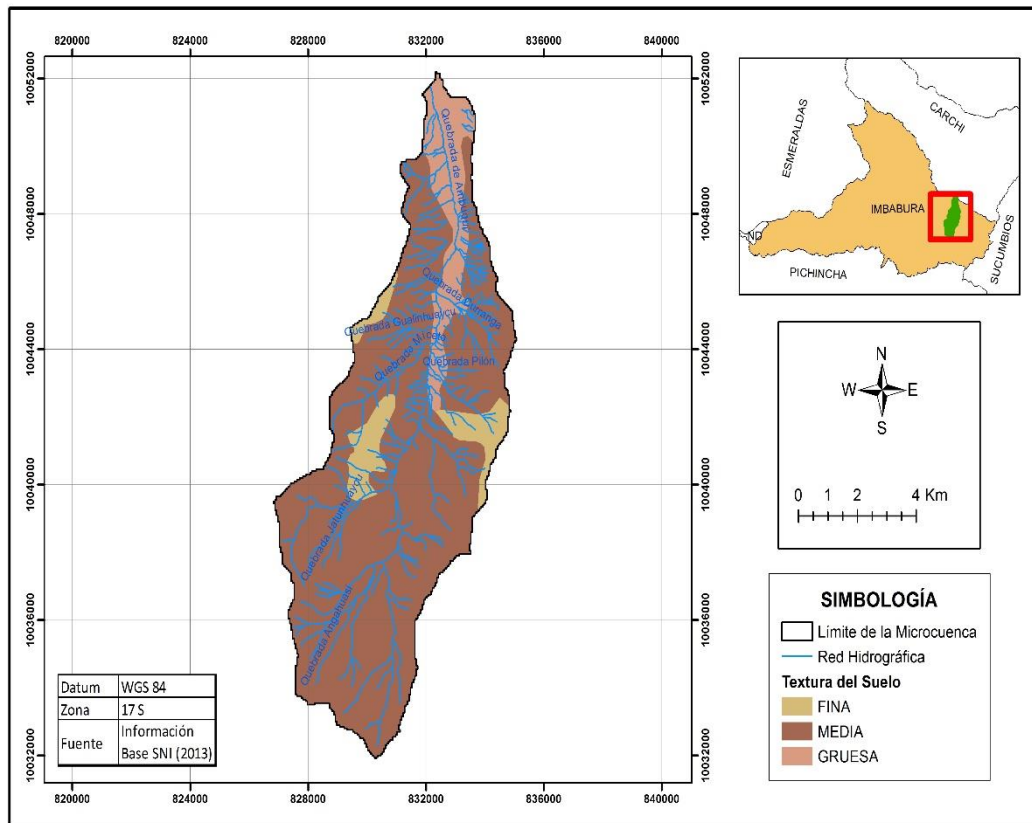


Figura 12. Textura del suelo en la microcuenca.

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

En la Tabla 22, se indica el tipo de textura del suelo y la superficie en hectáreas y porcentaje que ocupan dentro de la microcuenca.

Tabla 22.

Tipos de textura en la microcuenca

Textura	Área (ha)	Porcentaje (%)
Fina	598,04	7,36
Media	6691,84	82,35
Gruesa	835,87	10,29

ha: hectáreas

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

El tipo de textura, facilita conocer propiedades generales del suelo, para la ejecución de prácticas de manejo, labranza, riego y fertilización. La información de textura se puede utilizar para determinar el uso potencial de este.

Textura fina: Contienen mayores partículas de arcilla, presentan dificultades al realizar actividades de laboreo (Merchán, 2009).

Textura media: Se compone de partículas gruesas, medias y finas, en proporciones iguales no presenta limitaciones para realizar actividades agrícolas (Merchán, 2009).

Textura gruesa: Generalmente consta de partículas de arena en su totalidad, suelos fáciles de arar y cultivar, no presentan compactación al secarse (Merchán, 2009).

4.7.2.2 Pendiente

Más del 50% del total de la superficie de la microcuenca posee pendientes que superan el 25 % de pendiente, tal como se muestra en la figura 13. Las tasas de erosión tienden a aumentar en condiciones de pendientes pronunciadas, especialmente si en estos lugares existe escasa cubierta vegetal o se realiza prácticas agrícolas y ganadera.

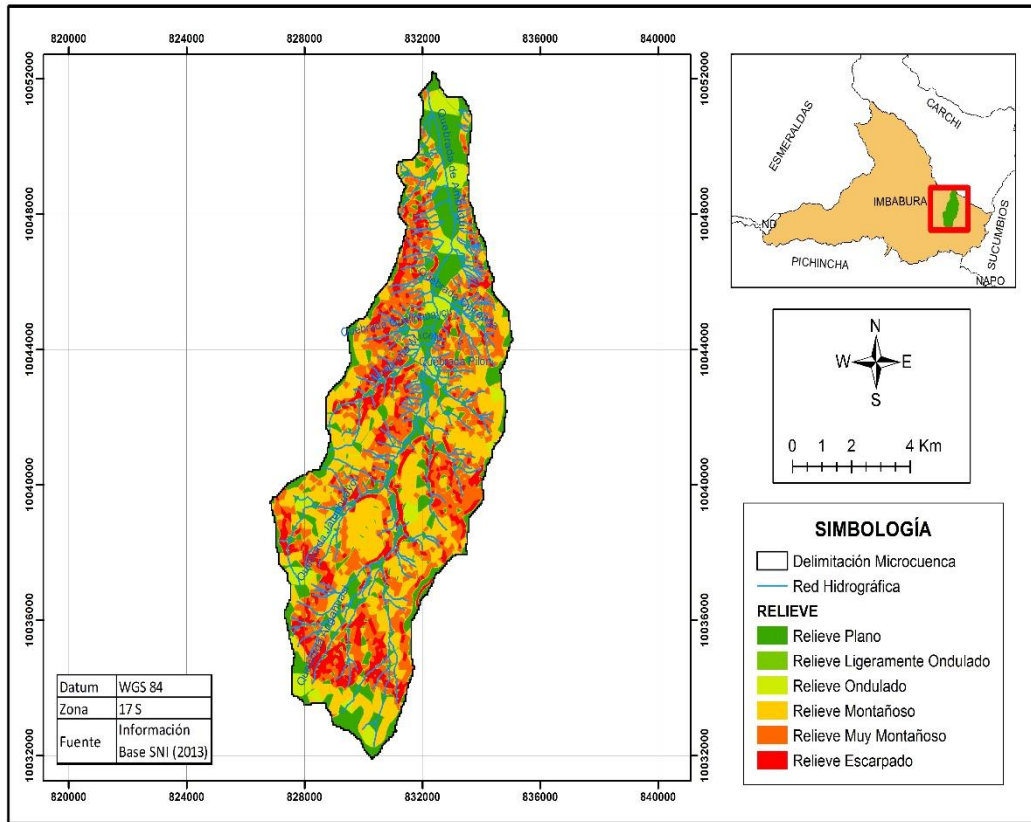


Figura 13. Mapa de pendientes de la microcuenca

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

Las condiciones de relieve y el porcentaje de la superficie que estas ocupan, se detallan en la Tabla 23:

Tabla 23.

Clasificación de pendientes y relieve en área y porcentaje de estudio

Grado (%)	Relieve	Área	Porcentaje (%)
0 – 5	Plano	1670,27	20,56
5 – 12	Ligeramente ondulado	135,76	1,67
12 – 25	Ondulado	652,01	8,02
25 – 50	Montañoso	2612,77	32,15
50 – 70	Muy montañoso	2089,75	25,72
> 70	Escarpado	965,20	11,88

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

Zonas aptas: Los tipos de relieve plano, ligeramente ondulado y ondulado con pendientes que van desde los 0 % el 25 %, son suelos que no presentan ningún tipo de limitaciones, se puede realizar actividades agrícolas con riego (SINAGAP, s.f.).

Zonas moderadas: El principal factor limitante es el relieve montañoso con pendientes fuertes entre 25 % y 50%, se podría efectuar prácticas agrícolas con la implementación de técnicas y manejo de riego (SINAGAP, s.f.).

Zonas marginales: Suelos con relieve muy montañoso con pendientes que van desde el 50 % al 70 %, no apto para la agricultura (SINAGAP, s.f.).

Zonas no aptas: Suelos con pendientes superiores al 70 %, con limitaciones muy severas no aptas para realizar ninguna actividad productiva (SINAGAP, s.f.).

4.7.2.3 Riesgo de erosión

La susceptibilidad de una zona al aumento del riesgo de erosión varía, depende de características del sitio, como pendiente, cobertura vegetal, cantidad de precipitación entre las principales. En la figura 14, se detalla el riesgo de erosión de la microcuenca.

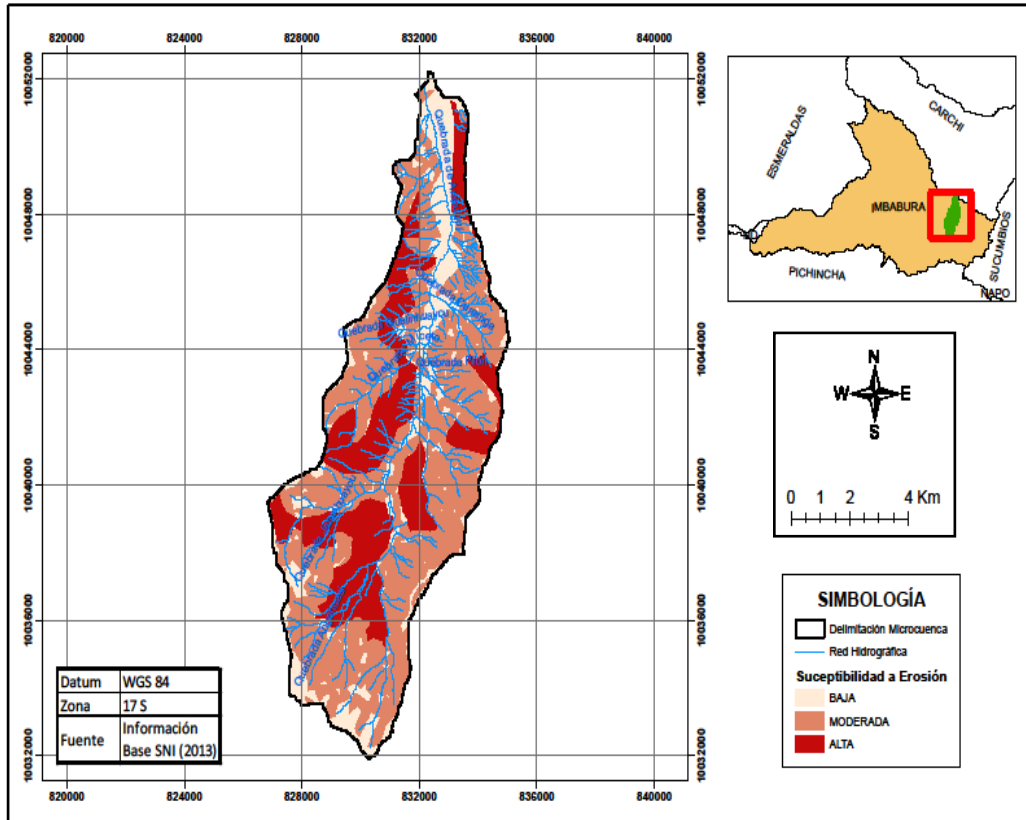


Figura 14. Riesgo de erosión en la microcuenca.

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

En la Tabla 24, se muestra el tipo de riesgo de erosión y la cantidad de superficie en hectáreas y porcentaje.

Tabla 24.

Riesgo de erosión de la microcuenca de la Quebrada Ambuquí – Cochapamba

Riesgo	Área (ha)	Porcentaje (%)
Zonas con susceptibilidad alta a la erosión	2344,34	28,85
Zonas con susceptibilidad moderada a la erosión	3896,16	47,95
Zonas con susceptibilidad baja a la erosión	1885,25	23,20

ha: hectáreas

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

Zonas con susceptibilidad alta a la erosión: Con amenaza a procesos erosivos graves y muy graves, la estimación de pérdida de suelo es de hasta 50 a 200 t/ha/año (SENPLADES, 2012).

Zonas con susceptibilidad moderada a la erosión: Con amenaza a erosión media, son procesos erosivos leves a moderados. La pérdida de suelo se estima de 10 a 50 t/ha/año (SENPLADES, 2012).

Zonas con susceptibilidad baja a la erosión: Son zonas con amenaza a erosión baja, la estimación de pérdida de suelo es de hasta 10 t/ha/año (SENPLADES, 2012).

4.7.2.4 Uso actual

En el mapa de uso actual de la microcuenca de la Quebrada Ambuquí – Cochapamba se observa que la mayor parte de territorio es de uso agropecuario con un 34,13% de territorio, seguido de vegetación arbustiva y herbácea con un 30,97 %.

Las zonas eriales ocupan una parte considerable de la superficie 28,85 %, caracterizadas por procesos de degradación y disminución de la capacidad productiva del suelo, por lo cual están desprovistas de vegetación. Las tierras forestales son menores ocupan solamente el 6,05 %, esto debido al cambio de uso de suelo para empleo en actividades agrícolas y ganaderas.

Los bosques están en decadencia, las labores agrícolas en la microcuenca actualmente se realizan en lugares de alta pendiente donde hace años existió bosque.

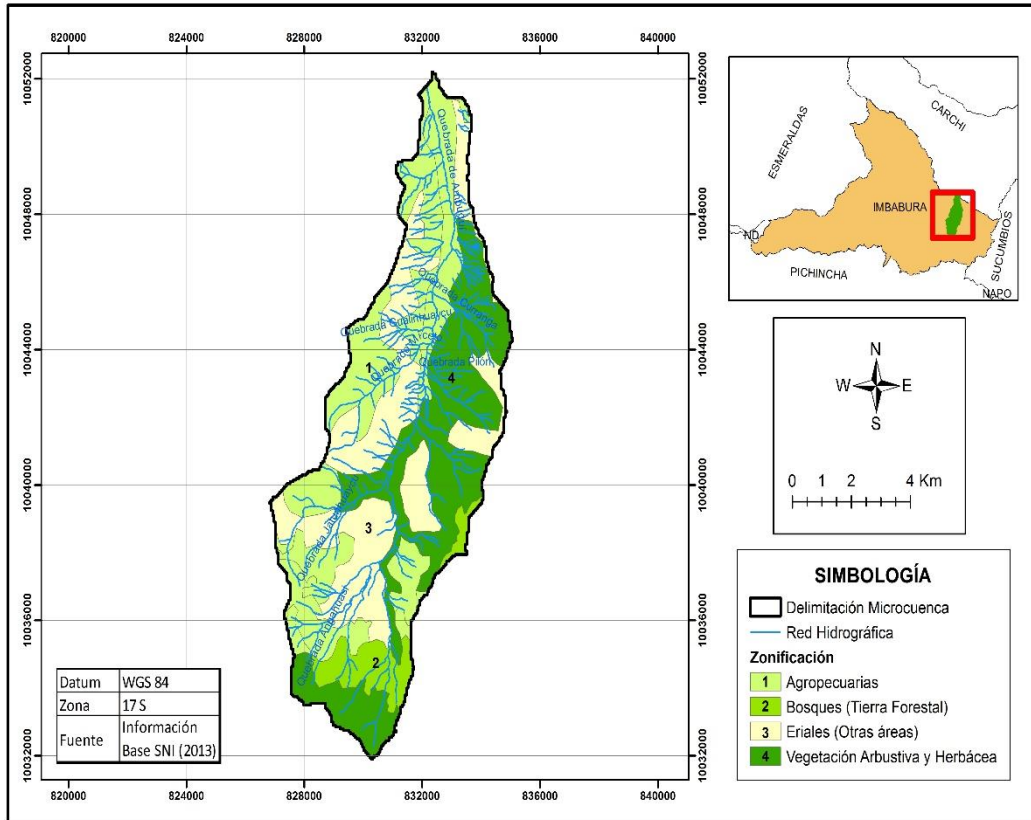


Figura 15. Mapa de uso actual de la microcuenca

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

En la Tabla 25 se muestra el área y el porcentaje del uso actual de la microcuenca.

Tabla 25.

Tipos de uso de suelo de la microcuenca

Cobertura vegetal	Área (ha)	Porcentaje (%)
Agropecuarias	2773,3	34,13
Bosques	491,88	6,05
Eriales	2344,34	28,85
Vegetación arbustiva y herbácea	2516,22	30,97

ha: hectáreas

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

4.7.2.5 Uso potencial del suelo

En el mapa de uso potencial muestra la capacidad de uso del suelo de acuerdo a las limitaciones, en la microcuenca. En la figura 16, se define las clases de capacidad de uso del suelo.

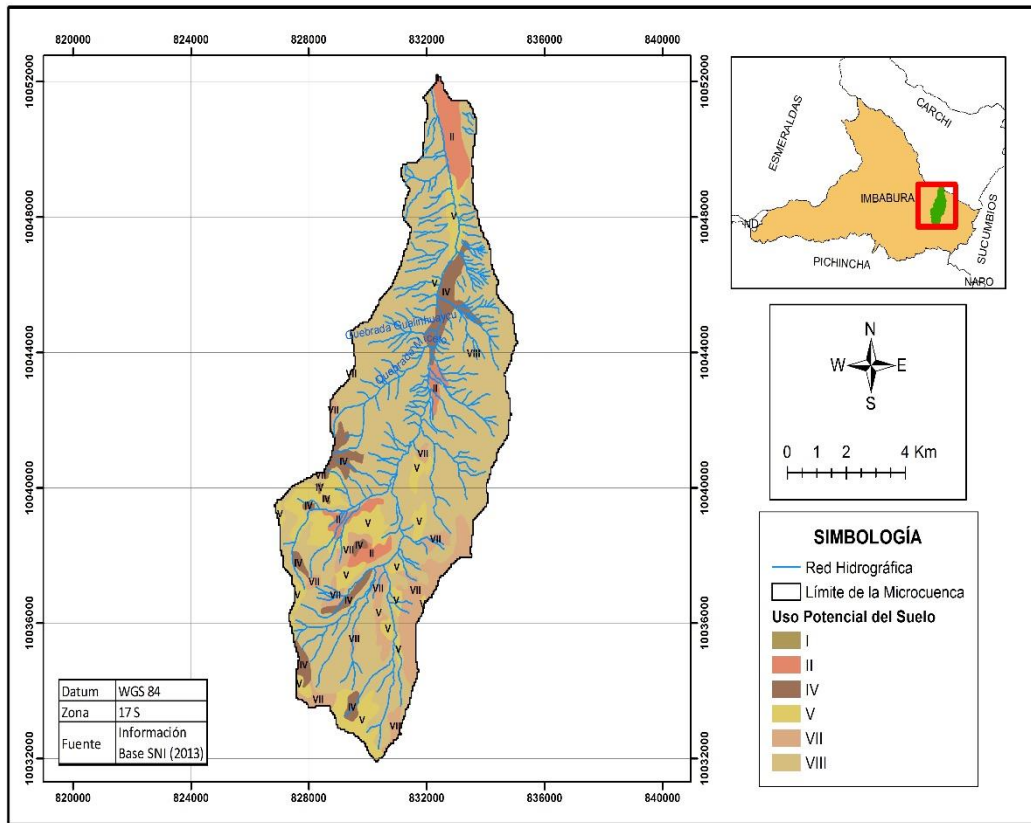


Figura 16. Mapa de uso potencial del suelo

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

En la Tabla 26, se muestra las clases agroecológicas encontradas en la microcuenca con las áreas y porcentajes ocupadas.

Tabla 26.*Clases agroecológicas en la microcuenca*

Clase	Subclase	Área (ha)	Porcentaje (%)
I	I	1,65	0,02
II	II-e	66,28	0,82
	II-s	309,34	3,81
IV	IV-c	72,97	0,90
	IV-e	196,37	2,42
	IV-s	190,08	2,34
V	V	933,32	11,49
VII	VII	672,74	8,28
VIII	VIII	5683,00	69,94

*ha: hectáreas***Elaborado por:** Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

Clase I: Tierras ideales para la implementación de actividades agrícolas, pecuarias o forestales. Con pocas limitaciones, de pendiente plana 2 %, sin evidencias de erosión, suelos profundos y fácilmente trabajables, sin o muy pocas piedras es decir que no interfiere en las labores de maquinaria, con fertilidad alta y no tóxicos, suelos con drenaje bueno. Tierras regables (SENPLADES, 2011).

Clase II: Las tierras de esta clase pueden ser utilizadas para el desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias o forestales adaptadas ecológicamente a la zona. Presentas leves limitaciones, con pendientes menores al 5%, con erosión ligera y sin evidencia, moderadamente profundos con poca pedregosidad, que no limitan ni imposibilitan las labores de maquinaria, fertilidad de mediana a alta, tienen drenaje natural bueno a moderado. Requieren prácticas de manejo más cuidadoso que los suelos de la Clase I. Tierras regables (SENPLADES, 2011).

Clase III: En esta clase se reduce la posibilidad de elección de cultivos anuales a desarrollar o se incrementan los costos de producción debido a la necesidad de usar prácticas de manejo de suelo y agua. Tierras que presentan ligeras limitaciones, se encuentran en pendientes menores al 12 %,

pueden o no presentar evidencia de erosión pudiendo ser ligera o moderada, son poco profundos a profundos, con poca pedregosidad que no limita ni imposibilita las labores de maquinaria, posee fertilidad alta, media o baja con buen drenaje (SENPLADES, 2011).

Clase IV: Estas tierras requieren un tratamiento especial en cuanto a labores de maquinaria. Se restringe el establecimiento de cultivos intensivos y admite cultivos siempre y cuando se realicen prácticas de manejo y conservación. Presentan moderadas limitaciones en pendientes menor al 25 %, pueden o no presentar erosión actual pudiendo ser ligera o moderada, son poco profundos a profundo, y tienen poca a ninguna pedregosidad, son de textura y drenaje variable. Tierras regables con moderadas limitaciones (SENPLADES, 2011).

Clase V: Las tierras de esta clase requieren un tratamiento muy especial en cuanto a las labores con maquinaria ya que presentan limitaciones difíciles de eliminar en esta práctica, se limita el uso de cultivos anuales, permanentes y semipermanentes. Se encuentran en pendientes entre planas y suaves, es decir hasta el 12 %, son suelos poco profundos, con textura y drenaje variables (SENPLADES, 2011).

Clase VI: Estas tierras se encuentran en pendientes medias a fuertes, entre 25 % y 40 %, restringen el uso de maquinaria, son aptas para el aprovechamientos de pastos, forestal, ocasionalmente pueden incluirse cultivos permanentes y pastos. Son moderadamente profundos a profundos, poco pedregosos. Son de textura, drenaje y fertilidad variable. Presentan severas limitaciones para el riego (SENPLADES, 2011).

Clase VII: Estos suelos presentan fuertes limitaciones para el laboreo, específicamente por la pendiente, Muestran condiciones para uso forestal, pastoreo y con fines de conservación. Ubicadas en pendientes hasta el 70 %, con suelo poco profundos a profundos; con pedregosidad menor al 50 %; en cuanto a la tetura, drenaje y fertilidad pueden ser variables (SENPLADES, 2011).

Clase VIII: Son áreas que deben mantenerse con vegetación arbustiva y/o arbórea con fines de protección para evitar la erosión y mantenimiento de la vida silvestre y fuentes de agua. Tierras con las mas severas limitaciones; corresponden generalmente a pendientes superiores al 70 %,

superficiales a profundos, sin piedras o pedregosos que impiden cualquier tipo de actividad agrícola, pecuaria o forestal (SENPLADES, 2011).

Subclase Erosión (e): Limitantes en una clase de capacidad de uso por el factor erosivo pendiente y la erosión actual (SENPLADES, 2011).

Subclase Suelo (s): Limitantes que se pueden presentar por limitantes como; profundidad efectiva, textura, pedregosidad, fertilidad, toxicidad y salinidad del suelo (SENPLADES, 2011).

Subclase Humedad (h): Limitantes que se pueden presentar debido a la deficiencia en el contenido de humedad del suelo y los periodos de inundación (SENPLADES, 2011).

Subclase Clima (c): Limitantes de carácter climático, afectando el desarrollo de cultivos, influyen en el retraso de los ciclos vegetativos, dependiendo de la zona de humedad y temperatura (SENPLADES, 2011).

4.8 Zonificación de la microcuenca

La zonificación se realizó considerando los criterios expuestos por Ramírez (2015), donde se toma en cuenta el tipo de pendiente, el uso actual y la clasificación agroecológica del suelo. A continuación en la figura 17, se muestra las zonas de uso múltiple, protección permanente, manejo y recuperación de suelos.

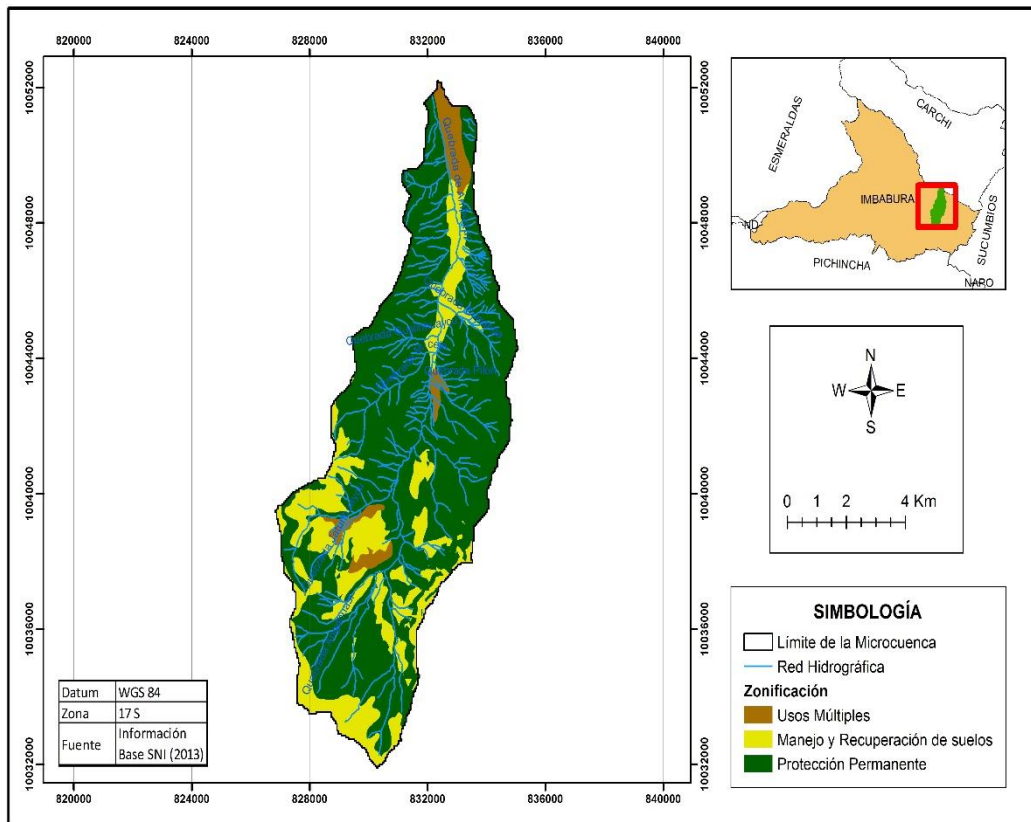


Figura 17. Zonificación de la microcuenca

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

En la Tabla 27, se indica el área y el porcentaje de las zonas para realizar el plan de manejo de la microcuenca.

Tabla 27.

Zonificación de la microcuenca áreas y porcentaje

Zonas	ÁREA (ha)	PORCENTAJE (%)
Uso Múltiple	377,27	4,64
Manejo y Recuperación de suelos	1810,03	22,28
Protección Permanente	5938,46	73,08

ha: hectáreas

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

4.8.1 Zona de uso múltiple

Estas zonas, tienen condiciones propicias para la realización de varias actividades, como agrícola, ganaderas, usos forestales, vivienda, desarrollo vial y otras. Se determinó esta zona en áreas con pendientes inferiores al 25 %, con clasificación agroecológica I, II, III, ubicadas en pastos y cultivos (Ramírez, 2015).

4.8.1.1 Objetivos

- Mejorar las actividades productivas de agricultura y ganadería de la zona, con prácticas adaptadas a las condiciones del sitio.
- Incentivar las actividades de reforestación, con fines de aumentar la cobertura vegetal, en áreas susceptibles a procesos erosivo.

4.8.1.2 Actividades permitidas

- Desarrollo de proyectos como plantación con especies forestales y frutales, barreras rompevientos, sistemas agroforestales.
- Actividades agrícolas de acuerdo a la capacidad de uso del suelo.
- Manejo de residuos y desechos sólidos.
- Crear obras de infraestructura para uso propio de la comuna.

4.8.2 Zona de manejo y recuperación de suelos

Estas áreas, tienen condiciones para efectuar actividades de carácter agrícola y forestal, incluyendo prácticas de conservación de suelos. Para determinar estas zonas, se consideró superficies con pendientes mayores al 25 % y menores a 50 %, con clasificación agroecológica IV y V, cubiertas por pastos y cultivos (Ramírez, 2015).

4.8.2.1 Objetivos

- Mejorar las condiciones de cobertura vegetal, para disminuir la pérdida de suelo por procesos erosivos.
- Efectuar un manejo integral del suelo, de acuerdo a la capacidad de uso.

4.8.2.3 Actividades permitidas

- Incrementar la productividad y diversidad agrícola, mejorando las condiciones del suelo.
- Implementación de prácticas de manejo de suelos, que permita disminuir los niveles de erosión.
- Establecimiento de sistemas agroforestales, idóneos para la recuperación de suelos degradados.
- Manejo sustentable de residuos agrícolas y pecuarios.

4.8.3 Zona de protección permanente

Las zonas de protección permanente son ecosistemas frágiles, destinados para la protección y conservación de los recursos, para esta clasificación se considera las áreas a lo largo de cursos de agua, para determinar esta zona se consideró pendientes mayores al 50 %, con clasificación agroecológica VII y VIII, con cobertura de bosque, además 30 metros, a los márgenes de las redes hídricas (Ramírez, 2015).

4.8.1.1 Objetivos

- Conservar y proteger los recursos biológicos, que aseguren la recuperación de los sistemas alterados por la actividad humana.

- Recuperar la flora y la fauna nativa a través de actividades de conservación.
- Controlar los procesos de alteración de la calidad y cantidad del recurso hídrico de la microcuenca.

4.8.1.2 Actividades permitidas

- Actividades de turismo comunitario a baja escala, sin afectar al recurso natural.
- Establecimiento de especies nativas en zonas degradadas.
- Realizar actividades de monitoreo ambiental.
- Protección del recurso hídrico.

4.9 Actividades de manejo en la microcuenca

4.9.1 Programa de manejo de suelos en la microcuenca de la quebrada Ambuquí – Cochapamba

4.9.1.1 Justificación

Los procesos erosivos, afectan agresivamente a las condiciones de la microcuenca, el movimiento de suelo influye en la productividad de la tierra, específicamente en esta zona, donde el mayor porcentaje de la población se dedica a realizar actividades agropecuarias. El programa de manejo busca dar opciones para mejorar las condiciones actuales de cobertura vegetal, además incluir prácticas aplicables en tierras degradadas por procesos erosivos, especialmente en lugares con pendientes bastante pronunciadas, que superan el 30 % de pendiente, donde se realizan prácticas de carácter agropecuario.

4.9.1.2 Objetivo general

- Disminuir los niveles de erosión en la microcuenca de la quebrada Ambuquí – Cochapamba con la implementación de prácticas de manejo de suelos.

4.9.1.3 Objetivos específicos

- Incentivar la participación de la comunidad en actividades de conservación y protección de los recursos naturales.
- Mejorar las condiciones edáficas del suelo, con el aumento de la cobertura vegetal.
- Promover prácticas de manejo en áreas con riesgo de erosión severo en la microcuenca.

4.9.1.4 Resultados esperados

- Participación activa de la población en la implementación de prácticas de manejo de suelo, conservación y protección de los recursos naturales.
- Control de pérdida de suelo por procesos erosivos en áreas degradadas o desprovistas de cobertura vegetal.
- Ejecución de prácticas de manejo de suelo por parte de la comunidad.

4.9.1.5 Estrategia del programa

Para el cumplimiento de los objetivos anteriormente mencionados, se desarrollaron los lineamientos estratégicos que se mencionan a continuación:

- Inclusión de la comunidad con experiencias en las toma de decisiones y participación en actividades planificadas, a través de organizaciones, reuniones, mingas etc.

- Promover acciones de restauración vegetal en áreas con poco o escasa cobertura vegetal.
- Diversificación de la producción agrícola y forestal.
- Gestión de recursos con organismos nacionales e internaciones.
- Asistencia técnica en la implementación de prácticas de manejo en suelos degradados.

4.9.1.6 Localización y período

Las actividades planificadas en el programa de manejo de suelos de la microcuenca de la Quebrada Ambuquí – Cochapamba, se implementarán en las zonas de protección permanente y de manejo de bosque nativo, sitios donde el riesgo de erosión tiende a ser mayor, por condiciones propias del sitio y por acciones de carácter antrópico. La duración del programa está planificada en un tiempo de 24 meses.

4.9.2 Proyectos del programa

El programa de manejo de suelos en la microcuenca de la Quebrada Ambuquí – Cochapamba se constituye por los proyectos:

4.9.2.1 Proyecto de recuperación de áreas degradadas por procesos erosivos con la implementación de prácticas de manejo de suelos

Este proyecto tiene como finalidad la implementación de prácticas de manejo de suelo, para la recuperación de áreas degradadas por procesos erosivos. El implementar este tipo de prácticas se hace necesario en una zona netamente agrícola, donde actualmente los suelos han perdido la fertilidad. Los componentes del proyecto se detallan a continuación:

a) Componente Implementación de prácticas de manejo de suelos

La finalidad de este componente es implementar prácticas de manejo en áreas degradadas por procesos erosivos, específicamente en zonas donde se realiza actividades agrarias en condiciones de topografía no aptas para este uso. Las actividades propuestas se detallan a continuación:

- **Abonos verdes:** Esta práctica consiste en el establecimiento de especies de rápido crecimiento, con el fin de brindar protección al suelo y mejorar las condiciones edáficas. Según Muzilli (1980), las especies sugeridas son las pertenecientes a la familia de las leguminosas, que presentan un rápido crecimiento y una producción elevada de biomasa.
- **Barreras vivas:** Consiste en el establecimiento de especies perennes, en forma transversal a la pendiente, esta práctica tiene como objetivo disminuir la velocidad del agua sobre la superficie del suelo.
- **Cortinas rompevientos:** Consiste en el establecimiento de barreras con especies arbóreas, ubicadas paralelamente a los límites del terreno, brindan beneficios como disminuir la pérdida del suelo por erosión eólica, protección de cultivos, etc. Es recomendable utilizar especies de copa ancha y con un follaje abundante tales como la casuarina y el ciprés.
- **Labranza cero:** Las actividades de siembra se efectúan directamente sobre el suelo sin remoción de la tierra, la eliminación de maleza se realiza a través de herbicidas, esta práctica es recomendable en zonas con pendientes pronunciadas, evita el arrastre del suelo por el agua.
- **Reforestación con especies nativas:** Esta práctica tiene como fin restaurar las áreas degradadas con poca o nula cobertura vegetal y disminuir el riesgo de erosión, para esta práctica es recomendable el uso de especies nativas por la adaptabilidad a las condiciones del sitio.

- **Sistemas agroforestales:** La asociación de cultivos de ciclo corto con especies forestales, permite mejorar las condiciones de cobertura vegetal, brindando protección al suelo, además favorece a las condiciones del suelo; como la porosidad, la textura, la densidad aparente, características del suelo que influyen en los procesos erosivos.
- **Evaluación y seguimiento del proyecto:** Esta actividad se la realizará desde el inicio hasta el final del proyecto.

b) Componente Participación comunitaria en el manejo de la microcuenca.

En este componente se indica las actividades, que promuevan la participación de la comunidad y el compromiso en la toma de decisiones y labores del manejo de la microcuenca de la Quebrada Ambuquí – Cochapamba, para lo cual las actividades propuestas son las siguientes:

- Capacitación y educación ambiental
- Promover y realizar investigaciones con participación de la población de la microcuenca.
- Identificar las zonas consideradas como frágiles para protección y conservación.

4.9.2.2 Proyecto de educación ambiental a los pobladores de la microcuenca de la Quebrada Ambuquí – Cochapamba

El proyecto de educación ambiental en la comunidad tiene como finalidad, fortalecer el desarrollo de la cultura ambiental, concientizando a las personas sobre los problemas actuales de la microcuenca, además fortalecer e incluir a la población en temas y actividades amigables al ambiente. Los componentes del proyecto se describen a continuación.

a) Componente Creación de una cultura ambiental

Este componente busca la integración de la comunidad en actividades que permitan fortalecer los conocimientos, y así promover la concientización ambiental, con la inclusión de la población en el manejo y conservación de los recursos naturales de la microcuenca, las actividades propuestas se detallan a continuación:

- Capacitación a la población sobre el manejo y conservación de los recursos naturales
- Identificar los principales problemas ambientales en visitas de campo
- Talleres sobre el manejo de residuos sólidos

El cronograma de actividades y costos de los proyectos se indica en anexos del presente documento.

4.9.3 Actores claves

El apoyo de entidades públicas y privadas con talento humano y económicamente, permitirá la ejecución de todas las actividades planificadas dentro de los proyectos del programa de manejo de suelos en la microcuenca. A continuación se detalla los actores para la realización de este programa:

- Ministerio del Ambiente
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca
- ONGs
- Centros de investigación
- GAD Imbabura

4.10 Discusión

En la investigación se observa que los cultivos muestran mayor susceptibilidad a procesos erosivos, debido a prácticas de manejo de suelo, en las que se elimina la cobertura vegetal, siendo mucho más evidentes en lugares con pendientes mayores al 35%; esto es sustentado por Soto (1990), que menciona que el 72% de procesos erosivos se produce en tierras agrícolas, donde la cobertura vegetal es menor y el impacto de las gotas de lluvia aumenta, dando origen a movimiento de partículas de suelo, según (Romero et al., 2011) la cubierta vegetal reduce la energía de la lluvia en un 50 % y la escorrentía en un 75 %.

El aumento de cobertura vegetal, incrementa la cantidad de materia orgánica, mejora las propiedades físicas del suelo, además disminuye el grado de compactación y facilita la infiltración, evitando la escorrentía, para Elwell (1976), esta cobertura debe ser del 70 % o superior para mejorar las condiciones del suelo y brindar la protección adecuada frente a procesos erosivos.

La mayor tasa de erosión en la microcuenca se produjo en los meses considerados lluviosos, específicamente en cultivos, donde la cobertura es menor, por tal razón el movimiento de partículas de suelo incrementa, para Peralta (s.f.), la intensidad y duración de la lluvia dan origen a la saturación de los poros del suelo, aumentando los niveles de escurrimiento y erosión.

Propiedades como la textura, influyen en la resistencia del suelo frente a procesos erosivos, en la microcuenca el 82 % de los suelos tiene una textura media, es decir, están compuestos en forma proporcional de arena, arcilla y limo, para Dorronsoro (2002), estos suelos son muy deseables, con buenas propiedades físicas y químicas, poseen buena capacidad de absorción y aseguran un ideal crecimiento de la vegetación, además evitan el riesgo de pérdida de suelo por escurrimiento.

Las condiciones de pendiente, precipitación y uso intensivo del suelo agravan los procesos erosivos, en la microcuenca las zonas con susceptibilidad moderada a la erosión ocupan la mayor parte de la superficie (47,95 %), con pérdidas no superiores a las 50 t/ha/año, estos datos se consideran altos, según lo expuesto por Johnson (1987), las pérdidas tolerables de suelo se aproximan a las 11 t/ha/año, aunque para Morgan (1986), existen áreas con tasas de erosión

naturalmente altas, específicamente lugares con pendientes pronunciadas, gran cantidad de precipitación y el tipo de cobertura.

Las prácticas de manejo de suelos, conllevan a disminuir los niveles erosivos. La conservación y aumento de la cobertura vegetal evitan que el impacto de la lluvia con el suelo disminuya y así mismo el escurrimiento y transporte de partículas de suelo, para Morgan (1994), la erosión es un proceso natural, que no puede evitarse totalmente, pero puede reducirse a un valor tolerable de pérdidas de suelo a través de prácticas conservacionistas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La pérdida promedio del suelo por procesos erosivos en cultivos es de 146,65 t/ha/año y en matorral de 39,78 t/ha/año, en condiciones de pendientes superiores al 70 %. El factor de mayor incidencia frente a procesos erosivos es la cobertura vegetal, que brinda mayor protección al suelo, específicamente frente a eventos de precipitación, donde se registra el mayor movimiento del suelo.
- La correlación entre precipitación y pérdida de suelo es proporcional, los valores de erosión se asocian con los datos de precipitación para el caso de cultivos y matorral. Los meses considerados lluviosos (octubre – abril), presentan mayor relación con la pérdida de suelo registrada. En los meses secos (mayo – agosto) las pérdidas en matorral no son considerables, a diferencia de cultivos, donde a pesar que precipitación es menor, al tener un suelo desnudo los movimientos del suelo se originan por la fuerza ejercida por el viento (erosión eólica).
- El riesgo de erosión en la microcuenca, para matorral fue severo, las pérdidas no superaron las 50 t/ha/año, mientras que para cultivos el riesgo es muy severo con pérdidas superiores a las 100 t/ha/año, las parcelas analizadas se ubicaron en la misma pendiente, por el tal razón el factor que incidió en la variación de las tasas de erosión es la cobertura vegetal para cada caso.
- A partir de las diferencias encontradas entre las tasas de erosión tanto de cultivo como matorral, se infiere que, la mejor práctica para mitigar los procesos erosivos es el aumento de la cobertura vegetal que brinda la protección necesaria para mitigar la pérdida de suelo, especialmente cuando se presentan eventos lluviosos, que es cuando más se genera el movimiento de partículas de suelo, además esta práctica permite mejorar la estructura del

suelo, consecuentemente la infiltración, evitando que se produzca escorrentía y transporte de sedimentos.

5.2 Recomendaciones

- Para futuros estudios en este campo experimental, se debe considerar el cuidado de las parcelas, mediante el cerramiento con postes y alambre de púas, para evitar alteración de los resultados por factores externos como personas y animales.
- Difundir los resultados obtenidos con los habitantes del microcuenca, haciendo énfasis en las mejores prácticas de manejo de suelo propuestas.
- Para incrementar la precisión en el estudio, es necesario aumentar el número de varillas, en un 50 %, para lograr cuantificar la pérdida de suelo con mayor precisión.
- Las tierras de uso agrícola son las más afectadas por procesos erosivos, por tal razón es necesario implementar alternativas agronómicas, ya probadas que contribuyan a disminuir el grado erosivo de los suelos de la zona.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

- Almorox, J., López, F., & Rafaell, S. (2010). *La degradación de los suelos por erosión hídrica*. Murcia, España: Edit.Um.
- Calle, O. C. (2003). *Modelo dinámico para la calificación de la amenaza pluvial y evaluación de la posibilidad de erosión en la sectorización geotécnica de oleoductos y su aplicación en la planeación y toma de decisiones*. Bogotá.
- Castro, F. (2011). *Parroquialización de la zona Cochapamba*. Ibarra.
- Cuitiño, H. (1999). *Evaluación cuantitativa de la erosión hídrica superficial en suelos desnudos de la precordillera Andina y Valle Central de la VII región*. Talca, Chile.
- Cuitiño, H., & Pizarro, T. (2002). *Método de evaluación de la erosión hídrica superficial en suelos desnudos*. Chile.
- Dorronsoró, C. (2002). *Soil evaluation. The role of the Soil Science in the Land Evaluation*. Granada, España.
- Dourojeanni, A. (1994). La gestión de agua y las cuencas en América Latina. *Cepal*.
- Elwell, M. S. (1976). *Vegetative cover to estimate soil erosion hazard in Rhodesia*.
- Espinosa. (1993). *Dinámica de los sistemas de producción agrícolas en relación al deterioro y agotamiento de los recursos agrícolas no renovables en los Andes Ecuatorianos*.
- Espinoza, L., Pardo, J., Quirós, S., & Heuvelodp, J. (1986). *Agroclimatología tropical*. Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.
- FAO. (1984). *Metodología provisional para la evaluación y representación cartográfica de la desertificación*.
- FAO. (1996). *Planificación y ordenación de cuencas hidrográficas con ayuda de computadora*. Roma.
- FAO. (2000). *Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos*.
- García, W. (s.f.). *El sistema complejo de la cuenca hidrográfica*.
- Gliessman, S. (1998). *Agroecología, procesos ecológicos en la agricultura sostenible*. Turrialba: CATIE.
- Hudson, N. (1997). *Medición sobre el terreno de la erosión del suelo y de la escorrentía*. Roma.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA]. (1979). *Conservación de los suelos, un estudio internacional*. Costa Rica.

- León, J. (2003). *Métodos experimentales para el seguimiento y estudio de la erosión hídrica*. Medellín, Colombia.
- Mateu, J., Juan, P., & Añó, C. (2003). *Caracterización de la agresividad de la lluvia en la provincia de Castellón*. Castellón, España: Universitat Jaume I. Servei de Comunicació i Publicacions.
- Merchán, M. (2009). *Elaboración de herramientas para el aprendizaje para el manejo integrado de suelos en el cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) bajo el enfoque de gestión de conocimientos Cotopaxi y Tungurahua*. Quito, Ecuador.
- Ministerio de Ambiente del Ecuador [MAE]. (2012). *Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador oriental*. Quito.
- Morgan. (1994). *Erosión y conservación del suelo*. Madrid.
- Morgan, R. (1986). *Soil Erosion & Conservation*. England.
- Muzilli. (1980). *Manual Agropecuario para o Paraná*. Brasil.
- Noni, & Trujillo. (1986). *La erosión actual y potencial en Ecuador; localización, manifestaciones y causas*. Ecuador.
- Núñez, J. (2001). *Manejo y conservación del suelo*. San José, Costa Rica: Universidad Estatal a distancia.
- PASOLAC. (2005). *MANUAL DE MÉTODOS SENCILLOS PARA ESTIMAR LA EROSION HÍDRICA*. Managua, Nicaragua.
- Peralta, J. (s.f.). *Agentes erosivos y tipos de erosión*. Temuco, Chile.
- Pino, S. (2008). *Estimación de pérdidas de suelo en tres situaciones de manejo de residuos post-cosecha, usando el modelo RUSLE, en el predio Pantanillos, VII región*. Santiago, Chile.
- Pourrut, P. (1983). *Los climas del Ecuador - Fundamentos explicativos*. Quito, Ecuador.
- Quiñonez, G. (2012). *La degradación del suelo por erosión hídrica en cultivos de granos básicos y café en la microcuenca TORJA, cuenca del río Grande de Zacapa, Guatemala*. Turrialba, Costa Rica.
- Ramírez, J. (2015). *Alternativas de manejo sustentable de la subcuenca del río Pitura, provincia de Imbabura, Ecuador*.
- Rodríguez, F. (2007). *Manual para la Zonificación Ecológica y Económica a nivel macro y meso*. Iquitos, Perú.

- Romero, A., Ruiz, J., & Belmonte, F. (2011). *Tasa de erosión hídrica en la región de Murcia*. Murcia.
- SENPLADES. (2011). *Evaluación de las tierras por su capacidad de uso. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1:25000*. Guayaquil, Ecuador.
- SENPLADES. (2012). *Amenaza a erosión hídrica. Proyecto: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional 1:25000*. Jama, Ecuador.
- Sheng, T. (1992). *Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas*.
- SINAGAP. (s.f.). *Zonas de Susceptibilidad a Inundaciones en el Ecuador Continental Escala 1:50000*. Ecuador.
- Soto. (1990). *Aproximación a la medida de la erosión y medios para reducir esta en la España peninsular*. España.
- Taboada, L. (2011). *Evaluación de la erosión hídrica en áreas con zanjas de infiltración*. Lima, Perú.
- Tayupanta , J. (1993). *La erosión hídrica: proceso, factores y formas*. Quito: Proteca.
- Tayupanta, J., & Córdova, J. (1990). *Algunas alternativas agronómicas y mecánicas para evitar la pérdida de suelo*. Quito: Proteca.
- Trueba. (1981). *Evaluación de la eficiencia de cuatro prácticas mecánicas para reducir las pérdidas de suelo y nutrimentos por erosión hídrica en terrenos agrícolas de temporal*. México.
- Umaña, E. (2002). *Manejo de cuencas hidrográficas y protección de fuentes de agua. Manejo de cuencas hidrográficas y protección de fuentes de agua*. San Nicolás, Nicaragua: UNA.
- UNEP, P. d. (Octubre de 2015). *The Economics of Land Degradation in Africa*. Obtenido de www.eld-initiative.org.
- Villarubia, M. (2012). *Ingeniería de la energía eólica*. México: Alfaomega.

CAPITULO VII

ANEXOS

Tabla 28.

Cronograma de actividades

PROYECTO	COMPONENTE	ACTIVIDADES	Semestre			
			1	2	3	4
Recuperación de áreas degradadas por procesos erosivos, a través de la implementación de prácticas de manejo de suelos	Implementación de prácticas de manejo	Abonos verdes	x	x		
		Cortinas rompevientos	x	x		
		Cultivos en contorno	x	x	x	x
		Reforestación	x	x		
		Sistemas agroforestales	x	x		
		Evaluación y monitoreo del programa	x	x	x	x
		Capacitación y educación ambiental			x	x
	Participación comunitaria en el manejo de la microcuena	Realizar investigaciones			x	x
		Identificar zonas frágiles para el manejo	x	x		
		Talleres de programas ambientales			x	x
Proyecto de educación ambiental a los pobladores de la microcuena	Creación de una cultura ambiental	Capacitación sobre manejo de los recursos	x	x		
		Visitas de campo		x	x	
		Talleres manejo de residuos sólidos			x	x

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

Tabla 29.*Costos del programa*

PROYECTO	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	MES ES	COSTO TOTAL
Recuperación de áreas degradadas por procesos erosivos	Técnico forestal	1000	24	24000
	Técnico agropecuario	1000	24	24000
	Movilización	200	24	4800
	Alimentación	300	24	7200
	Capacitación	500	12	6000
	Material de trabajo	500	12	6000
	SUBTOTAL			
Educación Ambiental a los pobladores de la microcuena	Técnico ambiental	1000	24	24000
	Movilización	100	24	2400
	Alimentación	150	24	3600
	Capacitación	250	18	4500
	Material de trabajo	1000	12	12000
SUBTOTAL				46500
TOTAL				118500

Elaborado por: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi



Fotografía 1. *Establecimiento de varillas en pastos*

Fuente: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi



Fotografía 2 *Establecimiento de varillas en cultivos*

Fuente: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi



Fotografía 3. *Establecimiento de varillas en matorral*

Fuente: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi



Fotografía 4. *Establecimiento de pluviómetro*
Fuente: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi



Fotografía 5. *Mediciones en varillas*
Fuente: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi



Fotografía 6. *Registro de datos*
Fuente: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi



Fotografía 7. *Registro de datos*
Fuente: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi



Fotografía 8. *Toma de muestras para el cálculo de densidad aparente*
Fuente: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi



Fotografía 9. *Muestras de suelo para análisis en laboratorio*
Fuente: Cristian Gustavo Benalcázar Chandi

 AGROCALIDAD AGENCIA ECUATORIANA DE ASESORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-842/2372-844/2372-845	PGT/SFA/09-FO01
		Rev. 2
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Hoja 1 de 1

Informe N°: LN-SFA-616-1034
 Fecha emisión Informe: 03/08/2016

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante: Cristian Benalcázar / Agrocalidad Imbabura

Dirección: Los Ceibos Río Chimbo 5-60

Teléfono: 0969459436

Correo Electrónico: cristiangubc92@gmail.com

Provincia: Imbabura

Cantón: Ibarra

N° Orden de Trabajo: 10-2016-0019

N° Factura/Documento: 2564

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo: Chocho		
Provincia: Imbabura	Coordenadas:	X: ----
Cantón: Ibarra		Y: ----
Parroquia: El Sagrario	Altitud: 3200 msnm	
Muestreado por: Cristian Benalcázar		
Fecha de muestreo: 27-07-2016	Fecha de inicio de análisis: 29-07-2016	
Fecha de recepción de la muestra: 29-07-2016	Fecha de finalización de análisis: 03-08-2016	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-161239	M 1	Densidad Aparente	Gravimétrico	g/ml	0,94
SFA-161240	M 2	Densidad Aparente	Gravimétrico	g/ml	1,01
SFA-161241	M 3	Densidad Aparente	Gravimétrico	g/ml	1,02

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Luis Cacuango

Observaciones:


Ing. Rusbel Jaramillo Chamba
 Responsable de Laboratorio
 Suelos, Foliar y Aguas

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.



Fotografía 10. Resultados densidad aparente



LABONORT

LABORATORIOS NORTE

Av. Cristóbal de Troya 493 y Jaime Roldos Ibarra-Ecuador. cel. 099591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO	
NOMBRE :	CRISTIAN BENALCAZAR
CIUDAD :	Ibarra
TELEFONO :	0969459436
FAX :	

DATOS DE LA PROPIEDAD	
PROVINCIA :	Imbabura
CANTON :	Ibarra
PARROQUIA :	
SITIO :	

DATOS DEL LOTE	
SITIO :	
SUPERFICIE :	
CULTIVO ANTERIOR :	
CULTIVO ACTUAL :	
A CULTIVAR :	

DATOS DE LABORATORIO	
No REPORTE :	R 7430- R 7431
No MUES.LAB.:	L 7430 - L 7431
FECHA DE MUESTREO:	
FECHA DE INGRESO :	19/01/2017
FECHA DE REPORTE :	20/01/2017

TEXTURA (M. Bouyoucos)

No LABO.	No CAMPO	TEXTURA			CLASE DE TEXTURA
		ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA(%)	
7430	M1-Matorral	43,6	43,00	13,4	Franco
7431	M2-Cultivos	49,6	40,00	10,4	Franco



Dr. Quím. Edison M. Miño M.
RESPONSABLE DE LABONORT



Fotografía 11. Resultados de textura del suelo

14 de Noviembre del 2016

Nombre	Cédula de Identidad	Firma
Antonía Salazar		<i>Antonía Salazar</i>
Alfonso Páez	10039859-9	<i>Alfonso Páez</i>
Segundo Juan Salazar	10079528-2	<i>Segundo Salazar</i>
Peter Perugachi	100366352-1	<i>Peter Perugachi</i>
Guillermo Perugachi	10035278-4	<i>Guillermo Perugachi</i>
Carola Ylla		<i>Carola Ylla</i>
Salvador Perugachi	100127260-5	<i>Salvador Perugachi</i>
Isis Perugachi	-	-
Mónica Magdalena Acuña	-	-
Florinda Valenzuela	100780688-2	<i>Florinda Valenzuela</i>
Victoria Ortiz	10.0000213-2	<i>Victoria Ortiz</i>
Alfonso Castro	100775857-9	<i>Alfonso Castro</i>
Angel Espinal	100270552-7	<i>Angel Espinal</i>
Héctor Rosa Castro	100155900-8	<i>Héctor Rosa Castro</i>
Fidel Castro	100193979-0	<i>Fidel Castro</i>
Juana Páez	01100462921-1	<i>Juana Páez</i>
Glados Obasango	100126491-8	<i>Glados Obasango</i>
Rubi Perugachi	100452202-3	<i>Rubi Perugachi</i>
María Perugachi	100277667-3	<i>María Perugachi</i>
Nataly Valenzuela		<i>Nataly Valenzuela</i>

Fotografía 12. Registro de asistentes para la exposición de resultados



Fotografía 13. *Exposición de resultados en la comunidad de Rancho Chico*



Fotografía 14. *Participantes en la presentación de resultados*