

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA: INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO AMBIENTAL

TEMA:

**PROPUESTA DE METODOLOGÍAS AMIGABLES CON EL MEDIO
AMBIENTE PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN HÍDRICA EN LA
MICROCUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CHIMBORAZO, LOCALIZADA
EN EL CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.**

AUTORA:

SILVANA MAGDALENA PACHECO DÍAZ

DIRECTOR:

MIGUEL ARAQUE ARELLANO

Quito, noviembre del 2013

**DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO
DEL TRABAJO DE GRADO**

Yo Silvana Magdalena Pacheco Díaz autorizo a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de grado y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaro que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del autor.

.....

Silvana Magdalena Pacheco Díaz

CC: 1717167868

AGRADECIMIENTOS

La presente tesis es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron varias personas leyendo, opinando, corrigiendo, teniéndome paciencia, dando ánimo, acompañándome en los momentos de crisis y en los momentos de felicidad.

Agradezco al Ing. Miguel Araque por haber confiado en mi, por la paciencia y por la dirección de este trabajo, por los consejos, el apoyo y el estímulo que me brindó.

Gracias también al Ing. Renato Sánchez y la Ing. Alexandra Jami quienes recomendaron ciertas consideraciones que no las había tomado en cuenta y que aportaron mucho al presente trabajo de tesis.

Gracias a todos.

DEDICATORIA

Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada momento de mi vida, por fortificar mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Mi madre abnegada, Apolonia y mi padre responsable y comprometido, Heraldo, por darme la vida, quererme mucho, creer en mi y en mis capacidades, porque siempre me apoyaron pese a miles de dificultades. Mamita y papito gracias por darme una carrera y una profesión para mi futuro, todo esto se los debo a ustedes.

Mis hermanos, Fabricio, Bryan y Diana quien me mira desde el cielo, por estar conmigo, apoyarme y ayudarme siempre, los quiero mucho.

El apoyo más fuerte, fuera de mi círculo familiar, mi novio, Javier, te agradezco por todos aquellos consejos que me dieron mucho ánimo y fuerzas para seguir adelante y con la frente en alto.

Todos mis amigos, Edgar, Katty, Carolina, Santiago, Adrián, por compartir los buenos y malos momentos.

Todos aquellos familiares y amigos que no recordé al momento de escribir esto. Ustedes saben quiénes son.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1.....	3
INFORMACIÓN GENERAL DE LA MICROCUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CHIMBORAZO	3
1.1. Objetivos	3
1.1.1. Objetivo general.....	3
1.1.2. Objetivos específicos	3
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Justificación	4
1.4. Datos generales de la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo	5
CAPÍTULO 2.....	13
MARCO TEÓRICO	13
2.1. Definición de cuenca hidrográfica	13
2.2. Elementos básicos de una cuenca hidrográfica.....	15
2.3. Partes de una cuenca hidrográfica.....	29
2.4. Principales características físicas y topográficas de la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo	29
2.5. La precipitación	30
2.5.1. Precipitación promedio anual en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo.....	33
2.6. Estudio de caudales.....	35
2.6.1. Coeficiente de escorrentía.....	42
2.7. La conservación de suelos en el manejo de la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo.....	43
2.7.1. La erosión de los suelos	43
2.8. Propuesta de metodologías amigables con el medio ambiente para el control de la erosión hídrica en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo	46
2.8.1. Zanjas de infiltración	46
2.8.2. Terrazas de absorción	48
2.8.3. Andenes	53

2.8.4. Surcos en contorno	58
2.8.5. Espejos de agua.....	60
CAPÍTULO 3.....	63
MARCO LEGAL	63
3.1. Constitución de la República del Ecuador 2008 - Buen vivir.....	63
3.2. Constitución de la República del Ecuador 2008 - Suelo.....	65
3.3. Texto unificado de legislación ambiental secundaria (TULAS).....	65
3.4. Ley de aguas, codificación. Codificación 16, Registro Oficial 339 de 20 de Mayo del 2004.....	67
3.5. Ley de prevención y control de la contaminación ambiental	68
3.6. Ley orgánica de la salud (Suplemento del R.O. 423 del 22/12/2006)	68
CAPÍTULO 4.....	69
EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN LA MICROCUCNCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CHIMBORAZO.....	69
4.1. Identificación y evaluación de impactos ambientales.....	70
4.1.1. Objetivos de la evaluación ambiental	70
4.1.2. Metodología de la evaluación ambiental	70
4.2. Matriz de evaluación de impactos ambientales	78
4.3. Conclusiones y resultados de la evaluación ambiental	98
CONCLUSIONES.....	105
RECOMENDACIONES.....	113
LISTA DE REFERENCIAS	114
ANEXOS	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de las coordenadas UTM de la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo.....	6
Figura 2: Ubicación de la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo en el mapa físico del Ecuador	7
Figura 3: Ubicación de la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo dentro de la cuenca hidrográfica del río Pastaza.....	7
Figura 4: Contaminación del cauce del río Chimborazo por residuos sólidos arrojados en quebradas aledañas.	10
Figura 5: Contaminación directa del cauce del río Chimborazo por residuos sólidos, específicamente plástico	10
Figura 6: Contaminación del cauce del río Chimborazo por residuos sólidos.....	11
Figura 7: Ubicación de las áreas de influencia directa e indirecta en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo.....	12
Figura 8: Condiciones del agua en el río Chimborazo.....	16
Figura 9: Mapa de pendientes en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo .	26
Figura 10: Mapa de ubicación de las estaciones meteorológicas cercanas a la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo.....	33
Figura 11: Mapa de isoyetas en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo con los datos de todas las estaciones meteorológicas	34
Figura 12: Mapa de isoyetas de la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo....	35
Figura 13: Ilustración de la toma de los datos para ingresarlos en el software FlowMaster	38
Figura 14: Cuadro de los datos que el software FlowMaster proporciona para el tramo del río Chimborazo	39
Figura 15: Gráfico de la sección transversal típica del cauce de un tramo del río Chimborazo.....	41
Figura 16: Gráfico de la curva de descarga: relación de la altura de agua con el caudal medio de la sección transversal del tramo del río Chimborazo	41
Figura 17: Mapa de implementación de zanjas de infiltración en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo	47
Figura 18: Gráfico 1: Descripción de las terrazas.....	48

Figura 19: Mapa de implementación de terrazas de absorción en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo	50
Figura 20: Mapa de cálculo de las pendientes en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo.....	52
Figura 21: Mapa de pendientes fuertes y poca pendiente para la implementación de terrazas de absorción en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo	52
Figura 22: Mapa de implementación de andenes en pendientes entre 20 y 40% en la Microcuenca Hidrográfica del Río Chimborazo	55
Figura 23: Mapa de implementación de surcos en contorno en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo	59
Figura 24: Mapa de implementación de espejos de agua en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo	61
Figura 25: Mapa de la ubicación ideal de las metodologías amigables con el medio ambiente para el control de la erosión hídrica en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo.....	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coordenadas UTM de la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo	5
Tabla 2: Rangos referenciales para las unidades hidrológicas.....	14
Tabla 3: Tipos de suelos existentes en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo.....	17
Tabla 4: Uso actual de suelo y formaciones vegetales en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo	18
Tabla 5: Información de temperatura perteneciente al mes de enero en el periodo 2009 al 2012.....	20
Tabla 6: Información perteneciente a datos de temperatura anual del año 2009.....	20
Tabla 7: Información perteneciente a los datos de temperatura anual multianual en el periodo 2009 al 2012.....	21
Tabla 8: Temperatura promedio de la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo.....	22
Tabla 9: Especies de flora existentes en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo.....	22
Tabla 10: Especies de fauna existentes en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo.....	27
Tabla 11: Información perteneciente a datos de precipitación anual del año 2009 ...	31
Tabla 12: Información perteneciente a datos de precipitación media mensual multianual del periodo 2009-2012	31
Tabla 13: Información perteneciente de a precipitación anual multianual del periodo 2009-2012	32
Tabla 14: Precipitación promedio de las estaciones meteorológicas cercanas a la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo.....	32
Tabla 15: Tabla de resultados utilizando el software FlowMaster	42
Tabla 16: Interacción ambiental de las variables para realizar la matriz de Leopold	74
Tabla 17: Magnitud de impacto	75
Tabla 18: Importancia del impacto	75
Tabla 19: Dictamen ambiental	77
Tabla 20: Matriz de evaluación de impactos ambientales de la metodología zanjas de infiltración. Construcción.....	78

Tabla 21: Matriz de evaluación de impactos ambientales de la metodología terrazas de absorción. Construcción.....	80
Tabla 22: Matriz de evaluación de impactos ambientales de la metodología andenes. Construcción.....	82
Tabla 23: Matriz de evaluación de impactos ambientales de la metodología surcos en contorno. Construcción.	84
Tabla 24: Matriz de evaluación de impactos ambientales de la metodología espejos de agua. Construcción.	86
Tabla 25: Matriz de evaluación de impactos ambientales de la metodología zanjas de infiltración. Operación.....	88
Tabla 26: Matriz de evaluación de impactos ambientales de la metodología terrazas de absorción. Operación.	90
Tabla 27: Matriz de evaluación de impactos ambientales de la metodología andenes. Operación.	92
Tabla 28: Matriz de evaluación de impactos ambientales de la metodología surcos en contorno. Operación.	94
Tabla 29: Matriz de evaluación de impactos ambientales de la metodología espejos de agua. Operación.	96
Tabla 30: Rangos de calificación ambiental	98

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Mapa de los tipos de suelo en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo.....	118
Anexo 2: Mapa de uso de suelo y formaciones vegetales en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo	119
Anexo 3: Curva hipsométrica de la quebrada Achulle.....	120
Anexo 4: Curva hipsométrica de la quebrada Doblac.....	121
Anexo 5: Curva hipsométrica de la quebrada Saramote	122
Anexo 6: Perfil longitudinal de la quebrada Achulle.....	123
Anexo 7: Perfil longitudinal de la quebrada Doblac	124
Anexo 8: Perfil longitudinal de la quebrada Saramote	125
Anexo 9: Tablas de cálculo de los datos meteorológicos de la temperatura promedio en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo, en el periodo 2009 – 2012. (Riobamba Politécnica).....	126
Anexo 10: Tablas de cálculo de los datos meteorológicos de la precipitación promedio en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo, en el periodo 2009-2012. (Salinas –Bolívar).....	129
Anexo 11: Glosario de términos	134

RESUMEN

La microcuenca hidrográfica del río Chimborazo es tomada como referente en este trabajo de tesis para proponer diversos métodos u opciones con las cuales se puede evitar y disminuir la erosión hídrica dentro de esta microcuenca.

La identificación de los diversos componentes de la cuenca como flora, fauna, uso de suelo, cubierta vegetal, precipitación, temperatura y otros factores, permiten conocer y tener una idea general del entorno en el cual donde se pretenden proponer las medidas amigables con el medio ambiente para evitar la erosión hídrica en mencionada microcuenca.

También dentro de la investigación se realiza la evaluación de impacto ambiental, para analizar y establecer si las medidas propuestas son las más adecuadas para el medio ambiente y la comunidad, factores indispensables y determinantes dentro de la investigación.

En base a lo descrito, se plantea una propuesta la cual puede ser ejecutable, que contiene actividades concretas, viables, enfocadas en la conservación del medio ambiente y a la mejora de la calidad de vida de las comunidades aledañas, siendo estos dos factores lo principales y determinantes para la ejecución e implementación o no de este tipo de medidas preventivas o en casos más graves medidas para remediar el medio ambiente.

Esta investigación se realiza anhelando estimular las capacidades locales, siempre y cuando el proyecto sea ejecutable, para que asuman la responsabilidad de preservar su entorno vital, junto al establecimiento de acuerdos de convivencia que armonicen: derechos, satisfacción de necesidades básicas, e intereses de todos los actores que comparten el mismo territorio, en posibilidades de desarrollo sostenible, priorizando el buen vivir.

ABSTRACT

The hydrographic basin of the river Chimborazo is taken as reference in this thesis to propose various methods or options which can prevent and reduce water erosion within this watershed.

The identification of the various components of the watershed as flora, fauna, land use, land cover, precipitation, temperature and other factors, provide insight and have a general idea of the environment in which where as propose the environmentally friendly measures environment to avoid water erosion in watershed mentioned.

Also within the research the environmental impact assessment is carried out to analyze and determine whether the proposed measures are best suited for the environment and community, and essential determinants in the investigation.

Described based on a proposal which can be executable, which contains concrete, viable activities, focused on environmental conservation and improvement of the quality of life of surrounding communities, with these two main factors arises what and determinants for the execution and implementation or not of such preventive measures or in more severe cases measures to remedy the environment.

This research is performed longing stimulate local capacity, provided that the project is enforceable, to assume the responsibility of preserving their living environment, by facility cohabitation agreements to harmonize: Free, basic needs, and interests of all actors who share the same territory, opportunities for sustainable development, prioritizing the good life.

INTRODUCCIÓN

“La erosión hídrica constituye el principal proceso de degradación que afecta a los suelos en el ámbito mediterráneo, y representa una de las formas más completas de degradación englobando tanto la degradación física del suelo como la química y biológica”. (Regoyos, 2003)

La erosión es uno de los problemas ambientales que más preocupa a los científicos, gobernantes y ciudadanos. Sus consecuencias son catastróficas y buena prueba de ello es el crecimiento de los desiertos. La erosión una vez que ha alcanzado el punto culminante de su evolución es prácticamente irreversible a escala humana, conseguir que un desierto vuelva a ser suelo fértil es una tarea de siglos o milenios. En cambio conseguir que los suelos fértiles se vuelvan eriales cuesta muy poco, basta una lluvia no excesivamente fuerte sobre una ladera desprovista de vegetación para que el proceso de la erosión se inicie. (Juma, 2009)

La erosión es especialmente preocupante porque afecta a uno de los elementos básicos para la vida, la fertilidad de los suelos. El suelo es el lugar sobre el que se desarrollan la mayor parte de las actividades humanas y es el lugar sobre el que se asientan las plantas que son la base de nuestra alimentación. Los daños que la erosión produce en el suelo son también peligrosos porque disminuyen su capacidad para retener agua y recargar los acuíferos de los que nos abastecemos. Además, la presencia de suelos erosionados aumenta el riesgo de las riadas e inundaciones que tantos daños causan en nuestro país. (Juma, 2009)

Los suelos poseen un umbral específico de estabilidad, es decir, tienen la capacidad de asimilar intervenciones humanas sin deteriorarse. Esto varía según el tipo de suelo y el entorno en el que está inserto.

Las causas más comunes de deterioro y consecuente pérdida de la productividad de los suelos se originan por la falta de planificación y descuido de los seres humanos. Las causas más comunes de dichos procesos son:

- ✓ Erosión
- ✓ Contaminación por depósito de sustancias químicas y desechos.
- ✓ Compactación, principalmente por el paso de animales, vehículos y personas.
- ✓ Expansión urbana.

La erosión corresponde al arrastre de partículas y formas de vida que conforman el suelo, principalmente por medio del agua (erosión hídrica), ya sea por agua de lluvia o riego, y el aire (erosión eólica), aunque también puede ocurrir erosión por el desplazamiento de hielos. Ocurre principalmente en suelos secos y desprovistos de vegetación. (Garrido, 2009)

La presente disertación de grado muestra diversas metodologías para evitar la erosión hídrica en nuestro país, aplicadas a la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo, ubicada en el cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo.

CAPÍTULO 1

INFORMACIÓN GENERAL DE LA MICROCUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CHIMBORAZO

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Proponer metodologías amigables con el medio ambiente para el control de la erosión hídrica en la microcuenca hidrográfica del Río Chimborazo, localizada en el cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo.

1.1.2. Objetivos específicos

- a. Analizar las pendientes existentes en la microcuenca hidrográfica del Río Chimborazo, para establecer en qué lugares de la microcuenca es viable o no ubicar las medidas que pretende proponerse.
- b. Establecer si los métodos a ser propuestos en el control de la erosión en la microcuenca hidrográfica son los adecuados o no, identificando los potenciales impactos ambientales que se generen sobre los componentes del ambiente.
- c. Realizar la evaluación del impacto ambiental en la microcuenca hidrográfica, para analizar si estas medidas son o no amigables con el medio ambiente.

1.2. Planteamiento del problema

Por definición conocemos que la cuenca hidrográfica es la superficie en donde se lleva a cabo el ciclo hidrológico, tomando en cuenta que para que sea un ciclo hidrológico normal, es primordial proteger y conservar la capa vegetal de la cuenca.

La erosión es un problema cuando se acelera, con lo cual los materiales perdidos no se recuperan en las zonas erosionadas y en las zonas que reciben

los aportes no son aprovechados o se pierden, o cuando por causas ajenas al propio medio aparece en puntos que no deberían de erosionarse. (Centro rural de información europea, 2003)

Con la presente disertación de grado se hará un análisis detallado de las diferentes metodologías amigables con el medio ambiente que pueden implementarse en la microcuenca hidrográfica del Río Chimborazo para protegerla contra la erosión hídrica, ya que este es el principal inconveniente y al cual se proponen diferentes metodologías para reducir este proceso erosivo, dentro del cual se deben tomar en cuenta varios factores como el clima, el suelo, la vegetación, la fauna, la intervención del ser humano, entre otros.

1.3. Justificación

La realización del presente trabajo de grado está plenamente justificada, si partimos del hecho que en la Provincia de Chimborazo no existe dentro de los organismos nacionales y provinciales ningún estudio del control de la erosión hídrica en el Río Chimborazo.

Además que este trabajo de investigación servirá como referencia para la aplicación de estas metodologías en otras cuencas similares del país.

El proyecto de titulación busca dar un diagnóstico a la situación actual del problema ambiental que se presenta en la zona del proyecto produciendo una grave complicación, como es la erosión hídrica en la microcuenca hidrográfica del Río Chimborazo. El proponer diferentes metodologías en el control de la erosión hídrica en la microcuenca mencionada anteriormente mejorará la calidad y aspecto paisajístico de la cuenca hidrográfica, ya que la comunidad será la beneficiada con la implementación de este tipo de medidas, pues al momento no se tienen más que canales de riego los cuales están a lo largo del Río Chimborazo, y que sirven para el riego de sus cultivos.

1.4. Datos generales de la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo

La Microcuenca Hidrográfica del Río Chimborazo está localizada en Sudamérica, en el centro del Ecuador; se ubica en el noreste de la Provincia de Chimborazo, en el cantón Riobamba, tiene una superficie aproximada de 1391,44 Ha.

Es una microcuenca alta ubicada en la zona de páramo pues, desde los deshielos mismos de la cumbre del nevado Chimborazo en los 6310 msnm se forma el Río Chimborazo, siendo la primera configuración hidrológica que atraviesa la parroquia de San Juan y se desplaza hasta los 2 900 msnm aproximadamente donde se une con el Río Sicalpa en las cercanías de la población de Cajabamba. También sus aguas alcanzan la ciudad de Riobamba con el nombre de Río Chibunga, que, siguiendo el curso al sur, forman el Río Chambo que alimenta finalmente la Cuenca Hidrográfica del Pastaza.

Ubicación geográfica de la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo:

Provincia: Chimborazo

Cantón: Riobamba

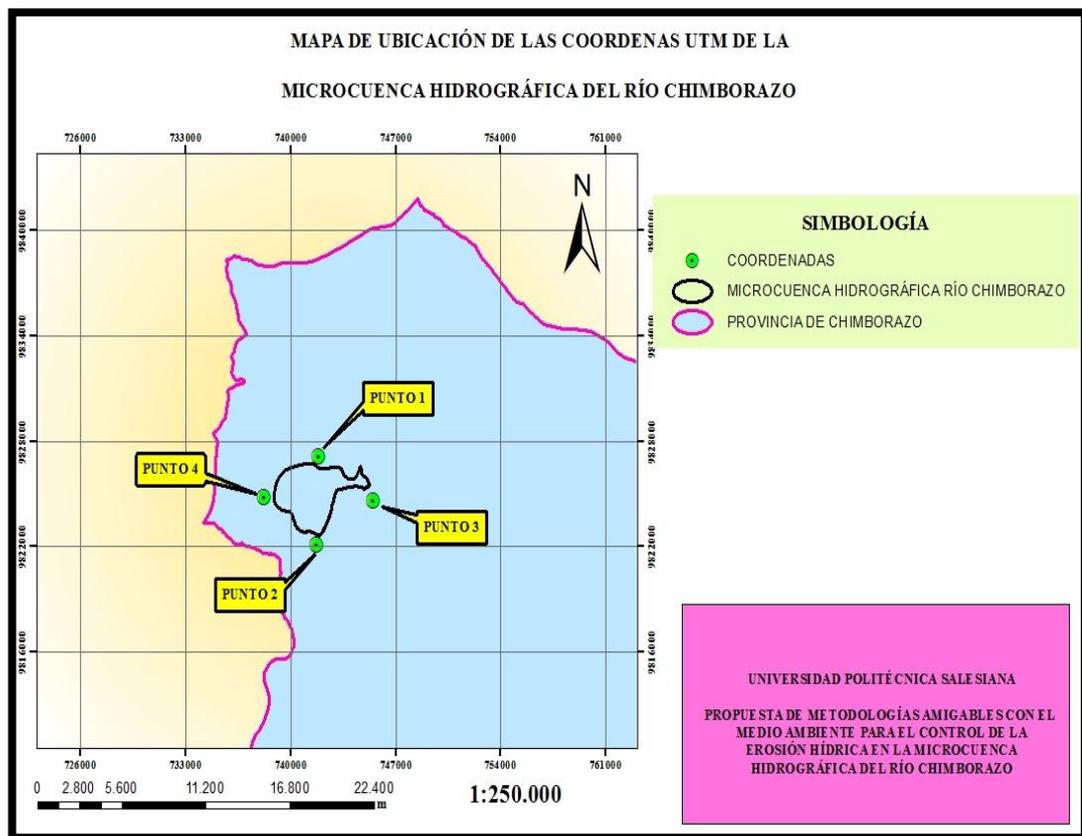
Tabla 1: Coordenadas UTM de la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo

Punto	Proyección WGS 84 WGS_1984_UTM_Zone_17S	
	Longitud	Latitud
1	741955	9827108
2	741819	9822107
3	745539	9824663
4	738304	9824838

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Se muestra en la figura 1 en el que constan las coordenadas de ubicación de la microcuenca.

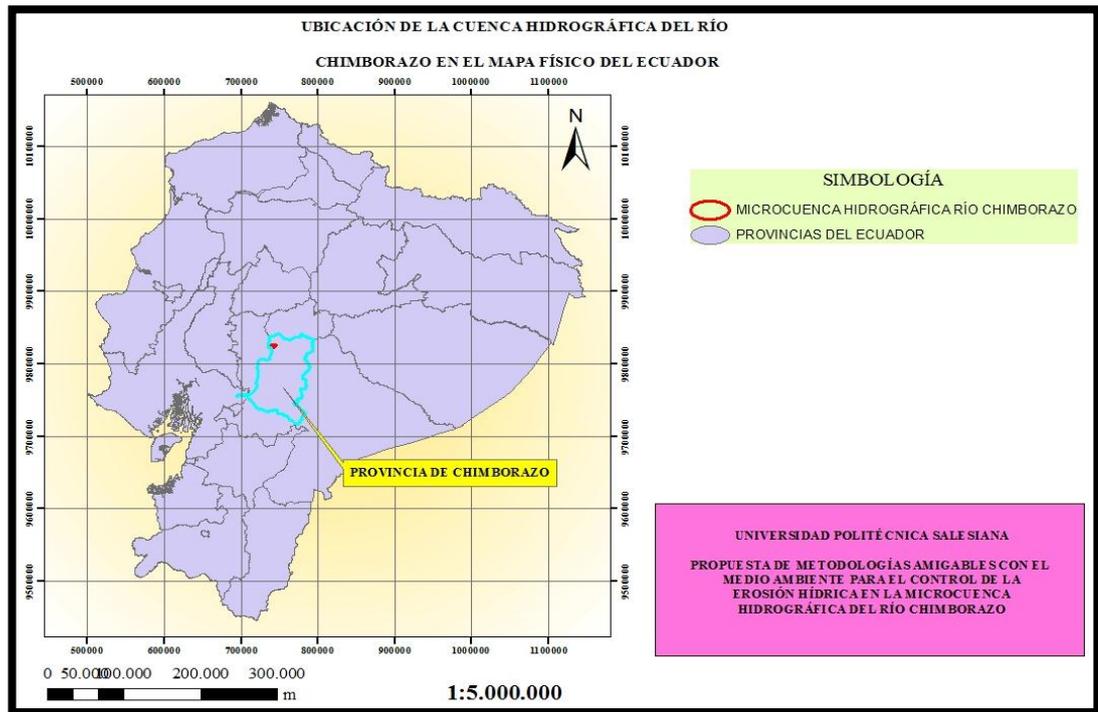
Figura 1: Ubicación de las coordenadas UTM de la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo



Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

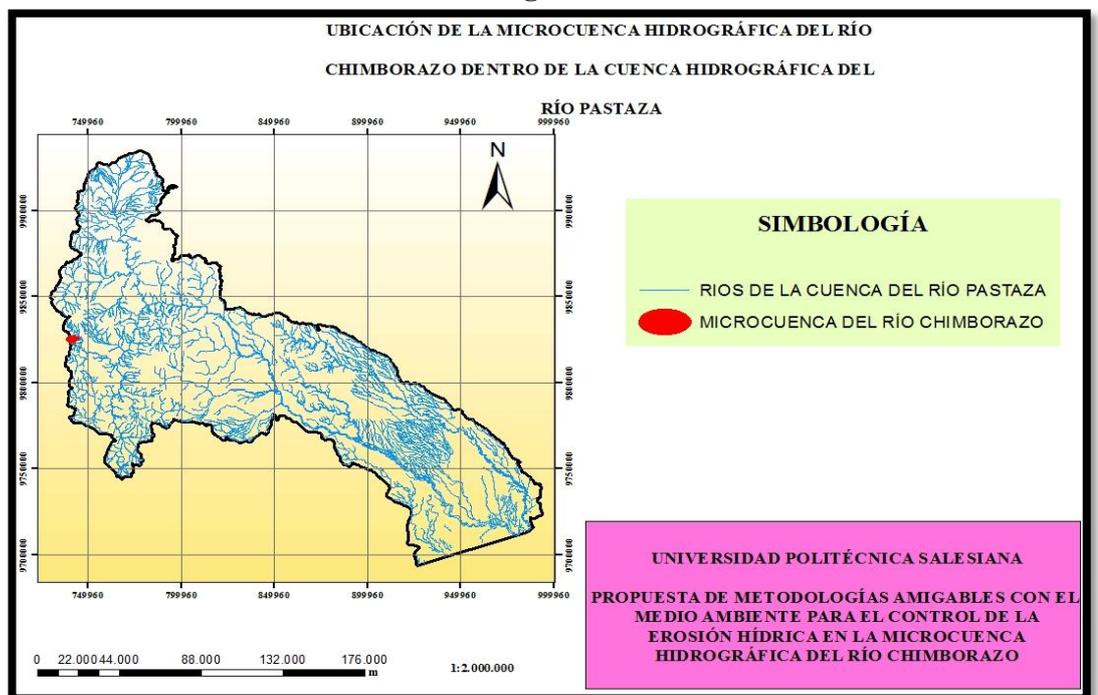
A continuación se muestran las figuras 2 y 3, las cuales evidencian la ubicación geográfica en el mapa físico y en la cuenca hidrográfica a la que pertenece la Microcuenca Hidrográfica del Río Chimborazo

Figura 2: Ubicación de la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo en el mapa físico del Ecuador



Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Figura 3: Ubicación de la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo dentro de la cuenca hidrográfica del río Pastaza



Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Dentro de los componentes de la microcuenca hidrográfica podemos considerar que el suelo debido a las bajas temperaturas, la materia orgánica en el suelo del páramo se descompone muy lentamente y se acumula, lo que produce suelos de hasta tres metros de profundidad, dicha materia orgánica se combina con el aluminio proveniente de la ceniza volcánica para formar vesículas muy resistentes. Estos complejos porosos absorben el agua y la retienen durante un período relativamente largo, de modo que se considera al suelo del páramo como una verdadera esponja gigantesca. Su alta capacidad de infiltración, le permite permanecer con humedades cercanas a la saturación, incluso durante los períodos secos.

Los suelos del páramo tienen una elevada capacidad de fijación de carbono durante el proceso de la fotosíntesis, al tener altas cantidades de materia orgánica y una importante profundidad. De esta manera ayudan a reducir la presencia de dióxido de carbono en la atmósfera, que es una de las sustancias responsables por el efecto invernadero y que afectan gravemente a todo el planeta. “Una hectárea de páramo absorbe más carbono que una hectárea de selva tropical” (Mediana & Mena, 1999).

Lo cual nos demuestra que se debe tener un manejo responsable de los páramos y de la cuenca en sí, por lo tanto se proponen diferentes alternativas para reducir la erosión hídrica en la cuenca.

La temperatura promedio de la zona oscila entre los 16,1 °C, con cambios bruscos durante el día y la noche lo que causa heladas principalmente en los meses de noviembre y diciembre.

El deterioro del paisaje natural es una realidad evidente. Existen zonas comunitarias donde la cobertura vegetal natural fue reemplazada por cultivos. El área de pajonal esta desplazada, alejada del centro poblado; otro espacio de pajonal muestra las evidencias del evento de quema extensiva. No es fácil encontrarse con los mamíferos nativos que los comuneros aseguran que existen, es decir: venados, conejos y zorros. Aun se puede disfrutar del silencio abrumador del entorno, gozar del avistamiento de aves y en general de las especies nativas de flora, como taraxaco, pino, eucalipto, sigse, entre otras; y fauna como asnos, borregos chivos, cuyes, llamas, alpacas,

gallinas, cerdos, etc.

Las comunidades cercanas a la cuenca, Comuna San Juan, Comuna Guabo, Comuna Santa Isabel, Comuna La Moya, Comuna San Francisco, Comuna Cachipamba, entre otras. Dichas comunidades se dedican principalmente a la actividad agropecuaria, con la siembra de alfalfa, quinua, papa, arveja, melloco, cebada, trigo, cebolla, haba, pasto, entre otros; y en menor cantidad a la actividad ganadera, con la producción y comercialización de productos lácteos.

La comuna de San Juan, específicamente, cuenta con servicios básicos, dentro de los cuales se incluye agua potable y alcantarillado, energía eléctrica, telefonía, centros de educación y un centro de salud.

El estado actual del río Chimborazo es lamentable, es decir a simple vista se evidencia que el agua de mencionado río no abastece a las comunidades para el riego de sus cultivos, también existe contaminación por desechos sólidos que son arrojados desde las quebradas aledañas o directamente en el cauce, además la comunidad asegura que en tiempos anteriores se podía pescar la especie de trucha, pero actualmente no existe vida acuática en el río, por la contaminación por pesticidas, herbicidas y productos que sirven para eliminar plagas en los cultivos, los cuales son arrastrados por la lluvia hacia el cauce del río, lo que es una situación lamentable; otro factor es también la erupción del volcán Tungurahua, la que ha deteriorado el estado natural del suelo para cultivos, con la consecuencia de que su productividad ha disminuido. Ver figura 4, 5 y 6.

Figura 4: Contaminación del cauce del río Chimborazo por residuos sólidos arrojados en quebradas aledañas.



Imagen: Silvana Pacheco Díaz

Figura 5: Contaminación directa del cauce del río Chimborazo por residuos sólidos, específicamente plástico



Imagen: Silvana Pacheco Díaz

Figura 6: Contaminación del cauce del río Chimborazo por residuos sólidos



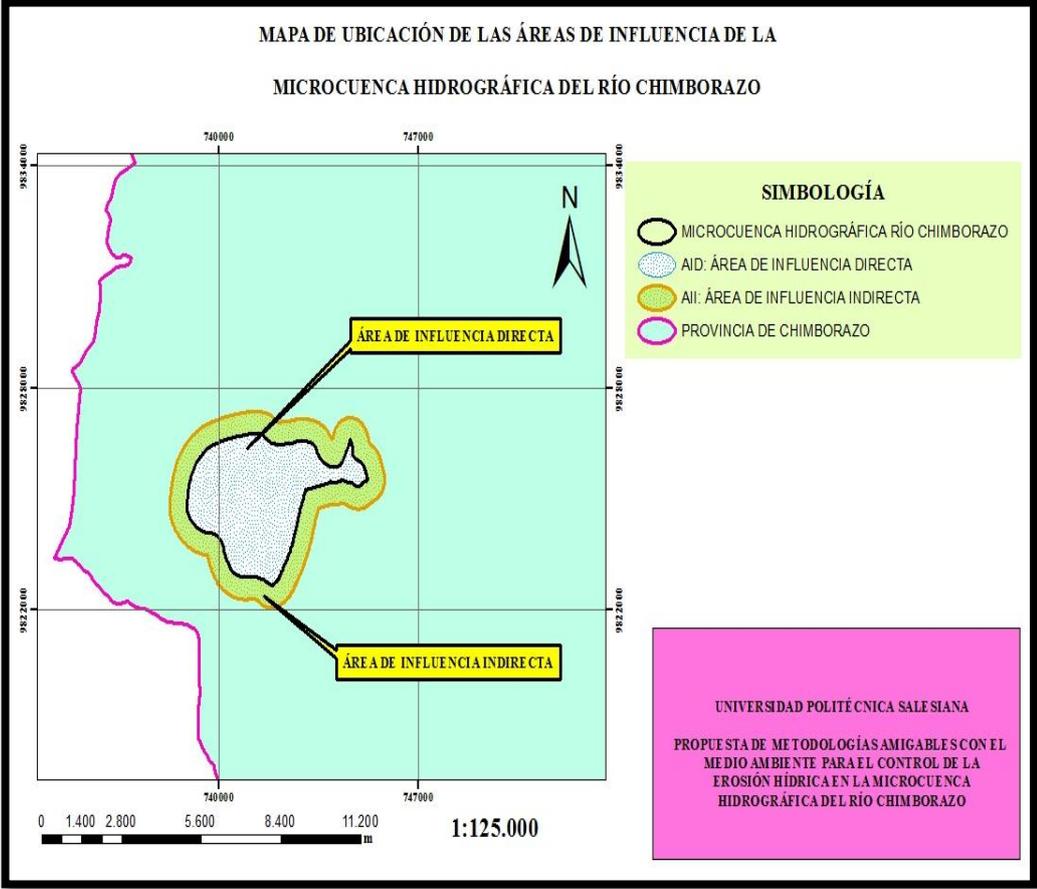
Imagen: Silvana Pacheco Díaz

Determinación de áreas de influencia directa e indirecta

Con el trabajo de gabinete se identificaron áreas de influencia, en donde deben adoptarse medidas específicas o evitarse determinadas actividades, así el área de influencia directa (AID) se determinó como la zona donde se ubica la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo y el área de influencia indirecta (AII) corresponde a zonas que se encuentran fuera del área de la microcuenca, se considerará una zona de aproximadamente 300 m alrededor de los límites de la microcuenca.

A continuación se presenta la figura 7, con la ubicación de las áreas de influencia directa e indirecta.

Figura 7: Ubicación de las áreas de influencia directa e indirecta en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo



Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. Definición de cuenca hidrográfica

A continuación se presentan las principales definiciones sobre cuencas hidrográficas:

- a. “Es el área natural o unidad de territorio, delimitada por una divisoria topográfica, que capta la precipitación y drena el agua de esorrentía hasta un colector común, denominado río principal. Esta definición encierra claramente una concepción hidrológica del término cuenca hidrográfica”. (López, 2006)
- b. “Es el área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o bien directamente en el mar. La cuenca hidrográfica se define como una unidad territorial en la cual el agua que cae por precipitación se reúne y escurre a un punto común o que fluye toda al mismo río, lago, o mar. En esta área viven seres humanos, animales y plantas, todos ellos relacionados. También se define como una unidad fisiográfica conformada por la reunión de un sistema de cursos de ríos de agua definidos por el relieve”. (Bernis F. , 2005)

En la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo se toma la siguiente definición:

Es el espacio o unidad de territorio delimitado por la línea divisoria de las aguas, conformado por un sistema hídrico que conducen sus aguas a un río principal, a un río muy grande, a un lago o a un mar. Este es un ámbito tridimensional que integra las interacciones entre la cobertura sobre el terreno, las profundidades del suelo y el entorno de la línea divisoria de las aguas. En la cuenca hidrográfica se encuentran los recursos naturales y la infraestructura creada por las personas, en las cuales desarrollan sus actividades económicas y sociales generando diferentes efectos favorables y

no favorables para el bienestar humano. No existe ningún punto de la tierra que no pertenezca a una cuenca hidrográfica. (Pinto, 1994)

Un tema de permanente discusión es el referente a los conceptos de cuenca, subcuenca y microcuenca. Por consideraciones prácticas se puede dar una definición para trabajos de manejo de cuencas, rangos de área para cada unidad hidrográfica.

Los rangos de área se determinarán en función del grado de ramificación de los cursos de agua. Corresponden a microcuencas los cursos de agua de 1°, 2° y 3° orden; a subcuencas los cursos de agua de 4° y 5° orden, y a cuencas los cursos de agua de 6° o más orden. El número de orden de un curso de agua o río se inicia a partir del cauce más pequeño y teniendo como punto de referencia los límites definidos por la divisoria topográfica.

Los rangos de área referenciales para las diferentes unidades hidrográficas, se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 2: Rangos referenciales para las unidades hidrológicas

Unidad Hidrológica	Área (Ha)
Cuenca	50000-80000
Subcuenca	5000-50000
Microcuenca	<5000

Fuente: Vásquez, 2000.

La cuenca hidrográfica del río Chimborazo es una microcuenca ya que su área es de 1391,44Ha, con este análisis se confirma que es una microcuenca, por el área que tiene.

En síntesis, una cuenca hidrográfica es un territorio y un área geográfica (suelo, agua, clima, precipitación pluvial, escorrentía subterránea, etc.) delimitados por la colección del agua que se deriva en una fuente de agua. Ésta contiene determinados recursos naturales que otorga posibilidades a la vida humana y animal. Su hilo conductor es el ciclo hidrológico y la cultura de población que ocupa y se relaciona

con la naturaleza. Ese hilo se encuentra constantemente generándose, regenerándose o degradándose, con la intervención del hombre y su sociedad, los cuales forman juntos un todo indivisible con la naturaleza, interrelacionándose en forma sistémica deviniendo así en una determinada dinámica en la cuenca que fomenta su preservación o deterioro.

2.2. Elementos básicos de una cuenca hidrográfica

Una cuenca hidrográfica tiene elementos identificables, por un lado los recursos naturales: agua, suelo, cobertura vegetal, fauna, recursos ictiológicos, recursos mineros; y, por otro lado, el factor antrópico (acción humana), que comprende a los reservorios, canales de riego, relaves contaminantes, plantaciones forestales, cultivos, pastizales cultivados, etc. Asimismo, dentro del factor antrópico se considera a la organización institucional, la coordinación interinstitucional y el marco normativo que se pueda tener o dar para el manejo o tratamiento de las cuencas hidrográficas. (Juma, 2009).

En la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo se pueden observar y analizar los diferentes elementos:

El agua: elemento fundamental de la cuenca y de la vida, ya que permite potenciar o disminuir la capacidad productiva de los suelos. La forma como ocurre y se traslada dentro de la cuenca hidrográfica del río Chimborazo puede producir grandes beneficios como es el riego para los cultivos; o grandes desastres como la erosión. Si se usa adecuadamente, permite cubrir diversas necesidades de la población humana y animal.

Figura 8: Condiciones del agua en el río Chimborazo



Imagen: Silvana Pacheco Díaz

El suelo: otro de los elementos que actúa en la cuenca, ya que si se relaciona adecuadamente con el agua de buena calidad, favorece la vida humana, animal y vegetal. Caso contrario en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo pueden producirse fenómenos nocivos como la erosión, contaminación, deslizamientos, sedimentación de reservorios, salinización, problemas de drenaje, etc. Los tipos de suelo existentes en esta microcuenca se los observa en la tabla 3, en el anexo 1 se evidencia el mapa de los tipos de suelo, en la tabla 4 se muestra el uso actual de suelo y formaciones vegetales y en el anexo 2 se muestra el mapa de uso actual de suelo y formaciones vegetales en la microcuenca mencionada anteriormente.

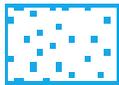
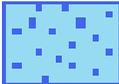
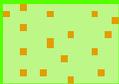
Tabla 3: Tipos de suelos existentes en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo

Características		Localización y relieve	Régimen de humedad	Clasificación del suelo	Sigla	Símbolo	
Conjunto de suelos D: Suelos derivados de materiales piroclásticos, alofánicos, franco arenosos, gran capacidad de retención de agua; saturación de bases <50%; densidad aparente <0,85g/cm³. Muy negros en régimen frígido y méxico; negros en régimen térmico y con presencia de horizonte amarillanto de gran espesor en régimen hipertérmico.							
Con retención de agua a pF3 de 20 a 50%	Arenosos	Ondulaciones suaves a fuertes de la sierra alta (páramo), fría y húmeda al sur-este del nevado Chimborazo. Altitud: 4000m	UDICO ¹	DYSTRANDEPTS y/o CRYANDEPTS	D1		
	Francos	Sierra alta (páramo) de ondulaciones suaves y fuertes pendientes de las vertientes de las cordilleras (P>12%). Altitud: 3600-4000m	UDICO	DYSTRANDEPTS y/o CRYANDEPTS	D2		
Conjunto de suelos H: Suelos negros, profundos, derivados de materiales piroclásticos, con menos de 30% de arcilla en el primer metro							
Suelos arenosos finos	Muy negros Chroma 0 a 1	Con ligera reacción de NaF (transición a suelos alofánicos)	Parte media del callejón interandino, ondulaciones suaves a fuertes, cercanas a los volcanes (P 12-50%). Altitud: 3400-3600m	UDICO	EUTRANDEPTS	H1	
	Negros Chroma ≥2	sin reacción al NaF	Paisaje similar, altitud ligeramente inferior al anterior (P 12-70%). Altitud: 3200-3600m	UDICO	HAPLUDOLLS	H2	

Fuente: según el Soil Taxonomy (USDA)

¹ El suelo está seco en todo el perfil tres meses consecutivos o menos la mayoría de los años.

Tabla 4: Uso actual de suelo y formaciones vegetales en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo

Geosistemas y tipos de utilización		Definición	Paisaje	Símbolo
Las partes altas de la cordillera	Las formaciones vegetales	Formación herbácea perenne, con estipaichu	Pajonal	
	El espacio cultivado	Dominancia del cultivo de la papa sobre cualquier otro, pastos y tubérculos secundarios	Frente de desmonte de altura. Se voltea y quema el páramo, chozas de reciente construcción	
El callejón interandino a el piso templado por la altura	El espacio cultivado	Pastos naturales o artificiales	Pastizales	

Fuente: Base Topográfica del IGM/ Imágenes LANDSAT en el Oriente/ Cartas del uso actual del suelo y formaciones vegetales (1:50000 PRONAREG/ORSTOM)

El clima: otro elemento que actúa en la cuenca y que define el nivel de la temperatura, precipitación, evaporación, velocidad y dirección del viento, y otros fenómenos favorables o adversos para la actividad biológica. Este fenómeno en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo es vital ya que su temperatura es de 16,1°C y la precipitación es de 735,7 mm/año. Estos datos fueron calculados con periodos de cuatro años de diferentes estaciones meteorológicas, ubicadas cerca de la microcuenca estudiada, dichos datos constan en los anuarios meteorológicos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

Las estaciones meteorológicas escogidas para el cálculo de temperatura de la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo son Laguacoto, Riobamba Politécnica y Spoch 32, en los periodos de 2009 al 2012, con datos anuales de precipitación, evaporación, velocidad del viento, temperatura y humedad relativa.

Para ejemplificar el procedimiento se presentan los cálculos de la temperatura en cada una de las estaciones meteorológicas y se trabaja con la información de la estación Riobamba Politécnica.

Nota: Los cálculos efectuados para la estación Riobamba Politécnica de código M1036, es el mismo para las demás estaciones, únicamente se trabaja con la temperatura respectiva de cada estación y se procede de igual manera que con la estación M1036.

✓ **Temperatura mensual multianual**

Se toma la información de las temperaturas correspondientes a un solo mes de cada año y se realiza el promedio de las mismas, En este caso trabajaremos con enero, el procedimiento se repite para el resto de meses.

Tabla 5: Información de temperatura perteneciente al mes de enero en el periodo 2009 al 2012

AÑOS	ENERO
2009	13,7
2010	14,9
2011	13,9
2012	14,1
PROMEDIO	14,2

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

$$Temperatura\ mensual\ multianual = \frac{13,7 + 14,9 + 13,9 + 14,1}{4} = 14,2\ ^\circ C$$

✓ **Temperatura anual**

Se toma la información de las temperaturas de todos los meses correspondientes a un solo año y se realiza el promedio de las mismas, En este caso trabajaremos con el año 2009, el procedimiento se repite para el resto de años.

Tabla 6: Información perteneciente a datos de temperatura anual del año 2009

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
2009	13,7	13,4	14,7	14,4	13,1	13,3	13,8	13,9	14,8	15,5	14,7	15,5	14,2

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Temperatura Anual

$$= \frac{13,7 + 13,4 + 14,7 + 14,4 + 13,1 + 13,3 + 13,8 + 13,9 + 14,8 + 15,5 + 14,7 + 15,5}{12}$$

$$= 14,2^\circ C$$

✓ **Temperatura anual multianual**

Se toma la temperatura anual de cada año, y se realiza el promedio de las mismas.

Tabla 7: Información perteneciente a los datos de temperatura anual multianual en el periodo 2009 al 2012

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
2009	13,7	13,4	14,7	14,4	13,1	13,3	13,8	13,9	14,8	15,5	14,7	15,5	14,2
2010	14,9	15,2	15,4	14,9	13,3	13,6	13,4	13,6	14,4	14,4	14,1	14,4	14,3
2011	13,9	13,9	14,1	13,7	13,7	12,8	13,6	13,4	14,7	14,5	14,1	14,5	13,9
2012	14,1	13,5	14,9	14,5	13,3	12,9	13,9	13,7	14,6	15,1	13,9	14,1	14,0
PROMEDIO	14,2	14,0	14,8	14,4	13,4	13,2	13,7	13,7	14,6	14,9	14,2	14,6	14,1

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

$$Temperatura\ anual\ multianual = \frac{14,2 + 14,3 + 13,9 + 14,0}{4} = 14,1^{\circ}C$$

Una vez realizados los cálculos que se indicaron previamente, las tablas de las estaciones meteorológicas presentan la información de temperatura en el anexo 9.

A continuación se presenta la tabla 8 con los valores de temperatura promedio de todas las estaciones meteorológicas, con las cuales se puede calcular la temperatura promedio de la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo.

Los cálculos se realizaron de la siguiente manera:

$$Temperatura\ promedio = \frac{(13,4 + 14,1 + 20,7)^{\circ}C}{3}$$

$$Temperatura\ promedio = 16,1^{\circ}C$$

Tabla 8: Temperatura promedio de la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo.

ESTACIÓN METEOROLÓGICA	CÓDIGO	TEMPERATURA ANUAL MULTIANUAL (°C)
LAGUACOTO	M1107	13,4
RIOBAMABA POLITÉCNICA	M1036	14,1
SPOCH 32	M0390	20,7
TEMPERATURA PROMEDIO DE LA MICROCUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CHIMBORAZO		16,1

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

La vegetación: muy importante en el ciclo hidrológico debido a la evapotranspiración que origina y a la acción de amortiguamiento y protección del impacto directo del agua sobre el suelo. En la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo, la vegetación existente se evidencia en la tabla 9.

Tabla 9: Especies de flora existentes en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo

Gráfico	Características	
	Nombre Común	Sigse
	Nombre Científico	<i>Cortaderia nitida (kunth) Pilg</i>
	Familia	Poaceae
	Nombre Común	Borzicactus
	Nombre Científico	<i>Borzicactus</i>
	Familia	Cactaceae

Gráfico	Características
	<p>Nombre Común Taraxaco, Diente de León</p> <p>Nombre Científico <i>Taraxacum officinale</i></p> <p>Familia Asteraceae</p>
	<p>Nombre Común Papa, Patata</p> <p>Nombre Científico <i>Solanum tuberosum subsp.tuberosum</i></p> <p>Familia Solanaceae</p>
	<p>Nombre Común Eucalipto</p> <p>Nombre Científico <i>Eucalyptus camaldulensis Dehn</i></p> <p>Familia Myrtaceae</p>
	<p>Nombre Común Maíz</p> <p>Nombre Científico <i>Zea Mayz L</i></p> <p>Familia Gramíneas</p>
	<p>Nombre Común Arveja, alverja, guisante.</p> <p>Nombre Científico <i>Pisum sativum L. var. sativum</i></p> <p>Familia Leguminosae</p>
	<p>Nombre Común Haba</p> <p>Nombre Científico <i>Vicia Faba L</i></p> <p>Familia Leguminosae</p>
	<p>Nombre Común Alfalfa</p> <p>Nombre Científico <i>Medicago sativa</i></p> <p>Familia Fabaceae</p>

Gráfico	Características	
	Nombre Común	Kikuyo
	Nombre Científico	<i>Pennisetum clandestinum</i>
	Familia	Poaceae
	Nombre Común	Melloco
	Nombre Científico	<i>Ullucus tuberosus Loz</i>
	Familia	Basellaceae
	Nombre Común	Quinoa
	Nombre Científico	<i>Chenopodium quinoa willd</i>
	Familia	Chenopodiaceae
	Nombre Común	Col
	Nombre Científico	<i>Brassica oleracea var. viridis</i>
	Familia	Crucíferas
	Nombre Común	Cebada
	Nombre Científico	<i>Hordeum vulgare</i>
	Familia	Gramíneas
	Nombre Común	Trigo
	Nombre Científico	<i>Triticum aestivum</i>
	Familia	Gramíneas
	Nombre Común	Cebolla paitaña
	Nombre Científico	<i>Allium cepa L</i>
	Familia	Liliáceas

Gráfico	Características	
	Nombre Común	Ajo
	Nombre Científico	<i>Allium sativum</i>
	Familia	Liliáceas
	Nombre Común	Trompetero rojo
	Nombre Científico	<i>Brugmansia sanguinea</i>
	Familia	Solanaceae
	Nombre Común	Oca
	Nombre Científico	<i>Oxalis tuberosa Mol</i>
	Familia	Oxalidáceas

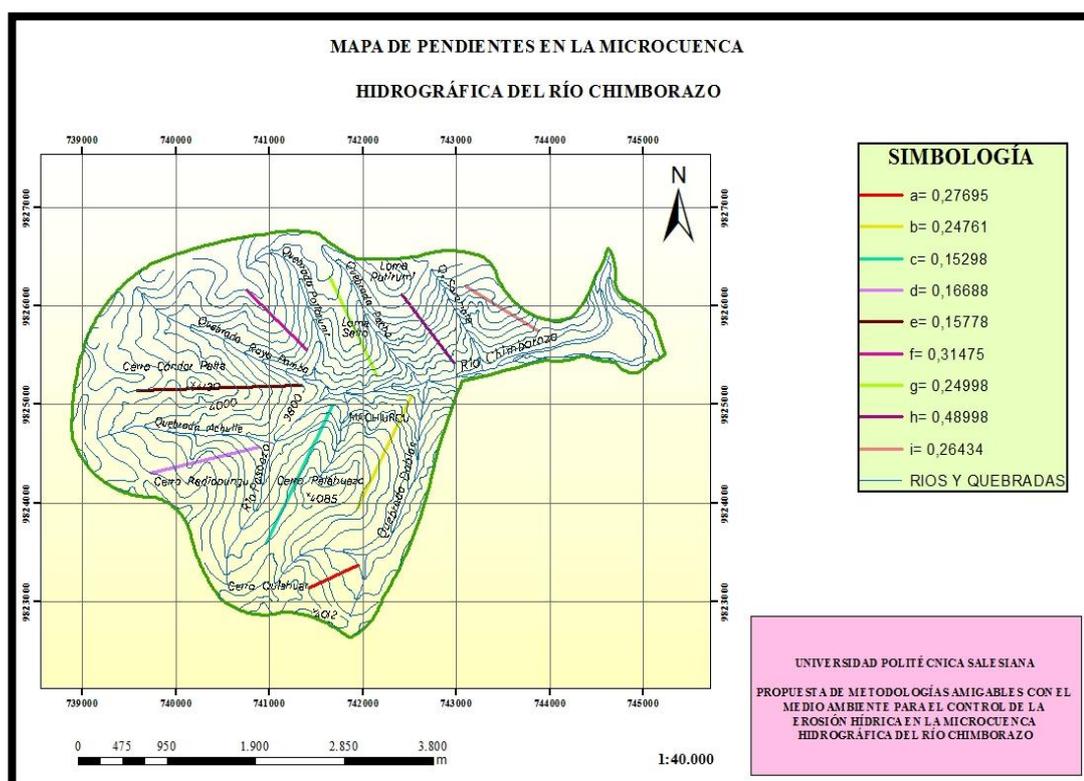
Fuente: (Federación Nacional de Cultivadores de Cereales); (Universidad Técnica del Norte)

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

La topografía: la pendiente y la topografía de la superficie del terreno permite que el agua, al discurrir, adquiera determinadas velocidades. Para lograr un aprovechamiento racional del agua y el suelo es indispensable la aplicación de prácticas conservacionistas adecuadas, ya sea en zonas planas como en laderas. (Beltrán, Avellaneda, & Villafuerte, 2008).

La cuenca hidrográfica del río Chimborazo, está encuentra entre los 3440 msnm y 4160 msnm. En la figura 9, se observan las pendientes existentes en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo.

Figura 9: Mapa de pendientes en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo



Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

La fauna: la población animal que habita en una cuenca no solo proporciona posibilidades a la vida humana, sino que otorga condiciones para que la cuenca mantenga un equilibrio con respecto a sus recursos naturales. En casos excepcionales de sobrepoblación (sobrecarga), puede ocasionar el deterioro de la misma por la excesiva utilización de los pastizales o sobrepastoreo (Beltrán, Avellaneda, & Villafuerte, 2008).

En la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo, existen varias especies faunísticas, que a continuación se detallan en la tabla 10.

Tabla 10: Especies de fauna existentes en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo

Gráfico	Características	
	Nombre Común Nombre Científico Familia	Vaca <i>BosTaurus</i> Bóvidos (Bovidae)
	Nombre Común Nombre Científico Familia	Borrego <i>Ovisaries</i> Bóvidos (Bovidae)
	Nombre Común Nombre Científico Familia	Chivo, Chiva, Cabra <i>Capraaegagrus</i> Bóvidos (Bovidae)
	Nombre Común Nombre Científico Familia	Cuy <i>Cavia porcellus</i> Muridae
	Nombre Común Nombre Científico Familia	Conejo <i>Oryctolagusuniculus</i> Leporidae
	Nombre Común Nombre Científico Familia	Llama, Llamingo <i>Lama glama o Auchenia llama</i> Camelidae
	Nombre Común Nombre Científico Familia	Lobo andino. Zooro andino, <i>Pseudalopexculpaeus</i> Canidae

Gráfico	Características	
	Nombre Común	Venado gris
	Nombre Científico	<i>Odocoileusvirginianus</i>
	Familia	Cervidae
	Nombre Común	Metalura Tiria
	Nombre Científico	<i>Metalluratyrianthina</i>
	Familia	Trochilidae
	Nombre Común	Asno
	Nombre Científico	<i>Equusasinus</i>
	Familia	Equinos (<i>Equidae</i>)
	Nombre Común	Matamico Parameño, Curiquingue
	Nombre Científico	<i>Phalcoboenuscarunculatus</i>
	Familia	Falconidae
	Nombre Común	Jambato
	Nombre Científico	<i>Atelopusignescens</i>
	Familia	Bufonidae

Fuente: (Universidad Técnica del Norte)

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Recursos naturales que sirven para la actividad no agropecuaria: existen diversos recursos naturales que no necesariamente sirven a la actividad agropecuaria y que son parte significativa de las cuencas. En la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo el agua puede sustentar el riego para los cultivos. El suelo sirve como parte del hábitat de las ciudades, construcción de carreteras y centros de recreación. Asimismo existen recursos mineros que sirven para la industria y que son básicos para la generación del Producto Interno Bruto (PIB) y las divisas de un país. (Beltrán, Avellaneda, & Villafuerte, 2008)

El hombre: es el elemento más importante de la cuenca, porque es el único que puede planificar el uso racional de los recursos naturales para su aprovechamiento y conservación (Beltrán, Avellaneda, & Villafuerte, 2008).

En la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo existen poblaciones como Comuna San Juan, Comuna Guabo, Comuna Santa Isabel, Comuna La Moya, Comuna San Francisco, Comuna Cachipamba, entre otras.

2.3. Partes de una cuenca hidrográfica

La microcuenca hidrográfica del río Chimborazo consta de las siguientes partes:

Partes Altas: éstas comprenden altitudes superiores a los 3000 msnm, llegando en algunos casos hasta los 6000 msnm. En tales áreas se concentra el mayor volumen de agua, dado que allí la precipitación pluvial es intensa y abundante; es frecuente asimismo la formación de nevados. La topografía de estas zonas es sumamente accidentada y escarpada; en consecuencia, su potencial erosivo es sumamente alto. La precipitación anual multianual de periodos de cuatro años (2009-2012) es de 735,7 mm/año. En esta parte, es frecuente observar lagos y lagunas con abundante actividad biológica. Aquí se ubican los pastores o campesinos de una economía de autoconsumo.

2.4. Principales características físicas y topográficas de la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo

La microcuenca hidrográfica se puede caracterizar por varios de sus parámetros topográficos además del área; sin embargo en la práctica los más importantes son: curva hipsométrica y perfil longitudinal del curso principal. Además de estas características en una cuenca, son importantes la cobertura vegetal, la geología, el agua, el suelo, los nevados y las características climáticas.

- a. Curva Hipsométrica: es una curva que representa la relación entre la altitud y la superficie que queda sobre diferentes alturas de la cuenca. Ésta se representa en un eje de coordenadas. En los anexos 3, 4 y 5, se presentan las curvas hipsométricas de la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo de tres

diferentes cauces: Quebrada Achulle, Quebrada Doblac y Quebrada Saramote.

- b. Perfil Longitudinal del Curso de Agua: es una curva que representa la relación entre la altitud y la longitud del curso principal. El perfil longitudinal del río es muy importante, porque permite conocer su pendiente en diferentes tramos de su recorrido. En los anexos 6, 7 y 8, se presentan los perfiles longitudinales de las Quebradas Achulle, Doblac y Saramote, pertenecientes a la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo.

2.5. La precipitación

La precipitación y la evaporación, los cuales actúan muy relacionados con el agua superficial, son los procesos meteorológicos más importantes en hidrología.

La precipitación es toda forma de agua cuyo origen está en las nubes, y cae a la superficie terrestre en forma de lluvia, granizo, garúa o nieve.

En hidrología, el tipo de precipitación de mayor importancia es la lluvia, por lo cual es la variable de entrada más significativa en el sistema hidrológico.

Las estaciones meteorológicas escogidas para calcular la precipitación, solo como ejemplo, en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo son Salinas-Bolívar, San Juan- Chimborazo, Laguacoto, Riobamba Politécnica y Urbina, en los periodos de 2009 al 2012, con datos anuales de precipitación, evaporación, velocidad del viento, temperatura y humedad relativa. Cabe recalcar que no todas las estaciones mencionadas anteriormente tienen todos estos datos, ya que algunas de estas son estaciones pluviométricas, es decir solo contienen datos pluviométricos, en este caso son Salinas-Bolívar y San Juan-Chimborazo.

Para ejemplificar el procedimiento se presentan los cálculos de la precipitación en cada una de las estaciones meteorológicas y se trabaja con la información de la estación Salinas –Bolívar.

Nota: Los cálculos efectuados para la estación Salinas-Bolívar de código M0385, es el mismo para las demás estaciones, únicamente se trabaja con la precipitación respectiva de cada estación y se procede de igual manera que con la estación M0385.

✓ **Precipitación anual**

Se toman los valores de las precipitaciones de todos los meses de un solo año y se las suma. Para el ejemplo se trabaja con el año 2009, el procedimiento es el mismo para el resto de años.

Tabla 11: Información perteneciente a datos de precipitación anual del año 2009

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
2009	172,2	81,0	96,4	70,9	23,0	29,0	0,0	16,0	35,4	33,0	42,1	76,2	675,2

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Precipitación anual

$$= 172,2 + 81,0 + 96,4 + 70,9 + 23,0 + 29,0 + 0,0 + 16,0 + 35,4 + 33,0 + 42,1 + 76,2 = 675,2mm$$

✓ **Precipitación media mensual multianual**

Se toman los valores de las precipitaciones de un solo mes de todos los años, y se hace un promedio de las mismas. En este caso trabajaremos con el mes de enero y se procede de igual manera con los otros meses.

Tabla 12: Información perteneciente a datos de precipitación media mensual multianual del periodo 2009-2012

AÑOS	ENERO
2009	172,2
2010	75,0
2011	191,1
2012	437,5
PROMEDIO	219,0

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

$$\text{Precipitación media mensual multianual} = \frac{172,2 + 75,0 + 191,1 + 437,5}{4} = 219,0\text{mm}$$

✓ **Precipitación anual multianual**

Es la sumatoria de la precipitación media mensual multianual de todos los meses.

Tabla 13: Información perteneciente de a precipitación anual multianual del periodo 2009-2012

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
2009	172,2	81,0	96,4	70,9	23,0	29,0	0,0	16,0	35,4	33,0	42,1	76,2	
2010	75,0	144,7	217,5	406,0	162,0	82,4	226,2	6,0	134,1	26,8	145,7	250,1	
2011	191,1	221,0	113,4	339,0	3,0	16,0	30,5	0,0	91,0	107,0	31,0	107,0	
2012	437,5	220,0	161,0	22,1	24,0	0,0	0,0	0,0	20,0	85,2	93,9	31,5	SUMA
PROMEDIO	219,0	166,7	147,1	209,5	53,0	31,9	64,2	5,5	70,1	63,0	78,2	116,2	1224,2

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Precipitación anual multianual

$$= 219,0 + 166,7 + 147,1 + 209,5 + 53,0 + 31,9 + 64,2 + 5,5 + 70,1 + 63,0 + 78,2 + 116,2 = 1224,2 \text{ mm}$$

Una vez realizados los cálculos que se indicaron previamente, las tablas de las estaciones meteorológicas presentan la información de precipitación en el anexo 10.

A continuación se presenta una tabla con las precipitaciones promedio de todas las estaciones meteorológicas.

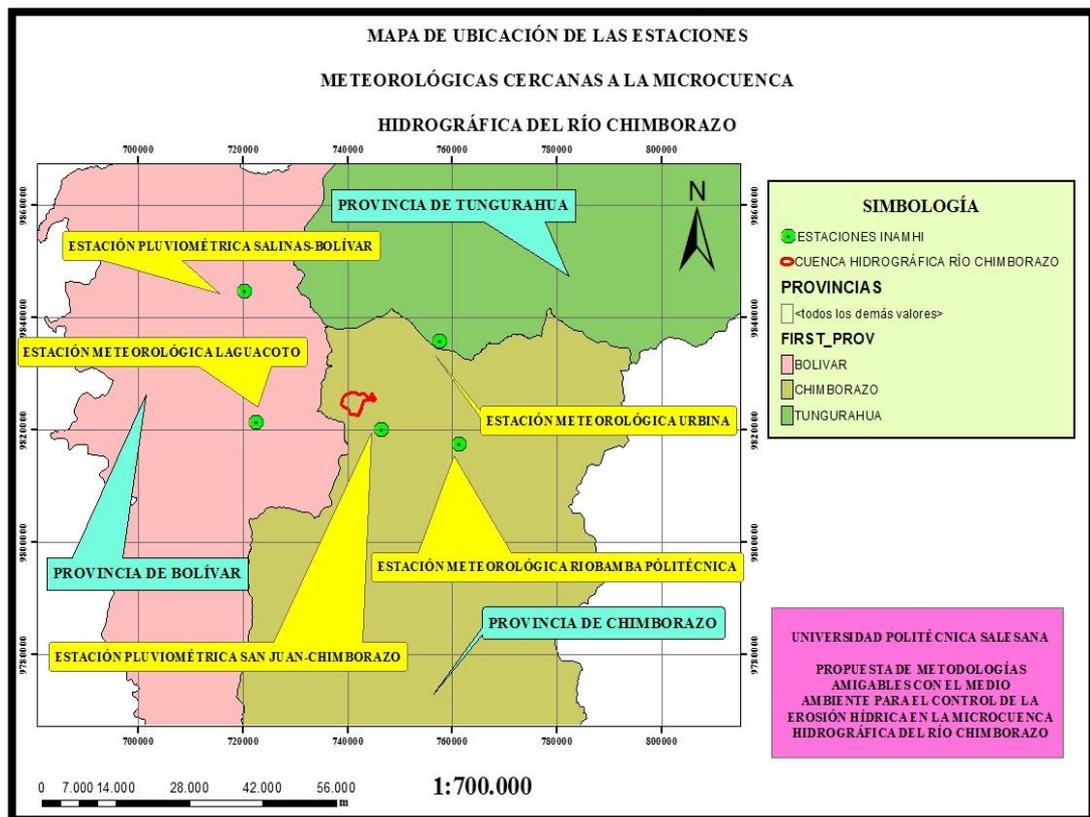
Tabla 14: Precipitación promedio de las estaciones meteorológicas cercanas a la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo.

ESTACIÓN METEOROLÓGICA	CÓDIGO	PRECIPITACIÓN ANUAL MULTIANUAL (mm)
SALINAS-BOLÍVAR	M0385	1224,2
SAN JUAN-CHIMBORAZO	M0393	744,6
LAGUACOTO	M1107	764,8
RIOBAMABA POLITÉCNICA	M1036	509,3
URBINA	M0390	780,6

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Se presenta a continuación un mapa de ubicación de las estaciones meteorológicas, las cuales se encuentran cercanas a la microcuenca.

Figura 10: Mapa de ubicación de las estaciones meteorológicas cercanas a la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo



Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

2.5.1. Precipitación promedio anual en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo

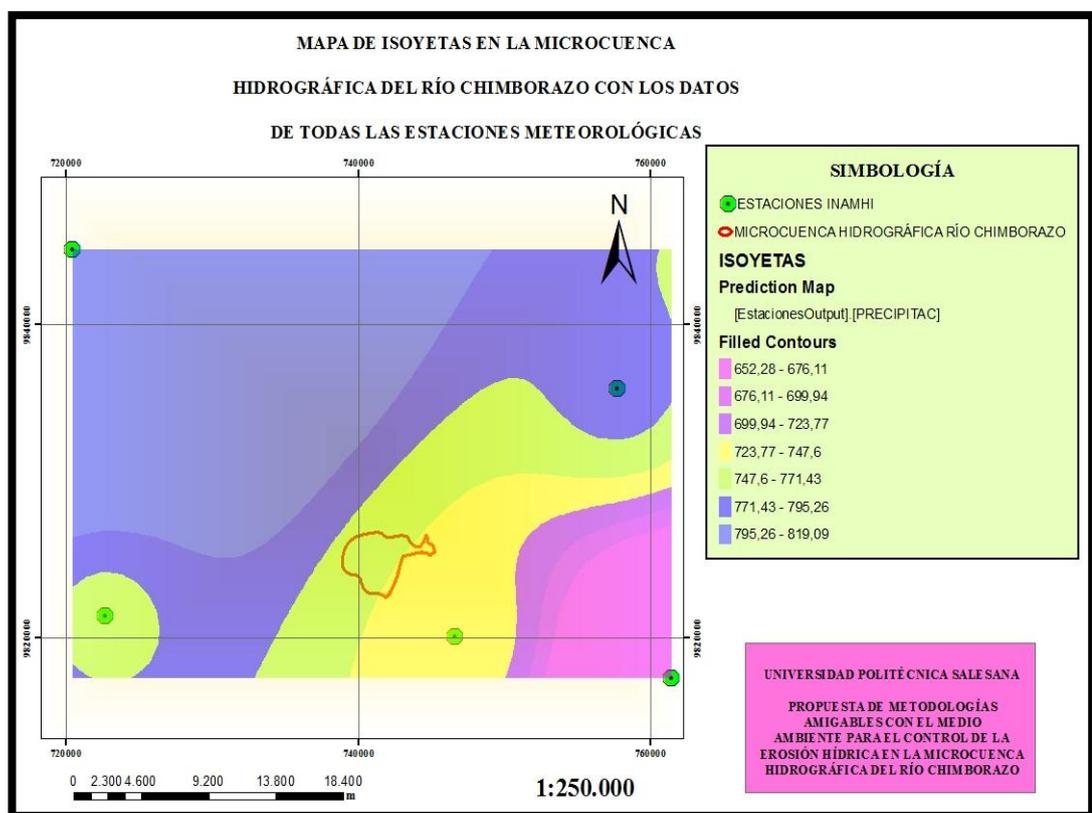
Es muy importante conocer la precipitación que cae sobre una cuenca. Si se determina la altura de lluvia, se puede conocer el volumen de agua precipitada, multiplicando dicha altura por el área de la cuenca.

Existen varios métodos para calcular la lluvia promedio anual en una cuenca. El método a utilizar para la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo es el método de las isoyetas.

2.5.1.1. Método de las isoyetas

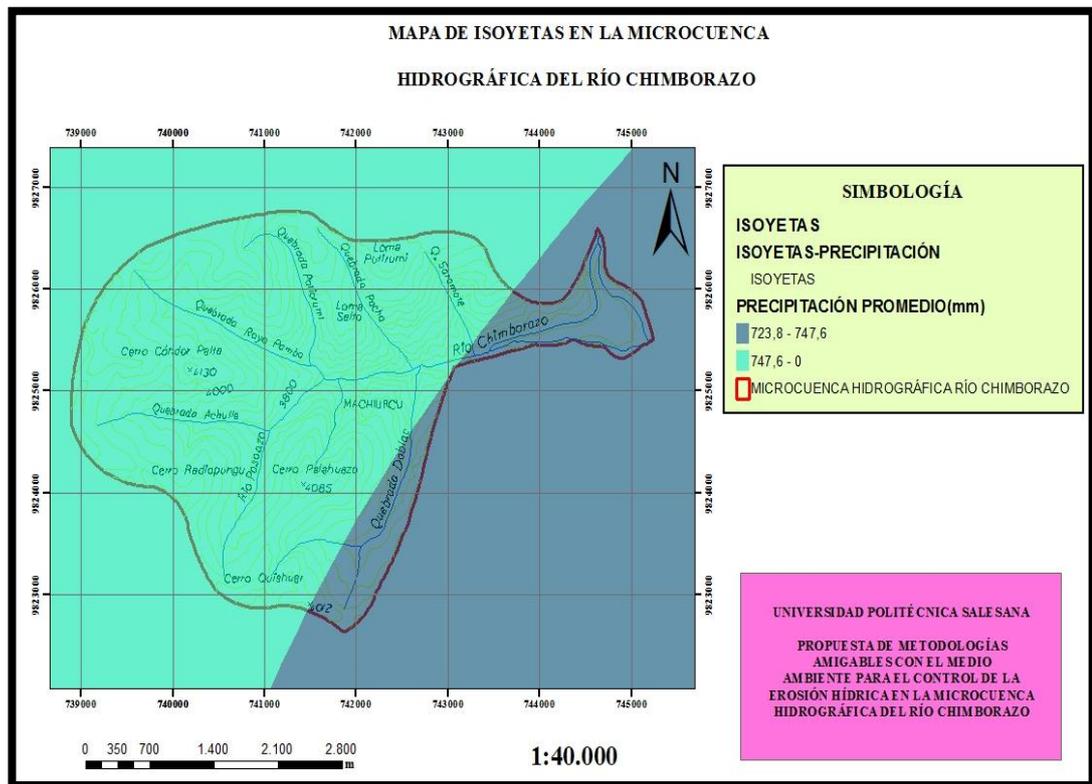
Este método consiste en determinar las líneas de igual altura de lluvia o isoyetas y calcular el área entre dos isoyetas consecutivas. Este es el método más exacto, principalmente para zonas montañosas. En este caso se utilizara un software llamado Arc Gis, es un programa de sistemas de información geográfica, el mismo que facilita la ilustración y cálculo de las isoyetas de interés.

Figura 11: Mapa de isoyetas en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo con los datos de todas las estaciones meteorológicas



Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Figura 12: Mapa de isoyetas de la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo



Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

En la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo la precipitación promedio, en los periodos de 2009 a 2012, tomando como referencia los datos de precipitación de las estaciones meteorológicas es 735,7 mm.

Este cálculo se lo realizó haciendo un promedio del valor de las isoyetas así:

$$\text{Precipitación Promedio} = \frac{(723,8 + 747,6)\text{mm}}{2}$$

$$\text{Precipitación promedio} = 735,7 \text{ mm}$$

2.6. Estudio de caudales

De acuerdo al conocimiento del ciclo hidrológico, el agua superficial, el flujo superficial o escorrentía superficial es el agua que se encuentra fluyendo sobre la superficie de la tierra. El flujo en canales es la principal forma de flujo de agua

superficial. Cuando se menciona canales se refiere también a ríos y quebradas. La escorrentía superficial se expresa en mm y el flujo en un canal en caudal o descarga expresada en m³/s o l/s.

El análisis que se realiza en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo, es en un tramo del río principal que es el río Chimborazo, para esto se utiliza un software llamado FlowMaster, el cual es un programa para el diseño y análisis de estructuras hidráulicas, fácil de utilizar, basado en Windows que ayuda con el diseño y el análisis de tuberías, zanjas, canales abiertos, vertederos, y más. FlowMaster computa los flujos, las velocidades del agua, las profundidades y las presiones basados en varias fórmulas bien conocidas: Darcy-Weisbach, Manning, Kutter y Hazen-Williams.

A continuación se presenta la fórmula de Manning:

La fórmula de Manning es una evolución de la fórmula de Chezy para el cálculo de la velocidad del agua en canales abiertos y tuberías, propuesta por el ingeniero irlandés Robert Manning, en 1889:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Dónde:

V: es la velocidad media

R: es el radio hidráulico

S: es la pendiente de la línea de energía

n: es el coeficiente de rugosidad, específicamente conocido como *n* de Manning.

Esta ecuación fue desarrollada a partir de siete ecuaciones diferentes, basada en los datos experimentales de Bazin y además verificada mediante 170 observaciones. Debido a la simplicidad de su forma y los resultados satisfactorios que arroja en aplicaciones prácticas, la ecuación de Manning se ha convertido en la más utilizada de todas las ecuaciones de flujo uniforme para cálculos en canales abiertos.

Características:

- Expresión para determinar las pérdidas de energía por fricción.
- Típicamente asociada con flujo en canales abiertos.
- Ecuación empírica.
- Al igual que la ecuación de Hazen – Williams y por ser una ecuación empírica, sólo es aplicable bajo condiciones muy especiales de flujo y del fluido (agua).
- Las pérdidas están expresadas en función de las mismas variables que las dos ecuaciones anteriores: diámetro del tubo, longitud, caudal y un coeficiente que involucra la rugosidad interna de cada tubería, además de un factor de conversión de unidades, el cual también está presente en la ecuación de Hazen – Williams.
- Al igual que la ecuación de Hazen – Williams, esta ecuación es fácil de manejar (depende de los mismos parámetros de que depende la ecuación de Hazen – Williams).

Unidades de coeficiente “n”

A través de un análisis dimensional se obtienen también las unidades de n:

- Sistema internacional: $m^{-0,335} * S$
- Sistema inglés: $ft^{-0,335} * S$

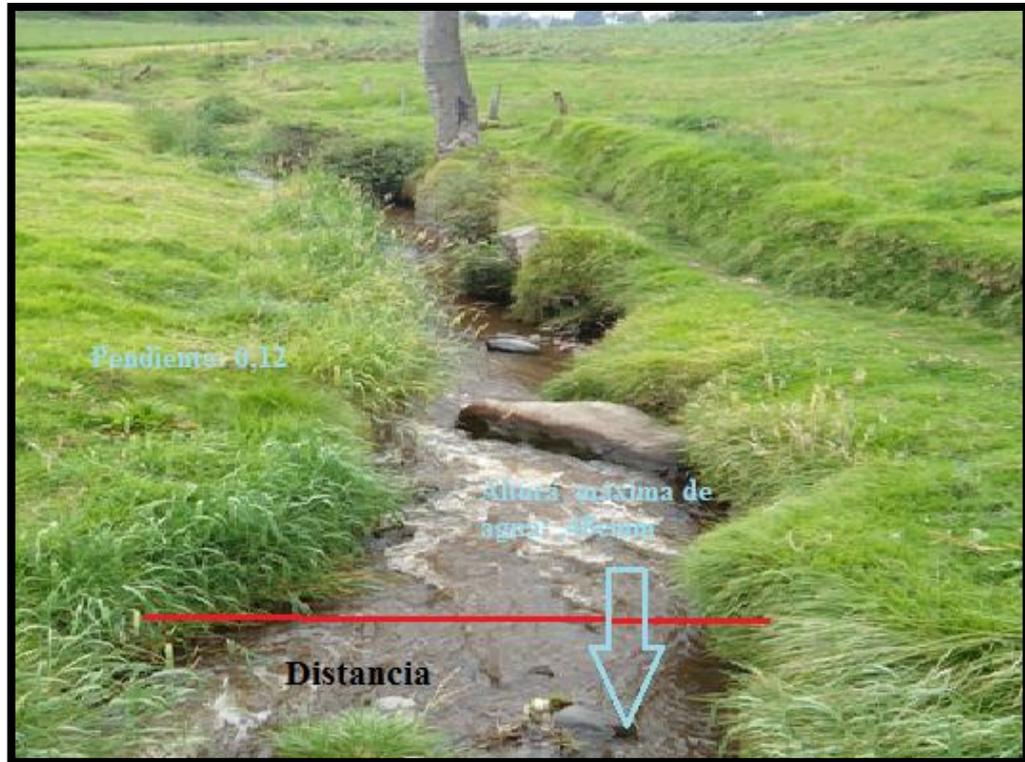
En este caso para la utilización de este software, se deben seguir algunos criterios y pasos, el primero es seleccionar el tipo de canal, para el tramo del río Chimborazo es un canal irregular, luego se coloca el nombre del río y fórmula con la cual se desea trabajar, escogemos la fórmula de Manning. Luego escogemos el valor de la pendiente según las características del área del tramo, y es 0.12, y también se define la altura máxima de agua que es 0.48cm.

Editamos la sección, es decir definimos las coordenadas X y Y de la sección transversal del río, para este procedimiento se realiza una medición del tramo, se calcula el perfil del tramo del río, se mide el ancho del río y se divide cada 5, 10 o 15 cm de distancia y se mide la profundidad del cauce.

Luego de esto se define la rugosidad, en este caso corresponde a un arroyo natural pedregoso, y el valor es de 0.050, y finalmente el software calcula las variables

automáticamente con todos los parámetros ingresados anteriormente.

Figura 13: Ilustración de la toma de los datos para ingresarlos en el software FlowMaster



Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

A continuación se presentan todos los datos que el programa proporciona con las variables antes mencionadas del tramo del río, reflejándolo también gráficamente:

Figura 14: Cuadro de los datos que el software FlowMaster proporciona para el tramo del río Chimborazo

Descripción del proyecto	
Hoja de trabajo	Tramo del río Chimborazo
Elemento de flujo	Canal irregular
Método	Fórmula de Manning
Resultado	Descarga

Datos de entrada	
Pendiente	0,12
Elevación de la superficie del agua	0,48m

Opciones	
Método rugosidad actual	Método de mejora de Lotter
Canal abierto método de ponderación	Método de mejora de Lotter
Canal cerrado método de ponderación	Método de Hortons

Resultados	
Coeficiente de Manning	0,05
Rango de elevación	0,26 a 0,50
Descarga	743,5 l/s
Área de flujo	0,4m ²
Perímetro mojado	2,24m
Ancho de superficie	2,07m
Profundidad	0,22m
Elevación crítica	0,54m
Pendiente crítica	0,046563
Velocidad	2,06m/s
Velocidad de cabeza	0,22m
Energía específica	0,70m
Número de Froude	1,57
Tipo de flujo	Supercrítico

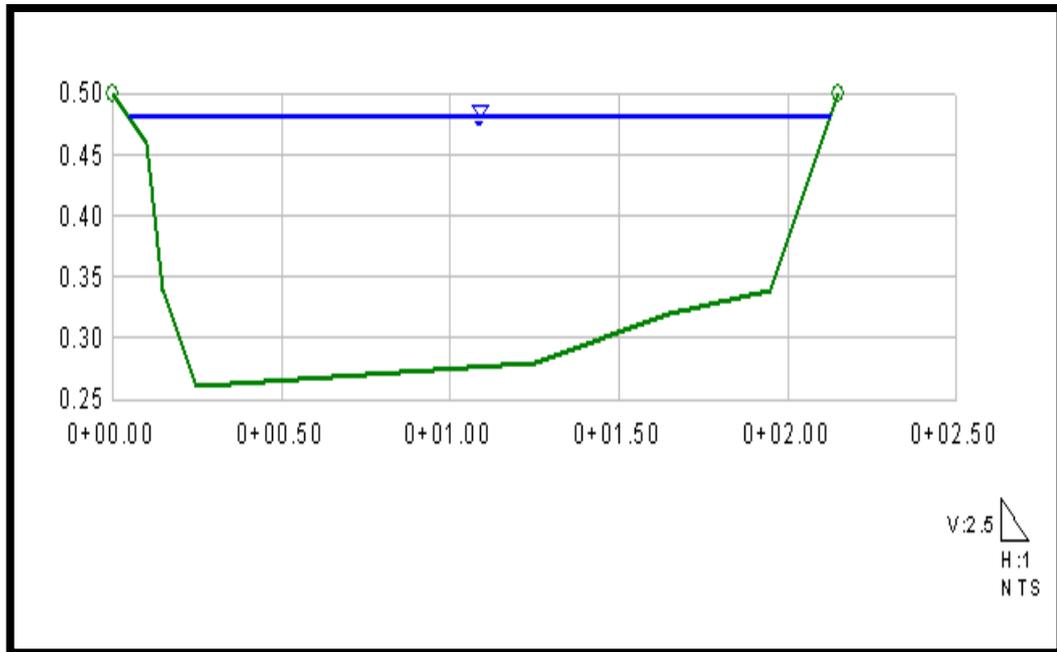
Segmentos de rugosidad		
Inicio	Final	Coefficiente de Manning
0 + 00,00	0 + 02,15	0,05

Sección transversal del río	
Estación (m)	Altura (m)
0+00.00	0.50
0+00.10	0.46
0+00.15	0.34
0+00.25	0.26
0+01.25	0.28
0+01.65	0.32
0+01.95	0.34
0+02.15	0.50

Sección de datos	
Coefficiente de Manning	0,05
Pendiente	0,12
Elevación de la superficie de agua	0,48m
Rango de elevación	0,26 a 0,50
Descarga	743,5 l/s

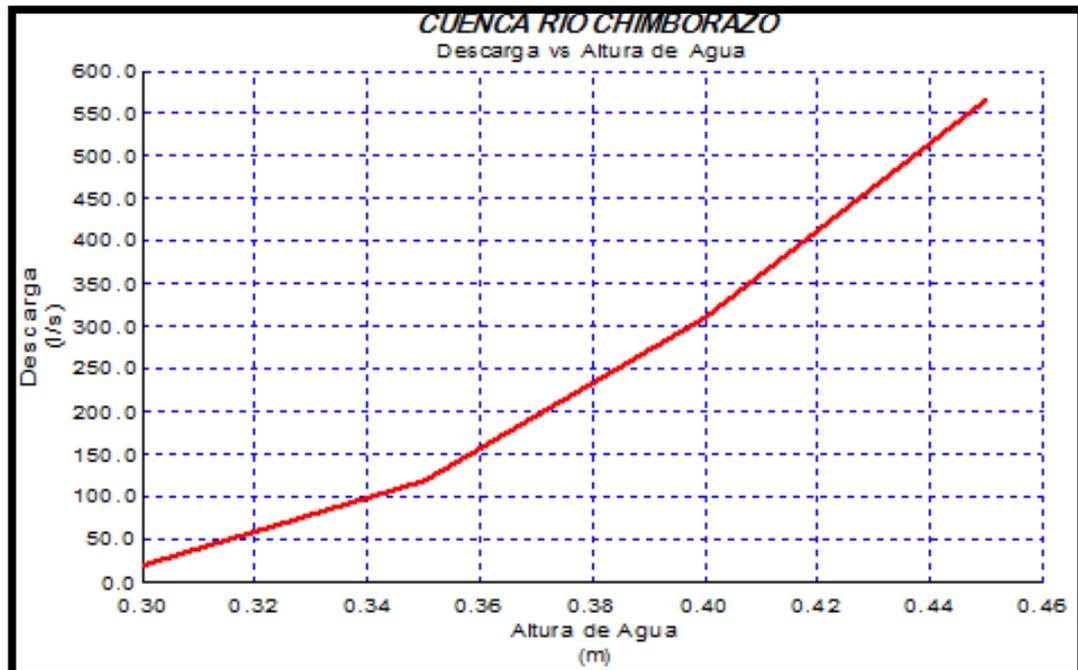
Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Figura 15: Gráfico de la sección transversal típica del cauce de un tramo del río Chimborazo



Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Figura 16: Gráfico de la curva de descarga: relación de la altura de agua con el caudal medio de la sección transversal del tramo del río Chimborazo



Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Tabla 15: Tabla de resultados utilizando el software FlowMaster

Altura agua (m)	Descarga (l/s)	Velocidad (m/s)	Área (m²)	Perímetro (m)	Ancho Superficie (m)
0.28	3.30	0.32	0.01	1.03	1.02
0.30	20.10	0.61	0.03	1.27	1.25
0.32	49.00	0.81	0.10	1.50	1.47
0.34	88.40	0.95	0.10	1.83	1.80
0.36	150.20	1.16	0.10	1.88	1.83
0.38	224.20	1.35	0.20	1.94	1.87
0.40	309.40	1.52	0.20	1.99	1.90
0.42	405.00	1.67	0.20	2.05	1.93
0.44	510.40	1.81	0.30	2.10	1.97
0.46	625.30	1.95	0.30	2.15	2.00
0.48	743.50	2.06	0.40	2.24	2.07

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

En esta tabla se observan los resultados que el software FlowMaster proporciona automáticamente, en la cual se observa que la altura de agua se define cada dos centímetros y en función de esta variable se calculan los demás parámetros.

2.6.1. Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía es la relación entre la escorrentía directa y la intensidad promedio de lluvia. Se entiende como escorrentía directa el exceso de precipitación que se obtiene luego que el agua fluye por toda la cuenca. El coeficiente de escorrentía también se puede expresar como la relación entre la escorrentía y la precipitación en un periodo. El coeficiente de escorrentía depende, además, de la intensidad de la lluvia, de las características del suelo, la vegetación y pendiente del suelo.

2.7. La conservación de suelos en el manejo de la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo

2.7.1. La erosión de los suelos

2.7.1.1. Definición de erosión

Erosión es el fenómeno que comprende el desprendimiento y traslado o arrastre de las partículas de suelo por acción del agua, el viento o de la actividad biológica.

2.7.1.2. Principales agentes y tipos de erosión

Los principales agentes de la erosión son el agua, el viento y el ser humano. Existen dos tipos de erosión: Eólica e Hídrica.

- a. La erosión eólica: Es la erosión causada por el viento. Este tipo de erosión se presenta mayormente en zonas planas y áridas.
- b. La erosión hídrica: Es la erosión causada por el agua. Predomina en zonas de ladera, donde la precipitación es de alta intensidad y donde están ausentes las prácticas agronómicas y el manejo inadecuado del agua en el río.

Factores que influyen en la erosión hídrica

- ✓ El suelo: las características físicas del suelo (estructura, textura, contenido de materia orgánica, etc.) determinan el grado de resistencia de las partículas del suelo al desprendimiento y transporte por efecto del impacto del agua sobre el suelo, de la escorrentía y la capacidad de infiltración del suelo.
- ✓ La topografía: las características que inciden en la erosión hídrica son la pendiente y longitud de la ladera, así como la forma y el tamaño de área de drenaje.
- ✓ El clima: entre los factores que más inciden en la erosión hídrica están la precipitación, el viento y la temperatura. Existe una estrecha relación entre las características de la precipitación y la escorrentía. El viento en muchos casos

cambia la velocidad de la lluvia y su ángulo de impacto sobre el suelo, afectando su fuerza erosiva.

- ✓ La vegetación: protege a la superficie del suelo del impacto directo del agua, sea ésta proveniente de lluvia o escorrentía. La vegetación protege al suelo mediante:
 - ✓ La intercepción y disminución de la energía con la que caen las gotas de lluvia sea mediante las hojas, tallos o los residuos de las plantas.
 - ✓ La reducción de la velocidad del agua de escorrentía por efecto de la resistencia hidráulica debido al colchón que forman los residuos vegetales o cubierta vegetal.
 - ✓ El aumento de la capacidad de infiltración y almacenamiento del agua debido al mejoramiento de la estructura y porosidad del suelo por efecto de las raíces, los residuos vegetales y la actividad microbiana.
 - ✓ El aumento de la resistencia del suelo a la erosión debido al amarre de las partículas que ocasionan las raíces de las plantas.
 - ✓ El ser humano: es el agente principal y decisorio en todo proceso erosivo, debido fundamentalmente a su rol y participación en el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, agua, suelo y cubierta vegetal.

2.7.1.3. Efectos de las prácticas conservacionistas en los procesos erosivos

Mediante las prácticas de conservación de suelos, se modifican los factores del proceso erosivo. Con ello se logra:

- a. Proteger la superficie del suelo contra el impacto directo de las gotas de lluvia y el arrastre del agua de escorrentía.
- b. Disminuir la concentración del agua.
- c. Aumentar la capacidad de infiltración del suelo para reducir la cantidad de escorrentía.
- d. Reducir la velocidad del agua de escorrentía por efecto de la disminución de la longitud y grado de la pendiente de la ladera.

- e. Construcción de sistemas mecánicos estructurales: surcos en contorno, terrazas, andenes, acequias de infiltración, diques para el control de cárcavas o el establecimiento de barreras vivas o cubierta vegetal.

2.7.1.4. Principios básicos del control de la erosión hídrica

Para que una práctica de control de la erosión hídrica sea efectiva debe cumplir los siguientes requisitos:

- a. Minimizar la velocidad del agua.
- b. Minimizar el escurrimiento del agua sobre la superficie del suelo.
- c. Proteger la superficie del suelo contra la erosión.
- d. Aumentar la infiltración del agua en el suelo.

2.7.1.5. Principales metodologías para el control de la erosión hídrica en una microcuenca hidrográfica

Las principales prácticas de conservación de suelos y aguas pueden reunirse en tres grupos: mecánicas-estructurales, agronómicas y forestales.

- a. Prácticas Mecánico-Estructurales
 - Zanjas o acequias de infiltración.
 - Espejos de agua o “cochas”
 - Terrazas de absorción, de formación lenta, etc.
 - Andenes
 - Muros de contención, enrocados y gaviones para la defensa ribereña y obras de encauzamiento.
 - Diques para el control de cárcavas.
- b. Prácticas Agronómicas
 - Barreras vivas.

- Surcos en contorno.
- Cultivo en fajas.
- Ordenación territorial de cultivos.
- Cobertura vegetal.
- Labranza conservacionista o mínima labranza.
- Rotación de cultivos.
- Incorporación de materia orgánica.
- Aplicación de fertilizantes y enmiendas químicas al suelo.
- Manejo de pastos.

c. Prácticas Forestales

- Manejo y plantaciones forestales.

2.8. Propuesta de metodologías amigables con el medio ambiente para el control de la erosión hídrica en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo

A continuación se presentan las metodologías amigables con el medio ambiente para el control de la erosión hídrica en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo:

2.8.1. Zanjas de infiltración

Son pequeños canales de sección rectangular o trapezoidal, generalmente asimétricos. Se construyen transversalmente a la máxima pendiente del terreno. El fondo de estos canales debe estar a nivel salvo que se trate de acequias o canales de desviación, en los que la pendiente recomendable es de 2% y su desembocadura debe efectuarse en una zona protegida a fin de evitar la formación de una gran cárcava.

Objetivos de la práctica

- ✓ Interceptar el agua de escorrentía que proviene de la parte alta de la ladera, anulando su velocidad y permitiendo una mayor infiltración.
- ✓ Aumentar la producción de pastos, árboles o cultivos.
- ✓ Reducir la erosión hídrica del suelo.

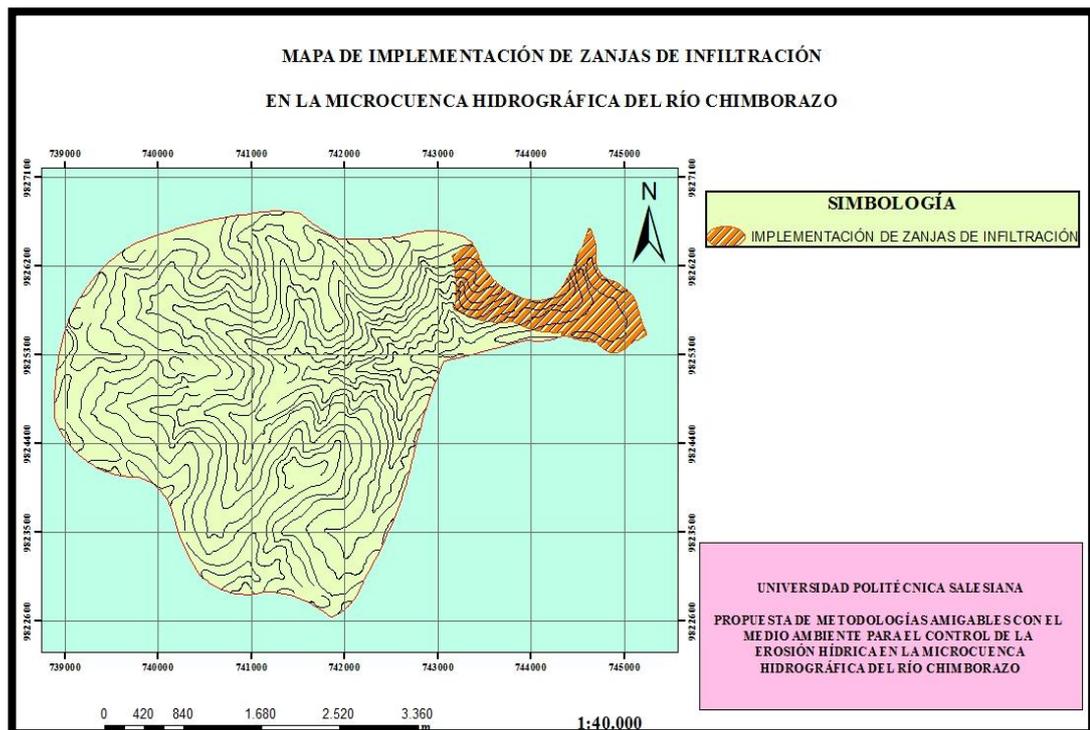
- ✓ Aumentar el número de manantiales y el caudal del agua de éstos en las partes más bajas.
- ✓ Disminuir los riesgos de inundación y deslizamientos.

Condiciones de uso

- ✓ Laderas con profundidad de suelo mayor de 30cm y subsuelo permeable.
- ✓ Zonas con plantaciones forestales, con pasturas y en algunos casos en zonas agrícolas.

A continuación se presenta la figura 17, en la cual se muestra el lugar donde se va a implementar esta metodología de control de la erosión hídrica, el suelo al que corresponde el área son pastos naturales o artificiales, según el mapa de uso actual de suelo y formaciones vegetales en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo.

Figura 17: Mapa de implementación de zanjas de infiltración en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo



Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Diseño

El diseño de la zanja de infiltración consiste en determinar el ancho del borde superior, ancho de la base, profundidad, inclinación de los taludes, espaciamiento entre zanjas y la gradiente longitudinal de la misma, este último aspecto sólo si fuera necesario.

El ancho del borde superior, profundidad, ancho de la base y la inclinación del talud (características que determinan la sección transversa) dependen principalmente del tipo de suelo y de la intensidad de la lluvia de la zona.

Para el caso de las laderas de la cuenca, el ancho promedio del borde superior normalmente es de 30 cm. El ancho de la base es de aproximadamente 25 cm y la profundidad varía entre 35 cm. . El espaciamiento adecuado para las condiciones de la cuenca es de 25 cm.

2.8.2. Terrazas de absorción

Las terrazas de absorción son una serie sucesiva de plataformas (terraplenes), dispuestas a manera de escalones en las laderas. Los terraplenes pueden construirse a nivel o con una ligera inclinación hacia adentro, sus bordes tanto externo como interno, se encuentran a nivel (Figura 18).

Figura 18: Gráfico 1: Descripción de las terrazas



Imagen Silvana Pacheco Díaz

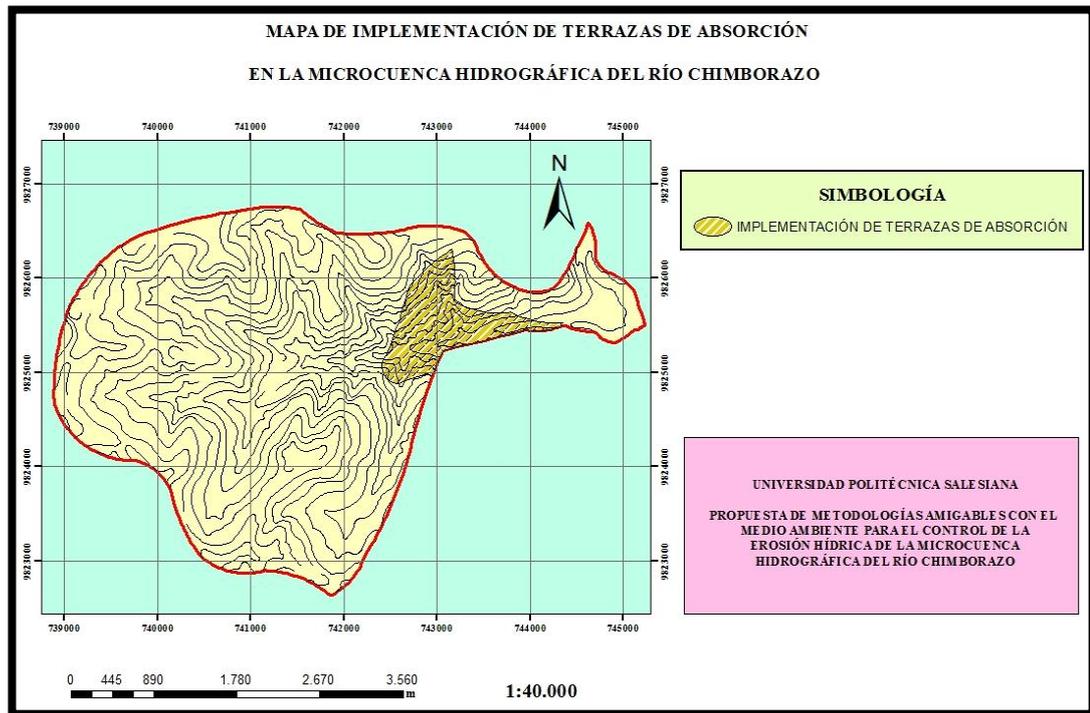
La inclinación del terraplén hacia adentro evita el rebalse del agua de lluvia durante los aguaceros fuertes o lluvias prolongadas. La nivelación de los bordes impide que el agua escurra hacia un lado u otro; de este modo el agua de lluvia que cae en las terrazas se infiltra total y uniformemente en éstas, evitando totalmente la erosión. Cuando se construyen estas prácticas en zonas de alta precipitación (>1000 mm/año), se debe contemplar un sistema de drenaje superficial, con lo que en esta microcuenca este principio no se cumple ya que la precipitación promedio es de 735,7 mm., es decir no es necesario un sistema de drenaje superficial.

Condiciones del suelo

Las terrazas de absorción son recomendables principalmente para terrenos dedicados al cultivo limpio (hortalizas, tubérculos, granos, etc.). También pueden ser usadas para cultivos permanentes como pastos cultivados y frutales; excepcionalmente pueden servir para la instalación de especies forestales. No es recomendable construir las terrazas de absorción en terrenos muy degradados o muy superficiales, en laderas muy empinadas y en suelos demasiado sueltos o arenosos.

La implementación de las terrazas de absorción en la microcuenca se evidencia en la figura 19, el área que se muestra corresponde a cultivos de papa sobre cualquier otro, pastos y tubérculos secundarios según el mapa de uso actual de suelo y formaciones vegetales en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo.

Figura 19: Mapa de implementación de terrazas de absorción en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo



Diseño de las terrazas

“Consiste en determinar al tamaño o magnitud de los principales elementos de las terrazas de absorción como son: altura del talud, pendiente del talud, ancho del terraplén, gradiente longitudinal de las terrazas y sistemas de acceso” (Gerencia de gestión ambiental y recursos naturales, 2011).

En este caso el rango que se tomará para el análisis de las pendientes en las cuales se implementará esta metodología son: pendientes fuertes mayores a 20% y poca pendiente menores a 20%. En la figura 20 se evidencian las pendientes fuertes, en las cuales se puede implementar terrazas más angostas con un ancho de 1,50 m y con poca pendiente, terrazas más anchas con una dimensión mayor a 4 m.

Las pendientes fueron calculadas mediante la siguiente fórmula:

$$m = \frac{\Delta h}{L}$$

Dónde:

- m : pendiente
- Δh : diferencia de altura de las cotas de las curvas de nivel (m)
- L : longitud de las líneas trazadas entre las cotas de las curvas de nivel (m)

Para ejemplificar los cálculos trabajaremos con la primera línea trazada, a continuación se calcula la pendiente “a”.

$$m = \frac{\Delta h}{L}$$

$$a = \frac{(4000 - 3840)m}{577,72 m}$$

$$a = 0,27695$$

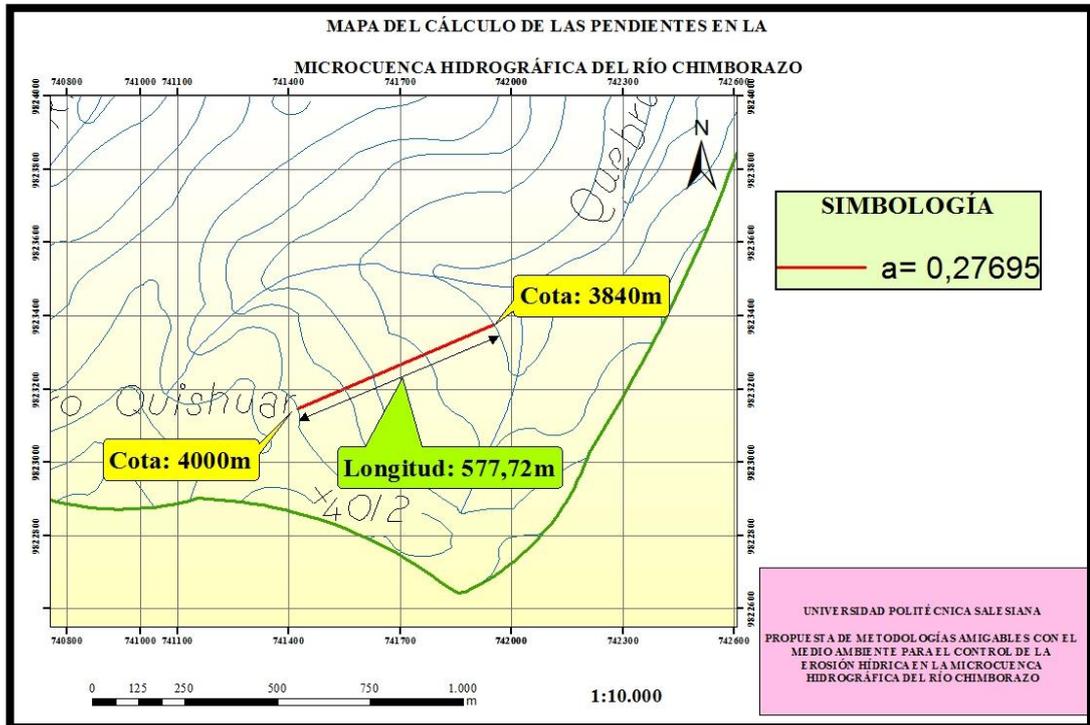
Para representar la pendiente como porcentaje, se multiplica el valor calculado por 100, y el valor final se lo redondea con un solo decimal, de la siguiente manera:

$$a = 0,27695 \times 100$$

$$a = 27,7\%$$

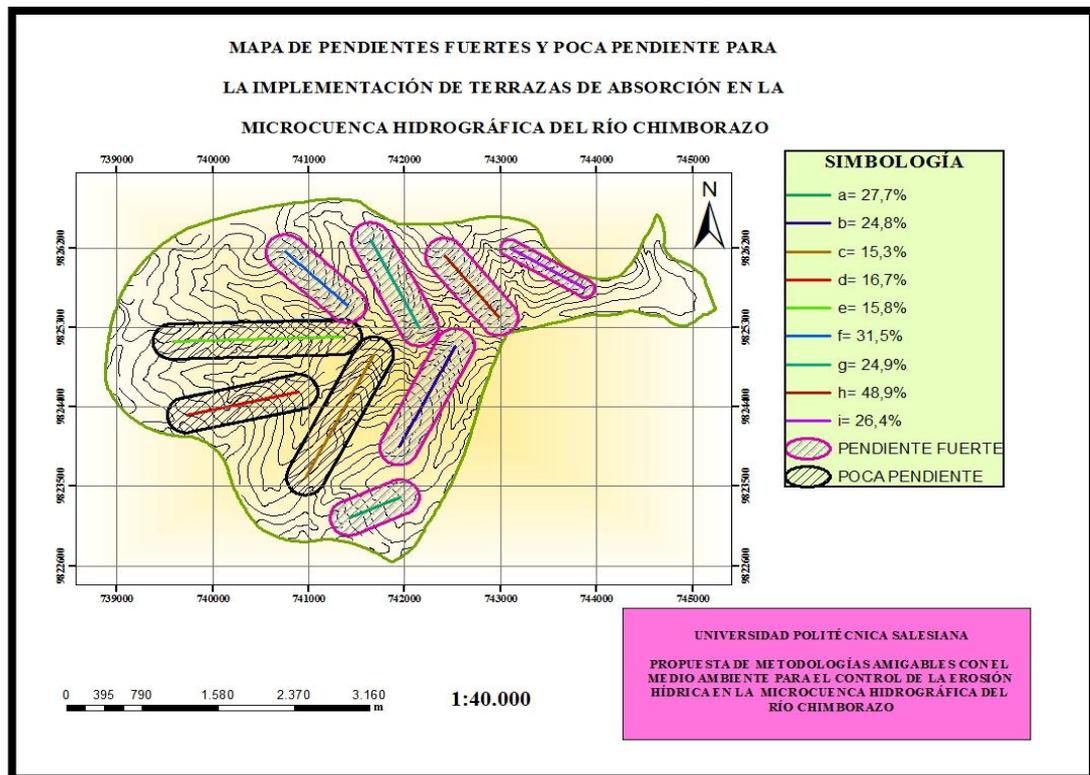
De esta forma se calcularon todas las pendientes en la microcuenca estudiada, se presenta un mapa para mayor visualización.

Figura 20: Mapa de cálculo de las pendientes en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo



Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Figura 21: Mapa de pendientes fuertes y poca pendiente para la implementación de terrazas de absorción en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo



Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Ventajas

- ✓ Controlar eficazmente la erosión hídrica.
- ✓ Incrementar el área total del terreno disponible para cultivo.
- ✓ Atenuar el efecto perjudicial de las sequías que se presentan durante el establecimiento de las plantas, debido a que en las terrazas se almacena más agua que en la ladera sin estas obras.
- ✓ Aumentar la productividad con respecto a zonas no tratadas con esta práctica.
- ✓ Hacer más eficiente el uso de insumos debido a que el área neta de cultivo por hectárea de ladera se reduce.

Desventajas

- ✓ Esta práctica requiere mayor trabajo y por ende mayor tiempo en su ejecución.
- ✓ Exige reajustes en el caso del empleo de la yunta, sobre todo en terrazas angostas.
- ✓ Es necesario adoptar algunas formas de trabajo en ladera. Por ejemplo: uso de la yunta, tracción animal, implementos de labranza, modalidad de riego, etc.

2.8.3. Andenes

Definición y objetivos

Los andenes son estructuras construidas en forma de escaleras con la finalidad de cortar la pendiente de las laderas, transformándolas en plataformas de terreno horizontal, sostenidas por muros de piedra ligeramente inclinados hacia adentro.

Un sistema de andenería es la expresión de una cultura caracterizada por el trabajo organizado, para la conservación de las aguas y los suelos y para la producción agropecuaria eficiente.

Los principales objetivos que se logran con la construcción de un sistema de andenería son:

- ✓ Reducción de la pendiente de la ladera.
- ✓ Mejor aprovechamiento de la ladera con fines productivos.
- ✓ Disminución de la velocidad del flujo de agua que escurre.
- ✓ Mejor aprovechamiento del agua ya sea de lluvia o de riego.

- ✓ Protección de los suelos contra la erosión hídrica.
- ✓ Mejora de las condiciones ambientales de la ladera.
- ✓ Mejora de la capacidad productiva de los suelos de la ladera.
- ✓ Mejor aprovechamiento de los abonos y otros insumos.

Longitud, ancho y pendiente del andén

Los andenes pueden tener longitudes que varían en promedio entre 200 m., el ancho del banco de los andenes varía entre 12 m y, excepcionalmente, se puede tener andenes de dimensiones de 1 m de ancho por 1,5 m de largo y de 30 m de ancho por 150 m de largo.

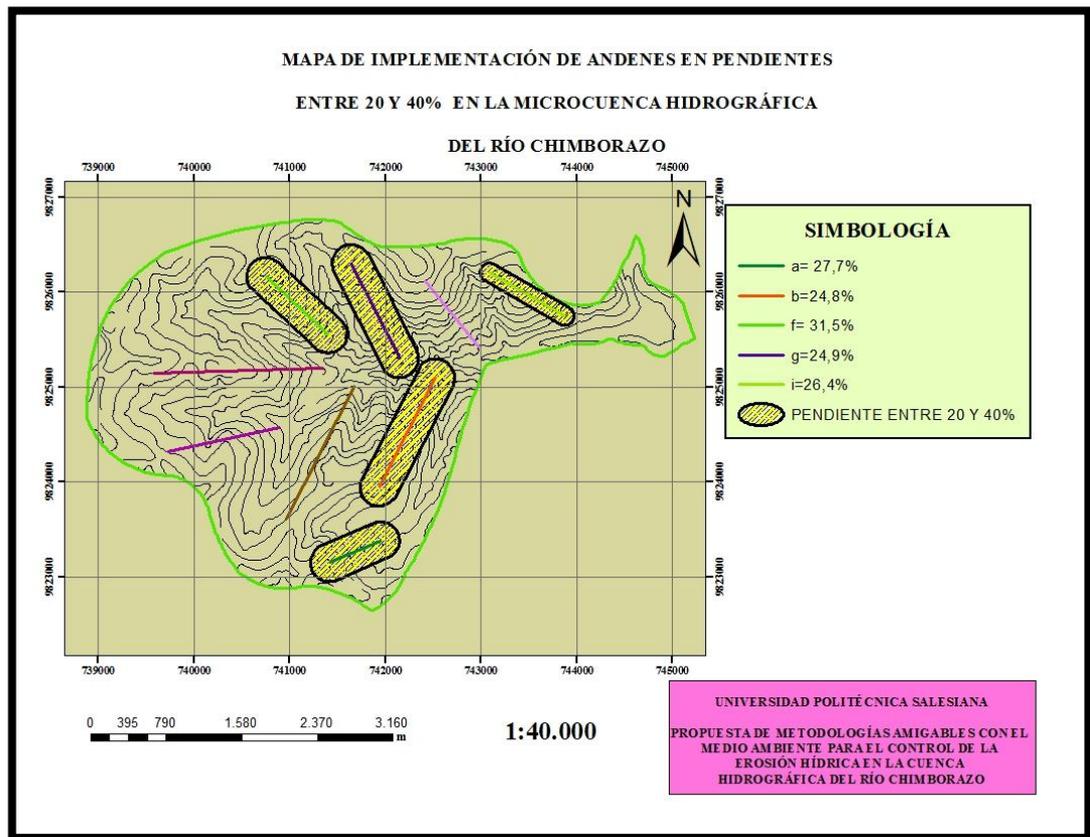
La pendiente longitudinal de los andenes es de 2 por mil (2/100), y la pendiente transversal entre -1 por mil (contra pendiente) y +1 por mil (inclinación hacia afuera).

Muro o talud de piedra

El ancho o espesor promedio de los muros en su borde superior es de 20 cm, mientras que la base es de 50cm, dependiendo de la altura total del muro y de las dimensiones de las rocas utilizadas en su construcción.

La altura total del muro está entre 1,5 m, para laderas entre 20-40% de pendiente. Como se puede evidenciar en la figura 22, los lugares en los cuales se puede implementar esta metodología son donde la pendiente se encuentra en un rango comprendido entre 20 y 40%.

Figura 22: Mapa de implementación de andenes en pendientes entre 20 y 40% en la Microcuenca Hidrográfica del Río Chimborazo



Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Para laderas de mayor pendiente, la altura total del muro es menor, debido a la mayor inestabilidad que presenta un muro de mayor altura, dado que a más altura mayor es la inestabilidad frente al deslizamiento y al volteo.

La parte enterrada del muro de un andén es de 35cm respecto al nivel del terraplén del andén inmediato inferior, el borde superior del muro termina unos 5 cm encima del nivel de la base del banco o terraplén del andén inmediatamente superior.

Los taludes o muros de piedra de los andenes son ligeramente inclinados hacia dentro y su inclinación es de 0,20:1 (horizontal-vertical), es decir varía entre 20% la inclinación del talud hacia dentro.

Los muros en su mayoría de canto rodado, de piedras de forma irregular, colocadas unas sobre otras usando pequeñas como cuñas. El tamaño de las piedras es variado, desde 3 cm hasta 1,5 m o más de diámetro.

La forma y naturaleza de la roca determina la técnica de construcción o la forma de edificar el muro.

La construcción de los muros puede ser realizada hasta de tres tipos:

- a. Muro de piedra cuyo largo se orienta transversalmente al muro: este tipo de muro se construye donde se cuenta con piedras ligeramente alargadas y de dimensiones entre 40 a 50 cm de largo.
- b. Muros de doble pared: este tipo de muro se construye cuando se dispone mayormente de piedras menudas o muy delgadas, con diámetros que alcanzan entre 15 a 25 cm y que van superpuestas, empezando con las piedras de mayor diámetro. Las piedras son ubicadas en dos filas o muros paralelos, cruzando transversalmente al muro cada cierto trecho con piedras largas que abarcan todo el ancho del muro, a fin de romper la continuidad y darle mayor estabilidad. El espacio ubicado entre los muros paralelos es rellenado con piedras pequeñas que funcionan como filtro.
- c. Muros de piedra con disposición oblicua: se construye en lugares donde se dispone de rocas estratificadas de origen sedimentario, de forma plana, lisa y de poco grosor. Las piedras son colocadas en posición oblicua intercalándolas por filas.

Mantenimiento de un sistema de andenería

El manejo y mantenimiento que debe dársele es de vital importancia, ya que el muro y el suelo ubicados en el terraplén, así como los caminos y canales están expuestos a la acción del agua ya sea de lluvia o de riego, vegetación, fenómenos telúricos, fauna, o la acción del hombre mismo. Una ligera erosión del suelo del banco del andén puede afectar la estabilidad del muro, que de no ser oportunamente corregida, termina derribándola. La caída de un muro puede afectar a los muros contiguos,

presentándose de este modo sucesivo las condiciones para el deterioro del sistema. Entre las medidas recomendadas se tienen:

a. Medidas agronómicas:

- El trazo de los surcos no debe ser paralelo al muro del andén, sobre todo porque en el aporque se remueve suelo y se puede debilitar el muro. Se recomienda que los surcos sean transversales o diagonales al muro.
- Si el terraplén del andén es corto, no usar yunta.
- La yunta se debe usar con mucho cuidado.
- Incorporar materia orgánica: estiércol del corral, rastrojos, etc.
- Evitar el pastoreo suelto de ganado. Si se cultiva pastos en los andenes, es preferible cosechar el pasto.
- Nunca plantar árboles en el borde externo del muro, pues las raíces desestabilizan el muro.

b. Medidas mecánicas:

- El manejo del agua debe ser controlado, no inundar los andenes, pues puede provocar un incremento y derrumbe de los muros.
- Limpiar los muros de todo arbusto o árbol que crezcan en ellos, pues las raíces atentan contra su estabilidad.
- Revisar permanentemente los muros asegurando su estabilidad e integridad.
- Mantener en buen estado los caminos y canales de riego y obras de drenaje.

Rehabilitación de andenes

La parte más sensible por donde generalmente comienza el deterioro de un andén, es cuando se derrumba el muro, lo cual en la mayoría de casos ocurre en forma gradual.

Los pasos que se recomiendan a seguir en la rehabilitación de un andén son las siguientes:

- a. Separar los materiales en la zona derrumbada: tierra de cultivo, cascajo, piedras, maleza, etc. La tierra de cultivo debe ser levantada encima de la terraza.

- b. Limpiar hasta el cimiento mismo del muro deteriorado, e incluso derrumbar partes del muro contiguo y que muestran evidentes signos de inestabilidad.
- c. Levantar el muro, tomando como guía para su construcción el muro no deteriorado. Es importante tener en cuenta en la reconstrucción del muro, que las piedras queden perfectamente acopladas a la parte sana del muro.
- d. Colocar el relleno y la tierra del subsuelo, cuidando que se debe compactar en cada momento, mediante el pisoneo. Esta operación debe continuar hasta que se logre el nivel de la terraza misma. Al final se coloca la tierra de cultivo.
- e. Se construye el borde siguiendo el mismo nivel de la parte sana.
- f. Es recomendable que toda reconstrucción se haga en terreno húmedo a fin de lograr una buena compactación y de una mayor estabilidad del muro mismo.
- g. Siguiendo el mismo proceso se logra rehabilitar también la infraestructura de riego, drenaje y vías de acceso del sistema de andenería.

2.8.4. Surcos en contorno

Definición

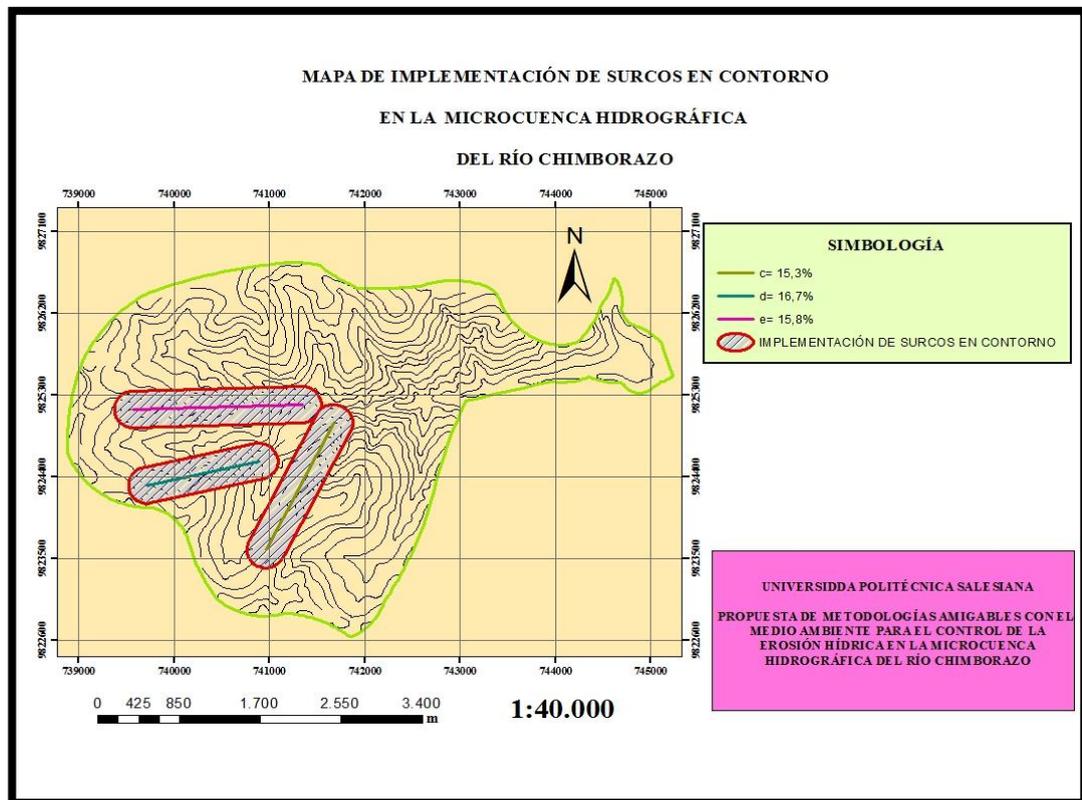
Los surcos en contorno son prácticas que se construyen en dirección transversal a la máxima pendiente del terreno. El objeto de esta práctica es reducir la velocidad del escurrimiento superficial, favorecer una mayor infiltración del agua, disminuir la erosión hídrica del suelo y aumentar la producción y productividad de los cultivos.

Condiciones de uso

Esta es una práctica que se recomienda para suelos con pendientes no muy pronunciadas (menor de 20%); en pendientes mayores pueden ocurrir daños por erosión sobre todo durante las aguaceros fuertes. En este caso, las pendientes $c=0,15298$ (15, 3%); $d= 0,16688$ (16,7%) y $e= 0,15778$ (15,8%) son las adecuadas

para llevar a cabo esta metodología. En la figura 23 se muestra los lugares en donde se propone implementar esta medida.

Figura 23: Mapa de implementación de surcos en contorno en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo



Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Los surcos en contorno son recomendables principalmente para terrenos dedicados a la instalación de cultivos de hilera o en limpio, aunque también pueden surcarse a nivel los terrenos que van a ser dedicados a cultivos densos.

El surcado en contorno es una práctica que puede ser fácilmente aplicada en lugares donde se usa la yunta, tracción equina o maquinaria agrícola para el surcado del terreno.

Diseño

El diseño de los surcos en contorno consiste en determinar su profundidad, distanciamiento, pendiente y longitud. La profundidad del surco depende del tipo de

suelo y cultivo a instalar. Cuando el cultivo se aporca, la profundidad puede alcanzar 30 cm o más.

El distanciamiento entre surcos es la distancia que debe existir entre hileras de plantas, dependiendo principalmente de la naturaleza del cultivo y de la tecnología empleada.

Los surcos deben tener pendiente cero (a nivel) o pueden tener una ligera pendiente del orden del uno al cinco por mil (1 a 5%), de acuerdo a las condiciones del suelo, precipitación de la zona, tipo de cultivo y según se trate de terrenos bajo riego o en seco.

En el caso en que se tenga que trazar surcos con pendientes, la longitud no debe ser mayor de 100m bajo ningún motivo. Los criterios de diseño pueden variar de acuerdo a las condiciones locales

Ventajas

- ✓ Una de las prácticas más sencillas y de más fácil aplicación para la conservación de suelo y el agua.
- ✓ Su construcción no implica gasto adicional importante en comparación al surcado tradicional (a favor de la pendiente).
- ✓ Para lugares sin tradición de conservación de suelo y agua, ésta es una práctica de más fácil adopción por parte de los agricultores.
- ✓ Puede servir como una práctica inicial para la futura adopción de otras prácticas más eficaces en el control de la erosión hídrica por parte de los agricultores.

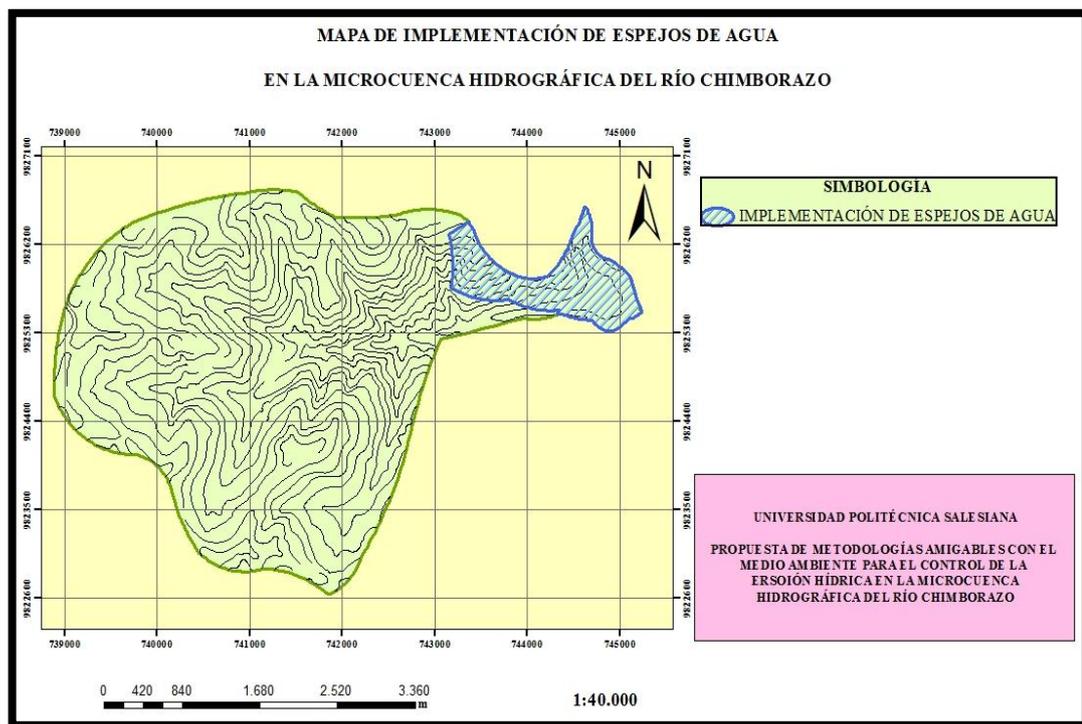
2.8.5. Espejos de agua

Descripción

Los espejos de agua, también llamados “cochas”, o pequeños reservorios de agua, son excavaciones que se hacen en las zonas de pastizales con el propósito de almacenar el agua de escurrimiento que proviene de la lluvia. Sirven de abrevaderos para el ganado y los animales silvestres. Estas excavaciones deben estar distribuidas

de tal manera que introduzcan al ganado a pastorear uniformemente en toda la zona de pasturas y evitar al mismo tiempo grandes caminatas al ganado para abreviar. En esta microcuenca, esta medida se aplicará en el suelo perteneciente a pastos naturales o artificiales, según el mapa de uso actual de suelo y formaciones vegetales esta metodología se evidencia en la figura 24.

Figura 24: Mapa de implementación de espejos de agua en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo



Elaborado por. Silvana Pacheco Díaz

Los espejos de agua permiten que el ganadero utilice cada hectárea de su pastizal prácticamente en cualquier día del año, tan frecuentemente como lo necesite. El pastoreo periódico y uniforme permite mayor producción de forraje de alto valor nutritivo.

Se debe tener cuidado que el talud de la excavación por el lado donde abrevarán los animales, sea de inclinación adecuada para evitarles posibles caídas.

Construcción

Las excavaciones se hacen a lo largo de las zanjas de infiltración en forma intercalada. En este caso las zanjas de infiltración tendrán una pendiente suave de 3 – 10%. Éstas, a su vez, se construyen comenzando desde la parte más alta de la cuenca o de las laderas hacia abajo.

Durante la construcción de las zanjas de infiltración se podrá conocer los tipos de suelos y por consiguiente localizar las áreas menos permeables (suelos pesados). Los espejos de agua se procurarán construir en estos suelos para que la percolación del agua sea mínima.

Los lugares húmedos también se notan fácilmente y son los mejores para la construcción de espejos de agua; ya que al efectuarse las excavaciones fácilmente aflora el agua. Si el suelo no es pesado, para evitar o reducir la infiltración del agua, el fondo y las paredes de las excavaciones se deben impermeabilizar con material fino o cualquier otro material cementante.

CAPÍTULO 3

MARCO LEGAL

3.1. Constitución de la República del Ecuador 2008 - Buen vivir

Título I: Elementos constitutivos del estado

Capítulo primero: Principios fundamentales

Art. 3.- Son deberes primordiales del Estado:

5. Planificar el desarrollo nacional, erradicar la pobreza, promover el desarrollo sustentable y la redistribución equitativa de los recursos y la riqueza, para acceder al buen vivir.

Título II: Derechos

Capítulo segundo: Derechos del buen vivir

Sección segunda: Ambiente sano

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Sección quinta: Educación

Art. 26.- La educación es un derecho de las personas a lo largo de su vida y un deber ineludible e inexcusable del Estado. Constituye un área prioritaria de la política pública y de la inversión estatal, garantía de la igualdad e inclusión social y condición indispensable para el buen vivir. Las personas, las familias y la sociedad tienen el derecho y la responsabilidad de participar en el proceso educativo.

Sección séptima: Salud

Art. 32.- La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir.

Capítulo séptimo: Derechos de la naturaleza

Art. 74.- Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir.

Los servicios ambientales no serán susceptibles de apropiación; su producción, prestación, uso y aprovechamiento serán regulados por el Estado.

Capítulo noveno: Responsabilidades

Art. 83.- Son deberes y responsabilidades de las ecuatorianas y los ecuatorianos, sin perjuicio de otros previstos en la Constitución y la ley:

7. Promover el bien común y anteponer el interés general al interés particular, conforme al buen vivir.

Título VII: Régimen del buen vivir

Capítulo primero: Inclusión y equidad

Sección octava: Ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales

Art. 385.- El sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, en el marco del respeto al ambiente, la naturaleza, la vida, las culturas y la soberanía, tendrá como finalidad:

1. Generar, adaptar y difundir conocimientos científicos y tecnológicos.
2. Recuperar, fortalecer y potenciar los saberes ancestrales.
3. Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir.

Art. 387.- Será responsabilidad del Estado:

2. Promover la generación y producción de conocimiento, fomentar la investigación científica y tecnológica, y potenciar los saberes ancestrales, para así contribuir a la realización del buen vivir, al Sumak Kawsay.

3.2. Constitución de la República del Ecuador 2008 - Suelo

Capítulo segundo: Biodiversidad y recursos naturales

Sección cuarta: Recursos naturales

Art. 408.- Son de propiedad inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado los recursos naturales no renovables y, en general, los productos del subsuelo, yacimientos minerales y de hidrocarburos, sustancias cuya naturaleza sea distinta de la del suelo, incluso los que se encuentren en las áreas cubiertas por las aguas del mar territorial y las zonas marítimas; así como la biodiversidad y su patrimonio genético y el espectro radioeléctrico. Estos bienes sólo podrán ser explotados en estricto cumplimiento de los principios ambientales establecidos en la Constitución.

3.3. Texto unificado de legislación ambiental secundaria (TULAS)

Libro VI de la Calidad Ambiental, en donde se dan las directrices nacionales sobre el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental a través del reglamento denominado Sistema Único de Manejo Ambiental SUMA, define los elementos regulatorios del Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental en aspectos de prevención y control de contaminación ambiental y promulga las nuevas Normas de Calidad Ambiental para los siguientes propósitos:

Anexo 1: Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: recurso agua

Libro VI: De la calidad ambiental

Título I: Del sistema único de manejo ambiental

Capítulo III: Del objetivo y los elementos principales del sub-sistema de evaluación de impacto ambiental

Art. 13.- Objetivo general de la evaluación de impactos ambientales. El objetivo general de la evaluación de impactos ambientales dentro del SUMA es garantizar el

acceso de funcionarios públicos y la sociedad en general a la información ambiental relevante de una actividad o proyecto propuesto previo a la decisión sobre la implementación o ejecución de la actividad o proyecto.

Para tal efecto, en el proceso de evaluación de impactos ambientales se determinan, describen y evalúan los potenciales impactos de una actividad o proyecto propuesto con respecto a las variables ambientales relevantes de los medios

- a. físico (agua, aire, suelo y clima);
- b. biótico (flora, fauna y sus hábitat);
- c. socio-cultural (arqueología, organización socio-económica, entre otros); y,
- d. salud pública

Título IV: Reglamento a la ley de gestión ambiental para la prevención y control de la contaminación ambiental

Capítulo I: Normas generales

Sección I

Art. 41.- Ámbito

El presente Título, establece los siguientes aspectos:

- a. Las normas generales nacionales aplicables a la prevención y control de la contaminación ambiental y de los impactos ambientales negativos de las actividades definidas por la Clasificación Ampliada de las Actividades Económicas de la versión vigente de la Clasificación Internacional Industrial Uniforme CIIU, adoptada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos;
- b. Las normas técnicas nacionales que fijan los límites permisibles de emisión, descargas y vertidos al ambiente; y,
- c. Los criterios de calidad de los recursos agua, aire y suelo, a nivel nacional.

Art. 42.- Objetivos específicos

- a. Determinar, a nivel nacional, los límites permisibles para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado; emisiones al aire incluyendo ruido, vibraciones y otras formas de energía; vertidos, aplicación o disposición de líquidos, sólidos o combinación, en el suelo.

- b. Establecer los criterios de calidad de un recurso y criterios u objetivos de remediación para un recurso afectado.

Art. 43.- Regulados ambientales

Son personas naturales o jurídicas, de derecho público o privado, nacionales o extranjeras, u organizaciones que a cuenta propia o a través de terceros, realizan en el territorio nacional y de forma regular o accidental, cualquier actividad que tenga el potencial de afectar la calidad de los recursos agua, aire o suelo como resultado de sus acciones u omisiones.

Capítulo VII: De las normas ambientales

Sección II: Elaboración de las normas de calidad ambiental

Art. 117.- Normas técnicas especiales

De considerarlo necesario, la AAN expedirá, normas técnicas ambientales de calidad para agua, aire y suelo, en áreas naturales, protegidas o no, que por su fragilidad y exposición a contaminantes de cualquier tipo, requieran protección especial.

3.4. Ley de aguas, codificación. Codificación 16, Registro Oficial 339 de 20 de Mayo del 2004

Art. 2.- Las aguas de ríos, lagos, lagunas, manantiales que nacen y mueren en la misma heredad, nevados, caídas naturales y otras fuentes y las aguas subterráneas afloradas o no, son bienes nacionales de uso público, están fuera del comercio y su dominio es inalienable e imprescriptible; no son susceptibles de posesión, accesión o cualquier otro modo de apropiación. No hay ni se reconocen derechos de dominio adquiridos sobre ellas y los preexistentes solo se limitan a su uso en cuanto sea eficiente y de acuerdo a esta ley.

Art. 22.- Prohíbese toda contaminación de las aguas, que afecte a la salud humana, o al desarrollo de la flora o la fauna.

3.5. Ley de prevención y control de la contaminación ambiental

Esta Ley fue expedida mediante decreto Supremo N° 374 del 21 de Mayo de 1976 publicada en el registro oficial N° 97, del mismo mes y año, tiene como finalidad fundamental precautelar la buena utilización y conservación de los recursos naturales del país, en pro del bienestar individual y colectivo. Muchos artículos de esta Ley han sido derogados por la Ley de Gestión Ambiental en tanto en cuanto se refieren a aspectos de institucionalidad y coordinación organizacional no existente en la actualidad.

3.6. Ley orgánica de la salud (Suplemento del R.O. 423 del 22/12/2006)

Libro segundo. Salud y seguridad ambiental.

CAPÍTULO 4

EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN LA MICROCUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CHIMBORAZO

En nuestro país es reciente la preocupación sobre el ambiente, llevándose a cabo acciones con el fin de evaluar los posibles impactos negativos que los proyectos de infraestructura rural producen sobre los recursos naturales, y demás aspectos socioculturales, estéticos y salud pública.

A fin de que las alteraciones negativas sean controladas para obtener un funcionamiento sostenido de los ecosistemas creados, es imprescindible realizar investigaciones orientadas a la evaluación de impactos ambientales en proyectos de desarrollo rural, adaptando metodologías estudiando con anticipación sus consecuencias, desde la concepción de la idea del proyecto hasta la operación y mantenimiento.

Las evaluaciones de impacto ambiental son indispensables para que las entidades financieras internacionales y nacionales otorguen los créditos respectivos al país, también sirven como documento de apoyo en la toma de decisiones técnicas y políticas sobre las estrategias de desarrollo, ejecución y administración de proyectos.

La evaluación de impacto ambiental es un procedimiento jurídico – administrativo que tiene por objetivo la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto o actividad produciría en caso de ser ejecutado, así como la prevención, corrección y valoración de los mismos, todo ello con el fin de ser aceptado, modificado o rechazado por parte de las distintas administraciones públicas competentes. (Cruz, Gallego, & González, 2009).

El Real Decreto 1.131/1998 de 30 de septiembre, que aprueba el Reglamento sobre Evaluación de Impacto Ambiental, define en su artículo quinto:

“Se entiende por Evaluación de Impacto Ambiental, el conjunto de estudios y sistemas técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución de un

determinado proyecto, obra o actividad, causa sobre el medio ambiente”. (Conesa & V., 2003)

4.1. Identificación y evaluación de impactos ambientales

4.1.1. Objetivos de la evaluación ambiental

La evaluación ambiental tiene los siguientes objetivos:

- Identificar y describir los potenciales impactos ambientales que se generen sobre los componentes del ambiente.
- Determinar la magnitud e importancia de los potenciales impactos ambientales en cada una de las actividades de las metodologías propuestas, identificando el cambio, positivo o negativo no deseable, que soportarían los componentes del ambiente biofísico y social.

4.1.2. Metodología de la evaluación ambiental

Para realizar la evaluación de impacto ambiental se utilizará la matriz de Leopold.

Fue el primer método que se estableció para las evaluaciones de impacto ambiental. Fue desarrollada por el Servicio Geológico del Departamento del Interior de Estados Unidos en el año 1971.

Este método consiste en un cuadro de doble entrada (matriz) en el que se disponen como filas los factores ambientales que pueden ser afectados y como columnas las acciones que vayan a tener lugar y que serán causa de los posibles impactos.

Los factores ambientales a introducir en la matriz de Leopold se agrupan según los siguientes tipos:

- Características físico-químicas: tierra, agua, atmósfera, procesos.
- Condiciones biológicas: flora, fauna.
- Factores culturales: uso del territorio, recreativos, estéticos y de interés humano, nivel cultural, servicios e infraestructura, medio antrópico.

- Relaciones ecológicas: salinización, eutrofización, vectores de enfermedades (insectos), cadenas alimentarias, invasiones de maleza, etc.
- Otros. (Conesa & V., 2003)

En este método se fijan como número de acciones posibles 100, y 88 el número de factores ambientales, con lo que el número de interacciones posibles será de $88 \times 100 = 8800$, aunque conviene destacar que, de éstas, son pocas las realmente importantes, pudiendo construir posteriormente una matriz reducida con las interacciones más relevantes, con lo cual resultará más cómodo operar ya que no suelen pasar de 50. Por lo tanto para este caso específico la matriz de Leopold será simplificada, es decir se tomarán en cuenta los factores aire, suelo, agua, flora, fauna y medio antrópico y las diferentes actividades a realizarse en cada metodología propuesta.

Cada cuadrícula de interacción se dividirá en dos partes iguales, haciendo constar en la parte izquierda la magnitud (M), precedida del signo + o -, según el impacto sea positivo o negativo en una escala del 1 al 10 (asignando el valor de 1 a la alteración mínima y el 10 a la máxima).

La magnitud expresa el grado de alteración potencial de la calidad ambiental del factor considerado. Hace referencia a la dimensión, trascendencia y medida del efecto en sí mismo.

En la parte derecha de la cuadrícula se sitúa, la importancia (I), también en escala de 1 al 10.

La importancia es un valor ponderal que proporciona el peso relativo del efecto potencial y refleja la significación y relevancia del mismo, así como la extensión o parte del entorno afectado.

Ambas estimaciones se realizan desde un punto de vista subjetivo al no existir criterios de valoración, pero si el equipo evaluador es multidisciplinar, la manera de operar será bastante objetiva en el caso en que los estudios que han servido como base presenten un buen nivel de detalle y se haya cuidado la independencia de juicio

de los componentes de dicho equipo. En este caso no hay un equipo interdisciplinario, ya que la evaluación será realizada por mi persona, con la ayuda del director de tesis y con todo el trabajo de investigación realizado.

El sumatorio por filas nos indicará las incidencias del conjunto sobre cada factor ambiental y por tanto, su fragilidad ante el proyecto. La suma por columnas nos indicará una valoración relativa del efecto que cada acción producirá en el medio, y por tanto, su agresividad. (Conesa & V., 2003)

Así pues, la matriz se convierte en un resumen y en el eje del estudio de impacto ambiental adjunto a la misma, que nos sirvió de base a la hora de evaluar la magnitud y la importancia.

En alguna ocasión, cuando se considere importante profundizar el análisis de impactos, se emplean varias sub-matrices descriptivas para analizar los componentes particulares de un proyecto (por ejemplo, para diferenciar entre impactos directos e indirectos o para cada fase de un proyecto).

Para la cumplimentación de una matriz de Leopold se llevará a cabo los siguientes pasos:

- Identificar todas las acciones del proyecto propuesto y situarlas en las columnas de la matriz.
- Identificar, con un nivel de desagregación adecuado, todos los componentes y factores ambientales que pudieran verse afectados por las acciones del proyecto y situarlas en la filas de la matriz, en este caso serán aire, suelo, agua y medio antrópico.
- Marcar las casillas de cruce en las que se prevea va a producirse un impacto, trazando una diagonal que divida en dos casillas de cruce, pero para este caso y por mayor facilidad de trabajo no se trazará la diagonal que divida las casillas, se lo hará en forma normal en cuadros separados, a la izquierda y derecha, colocando la magnitud e importancia respectivamente.
- Una vez completado el marcado de la matriz, en la parte izquierda de cada casilla se coloca un número del 1 al 10 que indica la magnitud del posible impacto (10

representa la mayor magnitud y 1 la menor). Si el impacto es beneficioso vendrá precedido por el signo +, y por el -, si es perjudicial.

- En la parte derecha de cada casilla, se coloca un número del 1 al 10 que indica la importancia del posible impacto (1 la menor importancia y 10 la mayor importancia).
- Se procede a la multiplicación de la magnitud por la importancia y se suman valores positivos y negativos, por filas y columnas.
- Finalmente se describirá el significado de las interrelaciones y efectos identificados en la matriz.

Es importante destacar que se deben evitar duplicaciones de las interacciones obtenidas en la matriz, ya que se nos puede presentar la misma interacción con distinto nombre, haciendo que se estudie por duplicado una misma interacción.

El procedimiento de evaluación ambiental se refiere a los siguientes elementos:

a. Identificación de impactos ambientales

Se realiza mediante un proceso de sobreposición de la información referente a las actividades de las metodologías a proponerse sobre el componente ambiental inventariado en el área de estudio y que incluye aspectos físicos, bióticos y sociales.

Para tal propósito se presenta una lista de chequeo, en donde los impactos del proyecto se enlistan para luego conformar una matriz de interacciones causa – efecto, la misma que constituye una herramienta cualitativa y permite realizar un análisis de las relaciones de causalidad entre una acción y sus efectos sobre el medio.

En una matriz de doble entrada se determina la interacción ambiental sobre la base del cruzamiento de las dos variables:

Tabla 16: Interacción ambiental de las variables para realizar la matriz de Leopold

Variables 1(Filas)	Componentes/recursos del ambiente
Variables 2 (Columnas)	Actividades de las metodologías a proponerse

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

b. Para la calificación y categorización de impactos ambientales

La calificación determina la magnitud e importancia de los impactos directos asociados a las actividades del proyecto, bajo criterios cuantitativos.

El proceso de calificación y valoración de impactos se basa en dos criterios: magnitud e importancia.

La *magnitud*, se refiere al ámbito espacial (extensión) del impacto en términos de superficie, volumen, población (tamaño), densidad, etc., a ser afectados por una actividad con relación al universo (extensión total) de un recurso y dentro del área considerada intervienen criterios de extensión. Si el impacto es beneficioso vendrá precedido por el signo +, y por el -, si es perjudicial. Por ejemplo: superficie de suelo afectado en su calidad agrológica, superficie de vegetación modificada por la erosión hídrica, etc. (Oviedo, 2006)

“La *importancia* está referida al “valor naturalístico” o “rareza” del recurso evaluado en términos de sensibilidad ambiental (calidad ambiental) y de permanencia del impacto en el tiempo (duración)”. (Oviedo, 2006)

Los criterios para calificación de la magnitud e importancia del impacto son:

- Magnitud del impacto:

Se lo califica de la siguiente manera:

Tabla 17: Magnitud de impacto

Calificación	Intensidad	Afectación
1	Baja	Baja
2	Baja	Media
3	Baja	Alta
4	Media	Baja
5	Media	Media
6	Media	Alta
7	Alta	Baja
8	Alta	Media
9	Alta	Alta
10	Muy alta	Alta

Fuente: (Conesa & V., 2003)

- **Importancia del impacto**

Se lo califica de la siguiente manera:

Tabla 18: Importancia del impacto

Calificación	Duración	Influencia
1	Temporal	Puntual
2	Media	Puntual
3	Permanente	Puntual
4	Temporal	Local
5	Media	Local
6	Permanente	Local
7	Temporal	Regional
8	Media	Regional
9	Permanente	Regional
10	Permanente	Regional

Fuente: (Conesa & V., 2003)

Con base a estos criterios, mediante el uso de una matriz de doble entrada se califica y valora el impacto en base a la representación de un quebrado: la **MAGNITUD** en el numerador y la **IMPORTANCIA** en el denominador. Ej. 1/1, 1/2, 3/1, etc.

La representación del quebrado no implica división, pues es la expresión numérica que se asigna a la magnitud e importancia propuesta en la presente metodología. Para la asignación de valores se utiliza las categorías, el valor y escala indicada en las tablas precedentes.

La matriz califica los impactos negativos y positivos, pues el objetivo de la EIA es establecer el grado de afectación que tiene cada una de las actividades que realizará la propuesta de metodologías amigables con el medio ambiente para el control de la erosión hídrica en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo sobre los diferentes componentes ambientales.

Luego se evalúa cada uno de los impactos, con base a una tabla en la cual se establece la escala dentro de la cual este obtiene un dictamen ambiental, de bajo, mediano y alto impacto ambiental, a través de la siguiente conceptualización y escala.

El dictamen ambiental, se refiere a la consideración efectuada por el evaluador en relación a la categoría, valor y escala del impacto obtenida luego del procedimiento efectuado en la calificación de impacto respecto de su magnitud e importancia. En la siguiente tabla se presenta la definición de la escala respecto a su dictamen ambiental.

Tabla 19: Dictamen ambiental

ESCALA	IMPACTO	DICTAMEN AMBIENTAL	
		CÓDIGO	DEFINICIÓN
41-60	ALTO	A	Impacto adverso, representa un resultado negativo nada deseable en términos de degradación de la calidad previa del factor ambiental considerado, desde la perspectiva ambiental. Tiene incidencia directa y mayor al 50% de los factores ambientales considerados (de la superficie, volumen, población, etc.) y su efecto es de tipo regional. Requiere de medidas estrictas y específicas.
21-40	MEDIO	B	Impacto adverso y directo, representa un resultado negativo nada deseable en términos de degradación de la calidad previa del factor ambiental considerado desde la perspectiva ambiental. Tiene incidencia del 25 al 50% de los factores ambientales considerados (superficie, volumen, población, etc.), su efecto es de tipo local. Exige la realización de medidas ambientales oportunas.
0-20	BAJO	C	Impacto adverso directo pequeño, representa una leve degradación de la calidad previa del factor ambiental considerado. Menos de 25 % de la superficie, volumen, población, etc. Requiere de medidas precautelatorias adecuadas para minimizar el daño ambiental.

Fuente: (Conesa & V., 2003)

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Al finalizar las matrices, se calculan de manera tal que se suman los valores de la multiplicación de la importancia y magnitud en cada fila y columna, y al final se obtiene un valor, el cual será referente para calificar el impacto ambiental. En base a todo lo descrito anteriormente se procede a la realización de la evaluación de impacto ambiental, tomando en consideración la metodología explicada y los cambios que se han realizada a la metodología original, para mayor facilidad de entendimiento del lector.

4.2. Matriz de evaluación de impactos ambientales

Tabla 20: Matriz de evaluación de impactos ambientales de la metodología zanjas de infiltración. Construcción.

FASE DE CONSTRUCCIÓN												
ACCIONES		Preparación y limpieza del terreno		Excavación		Conformación de la zanja		Presencia y actividades del personal		Número impactos (+)	Número impactos (-)	Agregación de impactos
FACTORES		M	I	M	I	M	I	M	I			
Aire	Emisiones de proceso	-1	1	-1	1	-1	1			0	3	-3
	Emisiones de combustión (Provenientes de vehículos)	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	0	4	-4
	Emisiones de Ruido	-1	1	-1	1	-1	1			0	3	-3
Suelo	Generación de desechos sólidos	-2	1	-1	1	-1	1	-1	1	0	4	-5
	Alteración de la calidad de suelo					-1	1			0	1	-1
Medio Biótico	Flora	-1	1	-1	1			-1	1	0	3	-3
	Fauna	-1	1	-1	1			-1	1	0	3	-3

FASE DE CONSTRUCCIÓN												
ACCIONES		Preparación y limpieza del terreno		Excavación		Conformación de la zanja		Presencia y actividades del personal		Número impactos (+)	Número impactos (-)	Agregación de impactos
		M	I	M	I	M	I	M	I			
Agua	Alteración de la calidad de agua superficial					-1	1	-1	1	0	2	-2
	Alteración de la calidad de agua subterránea					-1	1			0	1	-1
Medio Antrópico	Salud y seguridad	-1	1	-1	1	-1	1	2	1	1	3	-1
	Generación de empleo	3	1	3	1	3	1	3	1	4	0	12
Número impactos (+)		1		1		1		2		5	28	Agregación de impactos
Número impactos (-)		7		7		8		5				
Agregación de impactos		-5		-4		-5		0				-14

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Tabla 21: Matriz de evaluación de impactos ambientales de la metodología terrazas de absorción. Construcción.

FASE DE CONSTRUCCIÓN																
ACCIONES		Preparación y limpieza del terreno		Excavación		Conformación del ancho del terraplén		Conformación de vías de acceso		Conformación final de las terrazas		Presencia y actividades del personal		Número impactos (+)	Número impactos (-)	Agregación de impactos
		M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I			
Aire	Emisiones de proceso	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1			0	5	-5
	Emisiones de combustión (Provenientes de vehículos)	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	0	6	-6
	Emisiones de Ruido	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1					0	4	-4
Suelo	Generación de desechos sólidos	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	0	6	-6
	Alteración de la calidad de suelo			-1	1									0	1	-1
Medio Biótico	Flora	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	0	6	-6
	Fauna	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	0	6	-6

FASE DE CONSTRUCCIÓN																
ACCIONES		Preparación y limpieza del terreno		Excavación		Conformación del ancho del terraplén		Conformación de vías de acceso		Conformación final de las terrazas		Presencia y actividades del personal		Número impactos (+)	Número impactos (-)	Agregación de impactos
		M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I			
Agua	Alteración de la calidad de agua superficial			-1	1							-1	1	0	2	-2
	Alteración de la calidad de agua subterránea													0	0	0
Medio Antrópico	Salud y seguridad	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	3	1	1	5	-2
	Generación de empleo	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	6	0	18
Número impactos (+)		1		1		1		1		1		2		7	41	Agregación de impactos
Número impactos (-)		7		9		7		7		6		5				
Agregación de impactos		-4		-6		-4		-4		-3		1				-20

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Tabla 22: Matriz de evaluación de impactos ambientales de la metodología andenes. Construcción.

FASE DE CONSTRUCCIÓN																		
ACCIONES		Preparación y limpieza del terreno		Excavación del terreno para enterrar los muros		Colocación de tierra en la base de los muros para tener estabilidad		Conformación de caminos de acceso y canales de desviación de agua		Conformación de los muros de piedra con una inclinación adecuada		Colocación del relleno con la tierra de cultivo		Presencia y actividades del personal		Número impactos (+)	Número impactos (-)	Agregación de impactos
		M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I			
Aire	Emisiones de proceso	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1			0	6	-6
	Emisiones de combustión (Provenientes de vehículos)	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1			0	6	-6
	Emisiones de Ruido			-1	1			-1	1							0	2	-2
Suelo	Generación de desechos sólidos	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	0	7	-7
	Alteración de la calidad de suelo			-1	1											0	1	-1
Medio Biótico	Flora	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1			-1	1	0	6	-6
	Fauna	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1			-1	1	0	6	-6

FASE DE CONSTRUCCIÓN																		
ACCIONES		Preparación y limpieza del terreno		Excavación del terreno para enterrar los muros		Colocación de tierra en la base de los muros para tener estabilidad		Conformación de caminos de acceso y canales de desviación de agua		Conformación de los muros de piedra con una inclinación adecuada		Colocación del relleno con la tierra de cultivo		Presencia y actividades del personal		Número impactos (+)	Número impactos (-)	Agregación de impactos
		M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I			
Agua	Alteración de la calidad de agua superficial			-1	1									-1	1	0	2	-2
	Alteración de la calidad de agua subterránea															0	0	0
Medio Antrópico	Salud y seguridad	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	3	1	1	6	-3
	Generación de empleo	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	7	0	21
Número impactos (+)		1		1		1		1		1		1		2		8	42	Agregación de impactos
Número impactos (-)		6		9		6		7		6		4		4				
Agregación de impactos		-3		-6		-3		-4		-3		-1		2				-18

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Tabla 23: Matriz de evaluación de impactos ambientales de la metodología surcos en contorno. Construcción.

FASE DE CONSTRUCCIÓN												
ACCIONES		Preparación y limpieza del terreno		Excavación		Remoción del terreno y finalización de los surcos		Presencia y actividades del personal		Número impactos (+)	Número impactos (-)	Agregación de impactos
		M	I	M	I	M	I	M	I			
Aire	Emisiones de proceso	-1	1	-1	1	-1	1			0	3	-3
	Emisiones de combustión (Provenientes de vehículos)	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	0	4	-4
	Emisiones de Ruido	-1	1	-1	1	-1	1			0	3	-3
Suelo	Generación de desechos sólidos	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	0	4	-4
	Alteración de la calidad de suelo			-1	1					0	1	-1
Medio Biótico	Flora	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	0	4	-4
	Fauna	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	0	4	-4

FASE DE CONSTRUCCIÓN												
ACCIONES		Preparación y limpieza del terreno		Excavación		Remoción del terreno y finalización de los surcos		Presencia y actividades del personal		Número impactos (+)	Número impactos (-)	Agregación de impactos
		M	I	M	I	M	I	M	I			
Agua	Alteración de la calidad de agua superficial			-1	1			-1	1	0	2	-2
	Alteración de la calidad de agua subterránea									0	0	0
Medio Antrópico	Salud y seguridad	-1	1	-1	1	-1	1	3	1	1	3	0
	Generación de empleo	3	1	3	1	3	1	3	1	4	0	12
Número impactos (+)		1		1		1		2		5	28	Agregación de impactos
Número impactos (-)		7		9		7		5				
Agregación de impactos		-4		-6		-4		1				-13

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Tabla 24: Matriz de evaluación de impactos ambientales de la metodología espejos de agua. Construcción.

FASE DE CONSTRUCCIÓN												
ACCIONES		Preparación y limpieza del terreno		Excavación		Formación de los espejos de agua en suelos no permeables		Presencia y actividades del personal		Número impactos (+)	Número impactos (-)	Agregación de impactos
		M	I	M	I	M	I	M	I			
Aire	Emisiones de proceso	-1	1	-1	1	-1	1			0	3	-3
	Emisiones de combustión (Provenientes de vehículos)	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	0	4	-4
	Emisiones de Ruido	-1	1	-1	1	-1	1			0	3	-3
Suelo	Generación de desechos sólidos	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	0	4	-4
	Alteración de la calidad de suelo			-1	1					0	1	-1
Medio Biótico	Flora	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	0	4	-4
	Fauna	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	0	4	-4

FASE DE CONSTRUCCIÓN												
ACCIONES		Preparación y limpieza del terreno		Excavación		Formación de los espejos de agua en suelos no permeables		Presencia y actividades del personal		Número impactos (+)	Número impactos (-)	Agregación de impactos
		M	I	M	I	M	I	M	I			
Agua	Alteración de la calidad de agua superficial			-1	1			-1	1	0	2	-2
	Alteración de la calidad de agua subterránea			-1	1			-1	1	0	2	-2
Medio Antrópico	Salud y seguridad	-1	1	-1	1	-1	1	3	1	1	3	0
	Generación de empleo	3	1	3	1	3	1	3	1	4	0	12
Número impactos (+)		1		1		1		2		5	30	Agregación de impactos
Número impactos (-)		7		10		7		6				
Agregación de impactos		-4		-7		-4		0				-15

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Tabla 25: Matriz de evaluación de impactos ambientales de la metodología zanjas de infiltración. Operación.

FASE DE OPERACIÓN										
ACCIONES		Interceptar el agua de escorrentía		Aumento de la productividad del suelo		Conservación del caudal principal		Número impactos (+)	Número impactos (-)	Agregación de impactos
FACTORES		M	I	M	I	M	I			
Aire	Emisiones de proceso							0	0	0
	Emisiones de combustión (Provenientes de vehículos)							0	0	0
	Emisiones de Ruido							0	0	0
Suelo	Generación de desechos sólidos							0	0	0
	Alteración de la calidad de suelo	2	1	2	1			2	0	4
Medio Biótico	Flora	1	1					1	0	1
	Fauna	1	1					1	0	1

FASE DE OPERACIÓN										
ACCIONES		Interceptar el agua de escorrentía		Aumento de la productividad del suelo		Conservación del caudal principal		Número impactos (+)	Número impactos (-)	Agregación de impactos
FACTORES		M	I	M	I	M	I			
Agua	Alteración de la calidad de agua superficial	2	1	2	1	2	1	3	0	6
	Alteración de la calidad de agua subterránea					2	1	1	0	2
Medio Antrópico	Salud y seguridad	1	1	1	1	1	1	3	0	3
	Generación de empleo	1	1	3	1	2	1	3	0	6
Número impactos (+)		6		4		4		14	0	Agregación de impactos
Número impactos (-)		0		0		0				
Agregación de impactos		8		8		7				23

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Tabla 26: Matriz de evaluación de impactos ambientales de la metodología terrazas de absorción. Operación.

FASE DE OPERACIÓN												
ACCIONES		Área de suelo disponible para cultivo		Aumento de la productividad del suelo		Almacena mayor cantidad de agua para cultivo		Uso eficiente de insumos y herramientas para cultivo		Número impactos (+)	Número impactos (-)	Agregación de impactos
FACTORES		M	I	M	I	M	I	M	I			
Aire	Emisiones de proceso									0	0	0
	Emisiones de combustión (Provenientes de vehículos)									0	0	0
	Emisiones de Ruido									0	0	0
Suelo	Generación de desechos sólidos									0	0	0
	Alteración de la calidad de suelo	2	1	2	1	1	1	1	1	4	0	6
Medio Biótico	Flora	1	1							1	0	1
	Fauna	1	1							1	0	1

FASE DE OPERACIÓN												
ACCIONES		Área de suelo disponible para cultivo		Aumento de la productividad del suelo		Almacena mayor cantidad de agua para cultivo		Uso eficiente de insumos y herramientas para cultivo		Número impactos (+)	Número impactos (-)	Agregación de impactos
FACTORES		M	I	M	I	M	I	M	I			
Agua	Alteración de la calidad de agua superficial	2	1	2	1	2	1	2	1	4	0	8
	Alteración de la calidad de agua subterránea					2	1	1	1	2	0	3
Medio Antrópico	Salud y seguridad	1	1	1	1	1	1	1	1	4	0	4
	Generación de empleo	1	1	3	1	1	1	3	1	4	0	8
Número impactos (+)		6		4		5		5		20	0	Agregación de impactos
Número impactos (-)		0		0		0						
Agregación de impactos		8		8		7		8				31

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Tabla 27: Matriz de evaluación de impactos ambientales de la metodología andenes. Operación.

FASE DE OPERACIÓN												
ACCIONES		Área de suelo disponible para cultivo		Aumento de la productividad del suelo		Aprovechamiento del agua lluvia o de escurrimiento		Uso eficiente de insumos y herramientas para cultivo		Número impactos (+)	Número impactos (-)	Agregación de impactos
FACTORES		M	I	M	I	M	I	M	I			
Aire	Emisiones de proceso									0	0	0
	Emisiones de combustión (Provenientes de vehículos)									0	0	0
	Emisiones de Ruido									0	0	0
Suelo	Generación de desechos sólidos									0	0	0
	Alteración de la calidad de suelo	2	1	2	1			1	1	3	0	5
Medio Biótico	Flora	1	1							1	0	1
	Fauna	1	1							1	0	1

FASE DE OPERACIÓN												
ACCIONES		Área de suelo disponible para cultivo		Aumento de la productividad del suelo		Aprovechamiento del agua lluvia o de escurrimiento		Uso eficiente de insumos y herramientas para cultivo		Número impactos (+)	Número impactos (-)	Agregación de impactos
FACTORES		M	I	M	I	M	I	M	I			
Agua	Alteración de la calidad de agua superficial	2	1	2	1	2	1	2	1	4	0	8
	Alteración de la calidad de agua subterránea					2	1	1	1	2	0	3
Medio Antrópico	Salud y seguridad	1	1	1	1	1	1	1	1	4	0	4
	Generación de empleo	1	1	3	1	1	1	3	1	4	0	8
Número impactos (+)		6		4		4		5		19	0	Agregación de impactos
Número impactos (-)		0		0		0		0				
Agregación de impactos		8		8		6		8				30

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Tabla 28: Matriz de evaluación de impactos ambientales de la metodología surcos en contorno. Operación.

FASE DE OPERACIÓN										
ACCIONES		Reduce la velocidad de escurrimiento del agua		Favorece mayor infiltración del agua		Aumento de la productividad del suelo		Número impactos (+)	Número impactos (-)	Agregación de impactos
FACTORES		M	I	M	I	M	I			
Aire	Emisiones de proceso							0	0	0
	Emisiones de combustión (Provenientes de vehículos)							0	0	0
	Emisiones de Ruido							0	0	0
Suelo	Generación de desechos sólidos							0	0	0
	Alteración de la calidad de suelo	2	1	2	1			2	0	4
Medio Biótico	Flora	1	1					1	0	1
	Fauna	1	1					1	0	1

FASE DE OPERACIÓN										
ACCIONES		Reduce la velocidad de escurrimiento del agua		Favorece mayor infiltración del agua		Aumento de la productividad del suelo		Número impactos (+)	Número impactos (-)	Agregación de impactos
		M	I	M	I	M	I			
Agua	Alteración de la calidad de agua superficial	2	1	2	1	2	1	3	0	6
	Alteración de la calidad de agua subterránea			2	1	2	1	1	0	4
Medio Antrópico	Salud y seguridad	1	1	1	1	1	1	3	0	3
	Generación de empleo	1	1	1	1	3	1	3	0	5
Número impactos (+)		6		5		3		14	0	Agregación de impactos
Número impactos (-)		0		0		0				
Agregación de impactos		8		8		8				24

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Tabla 29: Matriz de evaluación de impactos ambientales de la metodología espejos de agua. Operación.

FASE DE OPERACIÓN										
ACCIONES		Almacenar el agua de escurrimiento de lluvia		Abrevaderos para el ganado y animales silvestres		Mayor producción de forraje por el pastoreo periódico		Número impactos (+)	Número impactos (-)	Agregación de impactos
FACTORES		M	I	M	I	M	I			
Aire	Emisiones de proceso							0	0	0
	Emisiones de combustión (Provenientes de vehículos)							0	0	0
	Emisiones de Ruido							0	0	0
Suelo	Generación de desechos sólidos							0	0	0
	Alteración de la calidad de suelo	1	1	2	1	1	1	3	0	4
Medio Biótico	Flora	1	1					1	0	1
	Fauna	1	1	2	1	1	1	3	0	4

FASE DE OPERACIÓN										
ACCIONES		Almacenar el agua de escurrimiento de lluvia		Abrevaderos para el ganado y animales silvestres		Mayor producción de forraje por el pastoreo periódico		Número impactos (+)	Número impactos (-)	Agregación de impactos
FACTORES		M	I	M	I	M	I			
Agua	Alteración de la calidad de agua superficial	2	1	2	1	2	1	3	0	6
	Alteración de la calidad de agua subterránea					2	1	1	0	2
Medio Antrópico	Salud y seguridad	1	1	1	1	1	1	3	0	3
	Generación de empleo	1	1	1	1	3	1	3	0	5
Número impactos (+)		6		5		6		17	0	Agregación de impactos
Número impactos (-)		0		0		0				
Agregación de impactos		7		8		10				25

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

4.3. Conclusiones y resultados de la evaluación ambiental

Tabla 30: Rangos de calificación ambiental

Escalas del impacto ambiental		
Alto	Medio	Bajo
41-60	21-40	0-20

Fuente: (Conesa & V., 2003)

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Interpretación de la metodología zanjas de infiltración:

Considerando las actividades que se desarrollan en la fase de construcción de las zanjas de infiltración, el estado actual de los factores sociales y físicos del área de influencia, directa e indirecta, se desprende que el efecto negativo neto del proyecto en esta fase es bajo (-14), siendo las actividades de preparación y limpieza del terreno (-5) y conformación de las zanjas (-5) las que valor negativo más significativo alcanzan así como el recurso suelo el más impactado a través de la generación de desechos sólidos (-5) y el factor aire a través de las emisiones de combustión provenientes de vehículos (-4), y el factor medio antrópico a través de la generación de empleo (+12). El impacto generado con esta actividad es de -14, lo que significa que es un impacto bajo, y que según el dictamen ambiental el impacto es adverso directo pequeño, representa una leve degradación de la calidad previa del factor ambiental considerado, menos de 25 % de la superficie, volumen, población, etc., requiere de medidas precautelatorias adecuadas para minimizar el daño ambiental.

Considerando las actividades que se desarrollan en la fase de operación, se obtiene un efecto positivo neto que es medio y su valor es de +23, siendo la intercepción del agua de escorrentía (+8) y el aumento de la productividad del suelo (+8), las actividades que mayor valor tienen, así como el factor agua a través de la alteración de la calidad de agua (+6) y el factor antrópico a través de la generación de empleo (+6). Por lo tanto es un impacto favorable y directo, representa un resultado positivo deseable en términos de mejoramiento de la calidad previa del factor ambiental

considerado desde la perspectiva ambiental. Tiene incidencia del 25 al 50% de los factores ambientales considerados (superficie, volumen, población, etc.), su efecto es de tipo local.

Con lo que se comprueba es que esta metodología si es amigable con el medio ambiente, en la fase de operación, más no en la de construcción.

Se recomienda la aplicación de un plan de manejo ambiental que contenga principalmente medidas de prevención, control, mitigación, compensación ambiental y comunitaria, lo cual permitirá que la construcción del proyecto sea ambientalmente manejable.

Interpretación de la metodología terrazas de absorción:

Considerando las actividades que se desarrollan en la fase de construcción de las terrazas de absorción, el estado actual de los factores sociales y físicos del área de influencia, directa e indirecta, se desprende que el efecto negativo neto del proyecto en esta fase es bajo (-20), siendo las actividades de excavación (-6) y preparación y limpieza del terreno, conformación del ancho del terraplén y conformación de vías de acceso (-4) las que valor negativo más significativo alcanzan así como el recurso suelo a través de la generación de desechos sólidos (-7) y el aire a través de las emisiones del proceso y emisiones de combustión provenientes de vehículos (-6). Y la actividad que más valor positivo alcanza es presencia y actividades del personal (+2), así como el recurso medio antrópico a través de la generación de empleo (+21). El impacto generado con esta actividad es de -20, lo que significa que es un impacto bajo, y que según el dictamen ambiental el impacto es adverso directo pequeño, representa una leve degradación de la calidad previa del factor ambiental considerado, menos de 25 % de la superficie, volumen, población, etc., requiere de medidas precautelatorias adecuadas para minimizar el daño ambiental.

Considerando las actividades que se desarrollan en la fase de operación, se obtiene un efecto positivo neto que es medio y su valor es de +31, siendo el área de suelo disponible para cultivo (+8), aumento de la productividad del suelo (+8) y uso eficiente de insumos y herramientas para cultivos (+8), las actividades que mayor

valor tienen, así como el factor agua a través de la alteración de la calidad de agua (+8) y el factor antrópico a través de la generación de empleo (+8). Por lo tanto es un impacto favorable y directo, representa un resultado positivo deseable en términos de mejoramiento de la calidad previa del factor ambiental considerado desde la perspectiva ambiental. Tiene incidencia del 25 al 50% de los factores ambientales considerados (superficie, volumen, población, etc.), su efecto es de tipo local.

Con lo que se comprueba es que esta metodología si es amigable con el medio ambiente, en la fase de operación, más no en la de construcción.

Se recomienda la aplicación de un plan de manejo ambiental que contenga principalmente medidas de prevención, control, mitigación, compensación ambiental y comunitaria, lo cual permitirá que la construcción del proyecto sea ambientalmente manejable.

Interpretación de la metodología andenes:

Considerando las actividades que se desarrollan en la fase de construcción de las terrazas de absorción, el estado actual de los factores sociales y físicos del área de influencia, directa e indirecta, se desprende que el efecto negativo neto del proyecto en esta fase es bajo (-18), siendo las actividades de excavación del terreno para enterrar los muros (-6) y conformación de caminos de acceso y canales de desviación de agua (-4) las que valor negativo más significativo alcanzan así como el recurso aire a través de las emisiones de combustión provenientes de vehículos, el suelo a través de la generación de desechos sólidos y el medio biótico con flora y fauna (-6). Y la actividad que más valor positivo alcanza es presencia y actividades del personal (+1), así como el recurso medio antrópico a través de la generación de empleo (+18).

El impacto generado con esta actividad es de -17, lo que significa que es un impacto bajo, y que según el dictamen ambiental el impacto es adverso directo pequeño, representa una leve degradación de la calidad previa del factor ambiental

considerado, menos de 25 % de la superficie, volumen, población, etc., requiere de medidas precautelatorias adecuadas para minimizar el daño ambiental.

Considerando las actividades que se desarrollan en la fase de operación, se obtiene un efecto positivo neto que es medio y su valor es de +30, siendo el área de suelo disponible para cultivo (+8), aumento de la productividad del suelo (+8) y uso eficiente de insumos y herramientas para cultivos (+8), las actividades que mayor valor tienen, así como el factor agua a través de la alteración de la calidad de agua (+8) y el factor antrópico a través de la generación de empleo (+8). Por lo tanto es un impacto favorable y directo, representa un resultado positivo deseable en términos de mejoramiento de la calidad previa del factor ambiental considerado desde la perspectiva ambiental. Tiene incidencia del 25 al 50% de los factores ambientales considerados (superficie, volumen, población, etc.), su efecto es de tipo local.

Con lo que se comprueba es que esta metodología si es amigable con el medio ambiente, en la fase de operación, más no en la de construcción.

Se recomienda la aplicación de un plan de manejo ambiental que contenga principalmente medidas de prevención, control, mitigación, compensación ambiental y comunitaria, lo cual permitirá que la construcción del proyecto sea ambientalmente manejable.

Interpretación de la metodología surcos en contorno:

Considerando las actividades que se desarrollan en la fase de construcción de las terrazas de absorción, el estado actual de los factores sociales y físicos del área de influencia, directa e indirecta, se desprende que el efecto negativo neto del proyecto en esta fase es bajo (-13), siendo las actividades de excavación (-6) y preparación y limpieza del terreno y remoción del terreno y finalización de los surcos (-4) las que valor negativo más significativo alcanzan así como el recurso aire a través de las emisiones de combustión provenientes de vehículos, el suelo a través de la generación de desechos sólidos y el medio biótico con flora y fauna (-4). Y la actividad que más valor positivo alcanza es presencia y actividades del personal (+1), así como el recurso medio antrópico a través de la generación de empleo (+12).

El impacto generado con esta actividad es de -13, lo que significa que es un impacto bajo, y que según el dictamen ambiental el impacto es adverso directo pequeño, representa una leve degradación de la calidad previa del factor ambiental considerado, menos de 25 % de la superficie, volumen, población, etc., requiere de medidas precautelatorias adecuadas para minimizar el daño ambiental.

Considerando las actividades que se desarrollan en la fase de operación, se obtiene un efecto positivo neto que es medio y su valor es de +24, siendo la reducción de la velocidad de escurrimiento del agua (+8), mayor infiltración del agua (+8) y aumento de la productividad del suelo (+8), las actividades que mayor valor tienen, así como el factor agua a través de la alteración de la calidad de agua (+6) y el factor antrópico a través de la generación de empleo (+5). Por lo tanto es un impacto favorable y directo, representa un resultado positivo deseable en términos de mejoramiento de la calidad previa del factor ambiental considerado desde la perspectiva ambiental. Tiene incidencia del 25 al 50% de los factores ambientales considerados (superficie, volumen, población, etc.), su efecto es de tipo local.

Con lo que se comprueba es que esta metodología si es amigable con el medio ambiente, en la fase de operación, más no en la de construcción.

Se recomienda la aplicación de un plan de manejo ambiental que contenga principalmente medidas de prevención, control, mitigación, compensación ambiental y comunitaria, lo cual permitirá que la construcción del proyecto sea ambientalmente manejable.

Interpretación de la metodología espejos de agua:

Considerando las actividades que se desarrollan en la fase de construcción de las terrazas de absorción, el estado actual de los factores sociales y físicos del área de influencia, directa e indirecta, se desprende que el efecto negativo neto del proyecto en esta fase es bajo (-15), siendo las actividades de excavación (-7) y preparación y limpieza del terreno y remoción del terreno y formación de los espejos de agua en suelos no permeables (-4) las que valor negativo más significativo alcanzan así como el recurso aire a través de las emisiones de combustión provenientes de vehículos, el

suelo a través de la generación de desechos sólidos y el medio biótico con flora y fauna (-4), así como el recurso medio antrópico a través de la generación de empleo (+12).

El impacto generado con esta actividad es de -15, lo que significa que es un impacto bajo, y que según el dictamen ambiental el impacto es adverso directo pequeño, representa una leve degradación de la calidad previa del factor ambiental considerado, menos de 25 % de la superficie, volumen, población, etc., requiere de medidas precautelatorias adecuadas para minimizar el daño ambiental.

Considerando las actividades que se desarrollan en la fase de operación, se obtiene un efecto positivo neto que es medio y su valor es de +25, siendo la mayor producción de forraje por el pastoreo periódico (+10), y el uso como abrevaderos para el ganado y animales silvestres (+8), las actividades que mayor valor tienen, así como el factor agua a través de la alteración de la calidad de agua (+6) y el factor antrópico a través de la generación de empleo (+5). Por lo tanto es un impacto favorable y directo, representa un resultado positivo deseable en términos de mejoramiento de la calidad previa del factor ambiental considerado desde la perspectiva ambiental. Tiene incidencia del 25 al 50% de los factores ambientales considerados (superficie, volumen, población, etc.), su efecto es de tipo local.

Con lo que se comprueba es que esta metodología si es amigable con el medio ambiente, en la fase de operación, más no en la de construcción.

Se recomienda la aplicación de un plan de manejo ambiental que contenga principalmente medidas de prevención, control, mitigación, compensación ambiental y comunitaria, lo cual permitirá que la construcción del proyecto sea ambientalmente manejable.

A continuación se presenta una figura en la que constan las metodologías a proponerse de acuerdo a las matrices de evaluación de impacto ambiental en la fase de operación, se muestra los lugares ideales a sugerir la implementación de estas metodologías.

CONCLUSIONES

- a. De acuerdo con lo planteado al principio del trabajo de tesis, se analizaron las pendientes existentes en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo, plasmándolo en mapas, con lo cual es visible observar los lugares establecidos para cada una de las medidas propuestas.

La pendiente más pronunciada o fuerte que tiene la microcuenca en estudio es de 48,9% (0,48998), ubicada entre la quebrada Pacha y la quebrada Saramote, y el área con menos o poca pendiente es de 15,2% (0,15298), ubicada entre el río Pasoazo y el cerro Palahuazo.

La metodología terrazas de absorción es viable implementarla en pendiente fuertes mayores a 20% y de poca pendiente menores a 20%, es decir, esta metodología es posible ubicarla en cualquier lugar de la microcuenca, siempre y cuando tomando en cuenta ciertos parámetros en cuanto a su construcción.

La metodología de andenes es posible ubicarla solo en lugares con pendientes entre 20 y 40%, es decir esta medida no es posible aplicarla en toda la microcuenca, solo específicamente en cinco lugares o áreas que son bajo el cerro Quishuar, entre la quebrada Doblac y Machiurco, entre la quebrada Rayo Pamba y la quebrada Potiorumi, entre la quebrada Potiorumi y la quebrada Pacha, y entre la quebrada Saramote y el límite de la microcuenca, y los valores de las pendientes son 27,7% (0,27695), 24,8% (0,24761), 31,4% (0,31475), 24,9% (0,24998) y 26,4% (0,26434) respectivamente.

Para la metodología surcos en contorno es posible ubicarlas en las pendientes con un valor de 15,3% (0,15298), 16,7% (0,16688) y 15,8% (0,15778), correspondientes a las áreas entre el río Pasoazo y el cerro Palahuazo, entre el río Pasoazo y la quebrada Achulle y entre la quebrada Achulle y la quebrada Rayo Pamba respectivamente.

Con este análisis de pendientes se podrá tener una visión más clara de las medidas que se pueden o no implementar, para este caso específico, todas las metodologías propuestas se adaptan a la topografía del terreno de la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo, ya que las metodologías terrazas de absorción, andenes y surcos en contorno específicamente requieren un valor específico de pendiente para su construcción e implementación, y las otras dos zanjas de infiltración y espejos de agua no requieren de ningún análisis de pendiente en especial, por lo tanto es posible y deseable implementar estas metodologías para evitar la erosión hídrica en la microcuenca en estudio.

- b. Con relación a los impactos potenciales positivos o negativos que generarían estas metodologías a ser propuestas, se analizan mediante una matriz de impactos ambientales, la escogida es la matriz de Leopold, que evalúa los posibles impactos que tal actividad genera. Esta matriz es muy subjetiva y pertenece solamente al criterio de las personas que aportaron a este trabajo de tesis, con lo que esta matriz puede cambiar las valoraciones y por ende sus resultados.

Los potenciales impactos ambientales que se generan sobre los componentes del ambiente se determinan evaluando a cada metodología propuesta así:

- Metodología zanjas de infiltración

Las actividades que se realizan para llevar a cabo la construcción de esta metodología son preparación y limpieza del terreno, excavación y conformación de la zanja y presencia y actividades del personal, las cuales generan un impacto negativo con valores de -5, -4, -5 y 0 respectivamente; lo que quiere decir que las actividades a realizarse afectan negativamente a los factores ambientales. Pero existe cierta fragilidad de los factores ambientales ante el proyecto como son aire, suelo, medio biótico y agua con valores de -4 - 5, -6 y -2 respectivamente, lo que significa que estos factores son los más vulnerables de sufrir alguna alteración, y el medio antrópico con un valor positivo de +12 por lo tanto con este indicativo habría que prestar mayor atención para no provocar un daño significativo, los daños serán de intensidad media y afectación baja para el aire, de intensidad media y afectación media

para el suelo, de intensidad media y afectación alta para el medio biótico, y de intensidad baja y afectación media para el agua. La matriz de evaluación da un resultado de -14, lo que significa que es un impacto bajo, y que según el dictamen ambiental el impacto es adverso directo pequeño, representa una leve degradación de la calidad previa de los factores ambientales, menos de 25 % de la superficie, volumen, población, etc., requiere de medidas precautelatorias adecuadas para minimizar el daño ambiental.

Dentro de las actividades para la operación de esta metodología están interceptar el agua de escorrentía, aumento de la productividad del suelo y la conservación del caudal principal, las que generan un impacto positivo de +8, +8 y +7 respectivamente. También dentro de los factores que son afectados positivamente están suelo, medio biótico, agua y medio antrópico, con valores de +4, +2, +8 y +9 respectivamente. La matriz de evaluación da un resultado de +23, lo que significa que es un impacto favorable y directo, representa un resultado positivo deseable en términos de mejoramiento de la calidad previa del factor ambiental considerado desde la perspectiva ambiental. Tiene incidencia del 25 al 50% de los factores ambientales considerados (superficie, volumen, población, etc.), su efecto es de tipo local.

- **Metodología terrazas de absorción**

Las actividades que se realizan para llevar a cabo la construcción de esta metodología son preparación y limpieza del terreno, excavación, conformación del ancho del terraplén, conformación de vías de acceso, conformación final de las terrazas y presencia y actividades del personal, las cuales generan un impacto negativo y positivo con valores de -4, -6, -4, -4, -3 y +1 respectivamente; lo que quiere decir que las actividades a realizarse afectan negativamente a los factores ambientales. Pero existe cierta fragilidad de los factores ambientales ante el proyecto como son aire, suelo, medio biótico y agua con valores de -6 -6, -6 y -2 respectivamente, lo que significa que estos factores son los más vulnerables de sufrir alguna alteración, y el medio antrópico con un valor positivo de +18 por lo tanto con este indicativo habría que prestar mayor atención para no provocar un daño significativo, los daños serán de intensidad media y afectación alta para el aire, suelo y medio biótico,

y de intensidad baja y afectación media para el agua. La matriz de evaluación da un resultado de -20, lo que significa que es un impacto bajo, y que según el dictamen ambiental el impacto es adverso directo pequeño, representa una leve degradación de la calidad previa de los factores ambientales, menos de 25 % de la superficie, volumen, población, etc., requiere de medidas precautelatorias adecuadas para minimizar el daño ambiental.

Dentro de las actividades para la operación de esta metodología están área de suelo disponible para cultivo, aumento de la productividad del suelo, almacenar mayor cantidad de agua para cultivo y uso eficiente de insumos y herramientas para cultivo las que generan un impacto positivo de +8, +8, +7 y +8 respectivamente. También dentro de los factores que son afectados positivamente están suelo, medio biótico, agua y medio antrópico, con valores de +6, +2, +8 y +8 respectivamente. La matriz de evaluación da un resultado de +31, lo que significa que es un impacto favorable y directo, representa un resultado positivo deseable en términos de mejoramiento de la calidad previa del factor ambiental considerado desde la perspectiva ambiental. Tiene incidencia del 25 al 50% de los factores ambientales considerados (superficie, volumen, población, etc.), su efecto es de tipo local.

- **Metodología andenes**

Las actividades que se realizan para llevar a cabo la construcción de esta metodología son preparación y limpieza del terreno, excavación del terreno para enterrar los muros, colocación de tierra en la base de los muros para tener estabilidad, conformación de caminos de acceso y canales de desviación de agua, conformación de los muros de piedra con una inclinación adecuada, colocación del relleno con la tierra de cultivo y presencia y actividades del personal, las cuales generan un impacto negativo y positivo con valores de -3, -6, -3, -4, -3, -1 y +2 respectivamente; lo que quiere decir que las actividades a realizarse afectan negativamente a los factores ambientales. Pero existe cierta fragilidad de los factores ambientales ante el proyecto como son aire, suelo, medio biótico y agua con valores de -6 -7, -6 y -2 respectivamente, lo que significa que estos factores son los más vulnerables de sufrir alguna alteración, y el medio antrópico con un valor positivo de +21 por lo tanto con este

indicativo habría que prestar mayor atención para no provocar un daño significativo, los daños serán de intensidad media y afectación alta para el aire, de intensidad alta y afectación baja para el suelo, de intensidad media y afectación alta para el medio biótico, y de intensidad baja y afectación media para el agua. La matriz de evaluación da un resultado de -18, lo que significa que es un impacto bajo, y que según el dictamen ambiental el impacto es adverso directo pequeño, representa una leve degradación de la calidad previa de los factores ambientales, menos de 25 % de la superficie, volumen, población, etc., requiere de medidas precautelatorias adecuadas para minimizar el daño ambiental.

Dentro de las actividades para la operación de esta metodología están área de suelo disponible para cultivo, aumento de la productividad del suelo, aprovechamiento del agua lluvia o de escurrimiento y uso eficiente de insumos y herramientas para cultivo las que generan un impacto positivo de +8, +8, +6 y +8 respectivamente. También dentro de los factores que son afectados positivamente están suelo, medio biótico, agua y medio antrópico, con valores de +5, +2, +8 y +8 respectivamente. La matriz de evaluación da un resultado de +30, lo que significa que es un impacto favorable y directo, representa un resultado positivo deseable en términos de mejoramiento de la calidad previa del factor ambiental considerado desde la perspectiva ambiental. Tiene incidencia del 25 al 50% de los factores ambientales considerados (superficie, volumen, población, etc.), su efecto es de tipo local.

- **Metodología surcos en contorno**

Las actividades que se realizan para llevar a cabo la construcción de esta metodología son preparación y limpieza del terreno, excavación, remoción del terreno y finalización de los surcos y presencia y actividades del personal, las cuales generan un impacto negativo y positivo con valores de -4, -6, -4 y +1 respectivamente; lo que quiere decir que las actividades a realizarse afectan negativamente a los factores ambientales. Pero existe cierta fragilidad de los factores ambientales ante el proyecto como son aire, suelo, medio biótico y agua con valores de -4, -4, -4 y 2 respectivamente, lo que significa que estos factores son los más vulnerables de sufrir alguna alteración, y el medio

antrópico con un valor positivo de +12 por lo tanto con este indicativo habría que prestar mayor atención para no provocar un daño significativo, los daños serán de intensidad media y afectación baja para el aire, suelo y medio biótico, y de intensidad baja y afectación media para el agua. La matriz de evaluación da un resultado de -13, lo que significa que es un impacto bajo, y que según el dictamen ambiental el impacto es adverso directo pequeño, representa una leve degradación de la calidad previa de los factores ambientales, menos de 25 % de la superficie, volumen, población, etc., requiere de medidas precautelatorias adecuadas para minimizar el daño ambiental.

Dentro de las actividades para la operación de esta metodología están reducción de la velocidad de escurrimiento del agua, mayor infiltración del agua y aumento de la productividad del suelo las que generan un impacto positivo de +8, +8 y +8 respectivamente. También dentro de los factores que son afectados positivamente están suelo, medio biótico, agua y medio antrópico, con valores de +4, +2, +10 y +8 respectivamente. La matriz de evaluación da un resultado de +24, lo que significa que es un impacto favorable y directo, representa un resultado positivo deseable en términos de mejoramiento de la calidad previa del factor ambiental considerado desde la perspectiva ambiental. Tiene incidencia del 25 al 50% de los factores ambientales considerados (superficie, volumen, población, etc.), su efecto es de tipo local.

- **Metodología espejos de agua**

Las actividades que se realizan para llevar a cabo la construcción de esta metodología son preparación y limpieza del terreno, excavación, formación de los espejos de agua en suelos no permeables y finalización de los surcos y presencia y actividades del personal, las cuales generan un impacto negativo con valores de -4, -7, -4 y 0 respectivamente; lo que quiere decir que las actividades a realizarse afectan negativamente a los factores ambientales. Pero existe cierta fragilidad de los factores ambientales ante el proyecto como son aire, suelo, medio biótico y agua con valores de -4, -4, -4 y 2 respectivamente, lo que significa que estos factores son los más vulnerables de sufrir alguna alteración, y el medio antrópico con un valor positivo de +12 por lo tanto con este indicativo habría que prestar mayor atención para no provocar un daño

significativo, los daños serán de intensidad media y afectación baja para el aire, suelo y medio biótico, y de intensidad baja y afectación media para el agua. La matriz de evaluación da un resultado de -15, lo que significa que es un impacto bajo, y que según el dictamen ambiental el impacto es adverso directo pequeño, representa una leve degradación de la calidad previa de los factores ambientales, menos de 25 % de la superficie, volumen, población, etc., requiere de medidas precautelatorias adecuadas para minimizar el daño ambiental.

Dentro de las actividades para la operación de esta metodología están almacenar el agua de escurrimiento de lluvia, abrevaderos para el ganado y animales silvestres y mayor producción de forraje por el pastoreo periódico las que generan un impacto positivo de +7, +8 y +10 respectivamente. También dentro de los factores que son afectados positivamente están suelo, medio biótico, agua y medio antrópico, con valores de +4, +5, +8 y +8 respectivamente. La matriz de evaluación da un resultado de +25, lo que significa que es un impacto favorable y directo, representa un resultado positivo deseable en términos de mejoramiento de la calidad previa del factor ambiental considerado desde la perspectiva ambiental. Tiene incidencia del 25 al 50% de los factores ambientales considerados (superficie, volumen, población, etc.), su efecto es de tipo local.

- c. Una vez realizada la evaluación de impacto ambiental para las distintas metodologías propuestas se concluye que son amigables con el medio ambiente, en la fase de operación ya que generan un impacto ambiental positivo medio con valores de +23, +31, +30, +24 y +25, en las medidas de zanjas de infiltración, terrazas de absorción, andenes, surcos en contorno y espejos de agua respectivamente. Esta calificación se realizó de acuerdo al dictamen ambiental y también al criterio del evaluador, con lo que las matrices realizadas pueden o no variar sus resultados e interpretaciones, dependiendo de varios puntos de vista. En la fase de construcción las matrices analizadas de las diferentes metodologías propuestas dan resultados negativos, con lo que habría un criterio de negatividad, pero se observa que en la parte operativa del proyecto si es viable aplicar estas medidas, por lo cual es importante considerarlas a la hora de implementar de forma física las propuestas analizadas.

La tesis que se muestra refleja el trabajo realizado en campo y también el de gabinete, con lo que se comprueba que todas las metodologías propuestas son amigables con el medio ambiente en la fase de operación, y por lo tanto la hipótesis planteada al inicio del trabajo, es resuelta satisfactoriamente, con un resultado positivo.

RECOMENDACIONES

Se recomienda la aplicación de un plan de manejo ambiental que contenga medidas de prevención, control, mitigación, compensación ambiental y comunitaria, lo que permitirá que en la fase de construcción de las medidas propuestas sean ambientalmente manejables, y no afecten al medio ambiente como se comprobó. Cabe recalcar que los resultados son bajos y de mínimo impacto, con lo que sería una opción viable el implementar este tipo de medidas, ya que en la fase de operación se comprueba que son amigables con el medio ambiente para evitar la erosión hídrica en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo.

LISTA DE REFERENCIAS

- Arellano, J. (1994). *La degradación del suelo por erosión hídrica en Chiapas. Evaluación y principios tecnológicos para su control (Tesis doctoral)* . Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Beltrán, G., Avellaneda, F., & Villafuerte, D. (Julio de 2008). *Propuesta del uso del agua en las microcuencas hidrográficas del cantón Pimampiro en base a su vocación (Tesis. (E. P. Ejército, Ed.)* Recuperado marzo de 2013, de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/816>
- Bernis, F. (2005). Agua que no has de beber. En J. Franquet Bernis, *Agua que no has de beber*.
- Bernis, J. F. (1993). *Agua que no has de beber*. Cataluña- España: Littera Books.
- Centro rural de información europea. (2003). *Erosión hídrica y colmatación*. Recuperado febrero de 2013, de <http://www.crie.uji.es/agua/erosion.html>
- Conesa, F., & V., V. (2003). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Madrid, España: Mundi Prensa.
- Cruz, V., Gallego, E., & González, L. (2009). *Sistema de evaluación de impacto ambiental*. (U. C. Madrid, Ed.) Recuperado marzo de 2013, de <http://eprints.ucm.es/9445/1/MemoriaEIA09.pdf>
- Federación Nacional de Cultivadores de Cereales. (s.f.). *Taxonomía de flora y fauna*. Recuperado abril de 2013, de http://www.fenalce.org/pagina.php?p_a=46
- Franquet, J. (Noviembre de 2005). *Cálculo hidráulico de las conducciones libres y forzadas. Una aproximación de los métodos estadísticos*. Recuperado marzo de 2013, de <http://books.google.com.ec/books?id=9N39ejFnYj8C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Garrido, C. L. (2009). *Efectos del riego sobre la erosión del suelo*. Recuperado marzo de 2013, de <http://erosionriego.tripod.com/>

Gerencia de gestión ambiental y recursos naturales. (2011). *Mejoramiento de las capacidades para la gestión social y ambiental de la cuenca del río Cañipia en el distrito de Espinar, provincia de Espinar-Cusco*. Recuperado marzo de 2013, de http://ofi.mef.gob.pe/appFD/Hoja/VisorDocs.aspx?file_name=10063_OPIMPESPINAR_2013214_154832.pdf

González, J. (2009). *Evaluación de tres sistemas silvopastoriles para la gestión sostenible de los recursos naturales de la microcuenca del río Chimborazo (Tesis pregrado)*. (E. S. Chimborazo, Editor) Recuperado diciembre de 2012, de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/351/1/13T0645%20GONZALEZ%20JOSE.pdf>

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2012). *Manual Agrícola de los principales cultivos del Ecuador*. Ecuador: Departamento Técnico de Crystal Chemical Inter-América.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (1988-1997). *Anuarios Meteorológicos*. Quito, Ecuador.

Juma, T. (2009). *Diagnóstico y propuesta de plan de manejo del bosque protector Guayabillas, Cantón Ibarra (Tesis pregrado)*. (U. T. Norte, Ed.) Recuperado marzo de 2013, de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/118/3/03%20REC%20157%20Tesis.pdf>

Leopold, Clarke, Hanshaw, & Balsley. (1971). *A procedure for evaluating environmental impact*. Washington D.C., USA: Geological Survey Circular.

López, J. G. (2006). *Los indicadores agroambientales como instrumento para el desarrollo de la política ambiental y su integración en las políticas que son competencia de la región N° 5 del Ecuador, 2009-2030*. Recuperado febrero de 2013, de http://www.ueb.edu.ec/index.php/component/docman/doc_view/156-enlace-universitario-n-10?Itemid=

Martínez, R. (s.f.). *Ecuación de Manning*. Recuperado mayo de 2013, de <https://sites.google.com/site/0902ricardom/Home/ecuacion-de-manning>

Mato, L. M. (2008). *Flujo en canales abiertos*. Recuperado abril de 2013, de <http://fisicaeingenieria.es/resources/canales.pdf>

Mediana & Mena. (1999). Páramo como espacio de mitigación de carbono atmosférico. *Páramo como espacio de mitigación de carbono atmosférico*. Quito, Pichincha, Ecuador: Abya Yala.

Oviedo, M. (julio de 2006). *Estudio del impacto ambiental en "La fábrica de fideos Don Vitto" (Tesis pregrado)*. (U. T. Equinoccial, Ed.) Recuperado marzo de 2013, de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5415/1/28595_1.pdf

Pinto, A. (1994). Revista de la CEPAL. *Revista de la CEPAL* 53, 127.

Ramos, A. (noviembre de 2004). *Metodologías matriciales de evaluación para países en desarrollo: Matriz de Leopold y Método Mel-ene (Tesis pregrado)*. (U. d. Guatemala, Ed.) Recuperado mayo de 2013, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2469_C.pdf

Regoyos, M. d. (septiembre de 2003). *Metodología para la evaluación hídrica con modelos informáticos. Aplicación del modelo Geowepp a dos pequeñas cuencas en Madrid (Tesis doctoral)*. (U. P. Madrid, Ed.) Recuperado marzo de 2013, de <http://oa.upm.es/450/1/02200329.pdf>

Secretaría Nacional del Agua. (2012). *Plan nacional hídrico*. Ecuador: Secretaría Nacional del Agua.

Slideboom. (s.f.). *EsIA matriz de Leopold*. Recuperado mayo de 2013, de <http://www.slideboom.com/presentations/190296/EsIA---MATRIZ-DE-LEOPOLD>

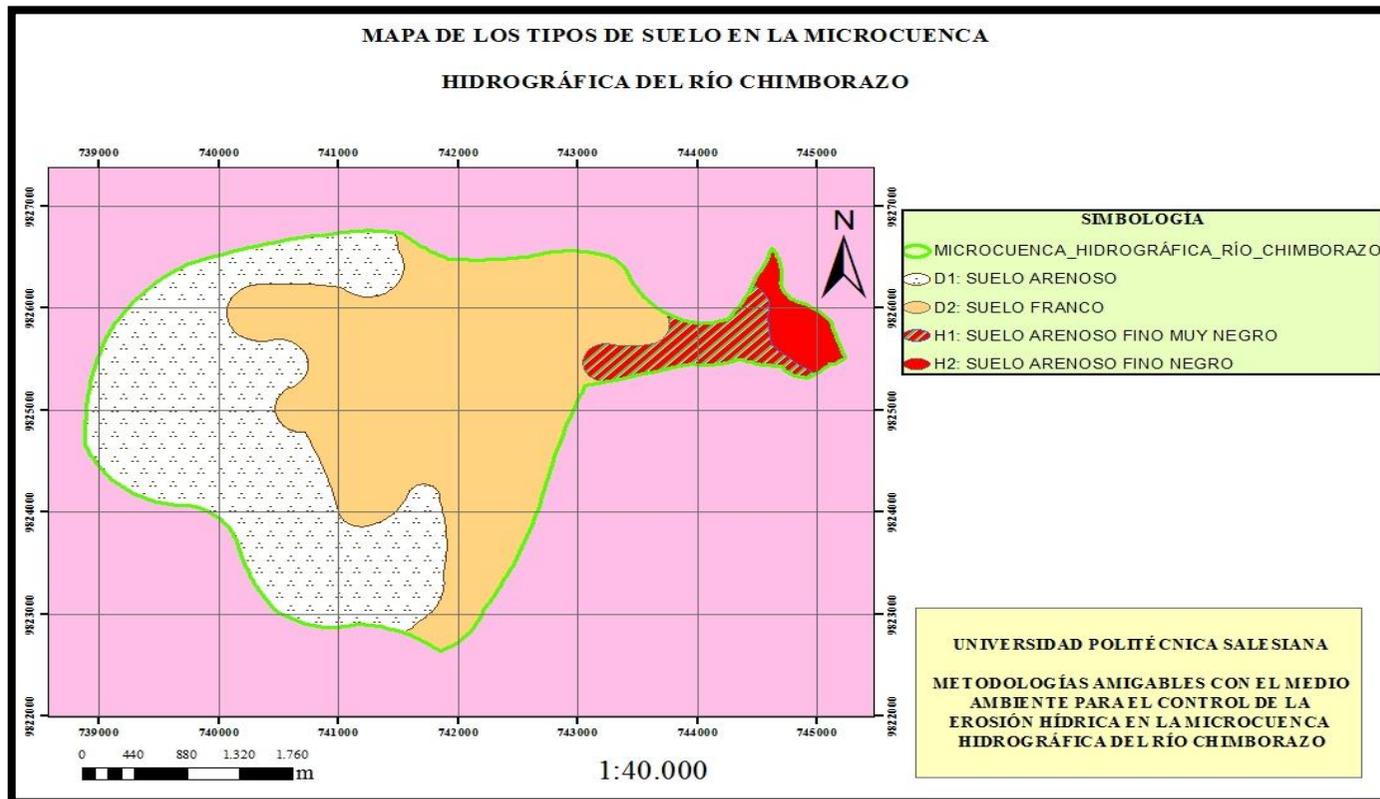
Universidad Nacional Río Negro. (2013). *Evaluación del impacto ambiental*. Recuperado mayo de 2013, de <http://unrn.edu.ar/blogs/matematica1/files/2013/04/5%C2%B0-Matriz-de-Leopold-con-plantilla.pdf>

Universidad Técnica del Norte. (s.f.). *Lista general de la flora de la reserva ecológica de El Ángel*. Recuperado abril de 2013, de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/119/2/03%20FOR%20169%20LISTA%2>

Vásquez, A., Torres, C., Terán, R., Alfaro, J., Vilches, G., Alcántara, J., y otros. (2000). *Manejo de cuencas altoandinas Tomo 1*. Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.

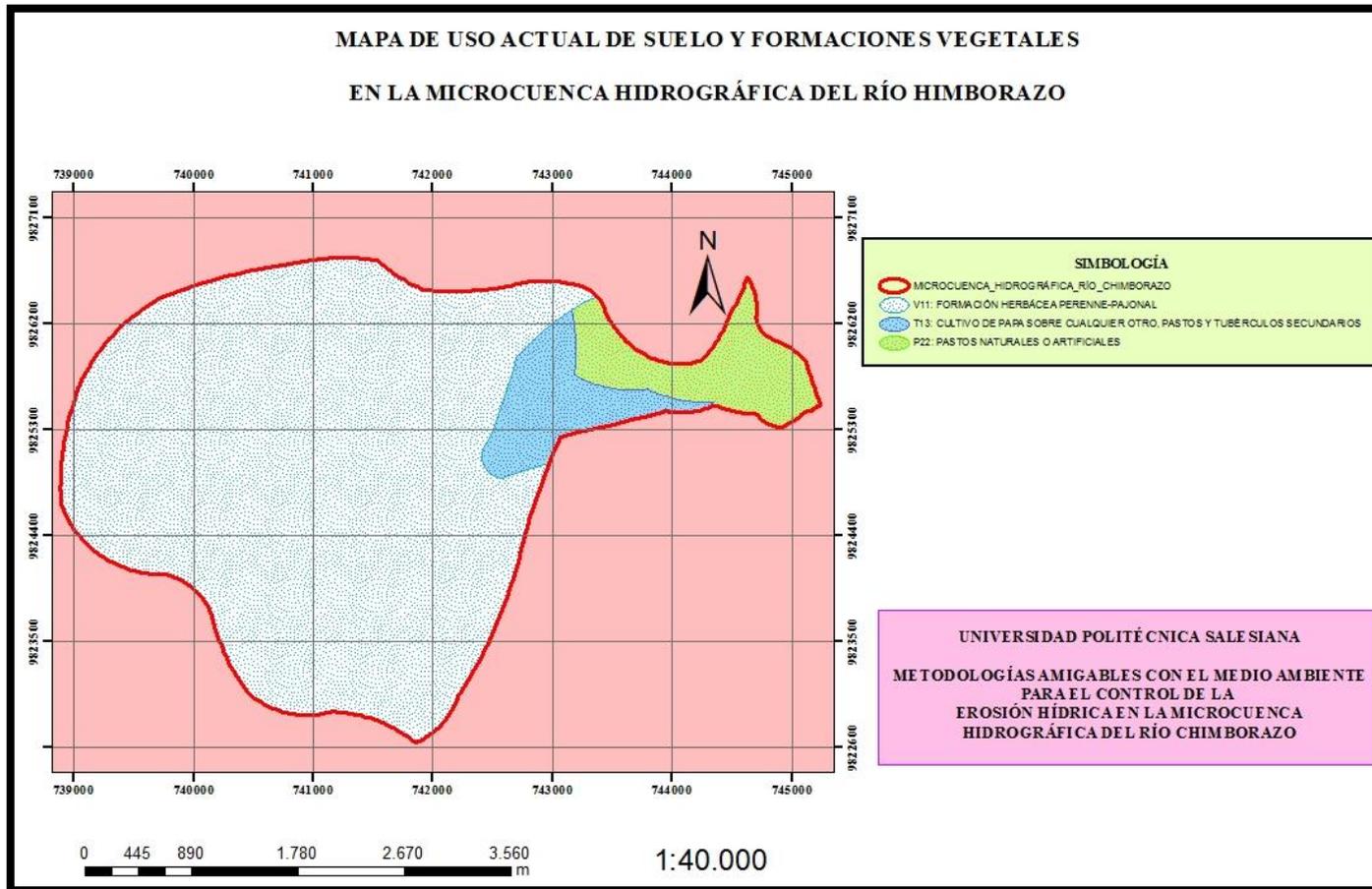
ANEXOS

Anexo 1: Mapa de los tipos de suelo en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo



Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

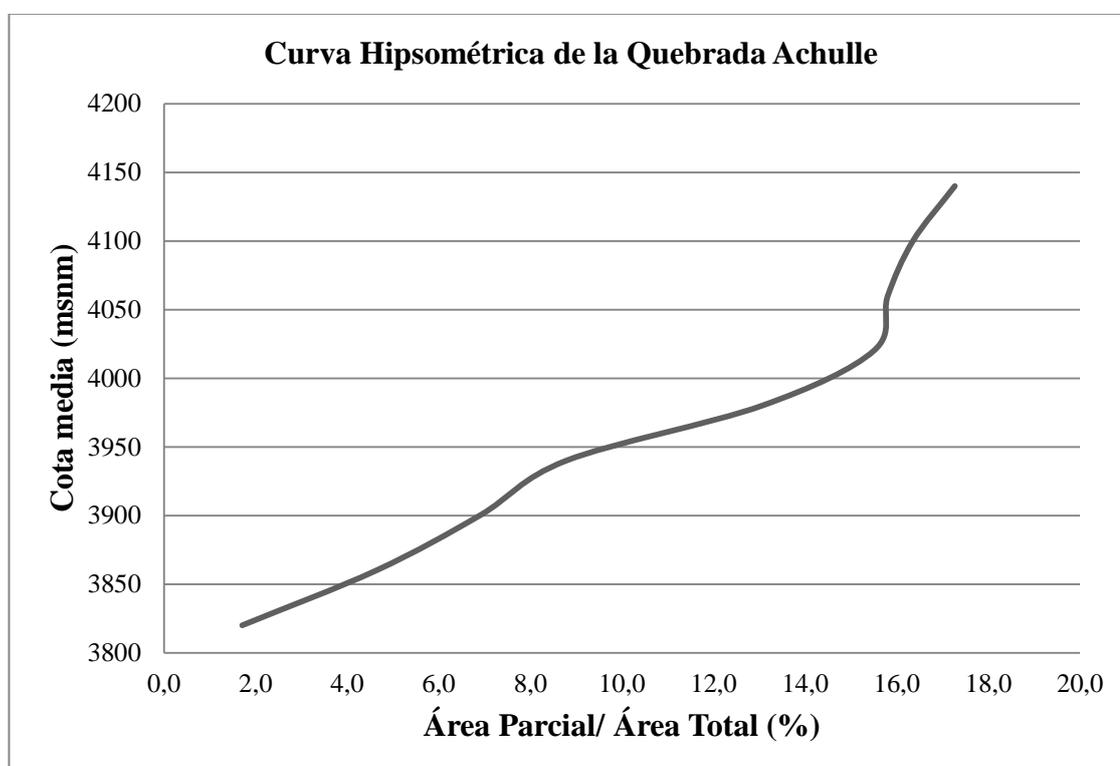
Anexo 2: Mapa de uso de suelo y formaciones vegetales en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo



Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Anexo 3: Curva hipsométrica de la quebrada Achulle

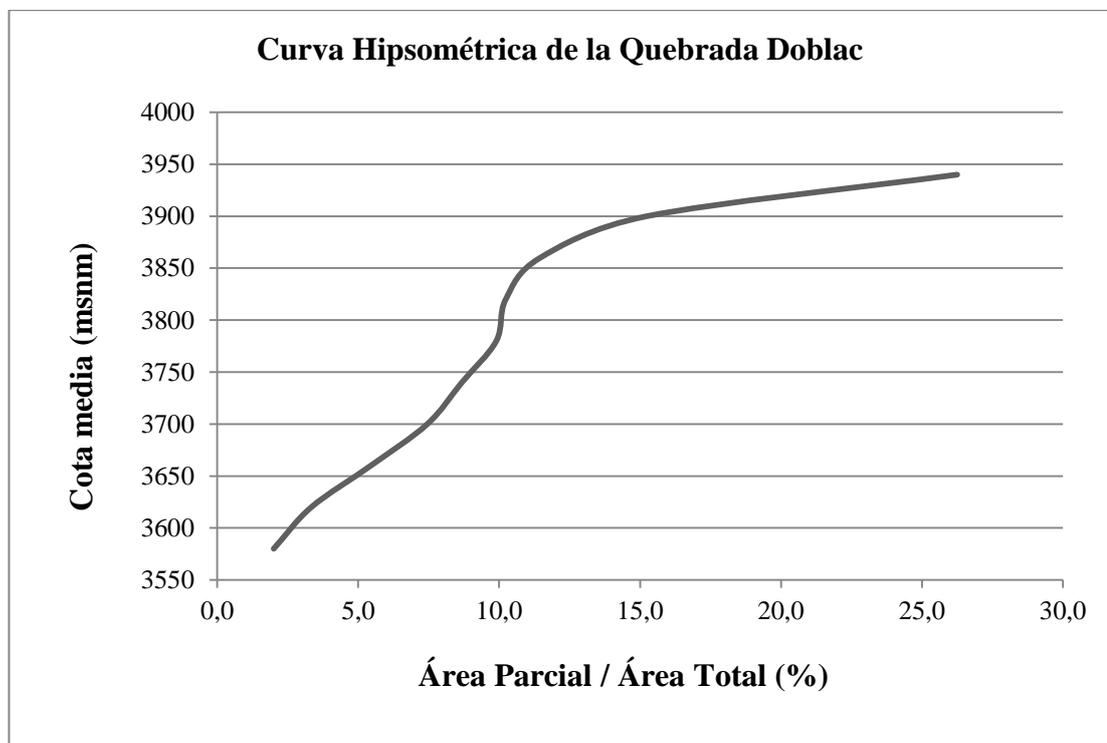
Intervalos entre curvas de nivel (msnm)	Cota media (msnm)	Área Parcial (Ha)	Área Parcial/Área Total (%)
4160 -4120	4140	28,3	17,3
4120 – 4080	4100	26,8	16,4
4080 – 4040	4060	25,9	15,8
4040 – 4000	4020	25,4	15,5
4000 – 3960	3980	21,4	13,1
3960 – 3920	3940	14,4	8,8
3920 – 3880	3900	11,3	6,9
3880 – 3840	3860	7,6	4,6
3840 – 3800	3820	2,8	1,7
	Área Total	163,9	100,0



Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Anexo 4: Curva hipsométrica de la quebrada Doblac

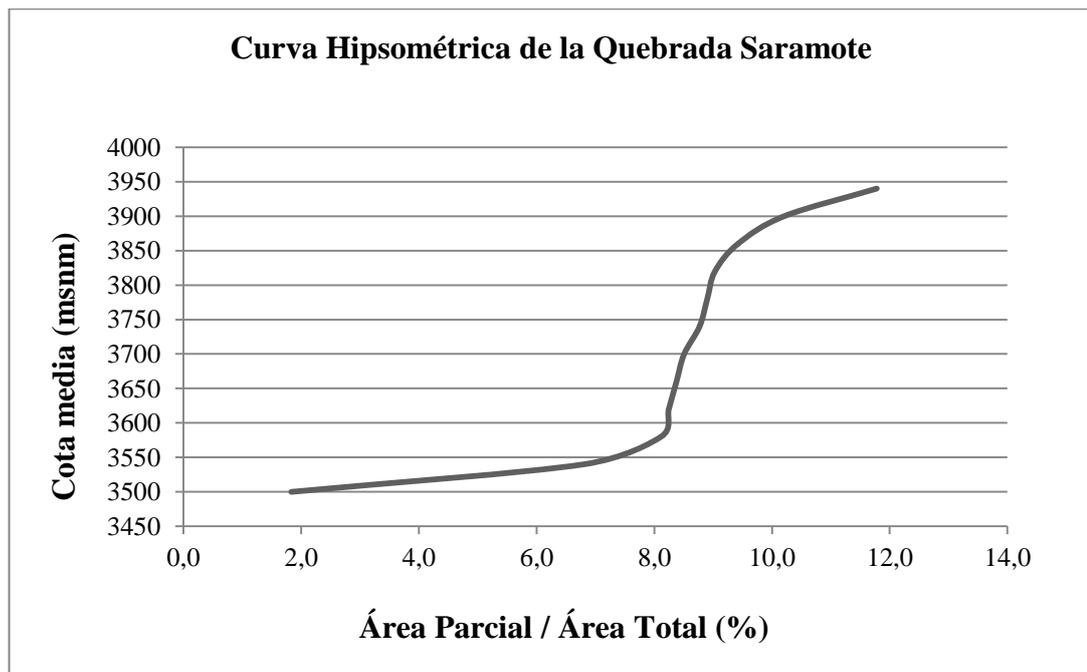
Intervalos entre curvas de nivel (msnm)	Cota media (msnm)	Área Parcial (Ha)	Área Parcial/Área Total (%)
3960 - 3920	3940	23,6	26,3
3920 - 3880	3900	13,7	15,2
3880 - 3840	3860	10,3	11,5
3840 - 3800	3820	9,2	10,2
3800 - 3760	3780	8,9	9,9
3760 - 3720	3740	7,8	8,7
3720 - 3680	3700	6,7	7,5
3680 - 3640	3660	4,9	5,5
3640 - 3600	3620	3,0	3,3
3600 - 3560	3580	1,8	2,0
	Área Total	89,9	100,0



Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Anexo 5: Curva hipsométrica de la quebrada Saramote

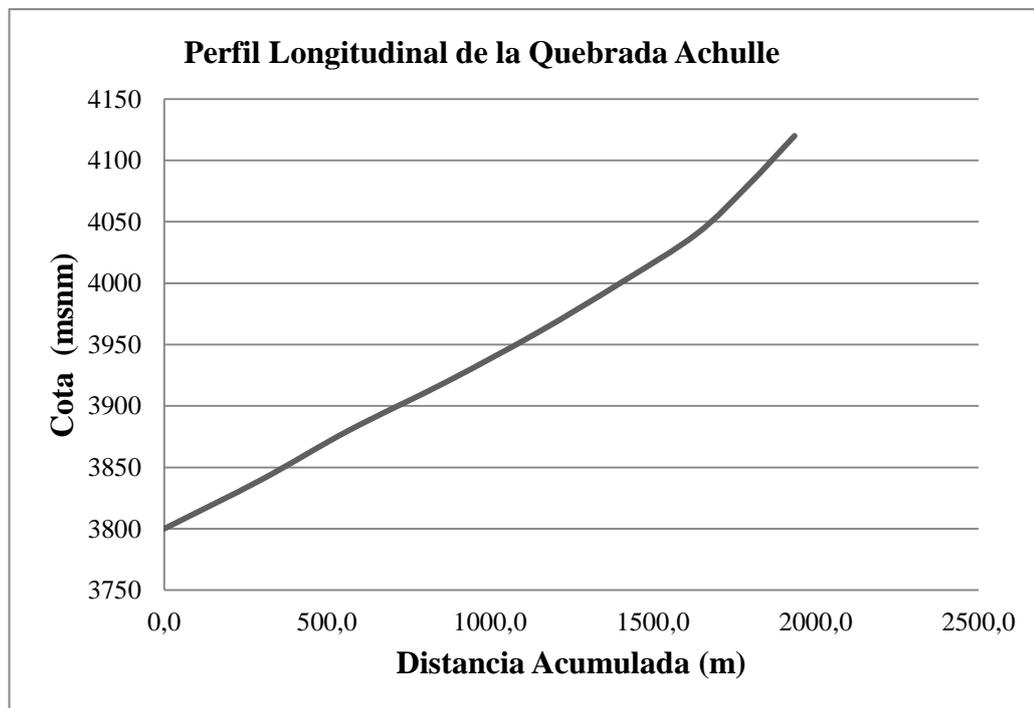
Intervalos entre curvas de nivel (msnm)	Cota media (msnm)	Área Parcial (Ha)	Área Parcial/Área Total (%)
3960 - 3920	3940	9,0	11,8
3920 - 3880	3900	7,8	10,2
3880 - 3840	3860	7,2	9,4
3840 - 3800	3820	6,9	9,0
3800 - 3760	3780	6,8	8,9
3760- 3720	3740	6,7	8,8
3720 - 3680	3700	6,5	8,5
3680 - 3640	3660	6,4	8,4
3640 - 3600	3620	6,3	8,2
3600 - 3560	3580	6,2	8,1
3560 - 3520	3540	5,2	6,8
3520 - 3480	3500	1,4	1,8
	Área Total	76,4	100,0



Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Anexo 6: Perfil longitudinal de la quebrada Achulle

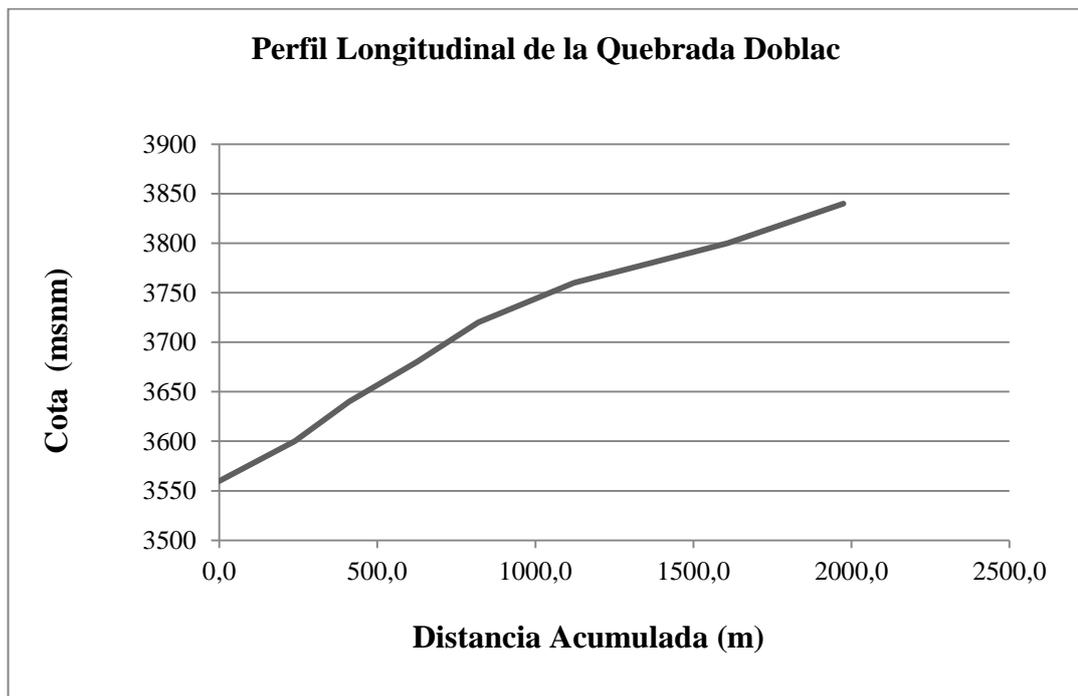
Cota (msnm)	Distancia (m)	Distancia Acumulada (m)
3800	0,0	0,0
3840	298,7	298,7
3880	267,8	566,5
3920	303,1	869,6
3960	278,7	1148,3
4000	251,7	1400,0
4040	234,3	1634,3
4080	159,5	1793,8
4120	141,9	1935,7



Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Anexo 7: Perfil longitudinal de la quebrada Doblac

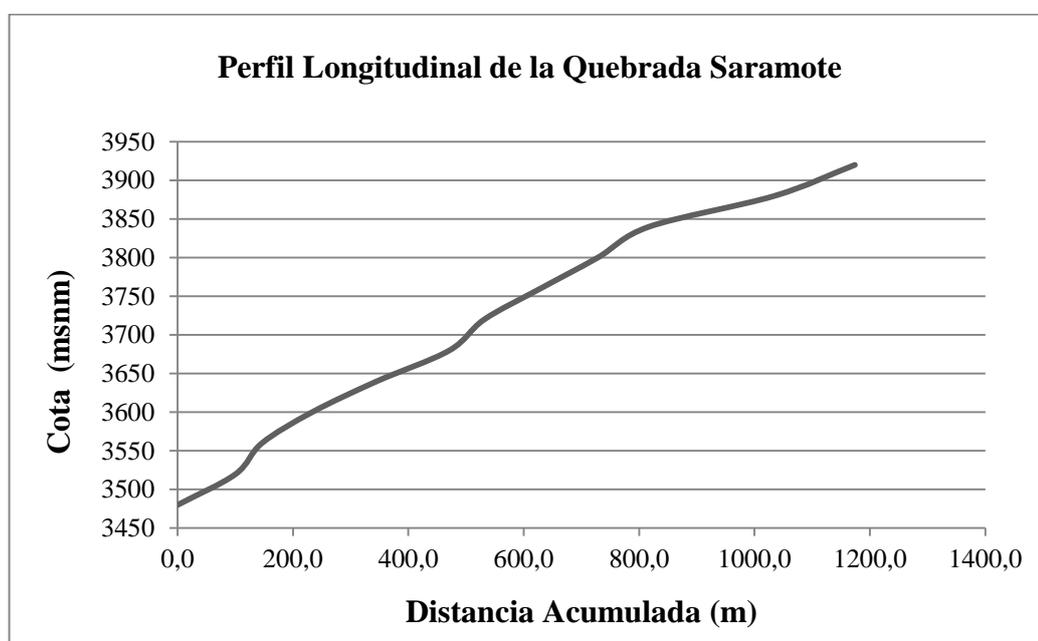
Cota (msnm)	Distancia (m)	Distancia Acumulada (m)
3560	0,0	0,0
3600	238,7	238,7
3640	172,2	410,9
3680	214,2	625,1
3720	194,6	819,7
3760	302,9	1122,6
3800	485,4	1608,0
3840	366,1	1974,1



Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Anexo 8: Perfil longitudinal de la quebrada Saramote

Cota (msnm)	Distancia (m)	Distancia Acumulada (m)
3480	0,0	0,0
3520	100,6	100,6
3560	45,6	146,2
3600	86,9	233,1
3640	112,1	345,2
3680	126,0	471,2
3720	60,3	531,5
3760	97,4	628,9
3800	99,3	728,2
3840	88,9	817,1
3880	217,9	1035,0
3920	138,9	1173,9



Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Anexo 9: Tablas de cálculo de los datos meteorológicos de la temperatura promedio en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo, en el periodo 2009 – 2012. (Riobamba Politécnica)

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA														
SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLÓGICOS														
NOMBRE: RIOBAMBA POLITÉCNICA							CÓDIGO M1036							
PERIODO: 2009 - 2012				LATITUD: 1° 39' 00" S			LONGITUD: 78° 39' 00" W			ELEVACIÓN: 2740m				
TEMPERATURA (°C)														
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TEMPERATURA ANUAL	
2009	13,7	13,4	14,7	14,4	13,1	13,3	13,8	13,9	14,8	15,5	14,7	15,5	14,2	
2010	14,9	15,2	15,4	14,9	13,3	13,6	13,4	13,6	14,4	14,4	14,1	14,4	14,3	
2011	13,9	13,9	14,1	13,7	13,7	12,8	13,6	13,4	14,7	14,5	14,1	14,5	13,9	
2012	14,1	13,5	14,9	14,5	13,3	12,9	13,9	13,7	14,6	15,1	13,9	14,1	14,0	
TEMPERATURA MENSUAL MULTIANUAL	14,2	14,0	14,8	14,4	13,4	13,2	13,7	13,7	14,6	14,9	14,2	14,6	TEMPERATURA ANUAL MULTIANUAL	14,1

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Anexo 9: Tablas de cálculo de los datos meteorológicos de la temperatura promedio en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo, en el periodo 2009 – 2012. (Laguacoto)

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA														
SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLÓGICOS														
NOMBRE: LAGUACOTO							CÓDIGO M1107							
PERIODO: 2009 – 2012				LATITUD: 1° 36' 52" S			LONGITUD: 78° 59' 54" W			ELEVACIÓN: 2622m				
TEMPERATURA (°C)														
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TEMPERATURA ANUAL	
2009	13,8	14,0	14,1	14,5	14,2	14,1	14,1	13,9	14,3	14,5	14,2	14,2	14,2	
2010	14,3	14,3	14,3	13,8	13,7	13,5	13,2	13,4	13,5	14,1	13,2	12,6	13,7	
2011	12,6	12,8	12,9	13,3	12,6	12,5	12,1	12,5	13,2	12,6	12,7	13,0	12,7	
2012	12,4	12,5	12,7	12,9	13,0	13,0	13,5	13,7	14,3	13,6	13,4	13,3	13,2	
TEMPERATURA MENSUAL MULTIANUAL	13,3	13,4	13,5	13,6	13,4	13,3	13,2	13,4	13,8	13,7	13,4	13,3	TEMPERATURA ANUAL MULTIANUAL	13,4

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Anexo 9: Tablas de cálculo de los datos meteorológicos de la temperatura promedio en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo, en el periodo 2009 – 2012. (Spoch 32)

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA														
SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLÓGICOS														
NOMBRE: SPOCH 32							CÓDIGO M0048							
PERIODO: 2009 – 2012						LATITUD: 1° 36' 00" S		LONGITUD: 77° 55' 00" W		ELEVACIÓN: 760m				
TEMPERATURA (°C)														
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TEMPERATURA ANUAL	
2009	20,9	20,2	20,9	20,8	20,7	19,9	20,5	20,8	21,0	20,9	21,3	21,2	20,8	
2010	21,7	21,8	21,9	21,5	21,2	20,5	20,3	20,2	21,0	20,8	21,2	20,7	21,1	
2011	20,1	19,6	20,8	20,5	21,2	20,1	29,0	19,7	20,0	10,9	20,6	20,5	20,3	
2012	21,6	20,9	21,0	21,1	20,6	19,2	19,6	19,6	21,0	21,7	20,8	21,2	20,7	
TEMPERATURA MENSUAL MULTIANUAL	21,1	20,6	21,2	21,0	20,9	19,9	22,4	20,1	20,8	18,6	21,0	20,9	TEMPERATURA ANUAL MULTIANUAL	20,7

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Anexo 10: Tablas de cálculo de los datos meteorológicos de la precipitación promedio en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo, en el periodo 2009-2012. (Salinas –Bolívar)

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA													
SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLÓGICOS													
NOMBRE: SALINAS - BOLÍVAR							CÓDIGO M0385						
PERIODO: 2009 – 2012				LATITUD: 1° 24' 13" S			LONGITUD: 79° 1' 6" W			ELEVACIÓN: 3600m			
PRECIPITACIÓN (mm)													
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PRECIPITACIÓN ANUAL
2009	172,2	81,0	96,4	70,9	23,0	29,0	0,0	16,0	35,4	33,0	42,1	76,2	675,2
2010	75,0	144,7	217,5	406,0	162,0	82,4	226,2	6,0	134,1	26,8	145,7	250,1	1876,5
2011	191,1	221,0	113,4	339,0	3,0	16,0	30,5	0,0	91,0	107,0	31,0	107,0	1250,0
2012	437,5	220,0	161,0	22,1	24,0	0,0	0,0	0,0	20,0	85,2	93,9	31,5	1095,2
PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL MULTIANUAL	219,0	166,7	147,1	209,5	53,0	31,9	64,2	5,5	70,1	63,0	78,2	116,2	PRECIPITACIÓN ANUAL MULTIANUAL 1224,2

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Anexo 10: Tablas de cálculo de los datos meteorológicos de la precipitación promedio en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo, en el periodo 2009-2012. (San Juan- Chimborazo)

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA														
SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLÓGICOS														
NOMBRE: SAN JUAN- CHIMBORAZO							CÓDIGO M0393							
PERIODO: 2009 – 2012				LATITUD: 1° 37' 35" S			LONGITUD: 78° 47' 00" W			ELEVACIÓN: 3220m				
PRECIPITACIÓN (mm)														
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PRECIPITACIÓN ANUAL	
2009	94,7	69,3	53,5	84,8	31,3	37,1	20,6	4,0	11,4	72,9	14,2	33,2	527,0	
2010	3,9	32,2	32,1	129,8	119,9	44,6	56,9	19,9	42,2	43,2	125,8	102,0	752,5	
2011	33,8	47,6	45,9	230,2	25,6	29,9	14,0	10,7	52,7	30,5	84,8	363,3	969,0	
2012	112,4	74,6	52,1	156,9	16,7	17,8	11,6	23,6	19,4	134,5	91,9	18,2	729,7	
PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL MULTIANUAL	61,2	55,9	45,9	150,4	48,4	32,4	25,8	14,6	31,4	70,3	79,2	129,2	PRECIPITACIÓN ANUAL MULTIANUAL	744,6

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Anexo 10: Tablas de cálculo de los datos meteorológicos de la precipitación promedio en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo, en el periodo 2009-2012. (Laguacoto)

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA														
SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLÓGICOS														
NOMBRE: LAGUACOTO							CÓDIGO M1107							
PERIODO: 2009 – 2012				LATITUD: 1° 36' 52" S			LONGITUD: 78° 59' 54" W			ELEVACIÓN: 2622m				
PRECIPITACIÓN (mm)														
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PRECIPITACIÓN ANUAL	
2009	164,1	142,3	105,6	34,8	31,6	21,2	3,3	15,4	2,5	45,4	16,0	27,1	609,3	
2010	45,2	90,2	60,8	169,3	50,0	25,9	47,7	12,2	21,6	1,5	79,7	150,4	754,5	
2011	63,6	175,5	102,7	258,4	23,5	11,2	103,8	8,1	40,2	13,3	16,9	94,5	911,7	
2012	105,5	166,3	108,9	106,6	30,8	20,8	0,0	2,7	15,9	98,1	37,5	90,7	783,8	
PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL MULTIANUAL	94,6	143,6	94,5	142,3	34,0	19,8	38,7	9,6	20,1	39,6	37,5	90,7	PRECIPITACIÓN ANUAL MULTIANUAL	764,8

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Anexo 10: Tablas de cálculo de los datos meteorológicos de la precipitación promedio en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo, en el periodo 2009-2012. (Riobamba Politécnica).

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA														
SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLÓGICOS														
NOMBRE: RIOBAMBA POLITÉCNICA							CÓDIGO M1036							
PERIODO: 2009 – 2012				LATITUD: 1° 39' 00" S			LONGITUD: 78° 39' 00" W			ELEVACIÓN: 2740m				
PRECIPITACIÓN (mm)														
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PRECIPITACIÓN ANUAL	
2009	69,5	33,1	25,1	30,1	27,9	32,9	17,2	26,0	1,8	15,0	59,0	36,7	374,3	
2010	1,1	29,6	29,7	81,2	62,5	48,2	51,4	25,5	28,2	61,3	38,9	46,7	504,3	
2011	44,7	137,1	43,7	157,5	32,6	32,1	12,4	14,2	8,4	17,4	126,4	67,6	694,1	
2012	62,2	58,3	64,6	43,1	14,4	4,7	7,9	38,9	73,7	45,9	24,8	25,8	464,3	
PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL MULTIANUAL	44,4	64,5	40,8	78,0	34,4	29,5	22,2	26,2	28,0	34,9	62,3	44,2	PRECIPITACIÓN ANUAL MULTIANUAL	509,3

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Anexo 10: Tablas de cálculo de los datos meteorológicos de la precipitación promedio en la microcuenca hidrográfica del río Chimborazo, en el periodo 2009-2012. (Urbina)

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA														
SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLÓGICOS														
NOMBRE: URBINA							CÓDIGO M0390							
PERIODO: 2009 – 2012				LATITUD: 1° 29' 00" S			LONGITUD: 78° 41' 00" W			ELEVACIÓN: 3610m				
PRECIPITACIÓN (mm)														
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PRECIPITACIÓN ANUAL	
2009	69,7	86,4	69,7	93,6	46,1	90,3	50,8	58,0	53,0	22,6	22,1	78,2	740,5	
2010	30,0	24,0	65,6	151,4	78,1	46,3	85,2	31,8	27,0	72,9	79,2	28,5	720,0	
2011	37,0	64,6	109,1	39,5	61,5	43,5	52,2	49,4	97,9	120,8	91,2	68,8	835,5	
2012	113,6	94,0	66,9	116,6	57,0	37,8	38,2	44,6	24,4	140,6	58,2	34,3	826,2	
PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL MULTIANUAL	62,6	67,3	77,8	100,3	60,7	54,5	56,6	46,0	50,6	89,2	62,7	52,5	PRECIPITACIÓN ANUAL MULTIANUAL	780,6

Elaborado por: Silvana Pacheco Díaz

Anexo 11: Glosario de términos

Abrevar: Dar de beber al ganado.

Ambiente: Se define en términos funcionales, como un conjunto

Aporque: El acto de poner tierra al pie de las plantas, sea con lampa, sea con arados especiales de doble vertedera para darles mayor consistencia y así conseguir que crezcan nuevas raíces para asegurar nutrición más completa de la planta y conservar la humedad durante más tiempo.

Área de influencia: Es el área donde se presentarán y/o tendrán influencia los impactos adversos o benéficos de un proyecto. Un mismo proyecto puede tener diferentes áreas de influencia, dependiendo de los factores ambientales que sean afectados.

Brozas: Conjunto de hojas, ramas y despojos de las plantas, así como la maleza que surge en el campo.

Calidad ambiental: Conjunto de características del medio ambiente relativas a la disponibilidad y fácil acceso de los recursos naturales y a la ausencia o presencia de agentes nocivos de cualquier tipo, elementos que son necesarios para el mantenimiento.

Champa: Trozo de tierra de algunos centímetros de espesor cubierto de césped. Se utiliza para trasplantar el césped, reparar el gramado de los estadios y las áreas verdes de parques y jardines.

EIA: Evaluación de impacto ambiental

Escorrentía: Es la corriente de agua que rebosa su depósito o cauce natural o artificial. Erosión producida por una corriente de agua.

Huaycos: Riada de agua, barro y piedras provocada por lluvias torrenciales, que, al caer en los ríos, ocasiona su desbordamiento.

Heno: Planta gramínea con cañitas delgadas de unos 20 cm de largo, hojas estrechas y agudas y flores en panoja abierta.

Humus: Capa superior del suelo compuesta por un conjunto de materias orgánicas en descomposición, tales como hongos y bacterias.

Impacto ambiental: Cuando una acción o actividad produce una alteración en el medio o en algunos de los componentes del medio.

Interdisciplinario: Dicho de un estudio o de otra actividad que se realiza con la cooperación de varias disciplinas, estando en el proceso de estudio o evaluación de impacto ambiental, todos los especialistas que intervienen en el mismo.

INAMHI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

Labranza: Cultivo de tierras, preparación del suelo para realizar la siembra de cultivos.

Lisímetro: Aparato para medir la evapotranspiración, es un cubo impermeable de paredes verticales con la parte superior abierta que está con suelo y vegetación, en el cual se hace intervenir las variables más importantes de este sistema hidrológico, como la precipitación o riego, el caudal de salida y la variación de la cantidad de agua acumulada en el lisímetro.

m: Metros

Macollos: Cada uno de los brotes de un pie vegetal.

mm: Milímetros

msnm: Metros sobre el nivel del mar

Multidisciplinario: Que abarca o afecta a varias disciplinas. En este tipo de grupo cada especialista interviene por separado, efectuando la parte del estudio o de la evaluación de impacto ambiental correspondiente a su especialidad.

Resiliencia: Hace referencia a aquellas comunidades que pueden superar los cambios momentáneos en el medio sin modificar su forma de interactuar con él. Un ecosistema con buena resiliencia es aquel que contiene una gran cantidad de especies y esa diversidad es lo que le permite sobrellevar las diversas perturbaciones que pudieran surgir en el entorno.

Secano: Tierra de labor que no tiene riego y solo recibe el agua de lluvia.

Terraplenes: Macizo de tierra con que se rellena un hueco, o que se levanta para hacer una defensa, un camino u otra obra semejante.

Terrones: Masa compacta de tierra o de otra sustancia.