



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
Y AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES**

**EVALUACIÓN DE LAS ZONAS DE RECARGA HÍDRICA EN
RELACIÓN A LAS FORMACIONES VEGETALES EN LA
PARROQUIA ANGOCHAGUA**

AUTORAS:

MARELYS LIZBETH JARAMILLO LOAYZA

TATIANA LISSETH MERCHÁN ROSERO

DIRECTOR:

BLGO. RENATO OQUENDO MSc.

IBARRA – ECUADOR

2018



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**“EVALUACIÓN DE LAS ZONAS DE RECARGA HÍDRICA EN RELACIÓN A
LAS FORMACIONES VEGETALES EN LA PARROQUIA ANGOCHAGUA”**

Trabajo de titulación revisada por el Comité Asesor previo a la obtención del Título de:

INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

APROBADA:

Blgo. Renato Oquendo MSc.

DIRECTOR



FIRMA

Ing. Mónica León MSc.

ASESORA



FIRMA

Ing. Sania Ortega MSc.

ASESORA



FIRMA

Ing. Tania Oña MSc.

ASESORA



FIRMA

IBARRA – ECUADOR

NOVIEMBRE, 2018



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determino la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad. Por medio del presente documento dejamos sentada nuestra voluntad de participar en este proyecto, para lo cual ponemos a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100391020-3	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Jaramillo Loayza Marelys Lizbeth	
DIRECCIÓN:	Ibarra- Imbabura	
EMAIL:	marelysbeth_27@hotmail.com	
TELÉFONO FIJO:	062551537	TELÉFONO MÓVIL: 0979863062

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA DE IDENTIDAD:	172108006-5	
APELLIDOS Y NOMBRES:	MERCHÁN ROSERO TATIANA LISSETH	
DIRECCIÓN:	Quito – Pichincha	
EMAIL:	tatys1209@gmail.com	
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL: 0987157627

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EVALUACIÓN DE LAS ZONAS DE RECARGA HÍDRICA EN RELACIÓN A LAS FORMACIONES VEGETALES EN LA PARROQUIA ANGOCHAGUA
AUTORAS:	Marelys Lizbeth Jaramillo Loayza Tatiana Lisseth Merchán Rosero
FECHA:	05 de noviembre del 2018
PROGRAMA:	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera en Recursos Naturales Renovables
DIRECTOR:	MSc. Renato Oquendo

1. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Nosotras, MARELYS LIZBETH JARAMILLO LOAYZA, con cédula de identidad Nro. 100391020-3 y TATIANA LISSETH MERCHÁN ROSERO, con cédula de identidad Nro. 172108006-5, en calidad de autoras y titulares de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hacemos la entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

2. CONSTANCIA

Las autoras manifiestan que la obra de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autores terceros, por lo tanto, la obra es original y es la titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 05 de noviembre de 2018

LAS AUTORAS:



Jaramillo Loayza Marelys Lizbeth

C.I. 1003910203



Merchán Rosero Tatiana Lisseth

C.I. 1721080065

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: 05 de septiembre de 2018

MARELYS LIZBETH JARAMILLO LOAYZA

TATIANA LISSETH MERCHÁN ROSERO

EVALUACIÓN DE LAS ZONAS DE RECARGA HÍDRICA EN RELACIÓN A LAS FORMACIONES VEGETALES EN LA PARROQUIA ANGOCHAGUA

TRABAJO DE GRADO

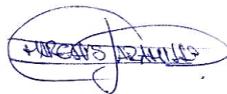
Ingenieras en Recursos Naturales Renovables. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Ibarra, 05 de noviembre de 2018.

DIRECTOR: M.Sc. Renato Oquendo

La evaluación de las zonas de recarga hídrica en relación a las formaciones vegetales en la parroquia Angochagua, caracterizó las condiciones biofísicas y climáticas de las zonas potenciales de recarga hídrica presentes en las diferentes formaciones vegetales en función a la pendiente, litología, tipo de suelo, uso de suelo y formaciones vegetales, para las áreas que presentan un potencial de recarga hídrica alto y muy alto se proponen lineamientos de manejo y conservación de los recursos naturales.

Ibarra, 05 de noviembre de 2018

AUTORAS



Jaramillo Loayza Marelys Lizbeth



Merchán Rosero Tatiana Lisseth

DIRECTOR



Blgo. Renato Oquendo M.Sc.

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo de investigación fue desarrollado por las señoritas **MARELYS LIZBETH JARAMILLO LOAYZA**, con cédula de identidad Nro. **100391020-3** y **TATIANA LISSETH MERCHÁN ROSERO**, con cédula de identidad Nro. **172108006-5** bajo mi supervisión.



Blgo. Jorge Renato Oquendo Andino MSc.

DIRECTOR DE TESIS

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por sus infinitas bendiciones y permitirnos culminar esta etapa de nuestras vidas.

A la Universidad Técnica del Norte que nos permitió formarnos en ella.

A nuestro Director de Tesis MSc. Renato Oquendo por su voluntad de enseñanza y conocimientos impartidos. Gracias por ser un gran docente y amigo.

A nuestro equipo asesor MSc. Mónica León, Msc. Sania Ortega y MSc. Tania Oña por sus consejos, aportes y ayuda brindada.

Al Municipio de Ibarra (Unidad de Patrimonio Natural), en especial a los Ingenieros Roberto Ortega y Pablo Guerrero por su apoyo y colaboración.

A nuestros padres, familiares y amigos por su apoyo incondicional y motivación para culminar esta etapa de nuestra vida.

Tatiana y Marelys

DEDICATORIA

A Dios, quien ha guiado mis pasos y me ha dado fortaleza en cada momento de mi vida.

A mi madre, Janeth Loayza quien con su esfuerzo y sacrificio me ha enseñado a salir adelante. Gracias por su infinito amor, comprensión y cariño.

A mi padre, Milton Jaramillo y hermanos, Carolina y Darwin, por apoyarme y confiar en mí.

A mis sobrinas por recordarme con su existencia que todo es posible y todo esfuerzo vale la pena.

A Sonia E. y Laureano A, quienes han sabido ser unos segundos Padres, apoyándome en los buenos y malos momentos.

A mis amigos y compañeros de la Universidad, principalmente a Tatiana M y Marco M, gracias por ser unos excelentes amigos y compañeros de equipo.

Marelys

DEDICATORIA

A Dios por permitirme alcanzar esta meta tan anhelada. Por todas las bendiciones recibidas, por poner en mi camino personas que han sido mi soporte y compañía durante todo este periodo académico, y haberme dado la fortaleza para seguir adelante.

A mi padre Patricio Cadena y a mi madre Olguita Rosero por ser uno los pilares más importantes en mi vida demostrándome siempre su amor y apoyo incondicional, el cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mis queridos hermanos Jordan, Mayerli, Steven y Nila por confiar en mí y apoyarme siempre.

A mis suegros Rosita Herrera y Hugo Guanoluisa por ser un apoyo incondicional durante esta etapa.

A mi amado esposo Eddi Guanoluisa por luchar junto a mí en los momentos más duros de mi vida, por ser mi amigo, mi compañía y mi fortaleza demostrándome que siempre podré contar con él. A mis amados hijos, Iker y Thiago quienes han sido mi inspiración.

A mis amigos y compañeros especialmente a Marco M, David M. y Janeth S. quienes me brindaron su amistad y ayuda incondicional.

A mi querida amiga Marelys Jaramillo, con quien compartí momentos valiosos en el transcurso de la carrera universitaria y realización de este proyecto; gracias por su amistad, por su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos y sobre todo por su cariño hacia mí y mi familia.

Tatiana M.

RESUMEN

La parroquia Angochagua se caracteriza por poseer fuentes hídricas superficiales y subterráneas en ecosistemas altoandinos de páramo, bosque y vegetación arbustiva. Sin embargo, la existencia de prácticas agrícolas y pecuarias sin las debidas medidas de conservación, crecimiento de la frontera agrícola e incendios forestales, han provocado la pérdida de cobertura vegetal y la reducción en la disponibilidad del recurso hídrico. El objetivo de este estudio fue evaluar las zonas de recarga hídrica en relación a las formaciones vegetales presentes en la parroquia Angochagua, a través de la metodología de Matus (2007). Donde, se identifica cartográficamente las zonas potenciales de recarga hídrica presentes en las diferentes formaciones vegetales en función a la pendiente, litología, tipo de suelo, uso de suelo y cobertura vegetal permanente. Para las áreas que presentan un potencial de recarga hídrica alto y muy alto se proponen lineamientos de manejo y conservación de los recursos naturales. De los resultados obtenidos las zonas de recarga con mayor superficie corresponden a recarga hídrica alta con 4001,15 ha presentes en las comunidades de La Rinconada y Zuleta y RH muy alta con 151,65 ha en la comunidad de Zuleta. Se determinó que el tipo de formación vegetal es uno de los factores de mayor incidencia en la posibilidad de recarga hídrica, los suelos cubiertos de bosque natural presentan una posibilidad de recarga hídrica alta, debido a que este tipo de bosque se caracteriza por tener una vegetación madura con sistema de raíces profundos, mayor densidad boscosa y alto contenido de materia orgánica, características que mejoran las propiedades del suelo e incrementan la capacidad de almacenamiento de agua.

ABSTRACT

The Angochagua parish is characterized by having superficial and subterranean water sources in high Andean ecosystems of páramo, forest and shrub vegetation. However, the existence of agricultural and livestock practices without proper conservation measures, growth of the agricultural frontier and forest fires, have caused the loss of vegetation cover and the reduction in the availability of water resources. The objective of this study was to evaluate the water recharge zones in relation to the plant formations present in the Angochagua parish, through the methodology of Matus (2007). Where, cartographically, the potential water recharge zones present in the different plant formations are identified according to slope, lithology, soil type, land use and permanent vegetation cover. For areas that have a high and very high water recharge potential, guidelines for the management and conservation of natural resources are proposed. From the results obtained, the recharge areas with the largest area correspond to high water recharge with 4001.15 ha in the communities of La Rinconada and Zuleta and very high RH with 151.65 ha in the community of Zuleta. It was determined that the type of plant formation is one of the factors with the highest incidence in the possibility of water recharge, the soils covered by natural forest present a possibility of high water recharge, because this type of forest is characterized by having a vegetation mature with deep root system, higher forest density and high content of organic matter, characteristics that improve soil properties and increase water storage capacity.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	xi
CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Problema de investigación y justificación	1
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Pregunta directriz.....	3
CAPÍTULO II.....	4
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Recarga hídrica	4
2.1.1. Zonas de Recarga Hídrica.....	5
2.1.2. Clasificación de las zonas de recarga hídrica	5
2.1.3. Factores que afectan la recarga hídrica.....	6
2.2. Métodos para determinar la recarga hídrica	8
2.2.1. Identificación de zonas potenciales de recarga hídrica.....	9
2.2.2. Aplicación de SIG para la identificación de zonas de recarga hídrica	9
2.3. Formaciones vegetales.....	10
2.3.3. Método para levantamiento de flora en campo.....	16
2.4. Estrategias de conservación	17
2.5. Marco Legal.....	18
CAPÍTULO III	21
3. MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1. Caracterización del área de estudio	21
3.1.1. Condiciones climáticas	22
3.2. Equipos y Materiales	25
3.3. Metodología de Estudio	26
3.3.1. Evaluación de las zonas de recarga hídrica	26
3.4.2. Caracterización de las formaciones vegetales de la parroquia Angochagua	32
3.4.3. Estrategias de conservación	33

CAPÍTULO IV.....	35
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
4.1. Evaluación de las zonas de recarga hídrica en la parroquia Angochagua	35
4.1.1. Pendiente y microrelieve	35
4.1.2. Litología.....	39
4.1.3. Uso de suelo.....	42
4.1.4. Tipo de suelo.....	45
4.1.5. Formaciones Vegetales	47
4.1.6. Zonas potenciales de recarga hídrica	49
4.1.7. Zonas potenciales alta y muy alta de recarga hídrica	51
4.2. Caracterización de las formaciones vegetales en las zonas de recarga hídrica	53
4.2.1. Formaciones vegetales	53
4.2.2. Capacidad de infiltración de las formaciones vegetales	57
4.3. Estrategias de Conservación para las zonas de RH muy alta y alta en relación a las formaciones vegetales.....	59
CAPÍTULO V	66
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
5.1. Conclusiones.....	66
5.2. Recomendaciones	67
BIBLIOGRAFÍA	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la parroquia Angochagua	22
Figura 3. Diagrama Ombrotérmico Estación Meteorológica Ibarra-Inamhi	23
Figura 3. Mapa de precipitación anual	23
Figura 4. Diagrama Ombrotérmico Estación Meteorológica Olmedo-Pichincha	24
Figura 5. Mapa de temperaturas medias anuales	24
Figura 6. Mapa de evapotranspiración media anual	25
Figura 7. Infiltrómetro Turf-Tec	33
Figura 8. Mapa de pendientes.....	35
Figura 9. Mapa litológico	39
Figura 10. Mapa de uso de suelo	43
Figura 11. Mapa de tipo de suelo	46
Figura 12. Mapa de formaciones vegetales	47
Figura 13. Mapa de Zonas Potenciales de Recarga Hídrica.....	49
Figura 14. Mapa de zonas potenciales muy alta y alta de Recarga Hídrica	51
Figura 15. Infiltración época seca	57
Figura 16. Infiltración época lluviosa	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. B. S. M. alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes.	12
Tabla 2. B. S. M. del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	13
Tabla 3. Arbustal siempreverde montano del norte de los Andes.	14
Tabla 4. Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo.	15
Tabla 5. Comunas de Angochagua con su extensión	21
Tabla 6. Equipos y Materiales	25
Tabla 7. Ponderación de PRH según el tipo de relieve y pendiente	27
Tabla 8. Ponderación de PRH según el tipo de relieve y pendiente	27
Tabla 9. Ponderación de PRH según el tipo de roca.....	28
Tabla 10. Ponderación de PRH de acuerdo al uso del suelo	29
Tabla 11. PRH en las formaciones vegetales	30
Tabla 12. Potencial de recarga hídrica.....	31
Tabla 13. Evaluación de pendiente/microrelieve por comunidad	36
Tabla 14. Evaluación de litología por comunidad	40
Tabla 15. Porcentaje de uso de suelo	43
Tabla 16. Porcentaje de tipos de suelo.....	46
Tabla 17. Posibilidad de recarga según la cobertura vegetal permanente	47
Tabla 18. Formaciones Vegetales.....	48
Tabla 19. Especies de B. S. M. alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes .	53
Tabla 20. Especies de Arbustal siempreverde y herbazal de Páramo	54
Tabla 21. Especies de B. S. M. del Norte de loa Cordillera Oriental de los Andes	55
Tabla 22. Especies de Arbustal siempreverde montano del Norte de los Andes	55
Tabla 23. Especies Representativas de la parroquia.....	56
Tabla 24. Proyecto1. Educación Ambiental	61
Tabla 25. Proyecto 2. Pago por Servicios Ambientales	63
Tabla 26. Proyecto 3. Guía Botánica.....	65

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de investigación y justificación

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2015) sostiene que los recursos hídricos representan uno de los elementos básicos para el desarrollo de la vida; las aguas subterráneas y superficiales son recursos naturales aprovechables para el desarrollo del hombre y el crecimiento de la flora y fauna, sin embargo la distribución inadecuada sujeta a la alta demanda de este recurso a nivel mundial que tiene como finalidad satisfacer las necesidades económicas, sociales, culturales e industriales de la población, aumentan el problema de gestión y calidad.

La pérdida de cobertura vegetal, la deforestación, los incendios forestales y el crecimiento de la frontera agrícola son causas que impactan en la estabilidad hidrológica, en la disponibilidad y calidad de recursos hídricos presentando un escenario de creciente amenaza, riesgo y vulnerabilidad. Si bien la altura y las condiciones climáticas en las zonas andinas del Ecuador permiten una extensión territorial importante de páramo y la presencia de diferentes ecosistemas, la intervención antropogénica puede cambiar este funcionamiento ecosistémico (Serrano y Galárraga, 2015).

Salcedo y Valencia (2010) mencionan que la región sierra o interandina se encuentra definida por la Cordillera de los Andes, sus condiciones climáticas, topográficas y el caudal de los ríos, hace que cuente con un ciclo de agua con dinamismo y abundancia ofreciendo un alto potencial para satisfacer las necesidades básicas de la sociedad y el ambiente. Sin embargo, su permanencia en el tiempo está sujeta a impactos y presiones ejercidas como son: el cambio climático, la agudización de los fenómenos El Niño y La Niña, las nuevas formas de aprovechamiento, uso masivo de la oferta ambiental, el crecimiento de la población y sus actividades.

Angochagua al poseer fuentes hídricas superficiales y subterráneas es la parroquia que abastece del recurso hídrico al cantón de San Miguel de Ibarra en la provincia de

Imbabura, a través de la fuente de agua Guaraczapas con un caudal de 158 l/s, sin embargo se debe tomar conciencia de que esta abundancia no es tal si consideramos que su distribución geográfica es altamente desigual y que la explotación excesiva del recurso hídrico y su contaminación representa una amenaza para la disponibilidad y calidad de agua (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Angochagua, 2014).

En la parroquia Angochagua el deterioro de las zonas de recarga hídrica y la contaminación de los ríos, causa una reducción en la disponibilidad y calidad del recurso hídrico, esta situación está siendo causada por la intervención del hombre a través de actividades agrícolas y pecuarias en suelos de páramo, incendios forestales, deforestación, introducción de especies, desplazamiento de comunidades en las partes altas de la montaña. Esta problemática surge en virtud de una mala planificación del territorio y el manejo inadecuado de tierras, trayendo como resultado la pérdida de biodiversidad, contaminación del suelo y fuentes hídricas (Nieto, 2013).

El conocimiento que existe actualmente sobre el papel que cumplen las formaciones vegetales en el ciclo hidrológico, no es suficiente, debido a que no se conoce la influencia en la regulación de caudales donde se encuentra presente cada formación vegetal y menos aún en la parroquia Angochagua. Es por ello que esta investigación tiene por objeto conocer que formaciones vegetales son convenientes para exista zonas de recarga hídrica con potencial alto y muy alto, teniendo en cuenta las características del lugar.

El enfoque económico-social involucra problemas para lograr la sustentabilidad económica en los habitantes de la parroquia Angochagua, debido a que existen situaciones de pobreza, es por ello que se deben tomar decisiones oportunas y eficaces que permitan adoptar medidas de prevención o mitigación frente a estos problemas ambientales. Estas medidas deben darse a través de políticas públicas, interés por parte de la comunidad científica y el empoderamiento de la población (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Angochagua, 2015).

Camacho y Robles (2009) indicaron que los bosques y vegetación nativa son los principales soportes que pueden proteger los suministros de agua potable, debido a que

reciben menor aporte de plaguicidas y otras sustancias químicas contaminantes como las tierras agrícolas que se encuentran expuestas a contaminación atmosférica, presencia de elementos como el azufre y nitrógeno, pueden causar el aumento de la acidificación del agua.

Los bosques, páramos y vegetación nativa de la parroquia Angochagua son un sustento social, económico y cultural para sus habitantes, 925 familias se han beneficiado de los proyectos ambientales implementados en el 2014, llegando al 23% de los hogares de sus habitantes. Desde este punto de vista es importante mejorar el estado y manejo de los bosques y páramos e integrarlos a la situación actual, tendencias y perspectivas del desarrollo rural del país (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Angochagua, 2014).

Las formaciones vegetales de la parroquia Angochagua brindan diversos servicios ambientales como son el mantenimiento, recarga y flujo del recurso hídrico, el conocer acerca de la abundancia y diversidad de la cobertura vegetal proporciona información referente a los efectos que generan sobre los mantos acuíferos y la gestión que se podría realizar en las zonas de recarga hídrica en la parroquia (Gonzaga, 1993).

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar las zonas de recarga hídrica en relación a las formaciones vegetales en la parroquia Angochagua, provincia de Imbabura.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las zonas de recarga hídrica de la parroquia Angochagua.
- Caracterizar las formaciones vegetales relacionadas a las zonas de recarga hídrica.
- Proponer estrategias de conservación en base a las áreas de recargas hídricas y formaciones vegetales.

1.4. Pregunta directriz

- ¿Cómo varía la recarga hídrica en relación a las formaciones vegetales que existen en la parroquia Angochagua?

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Recarga hídrica

La recarga hídrica es un proceso de incorporación natural de agua a través de los procesos de precipitación, escorrentía de aguas subterráneas o superficiales que alimentan a los acuíferos, la cantidad de recarga depende de la extensión de la entrada o captación del recurso hídrico, los métodos para estimar la recarga son: balances hídricos, trazadores ambientales, cuantificaciones de flujo subterráneos y fórmulas empíricas los cuales arrojarán datos con cierto grado de incertidumbre (Matus, 2007).

Blanco (2010) manifiesta que, para determinar las zonas de recarga hídrica con mayor potencial, realizó un balance hídrico de suelos, analizando variables como textura de suelos, pendiente y tipo de cobertura vegetal. Mediante sistemas de información geográfica generó mapas digitales representando cada elemento, los mapas se superpusieron para identificar las características físicas del suelo que favorecen la retención de humedad y percolación directa del agua hacia un posible acuífero. Las acciones de manejo se propusieron y validaron con líderes comunales considerando aspectos técnicos, administrativos y legales.

Figuroa (2015) realizó la identificación de áreas de recarga hídrica y su potencial en la subcuenca del río Tzunutz en Guatemala, tomando en cuenta parámetros como: pendiente, tipo de suelo, cobertura vegetal, uso de suelo, litología, corrientes superficiales y precipitación local, en cada variable determinó la importancia relativa asignando una ponderación o peso mediante una ecuación que engloba la importancia de cada parámetro, determinando de esta forma la relación interactiva de cada elemento y obteniendo como resultado un mapa de las zonas de recarga hídrica.

Fernández (2017) desarrolló un estudio para generar información cartográfica en las zonas de recarga hídrica mediante el Método de Recarga Hídrica Subterránea (RAS) de Junker (2005) con la finalidad de elaborar estrategias de manejo sustentable de recursos hídricos de la parte alta y zona de amortiguamiento de la comuna Pasto La Esperanza, donde se originan las principales captaciones y fuentes primarias de agua que abastecen para el consumo de los pobladores de parroquia de Tufiño y del cantón Tulcán.

2.1.1. Zonas de Recarga Hídrica

Blick, Kelly y Skupien (2004) sostienen que dentro del sistema hidrológico de una cuenca, las zonas de recarga hídrica son importantes ya que existe la interacción de los seres bióticos y abióticos, ecosistema y el hombre, por este motivo al presentarse cualquier tipo de fenómeno negativo que altere el estado de la cuenca, también se verá alterado el comportamiento de los acuíferos dando como resultado una disminución de la cantidad y calidad del caudal hidrológico.

Dentro de la dinámica de recarga hídrica es fundamental que la cuenca hidrológica tenga un equilibrio entre los factores ambientales y antrópicos, debido a la afectación en los caudales por el crecimiento demográfico, urbanismo, expansión de la frontera agrícola, deforestación y forestación con prácticas agrícolas inadecuadas, las cuales han producido una alteración en el suelo disminuyendo la infiltración y permeabilidad, dando como resultado zonas de recarga con baja cantidad de caudal, lo que ocasiona la pérdida de fuentes de agua (Peñuela y Carrillo, 2013).

Chamorro (2016) caracterizó las zonas de recarga hídrica de los acuíferos: La Carbonería, Guaraczapas, Yuyucocha y Santa Clara, mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) y en base a la metodología propuesta por Matus (2007) en función de las variables: pendiente, geología, tipo de suelo, cobertura vegetal y velocidad de infiltración del suelo de los acuíferos que abastecen de agua a la ciudad de Ibarra. Obteniendo cinco categorías de recarga: muy alta, alta, moderada, baja y nula.

2.1.2. Clasificación de las zonas de recarga hídrica

Matus, Faustino y Jiménez (2009) sostienen que las zonas de recarga hídrica se pueden clasificar tomando en cuenta el movimiento de agua, suelo, subsuelo y manto rocoso:

- **Zonas de recarga hídrica superficial**

A esta clasificación pertenece toda cuenca hidrográfica, excluyendo las zonas totalmente impermeables, las cuales después de una precipitación originan escorrentía superficial ya que sus poros se encuentran saturados. Para determinar la descarga superficial o caudal de escorrentía se realiza una medición en el cauce principal del río (Ordoñez, 2011).

La investigación realizada por Coral, García y Leal (2015) expone el proceso metodológico para calcular el balance hídrico promedio mensual para una cuenca hidrográfica, con el objetivo de mostrar la incidencia de la vegetación en la dinámica hídrica, el método utiliza herramientas SIG para elaborar el balance hídrico del suelo con base en Thornthwaite y Mather. Los productos finales se representan a través de la condición hídrica promedio a escala temporal (mensual) y espacial (píxel) en la cuenca de estudio. Sin embargo, la metodología propuesta puede ser aplicada a otras unidades de análisis de escalas más amplias.

- **Zonas de recarga hídrica subterránea**

Este tipo de recarga se da en sitios planos o cóncavos con rocas permeables que corresponden a flujos verticales de infiltración significativa, lo que permite la alimentación de los acuíferos. Collazo y Montaña (2012) manifiestan que la recarga subterránea se aloja y circula en el subsuelo, conformando los acuíferos y menciona que la fuente de aporte principal es el agua de lluvia, mediante el proceso de infiltración, otras fuentes de alimentación localizada pueden ser los ríos, arroyos, lagos y lagunas, situadas por debajo del nivel freático y fluye a la superficie de forma natural a través de vertientes, manantiales o cauces fluviales.

Peñuela y Carrillo (2013) realizaron una investigación de las zonas de recarga y descarga de agua subterránea en el centro-sur de la Mesa Central-México, usando la teoría de los sistemas de flujo que se basa en el balance de valores de entrada y salida de agua de los acuíferos debido al movimiento gravitacional, este estudio se realizó con el análisis de mapas sobre el tipo de suelo, vegetación, elevación topográfica, dirección del flujo subterráneo, manantiales y presencia de cuerpos naturales de agua, donde determinó que las zonas de descarga natural presentes corresponden a sectores planos y relativamente bajos.

2.1.3. Factores que afectan la recarga hídrica

Los factores que determinan y afectan la recarga hídrica no dependen únicamente del tipo de bosque para su captación, sino también del tipo de zona de recarga hídrica, de las condiciones geológicas y climáticas que presenta el lugar, ya que la recarga hídrica se ve influenciada por el régimen de precipitación, escorrentía superficial y caudal de

los ríos que varían de acuerdo a la permeabilidad de los suelos, contenido de humedad, duración e intensidad de las lluvias y patrón de drenaje de la cuenca hidrográfica (Bueso, 2010).

- **Clima**

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación los factores climáticos que afectan la recarga hídrica son la evapotranspiración realizada por la pérdida de agua en la transpiración de las plantas y la evaporación del agua. Por consiguiente, este factor influye en la recarga hídrica para aportar en mayor o menor cantidad el recurso líquido vital para la infiltración de agua de lluvia de forma natural al suelo (FAO, 2009).

- **Suelo**

La permeabilidad del suelo depende de las características de textura, densidad aparente, grado de saturación del suelo y capacidad de infiltración se podrá determinar la calidad de la recarga ya que en suelos impermeables o compactos la infiltración será dificultosa, pero en suelos permeables la capacidad de infiltración será de mayor eficiencia. La velocidad con la que el agua penetra al suelo, es siempre mayor en suelos con textura arenosa, franco arenoso, arenosa franca y de menor velocidad en suelos de textura fina o pesada como los arcillosos (González, 2013).

- **Topografía y relieve**

La capacidad de infiltración depende de la topografía del terreno, ya que el tiempo de contacto del agua con el suelo hace que este se infiltre, por consiguiente, las pendientes con menor inclinación favorecen a una mayor infiltración y las de mayor inclinación generan escorrentía superficial (FAO, 2009).

- **Estratigrafía geológica**

Matus (2007) menciona que la cantidad de recarga hídrica depende de la disposición del material geológico presente en los diferentes estratos del suelo, la porosidad de las rocas proporciona la característica de permeabilidad e influye directamente en la capacidad de recarga, además señala que las arenas, gravas y calizas tienen mayor permeabilidad que los aluviones donde la arena y grava se encuentra mezclada con arcillas y areniscas.

- **Cobertura vegetal**

Según FAO (2009) la cobertura vegetal permite mayor contacto del agua con la superficie del suelo, lo que genera mayor tiempo de retención y permite que haya mayor infiltración, también la lluvia que cae sobre cobertura vegetal puede ser infiltrar de acuerdo a la profundidad radicular y la capacidad de retención vegetal.

- **Uso de la tierra**

Daza, Hernández y Triana (2014) manifiestan que la capacidad de infiltración se encuentra influenciada por el uso de la tierra. El uso y manejo inadecuado del suelo reduce la capacidad de infiltración y disminuye la recarga hídrica, determinando que los suelos con cobertura vegetal permanente promueven la recarga hídrica, mientras que los suelos de uso agrícola, pecuario y urbano limitan la capacidad de infiltración del agua y disminuyen la recarga al acuífero.

2.2. Métodos para determinar la recarga hídrica

La metodología participativa para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica (Matus, 2007) se fundamenta en el proceso de infiltración del agua en el suelo y los factores que se encuentran influenciándole. En este sentido los elementos (tipo de suelo, pendiente, tipo de roca, cobertura vegetal y uso del suelo), son analizados para determinar si intervienen de manera negativa o positiva en el proceso de recarga hídrica.

En la identificación y caracterización de las zonas de recarga hídrica mediante herramientas SIG de los acuíferos La Carboneria, Guaraczapas, Yuyucocha y Santa Clara, se utiliza la metodología propuesta por Matus (2007) en función de las variables: pendiente, geología, tipo de suelo, cobertura vegetal y velocidad de infiltración del suelo para determinar las categorías de recarga hídrica y proponer lineamientos generales para el manejo y conservación de estas zonas (Chamorro, 2016).

Herrera (2017) en la identificación hidrológica de zonas de recarga de las fuentes de abastecimiento de agua en la comuna La Esperanza, provincia del Carchi, emplea los criterios del método RAS (Recarga de Agua Subterránea), con la participación de los actores locales, con la finalidad de identificar zonas potenciales de recarga hídrica para establecer estrategias de manejo sustentable que permitan proteger estas áreas.

2.2.1. Identificación de zonas potenciales de recarga hídrica

La metodología propuesta y elaborada por Matus (2007) para la evaluación e identificación de las zonas potenciales de recarga hídrica es la combinación entre el conocimiento técnico y el conocimiento local, con relación a los criterios (pendiente, tipo de suelo, cobertura vegetal y tipo de roca), asignando una ponderación a cada elemento, en función de la importancia que cada uno representa en el proceso de infiltración del agua.

Según Matus et al. (2009) proponen la realización de unidades cartográficas en software GIS de los siguientes elementos: tipo de suelo, uso de suelo, cobertura vegetal, pendiente y tipo de roca, evalúa cinco categorías de posibilidad de recarga hídrica: Muy alta, Alta, Moderada, Baja, Muy baja).

2.2.2. Aplicación de Sistemas de Información Geográfica para la identificación de zonas de recarga hídrica

Los Sistemas de Información Geográfica pueden definirse como sistemas que permiten almacenar datos espaciales para su consulta, manipulación y representación, siendo un conjunto de software diseñado específicamente para la adquisición, mantenimiento y uso de datos cartográficos. Los datos de teledetección remota proporcionan información espacial precisa, facilitan el análisis integrado y conjuntivo de grandes volúmenes de datos multidisciplinarios (Olaya, 2014).

Selvam, et al. (2016) identifican las zonas de recarga hídrica utilizando sensores remotos, los datos se basan en el análisis indirecto de características del terreno que son observables, como geomorfología, cobertura vegetal, usos de suelo, pendientes y sus características hidrológicas, que juegan un papel importante en la exploración de las zonas potenciales de recarga hídrica.

Ruiz (2016) realizó la modelación cartográfica - hidrológica de la cuenca alta del río Tahuando mediante la aplicación Sistemas de Información Geográfica, identificando las áreas de recarga hídrica y el balance hídrico, aplicando la metodología elaborada por el Centro Agronómico Tropical de Investigación, que consiste en la técnica de álgebra de mapas con información cartográfica de pendiente, tipo de suelo, cobertura vegetal, tipo de roca y uso del suelo.

2.3. Formaciones vegetales

En el Ecuador existen una serie de regiones naturales o ecorregiones con historias geológicas, climáticas y evolutivas diferentes, se puede identificar a la región pacífica o costa, región andina o sierra y región amazónica u oriente, cada una de ellas se encuentra dividida en varias regiones o paisajes (Aguirre, 2013).

Existen diferentes criterios de clasificación de las regiones naturales del Ecuador que se denominan formaciones vegetales, este concepto se basa en tres niveles, el general es llamado formación tipo que se encuentra definida por las características fisonómicas dominantes o formas de vida, como matorral, bosque y sabana, estas formaciones se pueden caracterizar a mayor detalle y ser divididas en clase de vegetación como bosque montano alto, y el último nivel hace referencia a los tipos de vegetación o formaciones naturales resalta las variaciones altitudinales de la vegetación, la relación con elementos del paisaje como los ríos, lagunas y océanos y las diferencias biogeográficas entre las unidades morfológicamente similares pero con historias evolutivas aisladas. El criterio de nivel formación tipo se lo puede dividir en unidades homogéneas con base en criterios ambientales, bióticos y topológicos (Baquero et al. 2004).

El Ministerio del Ambiente (2012) clasifica a los ecosistemas bajo el conjunto de comunidades de especies e individuos tróficamente similares que interaccionan entre sí y se ven influenciados por factores abióticos y biogeográficos similares a diferentes escalas temporales y espaciales, utilizado criterios de tipo fisonómico que hace referencia a la estructura y fisonomía de las formaciones ambientales con influencia del clima y factores meteorológicos sobre la vegetación. Bióticos que caracterizan la composición y fenología de las subunidades tipo. Topográficos que caracterizan el relieve que influye sobre la vegetación.

2.3.1. Factores de diagnóstico de las formaciones vegetales

Las descripciones de los ecosistemas organizadas en el sistema de clasificación International Vegetation Classification (IVC) identifican siete factores diagnósticos cruciales para el mapeo de ecosistemas asociados con la distribución en diversos contextos geográficos que incluyen: Cobertura de la tierra, Biogeografía, Bioclima, Geoforma, Régimen de inundación, Pisos ecológicos y Fenología. Cada una de estas

dimensiones contiene uno o más factores diagnósticos agrupados jerárquicamente de acuerdo a la estructura de la leyenda establecida por el IVC (MAE, 2012).

- **Cobertura de la tierra-Fisonomía.-** La cobertura de la tierra hace referencia las condiciones biofísicas que pueden ser observables sobre el terreno y en el contexto de la representación de los ecosistemas se refiere a la estructura y fisonomía de la vegetación (vegetación arbórea, arbustiva y herbácea). En este sistema de clasificación se tomó como base conceptual la propuesta hecha por el Panel Internacional para el Cambio Climático modificado para la realidad ecuatoriana (MAE, 2012).
- **Biogeografía.-** Estudia las áreas de distribución, centros de origen y abundancia de las especies y unidades taxonómicas superiores (familias, géneros) así como los patrones de variación de los mismos a diferentes escalas espaciales que resultan en la distribución de la diversidad biológica. En este sentido, la composición de especies de distintas regiones biogeográficas varía debido a una serie de factores que incluyen las condiciones ambientales, la historia geológica y procesos evolutivos que determinan el establecimiento de comunidades de especies-individuos a escala local (Navarro y Maldonado, 2002).
- **Macrobioclima y bioclima.-** La temperatura, la precipitación total anual, y la variación mensual o estacional de la precipitación, son factores que definen en un grado elevado la distribución de la vegetación. El macrobioclima se define como la relación entre los valores o parámetros climáticos y la distribución de los seres vivos que operan a una escala global o continental y el bioclima es la interrelación entre temperatura, precipitación y evaporación a escalas regionales (Navarro y Maldonado 2002).
- **Geomorfología y suelos.-** La orografía y geomorfología influyen en la conformación de los ecosistemas, principalmente de las unidades de vegetación. En este sistema de clasificación se plantea a los factores geomorfológicos en tres niveles de representación: relieve general, macrorelieve y mesorelieve. El relieve general se refiere a todas las estructuras orogénicas que definen áreas a escalas espaciales de región como: Sierra, Costa y Amazonia. El macrorelieve se refiere a unidades geomorfológicas a escala de paisaje e incluye: valles, llanura, penillanura, montaña, cordillera y piedemonte y el mesorelieve actúa a escalas espaciales locales

que incluyen unidades geomorfológicas como: cuestras, colinas, mesetas, abanicos aluviales, planicie, terrazas, vertientes y chevrones (MAE, 2012).

- **Inundabilidad.**- Es la acumulación o drenaje de agua en función de las condiciones hidrológicas (filtración, infiltración, escorrentía), fluctuaciones estacionales de la precipitación y unidades geomorfológicas (llanuras y terrazas) y permeabilidad de los suelos (MAE, 2013).
- **Pisos altitudinales de vegetación.**- La temperatura y la precipitación juegan un papel preponderante en el establecimiento de comunidades vegetales, la variación altitudinal está asociada con la distribución de formaciones vegetales discontinuas (bosque nublado, páramo). Por esta razón, la elevación del terreno se utiliza como un referente de la distribución altitudinal de los tipos de vegetación (MAE, 2012).
- **Fenología general.**- Es el conjunto de procesos ecosistémicos asociados con la productividad que se ajustan a ciertos ritmos periódicos como la floración, la maduración de los frutos, entre otros. Se definieron cuatro tipos fenológicos para el presente sistema de clasificación. Siempreverde: referida a las regiones de los trópicos con estaciones secas (períodos de baja o nula precipitación) que duran menos de un mes al año (Aguirre, 2013).

2.3.2. Formaciones vegetales presentes en la parroquia Angochagua

Según el Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental propuesto por el Ministerio del Ambiente y en base a la clasificación de Sierra et al. (1999) y Josse et al. (2003) se determinan las siguientes formaciones vegetales presentes en la parroquia Angochagua:

Tabla 1. Formación vegetal presente en la parroquia Angochagua, su correspondencia con Sierra et al. (1999) y Josse et al. (2003).

Bosque siempreverde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	
Clasificación	Formación vegetal / ecosistema
Sierra et al. 1999	Bosque siempreverde montano alto, sector Norte de la Cordillera Oriental, subregión norte y centro
Josse et al. 2003	Bosques altimontanos norte-andinos siempreverdes

Factores diagnósticos

Fisonomía: bosque

Biogeografía: *Región:* Andes, *Provincia:* Andes del Norte, *Sector:* Norte de la Cordillera Oriental de los Andes

Fenología: siempreverde

Piso bioclimático: Montano alto (3000-3700 msnm), *Termotipo (It):* supratropical inferior y superior

Geoforma: *Relieve general:* De montaña, *Macrorelieve:* Cordillera, *Mesorelieve:* Relieves montañosos, Edificios volcánicos, Colinas, Vertientes

Inundabilidad general: *Régimen de Inundación:* no inundable

Fuente: Ministerio del Ambiente, 2013

Los bosques siempreverdes se caracterizan por tener troncos gruesos en ocasiones torcidos y con raíces adventicias. En el sotobosque se encuentran especies herbáceas y arbóreas, en el estrato medio se observa gran cantidad de arbustos. Normalmente están restringidos a zonas de topografía accidentada y pendientes que van desde muy inclinadas a escarpadas (15° a 87°), están recubiertas de una gran variedad de formaciones geológicas: rocas metamórficas indiferenciadas, rocas intrusivas granito, granodiorita, algunos depósitos glaciares. Poseen además suelos inceptisoles y andosoles desaturados–perhidratados poco profundos (20 a 50 cm), de textura franco a francolimoso de drenaje bueno y con presencia de suelos muy húmíferos (MAE, 2013). Actualmente este ecosistema está presente en forma de islas de bosque natural (fragmentos o parches) relegados a las quebradas o en suelos con pendientes pronunciadas. Este aislamiento del bosque se debe a varios factores, como los provocados por deslaves, derrumbes u otros desastres naturales y los ocasionados por el ser humano (Suárez 2008).

Tabla 2. Formación vegetal presente en la parroquia Angochagua, su correspondencia con Sierra et al. (1999) y Josse et al. (2003).

Bosque siempreverde montano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes

Clasificación	Formación vegetal / ecosistema
Sierra et al. 1999	Bosque de neblina montano, sector norte y centro de la Cordillera Oriental, subregión norte y centro.
Josse et al. 2003	Bosques montanos pluviales de los Andes del Norte

Factores diagnósticos

Fisonomía: bosque

Bioclima: pluvial, *Ombrotipo (Io):* húmedo, hiperhúmedo

Biogeografía: *Región:* Andes, *Provincia:* Andes del Norte, *Sector:* Norte de la Cordillera Oriental de los Andes

Fenología: siempreverde

Piso bioclimático: Montano alto (2000-3000 msnm), *Termotipo (It):* mesotropical

Geoforma: *Relieve general:* De montaña, *Macrorelieve:* Cordillera, Serranía, Valle tectónico, *Mesorelieve:* Relieves montañosos, Edificios volcánicos, Mesetas, Vertientes

Inundabilidad general: *Régimen de Inundación:* no inundable

Fuente: Ministerio del Ambiente, 2013

Los bosques siempreverdes tienden a tener troncos y ramas nudosas, copas densas y compactas. El ecosistema se incluye en la amplia clasificación de bosques nublados. Este nombre se debe a que frecuentemente estos bosques tienen una cobertura de neblina o de nubes, ya sea constante, o durante las primeras horas de la mañana y las últimas horas de la tarde. El aporte de agua por la neblina o nubes se conoce como precipitación horizontal o lluvia incidental. La flora está dominada por elementos andinos. Se encuentran formados por suelos como: inceptisoles y andosoles desaturados con una textura franco, franco-limosa y en pequeñas partes al norte franco-arenoso y al sur de franco-arcilloso. Algunas áreas dentro de estos bosques se caracterizan por tener un dosel relativamente bajo de 10 a 15 m, árboles de fustes rectos y con muchas especies de amplia distribución en el país. En las zonas relativamente planas, especialmente a lo largo de los ríos, estos bosques han sido transformados para establecer pastizales y cultivos (Fehse et al. 1998).

Tabla 3. Formación vegetal presente en la parroquia Angochagua, su correspondencia con Sierra et al. (1999) y Josse et al. (2003).

Arbustal siempreverde montano del Norte de los Andes	
Clasificación	Formación vegetal / ecosistema
Sierra et al. 1999	Matorral húmedo montano, sector norte y centro de los valles interandinos, subregión norte y centro
Josse et al. 2003	Arbustal Montano de los Andes del Norte

Factores diagnósticos

Fisonomía: arbustiva y herbácea

Bioclima: pluviestacional, *Ombrotipo (Io):* húmedo

Biogeografía: *Región:* Andes, *Provincia:* Andes del Norte

Fenología: siempreverde

Piso bioclimático: Montano (2000-3100 msnm), *Termotipo (It):* mesotropical

Geoforma: *Relieve general:* De montaña, *Macrorelieve:* Cordillera, Valle Glaciar, *Mesorelieve:* Relieve montañoso, Terrazas, Llanura subglaciar

Inundabilidad general: *Régimen de Inundación:* no inundable

Fuente: Ministerio del Ambiente, 2013

Es un ecosistema discontinuo ubicado en quebradas y áreas de difícil acceso con pendientes de hasta 60°. Se encuentra en las vertientes internas y laderas occidentales montañosas húmedas de la cordillera de los Andes. Se caracteriza por estar compuesta de vegetación sucesional, donde los bosques montanos han sido sustituidos por cultivos entre los cuales quedan remanentes formados por una vegetación arbustiva alta de dosel muy abierto de aproximadamente 5 m y sotobosque arbustivo hasta 2 m, compuesta de un conjunto característico de especies andinas, entre ellas algunas espinosas. La composición florística no muestra diferencias entre los arbustales montanos de la cordillera oriental y los de la cordillera occidental de los Andes; sin embargo, debe ser estudiado con más detalle para una adecuada clasificación de este ecosistema (Vargas Asanza, Fierro y Narváez, 2000).

Tabla 4. Formación vegetal presente en la parroquia Angochagua, su correspondencia con Sierra et al. (1999) y Josse et al. (2003).

Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo	
Clasificación	Formación vegetal / ecosistema
Sierra et al. 1999	Incluye al Páramo de almohadillas, sector norte y centro de la cordillera oriental, subregión norte y centro
Josse et al. 2003	Pajonales arbustivos altimontano paramunos

Factores diagnósticos

Fisonomía: arbustiva y herbácea

Bioclima: pluvial, *Ombrotipo (Io):* húmedo, hiperhúmedo

Biogeografía: *Región:* Andes, *Provincia:* Andes del Norte, *Sector:* Páramo

Fenología: siempreverde

Piso bioclimático: Montano alto y montano alto superior (3300-3900 msnm), *Termotipo (It):* supratropical

Geoforma: *Relieve general:* De montaña, *Macrorelieve:* Cordillera, Valle Glaciar,

Mesorelieve: Relieves montañosos, Glacis

Inundabilidad general: *Régimen de Inundación:* no inundable

Fuente: Ministerio del Ambiente, 2013

Son arbustales frecuentemente dispuestos en parches de hasta 3 m de altura, mezclados con pajonales amacollados de alrededor de 1,20 m. La composición y estructura de este ecosistema cambia hacia la parte baja de su distribución altitudinal pues la riqueza de especies y promedio de altura de los arbustos y el número de árboles se incrementa. Los suelos de este arbustal son andosoles húmicos relativamente bien desarrollados, con un horizonte A de profundidad que varía en promedio entre 30 a 50 cm, producto del volcanismo cuaternario activo y el clima húmedo y frío. Los inceptisoles también ocurren en este ecosistema, especialmente en las laderas más escarpadas y rocas recientemente expuestas. Estas condiciones climáticas infringen una presión selectiva fuerte en las plantas sujetas a una gran variación de humedad y térmica, puede incluir congelamiento y descongelamiento del agua en el suelo en un mismo día por estas razones, muchas de las especies presentes de este ecosistema han desarrollado adaptaciones fisiológicas singulares. La formación de agujas de hielo y su derretimiento afectan en la disponibilidad de agua y nutrientes, y son una fuente de disturbios del suelo (MAE, 2012).

2.3.3. Método para levantamiento de flora en campo

De acuerdo a Mostacedo (2000) para caracterizar las formaciones vegetales propone realizar transectos y cuadrantes que son utilizados para medir el grado de vegetación presente en cada formación vegetal.

- **Transectos:** representan una técnica rápida de observación y registro de datos que representa la mayor heterogeneidad de la vegetación presente. Los transectos son rectángulos de tamaño variable dependiendo del tipo de vegetación a medirse, para medir árboles y bejucos con DAP (diámetro a la altura del pecho) mayor a 2.5 cm se utiliza transectos de 2 x 50 m, para medir bosque húmedo se usan transectos de 2 x 4 m y para aprovechamiento forestal se utilizan transectos de (10 x 100) m o (20 x 100) m.
- **Cuadrantes:** esta técnica de observación rápida genera muestreos más homogéneos con menor impacto de borde en comparación de los transectos. El método consiste en colocar cuadrantes de diferentes tamaños dependiendo del tipo de vegetación, para muestrear vegetación herbácea y plántulas de especies arbóreas se pueden utilizar cuadrantes de 1 x 1 m, para bejucos o arbustos de 2 x 2 m y para árboles con DAP mayor a 10 cm de (5 x 5) m o (10 x 10) m.

2.4. Estrategias de conservación

Según Herrera (2017) las estrategias de conservación se refieren a las decisiones potenciales o condicionales delimitando las acciones a realizarse, tomando en cuenta los diferentes factores del entorno. La definición de una estrategia, consiste en crear un listado de todas las situaciones a las que se podría llegar para poder seleccionar la decisión que intentará resolver cada una de ellas.

- **Estrategias de conservación del recurso hídrico**

Las estrategias de conservación representan los lineamientos que orientan las políticas, acciones estratégicas y operativas para el manejo integral de cuencas hidrográficas, procurando la participación de todos los actores de la sociedad en general en el contexto de un desarrollo integral social, ambiental, y económico para contribuir a la protección y manejo del recurso hídrico de un determinado lugar (Cárdenas y Muñoz, 2010).

La conservación de las aguas subterráneas, en términos de calidad y cantidad permitirá una explotación eficiente de los acuíferos a largo plazo, especialmente como fuente confiable y segura de abastecimiento de agua potable. Lo mismo se puede decir en relación con su uso agrícola o industrial. Proteger al recurso hídrico no significa que su conservación sea absoluta ni que vaya en contra de un uso legal bien planificado (Foster, 1992).

- **Estrategias de conservación de las formaciones vegetales**

Las estrategias representan el estado de conservación de la flora y las medidas de acción para su conocimiento, protección y uso sostenible. Para conocer hacia dónde dirigir las actividades de conservación de flora, se realiza la identificación de especies y ecosistemas prioritarios para su conservación analizando las amenazas, singularidad, riqueza, uso y vacíos de conocimiento (Humboldt, 2001).

Según Vázquez y Ulla (1997) señalan que las estrategias se enfocan en la conservación y manejo sustentable de los recursos mediante la investigación, participación de la población, aspectos institucionales, educación y divulgación. Se identifica y prioriza los problemas de conservación de la diversidad biológica, puntualizando acciones y estableciendo resultados mediante indicadores que permitan establecer los logros de las estrategias.

Gudiño (2015) menciona que las estrategias de conservación van dirigidas a mejorar las posibilidades de supervivencia de la biodiversidad, con el fin de responder a necesidades como: aumentar el área de vegetación nativa, proteger los remanentes de vegetación natural de perturbaciones, y/o mejorar la calidad de los hábitats, así como la protección de las vertientes de agua de la microcuenca del río Tahuando.

2.5. Marco Legal

La presente investigación se enmarca dentro de los artículos de la Constitución de la República del Ecuador 2008, el Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021, la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua 2014 y la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre aprobada en septiembre de 2004.

- **Constitución de la República del Ecuador**

La Constitución Política del Ecuador de 2009, indica en el Título II Derechos, Capítulo Segundo Derechos del Buen Vivir, Sección Primera Agua y Alimentación, Art. 12 indica: El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

En el Capítulo quinto de los Sectores estratégicos, servicios y empresas públicas, el Art. 318 menciona: El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos, prohibiendo la privatización del agua. El estado fortalecerá iniciativas comunitarias de gestión del agua y prestación de los servicios públicos. El estado a través de la autoridad competente es el responsable de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinen a consumo humano, como riego, caudal ecológico y actividades productivas.

En el Capítulo segundo, sección tercera sobre el Patrimonio natural y ecosistemas, el Art. 404, 406 y 411 señalan que el patrimonio natural del Ecuador único e invaluable comprende, entre otras, las formaciones físicas, biológicas y geológicas cuyo valor desde el punto de vista ambiental, científico, cultural o paisajístico exige su protección, conservación, recuperación y promoción. También regulará la conservación, manejo y uso sustentable, recuperación, y limitaciones de dominio de los ecosistemas frágiles y amenazados; entre otros, los páramos, humedales.

- **Código Orgánico del Ambiente 2017**

De acuerdo al Código Orgánico del Ambiente en el Libro Segundo del Patrimonio Natural, Capítulo VI de Restauración Ecológica, Plantaciones Forestales y Sistemas Agroforestales, señala en los artículos 118, 119 y 120.- Que la restauración ecológica se la realizará en suelos o ecosistemas, priorizando su regeneración natural cuando esta sea posible, técnica, económica y socialmente, los GADS priorizarán suelos degradados o en procesos de desertificación impulsando proyectos de reforestación con fines de conservación o restauración, combinando especies nativas o con el objetivo de enriquecimiento y aceleración de la sucesión.

- **Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua 2014**

En la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua se tomó en cuenta los Capítulos II, III y V, que hacen referencia a lo siguiente:

Capítulo II: Uso y Aprovechamiento del agua subterránea y acuíferos. - Artículo 118. Corresponsabilidad en la conservación del agua subterránea. Manifiesta: Los sistemas comunitarios, juntas de agua potable, juntas de riego y los usuarios del agua son

corresponsables con el Estado en la protección, conservación y manejo del agua subterránea.

Capítulo III: Derechos de la naturaleza.- Artículo 64 manifiesta: La naturaleza o Pacha Mama tiene derecho a la conservación de las aguas con sus propiedades como soporte esencial para todas las formas de vida, en los literales a, b, c, d y e mencionan: La protección de las cuencas hidrográficas, los ecosistemas, las fuentes, zonas de captación, regulación, recarga, afloramiento y cauces naturales de agua, preservando la dinámica natural del ciclo hidrológico y manteniendo el caudal mínimo ecológico como garantía de los ecosistemas y la biodiversidad. Además, menciona la restauración y recuperación de los ecosistemas que hayan sufrido alteraciones por contaminación de aguas o erosión de suelo.

Capítulo V: Derechos colectivos de comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades.- Artículo 71.- Derechos colectivos sobre el agua dice: Las comunidades, pueblos y nacionalidades indígenas, pueblo afro ecuatoriano y montubio gozan de los siguientes derechos colectivos sobre el agua: en los literales a, b, c, d ,e ,f ,g ,h, i menciona que: Conservar y proteger el agua que se encuentra en su territorio, participar en el uso y gestión comunitaria del recurso hídrico, realizar prácticas de manejo y gestión del agua, salvaguardar y difundir sus conocimientos colectivos, ciencias, tecnologías y saberes ancestrales, ser consultados acerca de toda decisión normativa o autorización estatal que pueda afectar a la gestión del agua de su territorio, participar en la formulación de los estudios de impacto ambiental sobre actividades que afecten los usos y formas ancestrales de manejo del agua en sus tierras y territorios, tener acceso a información hídrica, participación en el control social de toda actividad pública o privada susceptible de generar impacto o afecciones sobre los usos y formas ancestrales de gestión del agua en sus propiedades y territorios.

- **Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021**

En el Plan Nacional de Desarrollo 2017 – 2021, se consideró el Objetivo 3 que: Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones. Dentro de las Políticas y lineamientos del Patrimonio Natural e Hídrico se tomó en cuenta la política 3.1 donde menciona: Conservar, recuperar y regular el aprovechamiento del patrimonio natural y social, rural y urbano, continental, insular y marino-costero, que asegure y precautele los derechos de las presentes y futuras generaciones.

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente capítulo detalla las características generales del área de estudio, materiales y métodos utilizados para el cumplimiento de los objetivos y la pregunta directriz de la presente investigación.

3.1. Caracterización del área de estudio

La parroquia Angochagua pertenece al cantón Ibarra, provincia de Imbabura (Figura 1). Se encuentra en una altitud que oscila entre los 2520 msnm a 3920 msnm, conformada por seis comunidades que son; Zuleta, Cochas, La Magdalena, Chilco, La Rinconada y Angochagua, presenta una extensión de 11,768 ha (Tabla 5), en el territorio habitan 3864 habitantes que se dedican principalmente a las actividades de agricultura, ganadería, artesanía, turismo, entre otras (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Angochagua, 2015).

Tabla 5. Comunas de Angochagua con su extensión

COMUNA	Área en Hectárea
La Magdalena	2091
La Rinconada	2528
Angochagua/ Zuleta	217 3963
Cochas la Merced	1679
El Chilco	1290
TOTAL	11,768

Fuente: Plan de Manejo Parroquial de Angochagua, 2016

- **Límites parroquiales**

Al Norte: Parroquia La Esperanza del cantón Ibarra – Imbabura

Al Sur: Parroquia Olmedo del cantón Cayambe – Pichincha

Al Este: Parroquia Mariano Acosta del cantón Pimampiro - Imbabura

Al Oeste: Parroquia San Pablo cantón Otavalo –Imbabura.

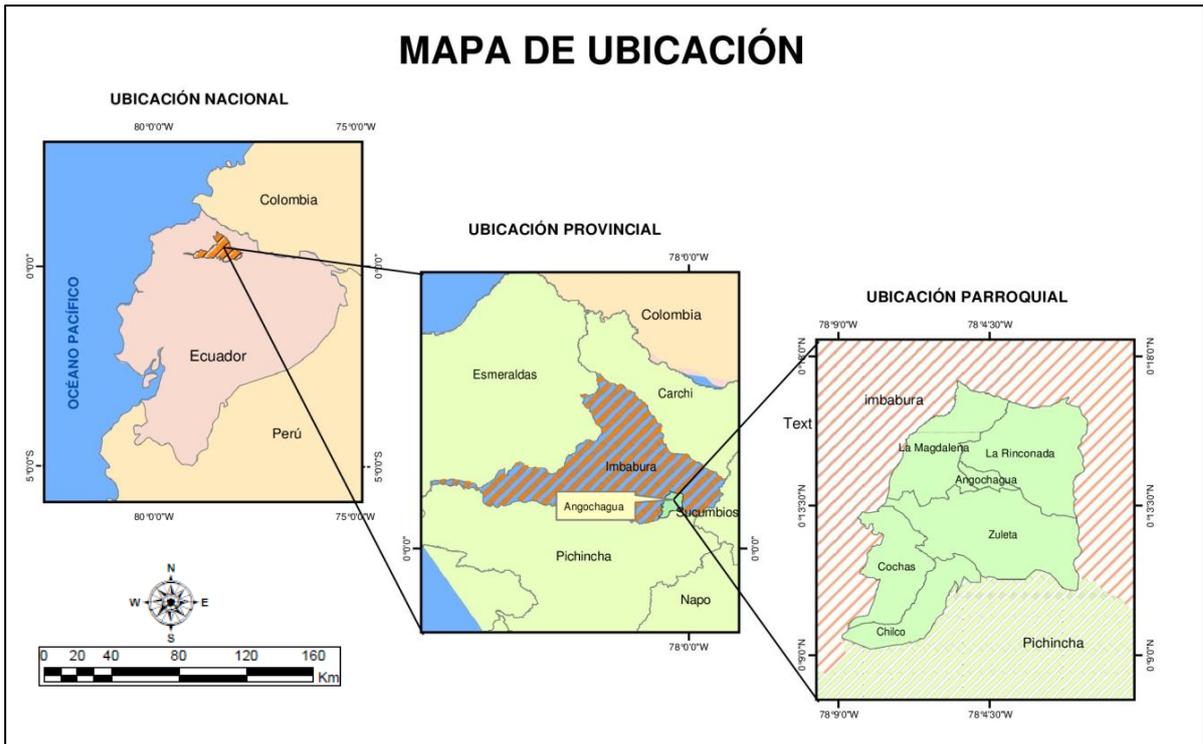


Figura 2. Mapa de ubicación de la parroquia Angochagua

La localización del área de estudio se la realizó abarcando las seis comunidades de la parroquia Angochagua, tomando en cuenta las zonas con potencial alto y muy alto de recarga hídrica presentes en las diferentes formaciones vegetales.

3.1.1. Condiciones climáticas

De acuerdo con los datos de la distribución mensual de precipitación y temperatura correspondiente a la estación meteorológica de Ibarra en el periodo de 27 años (1990 a 2017), se determinó dos épocas lluviosas comprendidas entre los meses de enero – junio y septiembre – diciembre, una época seca en los meses de julio y agosto.

En cuanto a las precipitaciones medias anuales llegan a 630,1 mm, los meses con valores altos de precipitación fueron marzo (78,7 mm), abril (99,2 mm) y mayo (74,2) que corresponde a época lluviosa, mientras que los meses con valores bajos de precipitación fueron julio (14,3 mm) y agosto (14,1 mm) que corresponde a época seca. La temperatura media es de 15,81 °C, la temperatura máxima y mínima comprende a 16,1 °C y 15,6 °C respectivamente (Figura 2).

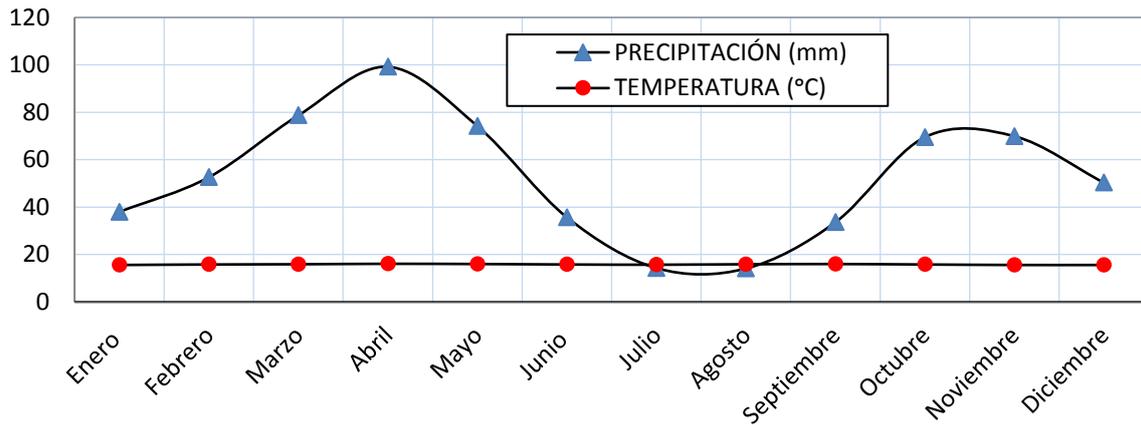


Figura 8. Diagrama Ombrotérmico Estación Meteorológica Ibarra-Inamhi

Fuente: INAMHI, 2017

Con los registros históricos de la distribución mensual de precipitación (Figura 3) y temperatura obtenidos de la estación meteorológica Olmedo que corresponden a un periodo de 27 años (1990 – 2017), se construyó el diagrama ombrotérmico en el cual se determinó la presencia de ocho meses húmedos correspondientes a enero, febrero, marzo, abril, mayo, octubre, noviembre y diciembre; tres meses semi-húmedos que son junio y septiembre y un mes seco que pertenece a agosto (Figura 4).

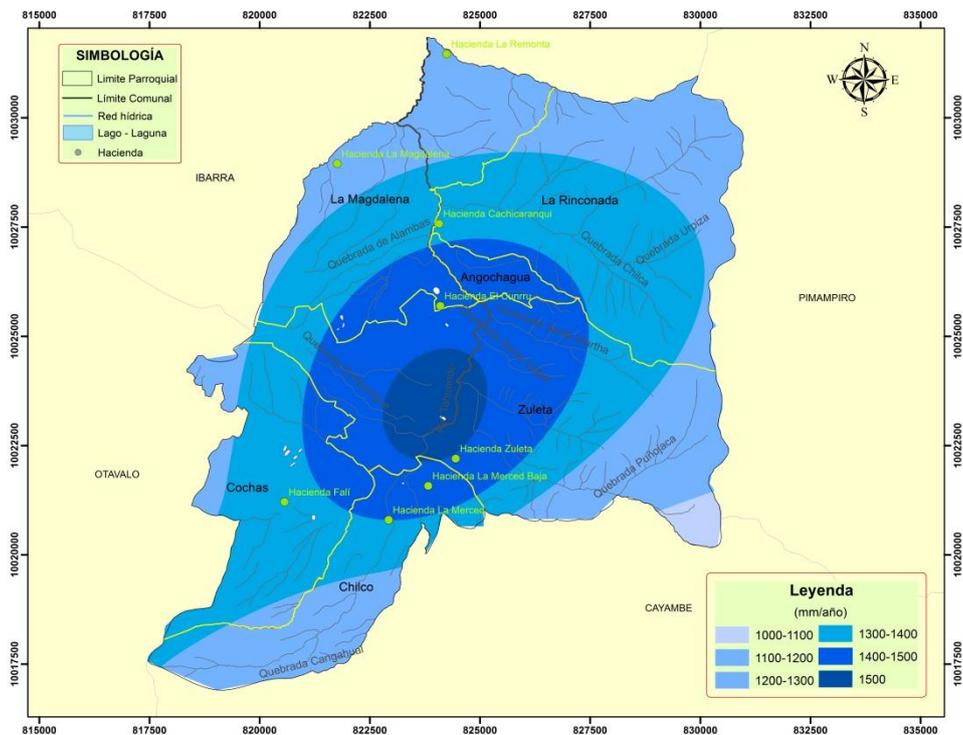


Figura 3. Mapa de precipitación anual

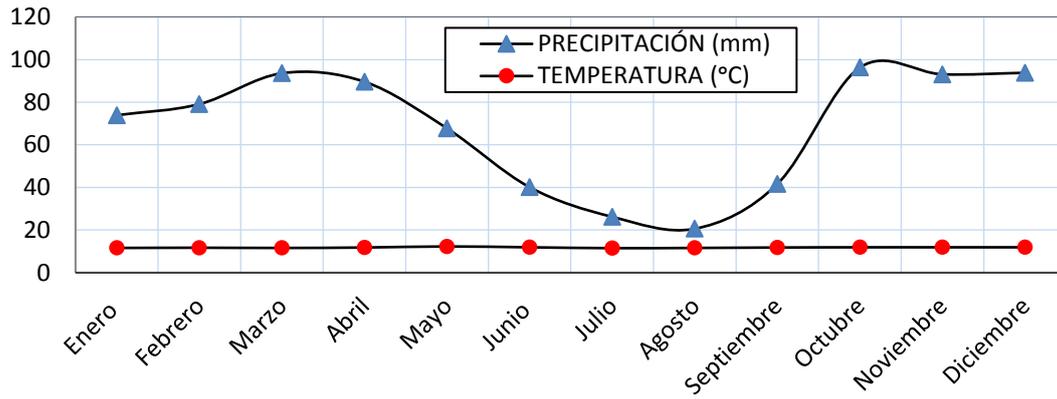


Figura 4. Diagrama Ombrotérmico Estación Meteorológica Olmedo-Pichincha

Fuente: INAMHI, 2017

La temperatura media es de 11,79 °C, la temperatura máxima y mínima comprende a 16,3 °C y 6,5 °C respectivamente, en cuanto a las precipitaciones medias anuales llegan a 815,6 mm, los meses con valores altos de precipitación fueron marzo (93,6 mm), octubre (96,3 mm), noviembre (93,1 mm) y diciembre (93,8 mm) que corresponde a época lluviosa, mientras que los meses con valores bajos de precipitación fueron julio (26,2 mm) y agosto (20,6 mm) que corresponde a época seca (Figura 5).

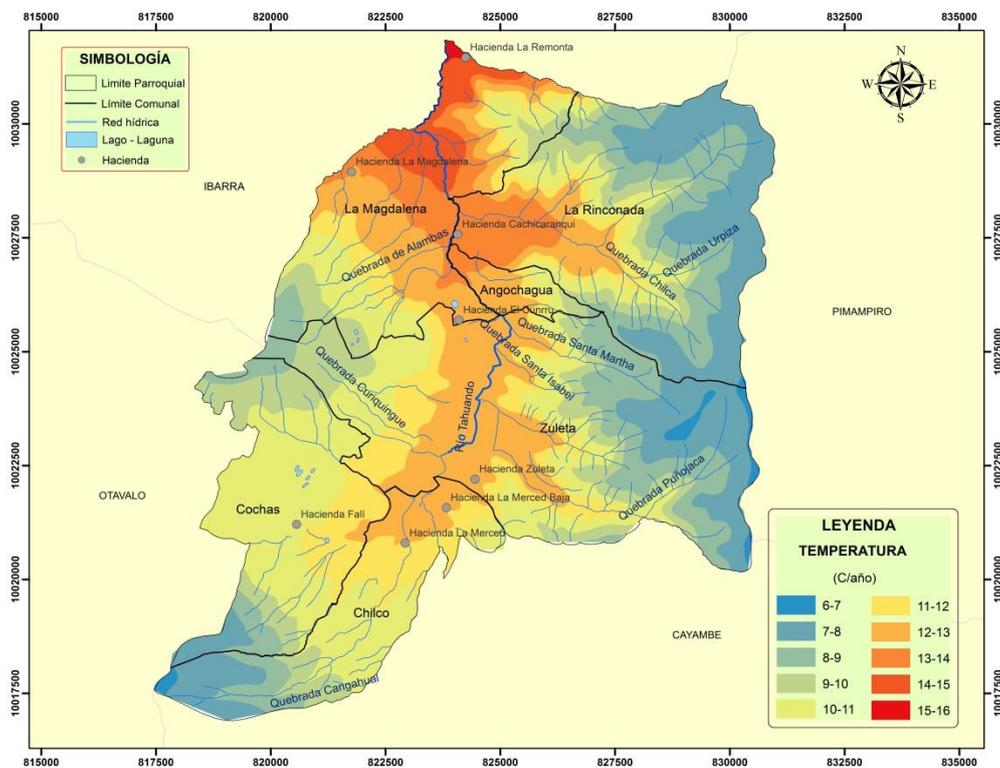


Figura 5. Mapa de temperaturas medias anuales

Los valores medios anuales de evapotranspiración potencial se encuentran en el rango de 600 a 750 mm (Figura 6). Los valores más altos se encuentran en la parte baja del territorio comunal (La Rinconada y La Magdalena) registrándose 700 a 750 mm/año, donde la temperatura registra los valores de 6 a 15 °C; mientras que los valores más bajos de evapotranspiración se localizan en la parte alta del territorio (comunidades de Chilco y Cochas) registrándose 600 a 650 mm/año, donde la temperatura media anual alcanza valores de 6 a 7 °C.

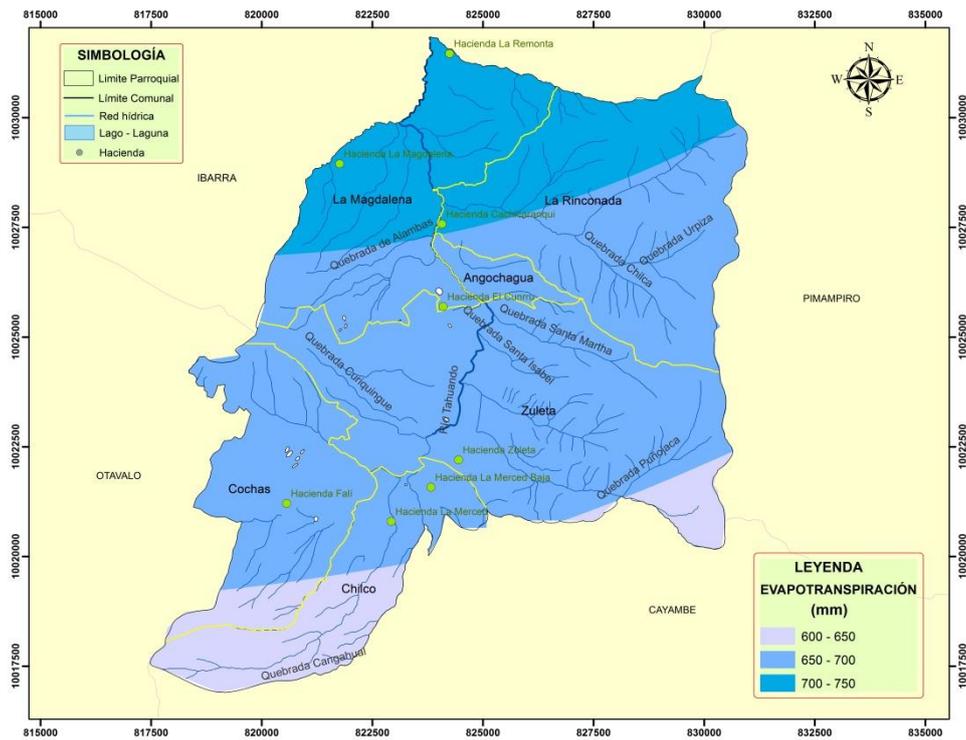


Figura 6. Mapa de evapotranspiración media anual

3.2. Equipos y Materiales

Los equipos y materiales que se utilizaron en el desarrollo de la presente investigación se detallan en la tabla 6.

Tabla 6. Equipos y Materiales

Materiales
Software ArcGis 10.2, ArcMap licencia del Laboratorio de Geomática
Cartas topográficas digitales escala 1:50000 (IGM)
Imágenes Satelitales: LANDSAT y ASTER de los años 2007 (IGM)

Cartografía temática en formato shapefile (MAE, SIGTIERRAS, SNI)

Datos de Estaciones Meteorológicas (INAMHI)

Botas de caucho

Libreta de campo

Poncho de agua

Prensadora

Tijera de poda manual

Machete

Alcohol antiséptico

Equipos

Navegador GPS-GARMIN

Cámara Fotográfica digital- Cannon

Computadora HP-CORE i7

Impresora EPSON L1300

Proyector de imágenes digitales (Infocus)

Memoria USB

Parlantes

Infiltrómetro Turf-Tec

Vehículo 4x4

Nivel en A

Flexómetro

3.3. Metodología de Estudio

Para cumplir cada objetivo planteado en esta investigación, se emplearon diferentes métodos sustentados en la revisión bibliográfica de diferentes autores y para conocer el área de estudio se caracterizó sus condiciones biofísicas mediante recorridos en campo, uso de material cartográfico, Software ArcGis 10.2 y métodos estadísticos.

3.3.1. Evaluación de las zonas de recarga hídrica

Para evaluar las zonas potenciales de recarga hídrica se utilizó la metodología de Matus et al. (2009), sistemas de información geográfica y el conocimiento de los actores locales de la parroquia Angochagua.

- **Identificación de los elementos biofísicos para determinar las zonas de recarga hídrica**

Para determinar las zonas de recarga hídrica se evaluaron los elementos: pendiente, tipo de suelo, litología, formaciones vegetales y uso de suelo, en cada elemento se realizó una ponderación de 1 a 5, siendo 1 la puntuación con menor probabilidad para que ocurra la recarga hídrica y 5 la puntuación con mayor probabilidad de recarga. A continuación, se presenta la forma, procedimiento y las tablas para evaluar cada uno de los elementos del modelo propuesto:

- **Pendiente y microrelieve**

Para determinar el tipo de pendiente y microrelieve se utilizó la información base de pendientes del cantón Ibarra, escala 1:50 000 del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra, donde se identifican los tipos de relieve, rangos de pendientes y su posibilidad de recarga hídrica (Tabla 7).

Tabla 7. Ponderación de la posible recarga hídrica según el tipo de relieve y pendiente

Microrelieve	Pendiente (%)	Posibilidad de Recarga hídrica	Ponderación
Plano a casi plano, con o sin rugosidad	0 - 6	Muy Alta	5
Moderadamente ondulado o cóncavo	6 - 15	Alta	4
Ondulado cóncavo	15 - 45	Moderada	3
Escarpado	45 - 65	Baja	2
Fuertemente escarpado	> 65	Muy baja	1

Fuente: Modificado de Matus, 2009

- **Tipo de Suelo**

Para la elaboración del mapa de tipo de suelo, se utilizó la información geográfica de texturas y clasificación de suelos del cantón Ibarra, escala 1:50 000 del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra, donde se detalla la ponderación de recarga hídrica según la textura de suelo presente en el área de estudio (Tabla 8).

Tabla 8. Ponderación de la posible recarga hídrica según el tipo de relieve y pendiente

Orden	Suborden	Textura	Posibilidad de Recarga Hídrica	Ponderación
Inceptoles	Andepts	Gruesa, Moderadamente Gruesa, Media	Alta	4

Inceptisoles- Mollisoles	Andepts - Ustolls	Gruesa, Moderadamente Gruesa	Alta	4
Mollisoles	Ustolls	Gruesa, Gruesa -Media, Media	Alta	4
Entisoles	Orthents	Media	Moderada	3
Sin suelo	Sin Suelo	Sin Suelo	Baja	2

Fuente: Modificado de Matus, 2009

- **Litología**

El análisis y evaluación de este elemento se lo realizó en base a la información cartográfica en formato shapefile proporcionado por del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, mapa hidrogeológico del año 2005 a escala 1:100 000, el análisis se lo realizó considerando la información establecida en la tabla de atributos en el campo de permeabilidad, el cual permite determinar la posibilidad de recarga hídrica considerando las características de porosidad y permeabilidad de las rocas. Considerando que las rocas duras con poros finos no favorecen la recarga y las rocas suaves o permeables, con macroporos, fallas o fracturas sí favorecen la recarga de los acuíferos (Tabla 9).

Tabla 9. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el tipo de roca.

Litología	Posibilidad de recarga	Ponderación
Andesita, Aglomerado	Baja a media	2
Andesita, Aglomerado, Lahar	Baja a media	2
Andesita, Brecha, Aglomerado	Baja a media	2
Ceniza, Piroclastos de pómez	Media	3
Depósitos Glaciales	Media	3
Depósito Coluvial	Alta	4
Depósito Aluvial	Alta	4
Derrumbe	Alta	4
Terrazas Indiferenciadas	Alta	4

Fuente: Modificado de Matus, 2009

- **Uso del suelo**

Para elaborar el mapa de uso de suelo de la parroquia Angochagua, se analizó la información base de uso de suelo del cantón Ibarra, escala 1:50 000 elaborado por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra, la utilización

de imágenes satelitales actualizadas dentro del software ArcGis 10.2, correspondientes a la parroquia de Angochagua y mediante recorridos de campo con los guardabosques de la parroquia, determinando el tipo de actividades o uso de suelo que influyen en la posibilidad de recarga. Como resultado del análisis de la información geográfica, se generó un nuevo archivo en formato shapefile, determinando 39 usos actuales de suelo (Tabla 10).

Tabla 10. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica de acuerdo al uso del suelo

Uso de suelo	Descripción	Posibilidad de recarga hídrica	Ponderación
Bosque donde se dan los tres estratos: árboles, arbustos y hierbas	Bosque Natural		
	Bosque primario/Páramo		
	Pasto natural		
	Páramo	Muy alta	5
	Páramo / Vegetación Arbustiva		
	Páramo/Pastos cultivados		
Sistemas agroforestales o silvopastoriles	Páramo/Bosque natural		
	Bosque Intervenido/Páramo		
	Bosque intervenido/Vegetacion arbustiva		
	Pastos cultivados		
	Pastos cultivados/Páramo		
	Pastos cultivados/Vegetación arbustiva		
	Pastos cultivados/Cultivo de cereales		
	Pastos cultivados/Cultivo de papas	Alta	4
	Vegetación arbustiva		
	Vegetación arbustiva/Bosque intervenido		
	Vegetación arbustiva/Cultivos ciclo corto		
	Vegetación arbustiva/Cultivo de cereales		
Vegetación arbustiva/Cultivo de maíz			
Vegetación arbustiva/Pastos cultivados			
Vegetación arbustiva/Páramo			
Terrenos cultivados y con obras de conservación de suelo y agua	Cultivos ciclo corto/Cultivos de papa		
	Cultivos ciclo corto/Pastos cultivados		
	Cultivo de cereales/Cultivo de maíz	Regular	3
	Cultivo de cereales/Pastos cultivados		
	Cultivo de maíz/Pastos cultivados		

	Cultivo de maíz/Cultivos ciclo corto		
	Cultivo de maíz/Cultivos de papa		
	Cultivo de maíz/Vegetación arbustiva		
	Cultivos de papa/Cultivos ciclo corto		
	Cultivo de cereales/Pastos cultivados		
Terrenos cultivados sin ninguna obra de conservación de suelo y agua	Cultivo de cereales/Cultivos de invernadero	Bajo	2
	Cultivo de maíz		
	Cultivos de papa		
	Cultivos ciclo corto/Áreas en proceso de erosión		
Terrenos agropecuarios con manejo intensivo	Cultivo de cereales/Área erosionada	Muy bajo	1
	Cultivo de cereales/Áreas en fuerte proceso de erosión		
	Cultivo de cereales/Áreas en proceso de erosión		
	Cultivos de invernadero/Áreas en fuerte proceso de erosión		
	Cultivo de maíz/Áreas erosionada		

- **Formaciones vegetales**

El análisis y evaluación de este elemento se realizó en base al número de especies existentes de forma permanente en una unidad de superficie, para la elaboración del mapa se tomó como base la información geográfica Ecosistemas del Ecuador Continental del año 2012, elaborado a escala 1: 100 000, la interpretación de imágenes satelitales y validación en campo (Tabla 11).

Tabla 11. Posibilidad de recarga hídrica en las formaciones vegetales

Porcentaje	Posibilidad de recarga	Ponderación
>80 %	Muy alta	5
70 - 80 %	Alta	4
50 -70 %	Moderada	3
30 - 50 %	Baja	2
< 30 %	Muy baja	1

Fuente: Modificado de Matus, 2009

- **Ecuación para determinar el potencial de la recarga hídrica en las zonas de muestreo**

Para determinar el potencial de recarga hídrica de la parroquia Angochagua, se realizó la sobreposición de cada elemento: pendiente, litología, tipo de suelo, uso de suelo y formación vegetal, con los distintos rangos analizados, interpretados, clasificados y mapeados.

Utilizando la herramienta Map Algebra del software ArcGis 10.2 y la fórmula de Matus (2007), se sustituyó cada elemento multiplicado por su respectivo valor constante de importancia y se realizó la suma de todos los elementos, obteniendo como resultado la posibilidad de recarga hídrica.

$$ZR = [0,27 (Pend) + 0,23 (Ts) + 0,12 (Tr) + 0,25 (Fv) + 0,13 (Us)]$$

Dónde:

Pend: Pendiente y microrelieve

TS: Tipo de suelo

Tr: Tipo de roca

Fv: Formación vegetal

Us: Uso de suelo

Los resultados obtenidos pertenecen a un rango de posibilidades de 5 a 1 dependiendo a la posibilidad de recarga ya sea Muy Alta, Alta, Moderada, Baja y Muy Baja (Tabla 12).

Tabla 12. Potencial de recarga hídrica

Posibilidad de Recarga	Rango
Muy alta	4,1 – 5
Alta	3,5 – 4,09
Moderada	2,6 – 3,49
Baja	2 – 2,59
Muy baja	1 – 1,99

Fuente: Matus, 2007

3.4.2. Caracterización de las formaciones vegetales de la parroquia Angochagua

La caracterización de las formaciones vegetales de la parroquia Angochagua se desarrolló de la siguiente manera.

En la parroquia de Angochagua se determina las siguientes formaciones vegetales:

- a) Bosque siempreverde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes
- b) Bosque siempreverde montano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes
- c) Arbustal siempreverde montano del Norte de los Andes
- d) Arbustal siempreverde y herbazal de Páramo

• Muestreo e inventario de las formaciones vegetales

Para ejecutar los muestreos en vegetación que corresponde árboles y arbustos se estableció transectos de (2 x 50) m, y para vegetación herbácea se realizaron cuadrantes de (4x4) m, utilizando el flexómetro para medición y piola para delimitación en cada punto de infiltración (Mostacedo, 2000).

Para la manipulación de las especies se utilizó accesorios e insumos adecuados que aseguraron la integridad de las muestras recolectadas. La recolección de muestras se la realizó de la siguiente manera.

- ✓ Registro fotográfico considerando los aspectos importantes para su identificación. (tallos, hojas, flores y fruto).
- ✓ Toma de datos importantes de la planta. (Hoja de campo).
- ✓ Prensado de los especímenes considerando: inflorescencia, nervaduras, disposición y forma de las hojas, entre otros.
- ✓ Secado de las muestras.
- ✓ Colocación de código para posterior identificación.
- ✓ Transportes de especímenes al herbario de la Universidad Técnica del Norte.
- ✓ Identificación de familia, género y especie.

• Pruebas de infiltración para las zonas potenciales de recarga hídrica en relación a las coberturas vegetales

Para evaluar el rol de las formaciones vegetales en las zonas de recarga hídrica se realizó pruebas de infiltración utilizando el infiltrómetro Turf-Tec, en 6 intervalos de

tiempo de 10 minutos cada uno. Por cada formación vegetal se realizaron cuatro pruebas de infiltración, evaluando la presencia y ausencia de la vegetación superficial en época seca correspondiente a los meses de julio y agosto, mientras que para época lluviosa se realizó en los meses de marzo, abril y mayo (Figura 7).



Figura 7. Infiltrómetro Turf-Tec

- **Diseño Experimental**

La unidad experimental consistió en parcelas de 3m², el número total de parcelas fue 4 , distribuidas en las formaciones vegetales, se aplicó un análisis estadístico de Diseño Completamente al Azar DCA con arreglo factorial 2x2, con cuatro unidades experimentales y cuatro tratamientos, para evaluar el efecto de la época (seca y lluviosa) y la vegetación superficial (presencia o ausencia de cobertura vegetal) en la tasa de infiltración, donde se realizó el análisis de Fisher al 0,5 % para evaluar la igualdad entre los diferentes tipos de formaciones vegetales.

Épocas Seca y Lluviosa

H₀: No existe diferencia entre las dos épocas

H_a: Existe diferencia entre las dos épocas.

Presencia y Ausencia de Cobertura Vegetal

H₀: No existe diferencia entre la presencia y ausencia de cobertura vegetal.

H_a: Existe diferencia entre la presencia y ausencia de cobertura vegetal

3.4.3. Estrategias de conservación

Las estrategias de conservación se establecieron de acuerdo a las zonas de recarga hídrica con potencial alto y muy alto.

- **Lineamientos generales para el manejo y conservación de las zonas de recarga hídrica y coberturas vegetales**

La protección de los recursos naturales es esencial para mantener el equilibrio de los ecosistemas, proporcionando bienestar a la comunidad en salud y desarrollo dirigido hacia las presentes y futuras generaciones. Sin embargo, con el pasar de los años el recurso hídrico se ha visto afectado por la falta de planificación y manejo integrado del mismo, afectando la sostenibilidad de los ecosistemas, contaminando y degradando las fuentes de agua, la cobertura vegetal y vida silvestre (Obando, Garcia, Sevilla y González, 2010).

El diseño de estrategias de conservación dirigidas al deterioro ambiental es tarea que involucra a cada uno de los sectores sociales y económicos, tanto públicos como privados que son parte del uso directo e indirecto de los recursos hídricos y ecológicos de la parroquia (Challenger, 2001). Para el desarrollo de este estudio se trabajó con la comunidad, principalmente con los guardabosques quienes conocen la realidad del lugar y supieron brindar su aporte en la identificación de zonas de recarga hídrica.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presenta los resultados obtenidos a partir de los objetivos y pregunta directriz planteada, se realiza la discusión con la revisión de literatura para validar la información obtenida.

4.1. Evaluación de las zonas de recarga hídrica en la parroquia Angochagua

Aplicando la metodología propuesta se obtuvieron los siguientes resultados:

4.1.1. Pendiente y microrelieve

En las seis comunidades de la parroquia Angochagua se identificó cinco categorías de pendientes: relieve plano a casi plano, con o sin rugosidad, relieve moderadamente ondulado o cóncavo, relieve ondulado o cóncavo, relieve escarpado y relieve fuertemente escarpado (Figura. 8).

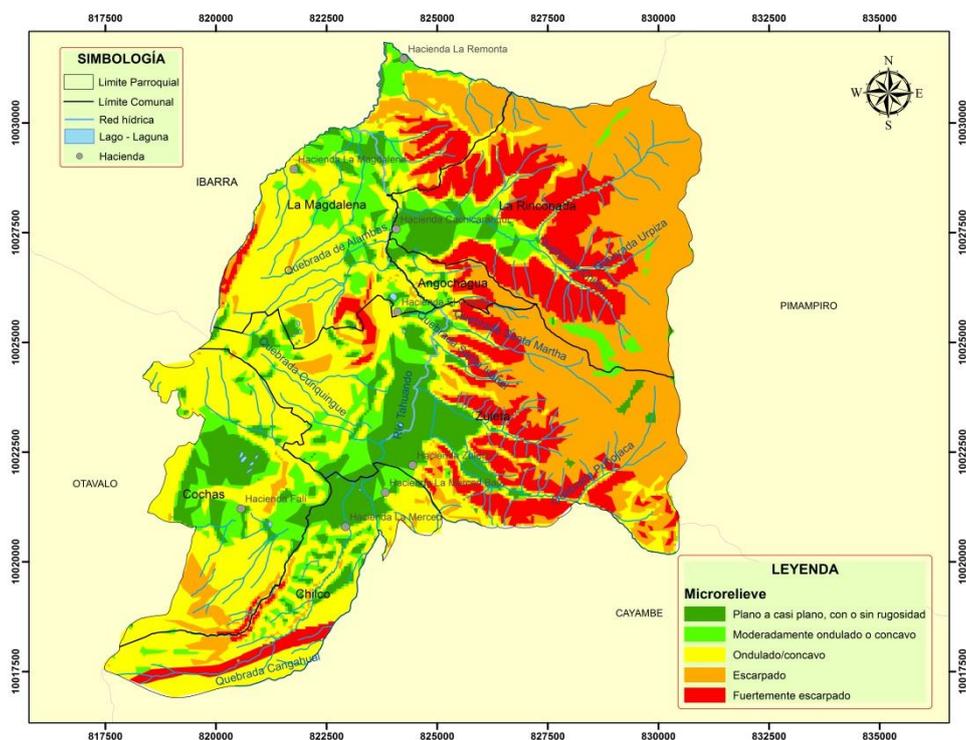


Figura 8. Mapa de pendientes

Para el análisis de pendiente se tomó en consideración el porcentaje de tipo de relieve por comunidad.

Tabla 13. Evaluación de pendiente/microrelieve por comunidad

Posibilidad de recarga hídrica según el tipo de pendiente o microrelieve												
	Relieve plano a casi plano, con o sin rugosidad		Relieve moderadamente ondulado o cóncavo		Relieve ondulado o cóncavo		Relieve escarpado		Relieve fuertemente escarpado		Total (ha)	
	(Muy Alta)		(Alta)		(Moderada)		(Baja)		(Muy baja)			
	Hectáreas	%	hectáreas	%	hectáreas	%	hectáreas	%	hectáreas	%		
Angochagua	23	0,20	24,8	0,21	70,8	0,60	69,4	0,59	44	0,37	232,0	
Chilco	210,17	1,79	151	1,28	720,64	6,12	72,75	0,62	134,67	1,14	1289,2	
Cochas	286,2	2,43	284,78	2,42	972,6	8,26	135,3	1,15	9,91	0,08	1688,8	
La Rinconada	155,55	1,32	221,14	1,88	167,91	1,43	1459,22	12,40	807,55	6,86	2811,4	
La Magdalena	140,8	1,20	387,44	3,29	999,24	8,49	386,36	3,28	162,85	1,38	2076,7	
Zuleta	561,75	4,77	303,05	2,58	884,00	7,51	1282	10,89	639,94	5,44	3670,7	
	1377,4721		1372,213		3815,19		3405,03		1798,9164		11768,80 (ha)	
		11,70		11,66		32,42		28,93		15,29	100,00 %	

Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra

De acuerdo a la tabla 13 los relieves planos a casi planos, con o sin rugosidad se encuentran en la parte baja de la parroquia, constituye el 11,70% del territorio parroquial que corresponde a 1377,47 hectáreas, en el territorio se determina que está pendiente con un rango de 0-6 % de inclinación mantiene asentamientos poblacionales y terrenos utilizados para actividades agrícolas y ganaderas, son áreas de terreno sin restricciones; según el Plan de Ordenamiento Territorial de Angochagua (2015), su formación edafológica al igual que todo el territorio es de origen volcánico, en lo referente al sistema hidrográfico, el río que cruza por este tipo relieve es el río Tahuando, este tipo de inclinación en su mayoría se encuentra en las comunidades de Zuleta, Angochagua y La Magdalena, además este relieve mantiene el sistema lacustre denominado cochas, ubicadas en la comunidad que lleva el mismo nombre, las cuales actualmente están desapareciendo por el incremento de la frontera agrícola. Referente a la infiltración de agua respecto a este tipo de pendiente, se determina una posibilidad de recarga hídrica muy alta, debido a que el agua de las precipitaciones producidas en las partes altas se escurre por los flancos y lechos de quebradas hacia las superficies planas ubicadas en la parte alta, media y baja de la parroquia.

El relieve moderadamente ondulado o cóncavo se caracteriza porque posee altas posibilidades para que se dé la recarga hídrica al permitir mayor contacto y permanencia del agua con el suelo y menor escurrimiento superficial, esta característica de pendiente se encuentra en un rango de 6 – 15% de inclinación dentro de la parroquia, mantiene un 11,66% del territorio parroquial correspondiente a 1372,21 hectáreas, los suelos con este tipo de pendiente son utilizados para actividades agropecuarias y asentamientos poblacionales, con algunos relictos de vegetación arbustiva, considerando que este tipo de pendiente se encuentra en la transición de la parte plana a la parte ondulado-cóncava. En cuanto a la hidrografía existente en la parroquia por esta área cruza todo el sistema hidrográfico, en referencia al sistema lacustre existen dos cuerpos de agua ubicados en este tipo de relieve, una denominada laguna del Cunro que se encuentra en parte noreste de la comunidad “La Magdalena”, y la otra que forma parte del sistema lacustre Cochás, ubicada en la parte noreste de la comunidad que lleva el mismo nombre.

El Relieve ondulado o cóncavo tiene una superficie correspondiente al 32,42% del área de estudio total, que corresponde a 3815,19 hectáreas, se encuentra en un rango de 15-45% de inclinación. Este espacio es utilizado para actividades de agricultura y asentamientos poblacionales, conforme la sobreposición de capas del cantón Ibarra de

tipo shape a escala 150000 correspondiente a ríos y pendientes, se determina que en la mayoría de territorio con esta característica existen pequeñas quebradas que se inician en la parte baja del cerro Cubilche y estas se ubican al noreste y sureste del mismo, y que posteriormente se unen al río Tahuando, el cual cruza de sur a norte dentro del territorio parroquial. Las comunidades que se caracterizan por poseer este tipo de relieve en mayor proporción son; la comunidad de La Magdalena y Cochas. La posibilidad de recarga hídrica de este tipo de terreno con pendiente 15-45% es moderada, debido a las ondulaciones de terreno.

Relieve escarpado se encuentra en un rango de 45 – 65% de inclinación, constituye el 28,93% del territorio parroquial que corresponde a 3405,03 hectáreas del área de estudio, son inclinaciones con baja posibilidad de recarga hídrica y forman parte de accidentes geográficos que en el territorio mantienen una vegetación arbustiva y densa similar a la que existe en las inclinaciones fuertemente escarpadas. Este tipo de relieve dentro de la parroquia Angochagua forma parte del páramo y se encuentra en su mayor parte en las comunidades de La Rinconada y Zuleta. En referencia al sistema hidrográfico en esta pendiente nacen las quebradas con escorrentías intermitente y no intermitente.

El relieve fuertemente escarpado posee una pendiente que oscila en el rango de > 65%, este tipo de terreno tiene una superficie de 1798,91 hectáreas correspondientes al 15,29% de la superficie total de la parroquia, la mayoría de este relieve se encuentra ubicado en la parte este de la parroquia Angochagua y forma parte de las estribaciones de la cordillera oriental. Este relieve se encuentra en quebradas fuertemente escarpadas que tienen una posibilidad de recarga hídrica muy baja, también poseen vegetación arbustiva y arbórea en los flancos y lechos de quebradas. En época lluviosa estos accidentes geográficos recogen las aguas de las precipitaciones y condensaciones de neblina de los páramos y bosques nublados, especialmente del Bosque Protector “Zuleta”, en este tipo de relieve se inician las quebradas que confluyen al río Tahuando. Las comunidades que presentan este tipo de relieve en mayor proporción son La Rinconada, Angochagua y Zuleta.

4.1.2. Litología

La litología del área de estudio corresponde a depósito aluvial, depósito coluvial, derrumbe, andesita-aglomerado, andesita-brecha-aglomerado, andesita-aglomerado-lahar, ceniza-piroclastos de pómez, terrazas indiferenciadas y depósitos glaciales (Figura 9).

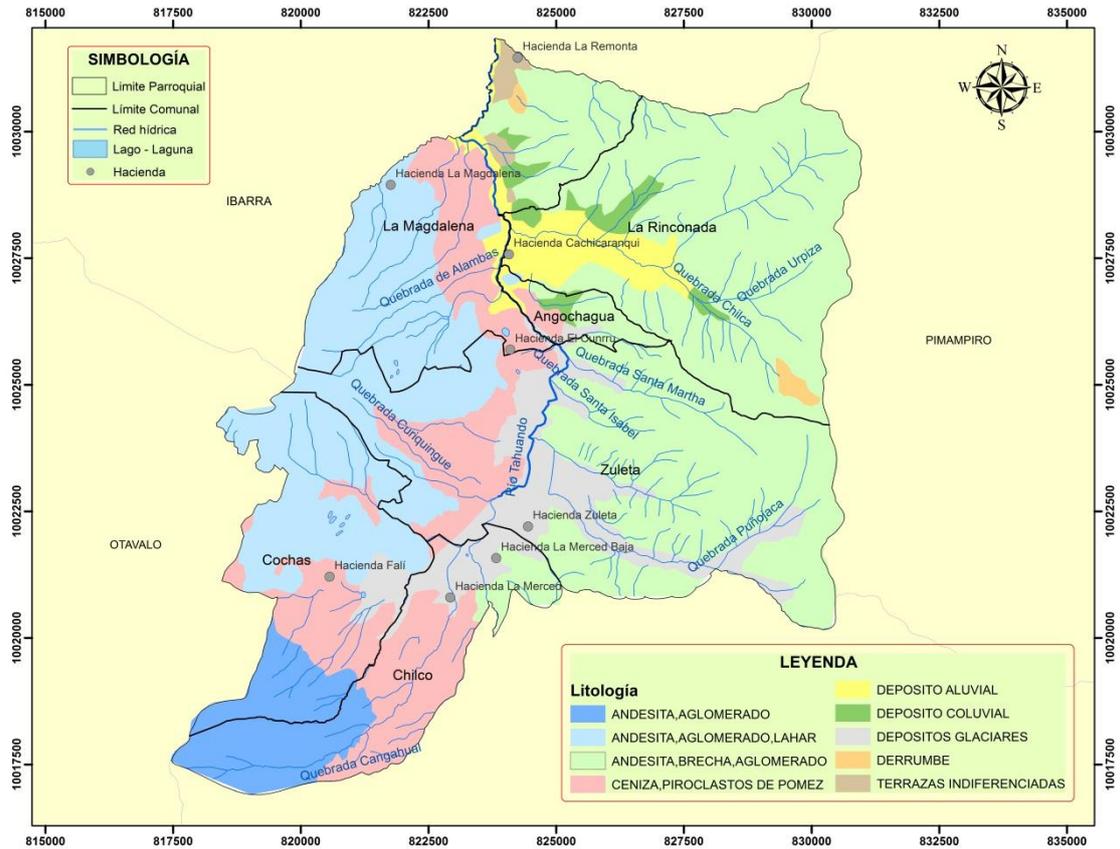


Figura 9. Mapa Litológico

Para el análisis litológico se tomó en cuenta el porcentaje litológico por comunidad.

Tabla 14. Evaluación de litología por comunidad

Posibilidad de recarga hídrica según la Litología																			
Litología	Andesita, Aglomerado		Andesita, Aglomerado, Lahar		Andesita, Brecha, Aglomerado		Ceniza, Piroclastos de Pómez		Deposito Aluvial		Deposito Coluvial		Depósitos Glaciares		Derrumbe		Terrazas indiferenciadas		
Permeabilidad	(Baja a media)		(Baja a media)		(Baja a media)		(Media)		(Generalmente alta)		(Generalmente alta)		(Media)		(Generalmente alta)		(Generalmente alta)		
	ha	%	Ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	
Angochagua			6,25	0,05	115,47	0,98	43,38	0,37	18,05	0,15	25,21	0,21	23,64	0,20					232
Chilco	423,5	3,59			132,78	1,13	529,13	4,49					203,04	1,72					1288,47
Cochas	294,1	2,50	890,29	7,55			407,28	3,46					97,09	0,82					1688,8
La Rinconada			1,32	0,01	2296,9	19,4			359,3	3,05	132,5	1,12			36,85	0,31			2827,02
La Magdalena			907,04	7,70	471,61	4,00	437,85	3,72	112,2	0,95	48,65	0,41	8,29	0,07	14,67	0,12	76,99	0,65	2077,3
Zuleta	513	4,35			1965	16,6	465	3,95					729	6,19					3672
	1230,7		1804,9		4981,8		1882,6		489,6		206,3		1061,0		51,52		76,99		11785,59 (ha)
		10,4		15,3		42,2		15,9		4,15		1,75		9,00		0,44		0,65	100 %

Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra

En la tabla 14 se analiza las diferentes formaciones geológicas. Andesita, Aglomerado se distribuye en una superficie de 1230,7 hectáreas, que representa el 10,44% del área de estudio, este tipo de composición litológica se localiza principalmente en la parte suroeste de la parroquia, dentro de las comunidades de Cochas y Chilco, conformando relieves moderadamente ondulados o cóncavos.

Andesita, Aglomerado, Lahar se encuentra en la parte noroeste de la parroquia se localizan sustratos rocosos cubierto por lahares coluviales que se han desplazado a lo largo de las pendientes onduladas- cóncavas, dentro de las comunidades de Cochas, Zuleta y La Magdalena, esta formación litológica determina un tipo de permeabilidad de baja a media, con características rocosas permeables moderadamente compactas y con presencia de fracturas conectadas entre sí. Representa el 15,31% del área de estudio y se distribuye en una superficie de 1804,9 hectáreas.

Andesita, Brecha, Aglomerado según el mapa geológico del Ecuador este tipo de litología consta de lavas, brechas volcánicas y todos los derivados de las erupciones de los volcánicos de Angochagua siendo rocas duras con poca permeabilidad. Bajo esta denominación se agrupa formaciones geológicas de la edad terciaria, el tipo de permeabilidad es baja con tendencia a media por la poca fisuración. Representa una superficie de 4981,8 hectáreas, que corresponde al 42,27% de la superficie total parroquial. Este tipo de rocas se encuentran en las comunidades de la parte alta de la comunidad La Rinconada, Angochagua y Zuleta.

La Ceniza, Piroclastos de pómez se encuentra en la parte oeste de la parroquia y se ubica en todo el trayecto del río Tahuando al lado noroeste, en las comunidades de la Magdalena, Angochagua, Zuleta, Cochas y Chilco. Esta formación proviene de los depósitos de toba volcánica “cangahua”, siendo cenizas generalmente de un espesor uniforme, en la base de estos depósitos se encuentran piroclastos de piedra pómez en capas de 2 a 4 metros de espesor, en general son suelos de permeabilidad media debido a la cangagua que descansa concordantemente sobre los suelos arcillosos, su superficie es de 1882,6 hectáreas, que representa el 15,97 del lugar de estudio.

Los depósitos aluviales se localizan en las desembocaduras y riveras de las quebradas que nacen en la parte alta de la comunidad La Rinconada, tiene una superficie de 489,63 hectáreas que corresponde al 4,15% del territorio, su permeabilidad es generalmente alta por porosidad intergranular, pertenece a la edad cuaternaria.

Los depósitos coluviales se encuentran sobre las zonas bajas del volcán Imbabura, en la parte norte de la parroquia Angochagua, son rocas volcánicas de tamaño variable, su permeabilidad es generalmente alta por su porosidad intergranular, representa el 1,75% que corresponde a 206,36 hectáreas del área de estudio, este tipo de roca se encuentra en las comunidades de Angochagua y La Rinconada.

Los depósitos glaciales acarreados por los glaciales de los volcanes del Imbabura y Cayambe, representados por morrenas y pluvio-glaciareas, su permeabilidad es media debido a la porosidad intergranular de las formaciones rocosas, tiene una superficie de 1061,06 ha, representando el 9,00% de la parroquia, se encuentra ubicada en las comunidades de Angochagua, Zuleta, Cochas y Chilco.

Los derrumbes son formaciones litológicas propensas a deslizamientos se encuentran en las comunidades de la parte norte de La Magdalena y al Sureste de la comunidad de La Rinconada, estos desmoronamientos de material se produce por la débil compactación de los suelos y debido a la presencia de fuertes precipitaciones, movimientos sísmicos y fuertes ráfagas de vientos en los lugares mencionados, la presencia de estas condiciones climatológicas y geográficas ocasionan modificaciones de la estructura litológica. Su superficie es de 51,52 hectáreas que corresponde al 0,44% de la parroquia y su permeabilidad es alta por porosidad intergranular.

Las Terrazas Indiferenciadas corresponde a depósitos lahárticos intercalados en tova y ceniza, su permeabilidad es generalmente alta por porosidad intergranular, se encuentra en la parte norte de la comunidad La Magdalena, distribuyéndose en una superficie de 76,99 hectáreas que corresponde a 0,65% del área de estudio.

4.1.3. Uso de suelo

La evaluación de este elemento se realizó a partir de las actividades y visualizando los diferentes usos de suelo presentes en el área de estudio, siendo 42 categorías de uso de suelo, cuyas áreas se especifican en la figura 10.

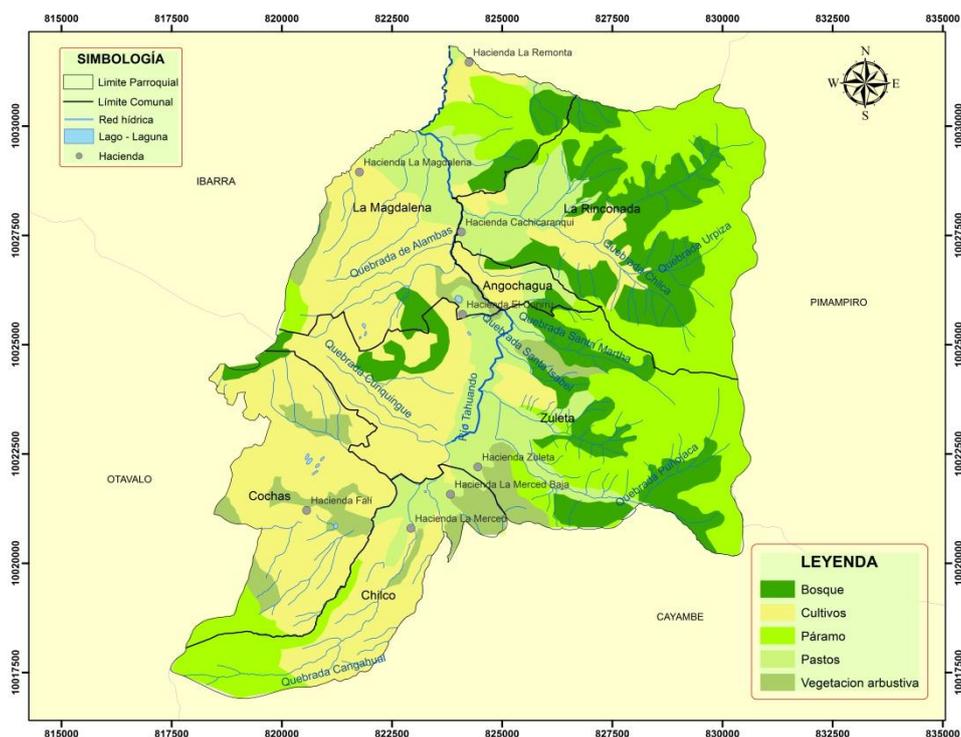


Figura 10. Mapa de uso de suelo

En la tabla 15 se presenta una tabla con los porcentajes en hectáreas sobre el uso de suelo que se da en las seis comunidades de la parroquia Angochagua.

Tabla 15. Porcentaje de Ha uso de suelo

Uso de suelo	Área (ha)	Área (%)
Bosque intervenido/Páramo	156,61	1,33%
Bosque intervenido/Vegetación arbustiva	408,93	3,48%
Bosque natural	1300,03	11,05%
Bosque primario/Páramo	140,86	1,20%
Cultivos ciclo corto/Cultivos de papa	62,02	0,53%
Cultivos ciclo corto/Pastos cultivados	156,71	1,33%
Cultivos ciclo corto/Área en proceso de erosión	266	2,26%
Cultivo de cereales/Cultivo de maíz	1043,04	8,87%
Cultivo de cereales/Pastos cultivados	2,92	0,02%
Cultivo de cereales/Área erosionada	119	1,01%
Cultivo de cereales/Áreas en fuerte proceso de erosión	1059,41	9,01%
Cultivo de cereales/Áreas en proceso de erosión	76,21	0,65%
Cultivo de cereales/Cultivos de invernadero	57,87	0,49%
Cultivo de cereales/Pastos cultivados	231,47	1,97%
Cultivos de invernadero/Áreas en fuerte proceso de erosión	35,55	0,30%
Cultivo de maíz	449,64	3,82%
Cultivo de maíz/Pastos cultivados	1,4	0,01%
Cultivo de maíz/Área erosionada	65	0,55%
Cultivo de maíz/Cultivos ciclo corto	30,16	0,26%

Cultivo de maíz/Cultivos de papa	122,59	1,04%
Cultivo de maíz/Vegetación arbustiva	104,46	0,89%
Cultivos de papa	31,98	0,27%
Cultivos de papa/Cultivos ciclo corto	136,85	1,16%
Pastos cultivados	919,57	7,82%
Pastos cultivados/Páramo	35,4	0,30%
Pastos cultivados/Vegetación arbustiva	13,22	0,11%
Pastos cultivados/Cultivo de cereales	256,79	2,18%
Pastos cultivados/Cultivo de papas	410,54	3,49%
Pasto natural	80,04	0,68%
Páramo	384,36	3,27%
Páramo/Vegetación arbustiva	321,23	2,73%
Páramo/Pastos cultivados	166,52	1,42%
Vegetación arbustiva	193,05	1,64%
Vegetación arbustiva/Bosque intervenido	72,56	0,62%
Vegetación arbustiva/Cultivos ciclo corto	115,21	0,98%
Vegetación arbustiva/Cultivo de cereales	72,41	0,62%
Vegetación arbustiva/Cultivo de maíz	54,5	0,46%
Vegetación arbustiva/Pastos cultivados	109,39	0,93%
Páramo	2232,05	18,98%
Páramo/Bosque natural	46,44	0,39%
Vegetación arbustiva/Páramo	71,1	0,60%
Cultivo de cereales/Pastos cultivados	149,66	1,27%
TOTAL	11762,75	100,00%

En la comunidad de La Rinconada la mayor extensión de uso de suelo corresponde al uso páramo con 1195 hectáreas de territorio comunal (42,55%) y seguido de Bosque Natural con un 24,14% y el 33,31 % corresponde a zonas donde se realiza actividades agrícolas, pecuarias y de aprovechamiento forestal considerando que la parte baja de la comunidad corresponde a una pendiente plana y moderadamente ondulada.

En la comunidad de La Magdalena la mayor extensión de uso de suelo corresponde a pastos cultivados/cultivo de papas, con una extensión de 363 hectáreas de territorio, correspondiente al 17,47% de la comunidad. Esta actividad se realiza debido a que en terrenos con pendiente plana y ondulado-cóncavo se ubican las haciendas; La Magdalena y El Cunrru, donde las actividades productivas principales son: el cultivo de papa, otras hortalizas y la producción de leche.

La comunidad de Angochagua es la más pequeña en extensión territorial (232,15 ha), siendo el cultivo de cereales/pastos cultivados el mayor uso de suelo presente en la comunidad con 96,23 ha que corresponden al 41,45%, este tipo de uso de suelo y los

demás que corresponde a cultivos y pastos se lo realiza en terrenos de pendiente plana y ondulada.

El uso de suelo con mayor extensión territorial comunal corresponde a páramo con 915,91 hectáreas correspondientes al 24,97%, este uso de suelo se encuentra en la parte alta al noreste de la comunidad, formando parte del bosque protector Zuleta, en donde por las constantes precipitaciones y debido a la vegetación integra, las aguas producto de la lluvia y evapotranspiración de las plantas bajan hacia la parte plana y ondulada ubicadas en la parte central y noroeste de la comunidad.

En la comunidad de Cochas el uso de suelo más representativo corresponde a cultivo de cereales en áreas en fuerte proceso de erosión, este uso de suelo se encuentra en la parte sur-este de la comunidad, caracterizándose por poseer pendientes muy montañosas y con la presencia de cultivos de maíz, trigo, cebada, arveja y fréjol.

En la comunidad de Chilco el uso de suelo más representativo corresponde a cultivo de cereales en áreas en fuerte proceso de erosión, este uso de suelo se encuentra en la parte central de la comunidad caracterizándose por poseer pendientes onduladas- cóncavas y la presencia de cultivos de maíz, trigo, cebada, arveja y frejol.

4.1.4. Tipo de suelo

La evaluación del tipo de suelo se realizó en base a las salidas de campo; en cada punto de muestreo se determinó la textura de suelo al tacto, para ellos se humedeció y amasó el suelo con las manos hasta formar una pasta homogénea la cual sirvió para analizar las características físicas observadas, tomando como muestra suelos presentes en diferentes sitios de una misma formación vegetal. En la figura 11 se identifica los diferentes tipos de textura de suelo presentes en la parroquia.

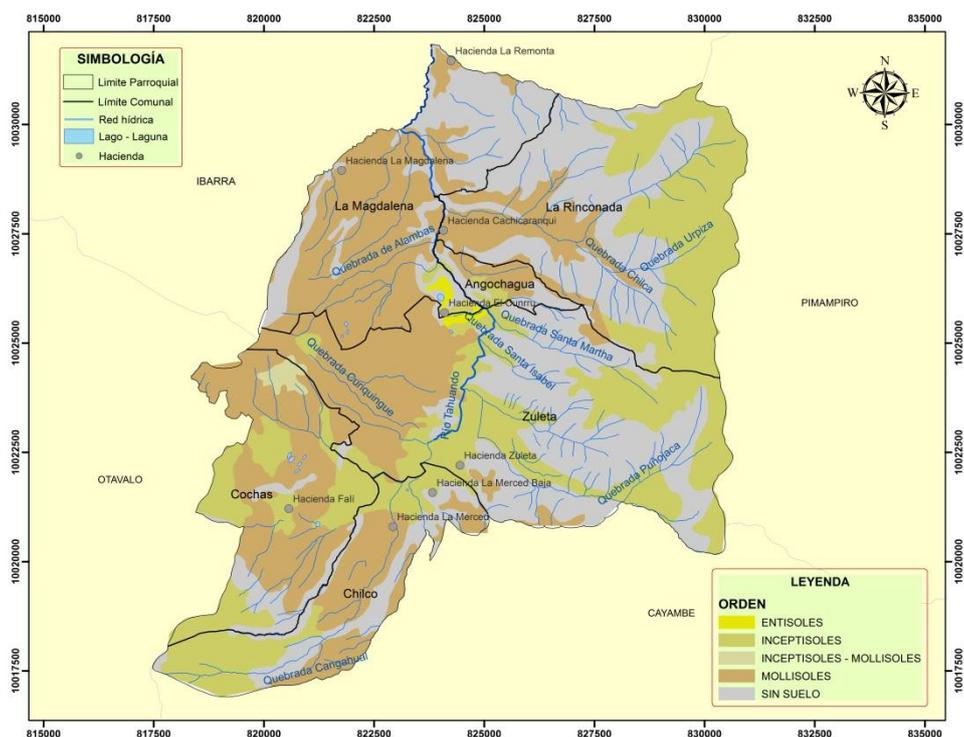


Figura 11. Mapa de tipo de suelo

A continuación, se detalla el porcentaje y tipo de suelo presente en la parroquia Angochagua (Tabla 16).

Tabla 16. Porcentaje de tipos de suelo

Orden	Suborden	Área (ha)	%
Entisoles	Orthents	44,41	0,38
Inceptoles	Andepts	3388,52	28,78
Inceptisoles- Mollisoles	Andepts - Ustolls	57,26	0,49
Mollisoles	Ustolls	4194,81	35,63
Sin suelo	Sin Suelo	4088,77	34,73
TOTAL		11773,77	100,00

Los Entisoles se encuentran en la comunidad de Zuleta, ocupando el 0,38% del total de la parroquia, siendo suelos poco evolucionado, típicos de laderas donde la escorrentía no permite su evolución por causa de erosiones hídricas.

Inceptisoles se encuentran presentes en casi toda la parroquia, ocupando un 28,78%, son suelos en evolución que se desarrollan en zonas convexas con pendientes onduladas ubicados principalmente en los páramos.

Inceptisoles-Mollisoles son suelos que presentan carga orgánica alta, ocupando el 36,12% de la superficie total de la parroquia, presente en zonas altas.

Del total de los suelos presentes en la parroquia el 34,73% corresponden a zonas que no presentan suelo y están formados por formaciones rocosas con presencia de vegetación de matorrales.

4.1.5. Formaciones Vegetales

Para el análisis de este componente (Tabla 17) que influye en la posibilidad de recarga hídrica se hace referencia a la ponderación de posibilidad de recarga hídrica de acuerdo al porcentaje de cobertura vegetal permanente o formaciones vegetales establecido por Matus (2007).

Tabla 17. Posibilidad de recarga según la cobertura vegetal permanente

Porcentaje de cobertura vegetal	Posibilidad de recarga hídrica	Ponderación
>80%	Muy alta	5
70-80%	Alta	4
50-70%	Moderada	3
30-50%	Baja	2
<30%	Muy baja	1

Fuente: Matus, 2008

Al hablar de cobertura vegetal se refiere al porcentaje del suelo ocupado por una comunidad vegetal permanente determinada (Figura 12).

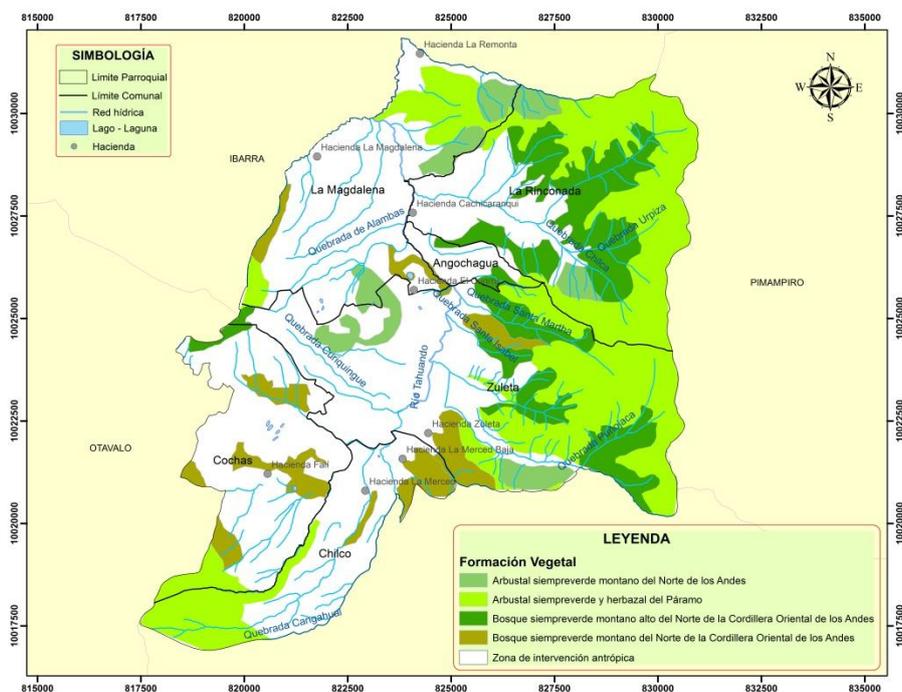


Figura 12. Mapa de formaciones vegetales

Tabla 18. Formaciones Vegetales

Comunidad	Cobertura Vegetal Permanente	Área (ha)	%
Zuleta	Arbustal siempreverde montano del Norte de los Andes	218,07	10,31
	Bosque siempreverde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	557,4	26,35
	Arbustal siempreverde y herbazal de Páramo	1144,77	54,11
	Bosque siempreverde montano del Norte de loa Cordillera Oriental de los Andes	195,53	9,24
	TOTAL	2115,76	100
La Rinconada	Arbustal siempreverde montano del Norte de los Andes	138,42	9,45
	Bosque siempreverde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	131,2	8,96
	Arbustal siempreverde y herbazal de Páramo	1194,91	81,59
	TOTAL	1464,52	100
La Magdalena	Arbustal siempreverde montano del Norte de los Andes	209,04	33,3
	Bosque siempreverde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	0,3	0,05
	Arbustal siempreverde y herbazal de Páramo	329,04	52,41
	Bosque siempreverde montano del Norte de loa Cordillera Oriental de los Andes	89,44	14,25
	TOTAL	627,82	100
Cochas	Bosque siempreverde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	37,59	9,2
	Arbustal siempreverde y herbazal de Páramo	111,04	27,17
	Bosque siempreverde montano del Norte de loa Cordillera Oriental de los Andes	260,13	63,64
	TOTAL	408,75	100
Chilco	Arbustal siempreverde y herbazal de Páramo	356,19	71,77
	Bosque siempreverde montano del Norte de loa Cordillera Oriental de los Andes	140,09	28,23
	TOTAL	496,28	100
Angochagua	Bosque siempreverde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	36,34	70,17
	Arbustal siempreverde y herbazal de Páramo	12,47	24,09
	Bosque siempreverde montano del Norte de loa Cordillera Oriental de los Andes	2,97	5,74
	TOTAL	51,79	100

Fuente: MAE-MAGAP, 2015

En la tabla 18, se obtiene los siguientes resultados, Arbustal siempreverde montano del Norte de los Andes se observa en las comunidades de La Magdalena, La Rinconada y Zuleta. La superficie total de bosque intervenido es de 565,54 ha, conforme la tabla 22 y los recorridos realizados en campo se determina un porcentaje de 50-70% de cobertura vegetal con una posibilidad de recarga hídrica moderada.

Bosque siempreverde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes se observa en las comunidades de Angochagua, Zuleta, La Rinconada y Cochas presenta una superficie de 1440,89 ha, los recorridos realizados en campo se determina un

porcentaje de 70-80% de cobertura vegetal permanente con una posibilidad de recarga hídrica alta.

La formación Arbustal siempreverde y herbazal de Páramo se presenta en las seis comunidades de la parroquia, presenta una superficie de 3150,61 ha, y en los recorridos realizados en campo se determina un porcentaje de 70-80% de cobertura vegetal permanente con una posibilidad de recarga hídrica alta.

La formación vegetal Bosque siempreverde montano del Norte de Ioa Cordillera Oriental de los Andes se encuentra en las comunidades de Chilco, Cochas, Zuleta y La Magdalena, presenta una superficie de 688,22 ha, los recorridos realizados en campo se determina un porcentaje de 30-50% de cobertura vegetal permanente con una posibilidad de recarga hídrica baja.

4.1.6. Zonas potenciales de recarga hídrica

A continuación, se presenta el mapa potencial de recarga hídrica desarrollado en base a los tipos de pendiente y microrelieve, textura de suelo, litología, uso actual y tipo de cobertura vegetal permanente (Figura 13).

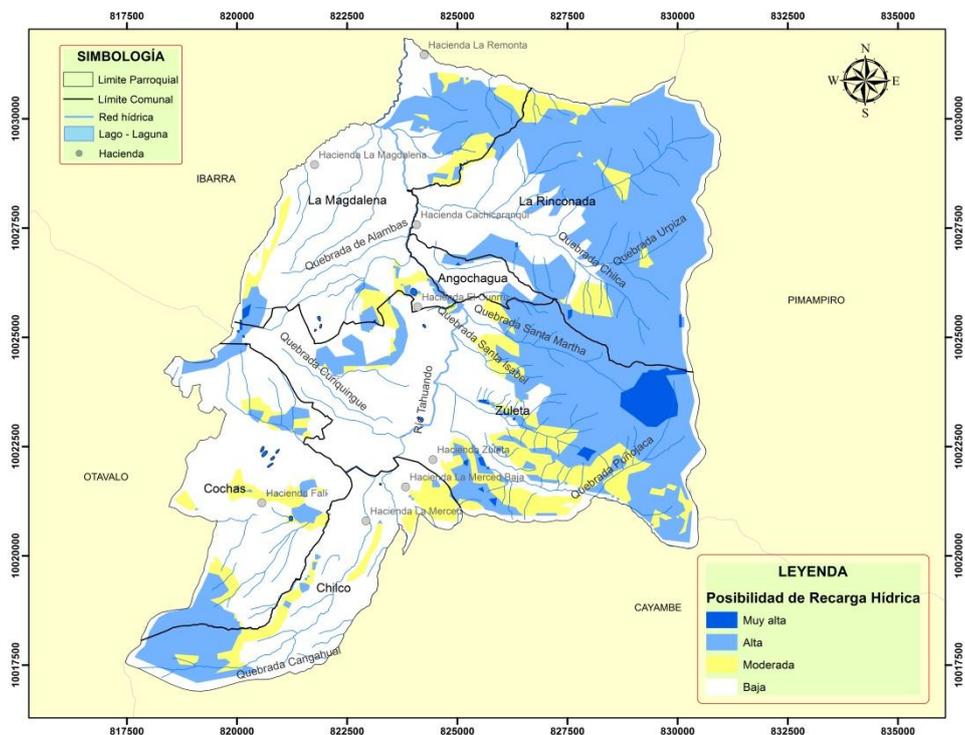


Figura 13. Mapa de zonas potenciales de recarga hídrica

Como resultado del análisis de la cartografía y las salidas de campo se obtuvo un mapa de las zonas potenciales de recarga hídrica, donde se visualiza un potencial muy alto, alto, moderado y bajo.

Las zonas con potencial de recarga hídrica muy alta presentan un rango de precipitación entre los 1200 – 1300 mm/año, se encuentran en las comunidades de Zuleta, La Rinconada y La Magdalena caracterizándose por presentar un microrelieve plano a casi plano con un rango de inclinación de 0-6 %, presentes en suelos en evolución (inceptisoles) y suelos con presencia de carga orgánica alta (molisoles), con sustratos rocosos de origen volcánico presentes en Bosque siempreverde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes y Bosque siempreverde montano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes.

Las zonas con categoría alta se encuentran distribuidas en toda la parroquia con rangos de precipitación que van de 1000 – 1400 mm/año, presentes en Bosque siempreverde montano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes, Arbustal siempreverde montano del Norte de los Andes y Bosque siempreverde montano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes en pendientes escarpadas con rangos de inclinación de 45 – 65% y la presencia de lavas y brechas volcánicas, caracterizándose por ser suelos en evolución y tener carga orgánica alta.

Las zonas con potencial de recarga hídrica moderada, presenta un rango de precipitaciones que va 1100 – 1400 mm/año, abarcando las seis comunidades de la parroquia Angochagua, el tipo de suelo corresponde al orden molisoles que se caracterizan por poseer una capa superficial profunda y tiene gran concentración de materia orgánica y nutrientes, la litología corresponde a las formaciones geológicas provenientes de los depósitos de toba volcánica “cangahua” y sustratos rocosos cubiertos por lahares coluviales, se encuentra en Bosque siempreverde montano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes, Bosque siempreverde montano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes y Bosque siempreverde montano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes.

Las zonas potenciales de recarga hídrica con categoría baja se encuentran en un rango de precipitación entre los 1400 a 1500 mm/año ubicado los sectores urbanos de la parroquia, presentan suelos con formaciones rocosas la litología corresponde a las formaciones geológicas andesita, brecha aglomerado en cuanto a la cobertura vegetal y

uso de suelo existe la presencia de Bosque siempreverde montano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes.

4.1.7. Zonas potenciales alta y muy alta de recarga hídrica

Se realizó el mapa de zonas potenciales de recarga hídrica muy alta de la parroquia sobre las que se propondrán estrategias de conservación. (Figura 14).

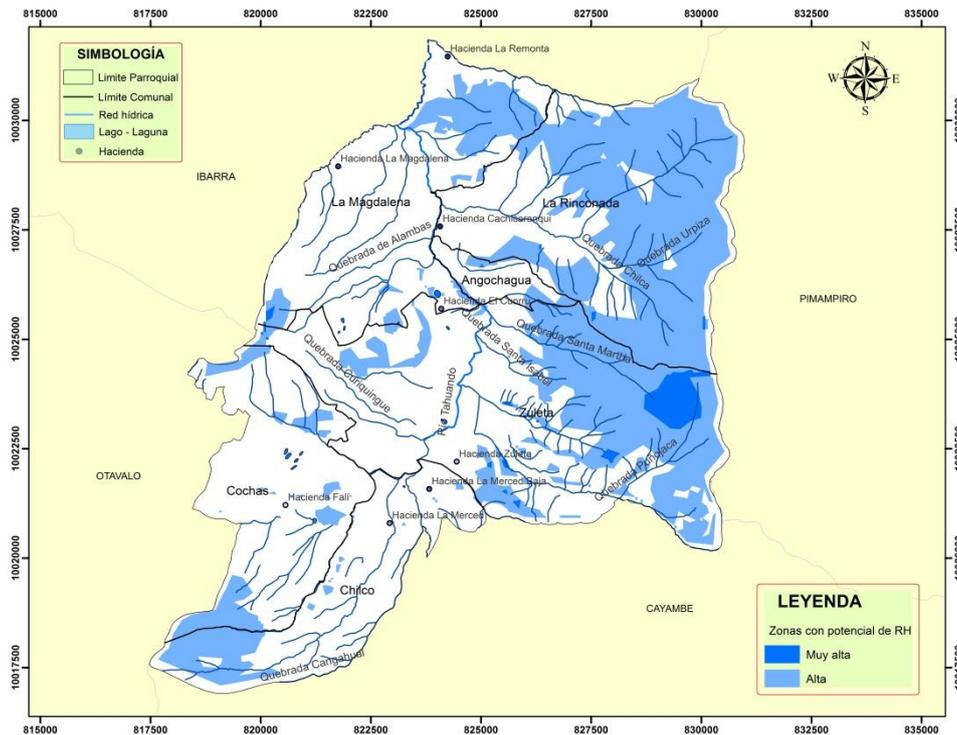


Figura 14. Mapa de zonas potenciales muy alta y alta de Recarga Hídrica

De acuerdo al mapa de potencial hídrico alto y muy alto de la parroquia Angochagua (Figura 14), se terminó que para recarga muy alta corresponde a 151,65 hectáreas, de las cuales 141,78 ha pertenecen a la comunidad de Zuleta, La Rinconada posee 4,63 ha, La Magdalena 4,55 ha y en menor proporción Angochagua con 0,49 ha. Zuleta es la comunidad con mayor superficie de recarga hídrica muy alta debido a las condiciones biofísicas e hídricas, ya que posee un microrelieve plano a casi plano (0 - 6%), el cual favorece la recarga hídrica por lo que muestra un alto potencial, predomina en suelos negros profundos, limosos con arena muy fina denominados inceptisoles, en lo que respecta al análisis de las estructuras geológicas existe andesita, brecha y aglomerado con una permeabilidad de baja a media, el uso y cobertura vegetal en la que se encuentran es en bosque primario y páramo. Esta área forma parte del Bosque y

Vegetación Protectora “Zuleta” y nacen las quebradas Puñojaca y Santa Martha. En el estudio realizado por Herrera (2017), Recarga de las fuentes de abastecimiento de agua en la comuna La Esperanza, provincia del Carchi, analiza que las zonas con potencial de recarga hídrica muy alta se localizan en un rango altitudinal de 3900 a 4000 msnm, en suelos que corresponden al suborden cryands y al orden andisol caracterizados por tener una textura franco-arenoso, y formaciones geológicas que corresponden a piroclastos, lahares, flujos de lavas y piroclastos andesíticos a riolíticos, en zonas que corresponden a Bosque siempreverde montano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes o Arbustal siempreverde y herbazal de Páramo.

El potencial de recarga hídrica alta se encuentra en la parte noreste y sureste de la parroquia Angochagua, ubicadas en las comunidades de La Rinconada y Zuleta con 4001,15 ha, con precipitaciones de 1200 a 1400 mm/año, y temperaturas que oscilan entre los 6 a 9 °C, en suelos negros profundos, limosos con arena muy fina denominados Inceptisoles, con presencia de andesita, brecha, aglomerado producto de los derivados de las erupciones volcánicas provenientes de volcánicos de Angochagua, en un microrelieve escarpado en suelos de Arbustal siempreverde y herbazal de Páramo y Bosque siempreverde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes, en esta área nacen las quebradas con escorrentía intermitente y no intermitente como las quebradas denominadas: Guatsit, Quibianchí, Urpiza, García, Faccha, Chilca, Santa Martha, Santa Isabel, San Leonidas, Puñojaca que son aportantes del río principal que cruza la parroquia de suroeste a noroeste, existe la presencia de la Laguna El Cunro. Según Donis (2015) en el estudio realizado en la microcuenca del río Negro, ciudad de Guatemala, establece en porcentaje la distribución de los diferentes potenciales de recarga hídrica, considerando que las zonas con un potencial de recarga hídrica “Alto”, se encuentran en rangos de pendiente comprendidas entre 6 – 45%, en suelos de textura franco-arenoso y rocas volcánicas como tobas, coladas de lava, material lahárico y sedimentos volcánicos; los cuales, presentan características como porosidad que contribuyen a la infiltración de agua en los estratos del suelo, con un porcentaje de formación vegetal permanente entre 70-80%, y usos de suelo entre los que puede mencionar: arbustos, matorrales y bosque que por el grado de cobertura permiten un mayor contacto del agua con el suelo que favorecerá la capacidad de suelo para infiltrar mayor cantidad de agua.

Chamorro (2016), manifiesta que en la cuenca del río Tahuando la presencia de colinas, montañas y el volcán Imbabura juntamente con la existencia de cobertura vegetal de páramo y vegetación arbustiva influyen directamente en la distribución geográfica de las zonas de recarga, identificando que las zonas con recarga alta se localizan en la parte alta de la cuenca y las zonas con recarga moderada se distribuyen en casi la totalidad de la cuenca media y baja, además determinó que las actividades agrícolas, pecuarias y presencia de zonas urbanas de la parte baja y media de la cuenca influyen en que la capacidad de recarga hídrica superficial sea Moderada y Baja; estos resultados convalidan con la información obtenida en esta investigación.

4.2. Caracterización de las formaciones vegetales en las zonas de recarga hídrica

Se encontraron cuatro formaciones vegetales que fueron caracterizadas de acuerdo a las zonas recarga hídrica con potencial de recarga alto y muy alto.

a) Bosque siempreverde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes

Las especies de flora presentes en bosque natural encontradas en las zonas de recarga hídrica muestreadas son las que se detallan en la tabla 19.

Tabla 19. Bosque siempreverde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes

Familia	Nombre Científico	Nombre Común
Actinidiaceae	<i>Saurauia scabra</i>	Moquillo
Berberidaceae	<i>Berberis hallii</i>	Espino amarillo
Berberidaceae	<i>Berberis paniculata</i>	Espino chivo
Campanulaceae	<i>Siphocampylus giganteus</i>	Caucho
Celastraceae	<i>Maytenus verticillata</i>	Laurel o Serna
Elaeocarpaceae	<i>Vallea stipularis</i>	Rosa de monte
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus salvifolius</i>	Nogal de monte
Rubiaceae	<i>Palicourea amethystina</i>	Naranjo negro
Siparunaceae	<i>Siparuna echinata</i>	Ashnayura

En la formación vegetal de Bosque siempreverde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes con potencial de recarga hídrica alta presente en las comunidades de Zuleta y La Rinconada, se registraron 11 especies de flora, que en su mayoría corresponden a vegetación arbórea, al realizar la comparación con las especies

identificadas en el diagnóstico del uso actual y determinación de oportunidades de uso productivo y conservacionista del páramo de la parroquia Angochagua (2013), se identificó que no existe similitud entre las familias y géneros de especies que se encuentran en Bosque Natural, presumiendo el desplazamiento de especies de montaña hacia altitudes superiores como consecuencia del cambio climático. En el estudio realizado por Herrera (2017), las zonas categorizadas con potencial de recarga hídrica alta se encuentran en cobertura vegetal o uso de suelo que corresponde a zonas de vegetación arbustiva baja o páramo y bosques.

b) Arbustal siempreverde y herbazal de Páramo

La comunidad de Zuleta presenta zonas de recarga hídrica muy alta en páramo donde se evidencio una gran variedad de especies (Tabla 20).

Tabla 20. Arbustal siempreverde y herbazal de Páramo

Familia	Nombre Científico	Nombre Común
Araliaceae	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	Pumamaqui
Asteraceae	<i>Gynoxys miniphylla</i>	Tuschi hembra
Asteraceae	<i>Diplostephium hartwegii</i>	Romerillo de páramo
Coriariaceae	<i>Coriaria ruscifolia</i>	Shanshi
Fabaceae	<i>Lupinus pubescens</i>	Chocho
Hypericaceae	<i>Hypericum laricifolium</i>	Romerillo
Melastomataceae	<i>Brachyotum lindenii</i>	Aretillo
Poaceae	<i>Cortaderia nitida</i>	Siksi
Polygalaceae	<i>Monnina crassifolia</i>	Ivilan
Rosaceae	<i>Polylepis racemosa</i>	Quinual- polylepis

Las zonas con potencial de recarga hídrica muy alta se determinaron en la comunidad de Zuleta en formación vegetal de páramo, donde se registraron 13 especies de flora, que en su mayoría corresponden a vegetación herbácea, al comparar con la guía de páramos de Zuleta – Ecuador realizado por Aguilar, Hidalgo y Ulloa (2009), observamos que la vegetación se asemeja entre si aproximadamente en un 70%. En el estudio de realizado por Herrera (2016), las áreas que presentan la mayor recarga potencial muy alta, se localizan en una cobertura vegetal y uso del suelo que corresponden a vegetación arbustiva baja o páramo.

c) Bosque siempreverde montano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes

El muestreo y caracterización para la vegetación arbustiva se realizó en las seis comunidades, obteniendo una variedad de especies las cuales aportan a la recarga hídrica. (Tabla 21).

Tabla 21. Bosque siempreverde montano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes

Familia	Nombre Científico	Nombre Común
Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca blanca
Berberidaceae	<i>Berberis paniculata</i>	Espino amarillo
Boraginaceae	<i>Cordia cylindrostachya</i>	Salvio negro
Campanulaceae	<i>Siphocampylus giganteus</i>	Caucho
Celastraceae	<i>Maytenus verticillata</i>	Laurel
Siparunaceae	<i>Siparuna echinata</i>	Ashnayura
Verbenaceae	<i>Lantana rugulosa</i>	Supirosa
Rosaceae	<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	Cerote

Las zonas con potencial de recarga hídrica baja se encuentran presentes en los sectores urbanos de la parroquia, en formaciones vegetales arbustivas, donde se registraron 9 especies de flora que en su mayoría corresponden a vegetación herbácea y arbustiva, al comparar con la información de las especies presentes en matorral de Angochagua de Pabón (2008), se determina que existe la presencia de Familias representativas como Verbenaceae y Asteraceae. En el estudio realizado por Chamorro (2016), las zonas con potencial de recarga hídrica bajo o nulo son lugares que corresponden a las zonas urbanas donde la población se ha establecido.

d) Arbustal siempreverde montano del Norte de los Andes

El muestreo y caracterización para el bosque intervenido se realizó en las diferentes comunidades de la parroquia obteniendo los siguientes resultados (Tabla 22).

Tabla 22. Arbustal siempreverde montano del Norte de los Andes

Familia	Nombre Científico	Nombre Común
Actinidiaceae	<i>Saurauia scabra</i>	Moquillo
Asteraceae	<i>Baccharis polyantha</i>	Chilca negra
Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca blanca
Asteraceae	<i>Liabum igniarium</i>	Santa María
Berberidaceae	<i>Berberis hallii</i>	Espino amarillo
Berberidaceae	<i>Berberis paniculata</i>	Espino chivo

Campanulacea	<i>Siphocampylus giganteus</i>	Caucho
Celastraceae	<i>Maytenus verticillata</i>	Laurel o Serna
Elaeocarpaceae	<i>Vallea stipularis</i>	Rosa de monte
Fabaceae	<i>Dalea coerulea</i>	Iso
Malvaceae	<i>Byttneria ovata</i>	China-Cacha
Myrtaceae	<i>Myrcianthes hallii</i>	Arrayán
Siparunaceae	<i>Siparuna echinata</i>	Ashnayura

Para bosque intervenido en recarga hídrica moderada presentes en las comunidades de Angochagua, La Magdalena y Zuleta, se encontraron 18 especies de flora entre árboles, arbustos y hierbas, las familias representativas son Asteraceae, Berberidaceae y Rubiaceae, correlacionando con la investigación de Pabón (2008), en el que realiza un estudio sobre las especies presentes en bosque de la parroquia Angochagua, se encontró un 50% de similaridad de especies de flora presentes en este tipo de vegetación. Chamorro (2016), realizó un estudio de caracterización de zonas de recarga hídrica en el acuífero de Guaraczapas en Angochagua determinando a este lugar como una zona con potencial de recarga moderada, concordando con los resultados encontrados en el presente estudio.

Especies que representan mayor relevancia por su valor de uso ecológico relacionado a la conservación del recurso hídrico en la parroquia Angochagua (Tabla 23).

Tabla 23. Especies Representativas de la parroquia

Familia	Nombre Científico	Uso Ecológico
Araliaceae	<i>Oreopanax ecuadorense</i>	Apta para reforestación en relieves escarpados
Asteraceae	<i>Gynoxys miniphylla</i>	Especie potencial para reforestación y asociación con cultivos agrícolas en zonas de altitud elevada por la alta resistencia a los fríos intensos
Asteraceae	<i>Diplostephium hartwegii</i>	Es una especie que crece en laderas y en sitios con afloramientos rocosos
Coriariaceae	<i>Coriaria ruscifolia</i>	Idónea para programas de recuperación de suelos y control de la erosión
Elaeocarpaceae	<i>Vallea stipularis</i>	Especie regeneradora de ambientes quemados, cercas vivas y protector climático
Fabaceae	<i>Lupinus pubescens</i>	Restauración, recupera la fertilidad de los suelos y controla la erosión de los mismos.
Fabaceae	<i>Dalea coerulea</i>	Apta para la recuperación de suelos y control de erosión
Gesneriaceae	<i>Alloplectus andinus</i>	Ideal para restauración natural
Berberidaceae	<i>Berberis hallii</i>	Ideal para programas de reforestación y restauración
Poaceae	<i>Cortaderia nítida</i>	Es una gran herramienta para la restauración de suelos erosionados en zonas paramizadas y sirve como indicador de presencia de agua
Rosaceae	<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	Utilizado para la protección de nacimientos, márgenes de quebrada y como barreras contra heladas
Rosaceae	<i>Polylepis racemosa</i>	Sirve como cortinas de vegetación alrededor de los cultivos contra heladas, protección de vertientes y

		enriquecimiento de chaparros
Rubiaceae	<i>Palicourea amethystina</i>	Conservación de suelos, estabilización de cauces fluviales, protección de mantos acuíferos y restauración de yermos
Siparunaceae	<i>Siparuna echinata</i>	Conservación de las riveras de los ríos y quebradas

4.2.1. Capacidad de infiltración de las formaciones vegetales

La influencia de las formaciones vegetales y la distribución de la precipitación dependen de patrones globales, es decir el rol de las formaciones vegetales de la parroquia en relación a la época seca o lluviosa es mínimo.

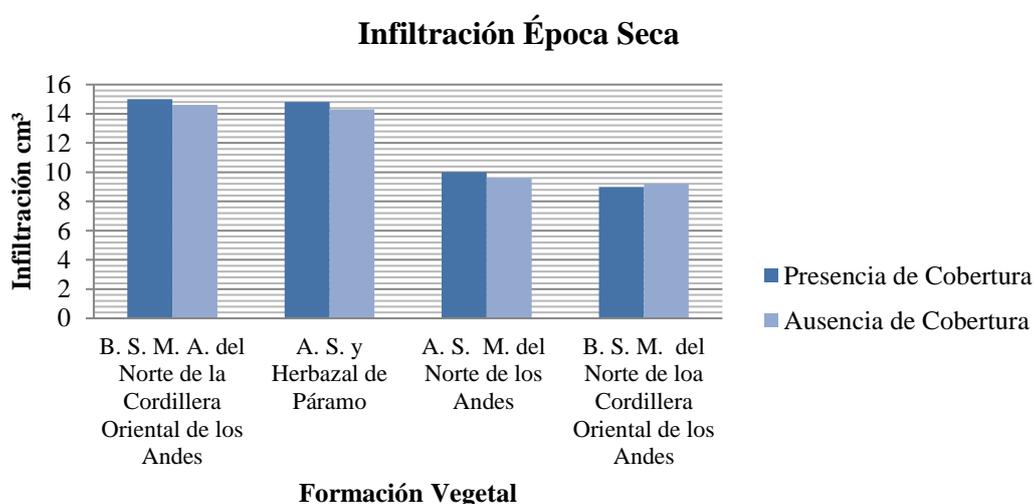


Figura 15. Infiltración época seca

En la parroquia Angochagua existen cuatro tipos de formaciones vegetales: Arbustal siempreverde y herbazal de Páramo, Bosque siempreverde montano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes, Bosque siempreverde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes y Arbustal siempreverde montano del Norte de los Andes. De los resultados de las pruebas de infiltración realizadas en las diferentes coberturas vegetales se determinó que en bosque natural existe mayor tasa de infiltración debido a que la estructura de las raíces, actúan absorbiendo el agua y liberándola lentamente a lo largo del año (Torres, 2013), similar al de páramo que actúa como regulador hidrológico el cual libera lentamente el agua de lluvia y neblina hacia las zonas bajas de la parroquia (Figura 15 y 16).

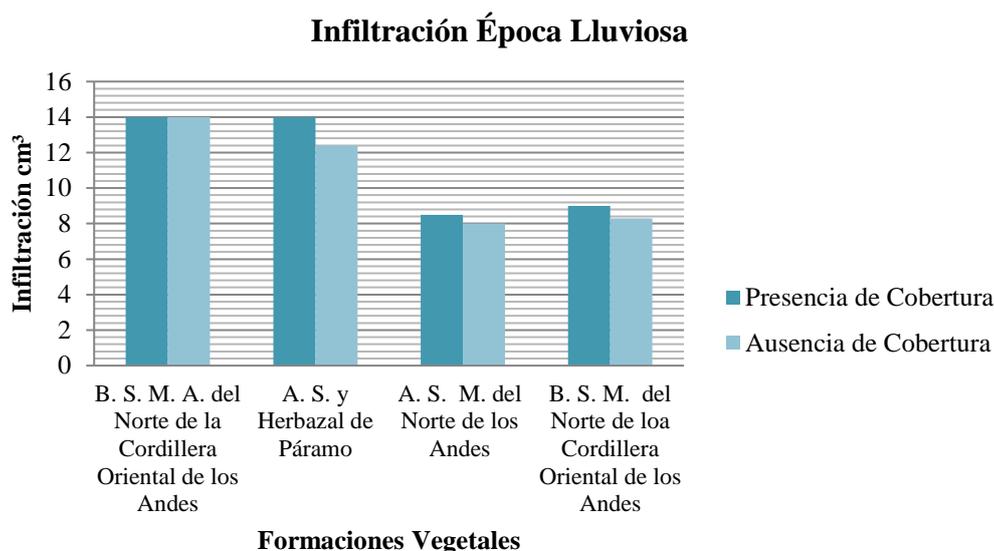


Figura 16. Infiltración época lluviosa

En la formación Arbustal siempreverde montano del Norte de los Andes la presencia antrópica sujeta a la existencia de plantaciones forestales y cultivos, genera una vegetación heterogénea, en lo que respecta a su comportamiento hidrológico la infiltración es menor debido a factores que son influenciados por el uso de suelo y el tipo de vegetación. En cobertura vegetal de arbustos se determinó una capacidad de infiltración menor que las coberturas anteriores según el análisis de esta investigación se considera que probablemente podría deberse alteraciones antropogénicas como incendios forestales, densidad de la vegetación en el área de estudio y el aporte escaso de materia orgánica.

De acuerdo con los resultados obtenidos sobre la evaluación de las zonas de recarga hídrica en relación a las formaciones vegetales de la parroquia Angochagua se determinó que existe una posibilidad de recarga hídrica muy alta y alta, en formaciones vegetales de arbustal siempreverde y herbazal de páramo y Bosque siempreverde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes, los datos de infiltración obtenidos bajo dos tratamientos (1) presencia de cobertura vegetal (2) ausencia de cobertura vegetal demuestran que las formaciones vegetales intervienen en la capacidad de infiltración como lo señala Barrantes y Méndez (2015), quienes manifiestan que la cobertura vegetal influye en la cantidad de nacientes que puedan existir, en este estudio el bosque natural presenta mayor número de nacientes en relación con otras coberturas vegetales probablemente esto se deba a que esta cobertura cuenta con mayor

permeabilidad para la retención del recurso hídrico y como menciona en el estudio de (Moreno, 2012). Efectos de diferentes tipos de vegetación sobre la capacidad de infiltración de agua en suelos de páramo en la Reserva Privada Paluguillo (Ecuador), las tasas de infiltración en diferentes tipos de vegetación parecen estar ligadas a diferencias en el porcentaje de acumulación de materia orgánica, sistemas radiculares o por la creación de un microclima que favorece a la acumulación de MO, las variaciones de la capacidad de infiltración podrían originarse por el cambio de uso del suelo, asociado con eliminación de la cubierta vegetal, quemas, compactación del suelo y diferentes tasas de asimilación y demanda hídrica de los cultivos.

La mayor superficie de bosque intervenido se encuentra en zonas con posibilidad de recarga hídrica moderada en las comunidades de La Magdalena, La Rinconada y Zuleta, presentando características de relieve apropiado para asentamientos humanos. Fernández (2008), manifiesta que la capacidad de infiltración presentó una correlación positiva con la cobertura de árboles, lo que implica que la infiltración mejoró donde hay una mayor cobertura arbórea y las características hidrológicas de escorrentía e infiltración fueron intermedias entre los suelos donde existen actividades agrícolas o pecuarias. Los resultados demostraron que el cambio de uso del suelo y cubierta vegetal afecta de manera notable a los recursos hídricos.

4.3. Estrategias de Conservación para las zonas de recarga hídrica muy alta y alta en relación a las formaciones vegetales

Para proponer estrategias de conservación se realizó un análisis de los resultados obtenidos en las seis comunidades mediante proyectos los cuales integran actividades y acciones que mitiguen la problemática identificada en las formaciones vegetales y zonas de recarga hídrica alta y muy alta que presenten mayor vulnerabilidad.

Proyecto 1. Educación Ambiental

Este proyecto consiste en capacitar a los pobladores de las comunidades de Zuleta y La Rinconada sobre la importancia de los recursos hídricos y florísticos que posee la zona, enfocado en la difusión de la información obtenida en la investigación con el fin de que la población participe de manera directa sobre el manejo de los recursos y el cuidado ambiental (Tabla 24).

Objetivo General del Proyecto 1

Implementar programas de educación ambiental en las comunidades de Zuleta y La Rinconada, como instrumento eficaz para concientizar sobre la importancia de las zonas de recarga hídrica alta y muy alta presentes en las formaciones vegetales de la parroquia Angochagua.

Objetivos Específicos del proyecto 1

- Difundir la información de la investigación en las Comunidades de Zuleta y La Rinconada.
- Fomentar a las comunidades de Zuleta y La Rinconada conocimientos de la diversidad de flora, importancia y conservación de los recursos hídricos

Meta del Proyecto 1

El proyecto pretende capacitar a corto plazo a los pobladores y guardabosques de las comunidades de mayor potencial de recarga hídrica en temas como: diversidad florística, cuidado y protección de los recursos hídricos. Con la finalidad de que los habitantes les den un manejo adecuado y sostenible a los recursos.

Tabla 24. Proyecto1. Educación Ambiental

NOMBRE DEL PROYECTO	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	ALCANCE	PRESUPUESTO REFERENCIAL	RESPONSABLES
Educación Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Difundir la información de la investigación en las Comunidades de Zuleta y La Rinconada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mesas de concertación • Cabildos abiertos • Talleres comunales • Jornadas ambientales 	La aplicación de la educación ambiental pretende fomentar una cultura de cuidado y protección ambiental orientando a los pobladores y guardabosques de la parroquia.	\$300	GADS Provincial, cantonal y parroquial
	<ul style="list-style-type: none"> • Fomentar a las comunidades de Zuleta y La Rinconada conocimientos de la diversidad de flora, importancia y conservación de los recursos hídricos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Entrega de materiales educativos como trípticos • Excursiones y visitas de campo • Mesas redondas y debates 			\$300
		<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación a los guardabosques y presidentes de las comunas sobre la importancia y conservación del recurso hídrico y florístico de la parroquia. 		GADS Provincial, cantonal y parroquial	
		Ministerio del Ambiente			
Academia Universitaria					

Proyecto 2. Pago por servicios ambientales del recurso hídrico como una alternativa de conservación en la parroquia Angochagua

Esta propuesta se basa en una ayuda dirigida a los usuarios y propietarios de las tierras en donde existen recargas hídricas con potencial alto y muy alto, a través de beneficios que se otorgan por la conservación de los bosques y suelos ligados al mantenimiento del recurso hídrico generando un cambio en el uso de la tierra, reduciendo perjuicios a las poblaciones río abajo, reducción de la infiltración de agua, contaminación, escorrentía superficial. (Tabla 25).

Objetivo General del Proyecto 2

Proponer una estrategia para el pago por servicios ambientales del recurso hídrico como una alternativa de conservación en la parroquia Angochagua

Objetivos Específicos del Proyecto 2

- Fomentar a las comunidades de Zuleta y La Rinconada conocimientos de la diversidad de flora, importancia y conservación de los recursos hídricos
- Elaborar un plan para ejecutar el pago de servicios ambientales a corto, mediano y largo plazo.
- Socializar el proyecto con actores de nivel nacionales e internacionales que pretendan contribuir a la realización del proyecto.

Meta del Proyecto 2

La meta es proteger a largo plazo la calidad del agua desde la fuente de origen y su zona de protección inmediata, así como mejorar la cobertura forestal en las zonas de recarga hídrica.

Tabla 25. Proyecto 2. Pago por servicios ambientales

Nombre del Proyecto	Objetivos Específicos	Actividades	Alcance	Presupuesto Referencial	Responsables
Pago por servicios ambientales del recurso hídrico como una alternativa de conservación en la parroquia Angochagua	<ul style="list-style-type: none"> Identificar y caracterizar los principales grupos de interesados, usuarios y beneficiarios de los servicios ambientales. 	Conocer la demanda del recurso hídrico que aporta la parroquia Angochagua a nivel cantonal (tarifas, porcentaje en la planilla agua potable).	Proteger a largo plazo la calidad del agua desde la fuente de origen y su zona de protección inmediata, así como mejorar la cobertura forestal en las zonas de recarga hídrica.	\$ 5.000	<ul style="list-style-type: none"> Organizaciones Nacionales e Internacionales Gobierno Provincial de Imbabura Gobierno Autónomo Descentralizado de Ibarra Junta Parroquial Comunidad.
	<ul style="list-style-type: none"> Elaborar un plan para ejecutar el pago de servicios ambientales a corto, mediano y largo plazo. 	Elaborar y aprobar el proyecto enmarcando en lineamiento a nivel nacional e internacional que permitan el pago el pago por servicios ambientales.		\$10.000	
	<ul style="list-style-type: none"> Socializar el proyecto con actores de nivel nacionales e internacionales que pretendan contribuir a la realización del proyecto. 	Realizar talleres de socialización con los organismos gubernamentales pertinentes y la comunidad para implementar políticas públicas.		\$6.000	

Proyecto 3. Diseño de una Guía Botánica de la parroquia Angochagua.

En este proyecto se realizó una Guía Ilustrada de las especies de flora que se registraron en la parroquia Angochagua, con el fin de dar a conocer a la ciudadanía y a la comunidad la diversidad florística que existe en la zona, fortaleciendo así los servicios ecoturísticos (Tabla 26).

Objetivo General del Proyecto 3

Elaborar una guía botánica de las especies obtenidas en las seis comunidades de la parroquia Angochagua

Objetivos Específicos del Proyecto 3

- Generar un inventario florístico actual de la parroquia.
- Conocer la importancia de las especies de flora presentes en la parroquia.
- Socializar la guía botánica de la parroquia Angochagua a las seis comunidades.
- Aportar como línea base para el desarrollo de posteriores investigaciones.

Meta del Proyecto 3

El proyecto pretende dar a conocer en un corto plazo las especies de flora presentes en la parroquia Angochagua a través de una guía que servirá de aporte hacia la comunidad, revalorizando sus usos locales, ancestrales, tradicionales y como fuente de información para generar proyectos que promuevan el desarrollo de sostenible de la parroquia en futuras investigaciones.

Tabla 26. Proyecto 3. Elaboración de una Guía Botánica

NOMBRE DEL PROYECTO	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	ALCANCE	PRESUPUESTO REFERENCIAL	RESPONSABLES
Elaboración de una Guía Botánica para la parroquia Angochagua (Anexo. 4)	<ul style="list-style-type: none"> • Crear un inventario florísticos de la situación actual de la parroquia. 	Recopilación de información	La presente guía botánica ofrece información sobre las especies de flora, su importancia ecológica y etnobotánica las cuales aportarán como fuente de conocimiento e información para la población, el ecoturismo y la comunidad científica.	\$2000	Gobierno Autónomo Descentralizado de Ibarra
		Etapa de Campo			Junta parroquia, Comunidad Academia Universitaria
		Etapa de laboratorio y oficina			
	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer la importancia de las especies de flora presentes en la parroquia. 	Conocimiento local		\$ 500	Guardabosques, Comunidad y Comunidad Académica Universitaria
		Conocimiento científico			
	<ul style="list-style-type: none"> • Socializar la guía botánica de la parroquia Angochagua a las seis comunidades. 	Capacitaciones hacia las comunidades		\$ 500	Gobierno Autónomo Descentralizado de Ibarra Junta parroquia
<ul style="list-style-type: none"> • Aportar como línea base para el desarrollo de posteriores investigaciones. 	Diseño de documento pedagógico con enfoque investigativo	\$ 500	Académica Universitaria		

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Las zonas potenciales de recarga hídrica de la parroquia Angochagua se determinaron según el potencial de retención de agua, encontrándose zonas de recarga muy alta y alta en zonas comprendidas en la comunidades de Zuleta y La Rinconada, zonas de recarga moderada en las comunidades de Angochagua, Cochas, Chilco y La Magdalena, sin embargo las zonas de menor recarga hídrica se encuentran en las zonas pobladas del sitio de estudio.

En este estudio se encontró cuatro tipos de formaciones vegetales presentes en la parroquia: Bosque siempreverde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes, Bosque siempreverde montano del norte de los Andes, Arbustal siempreverde montano del Norte de los Andes, Arbustal siempreverde y herbazal de Páramo.

Las estrategias conservación están planteadas en tres proyectos los cuales permitirán realizar un manejo adecuado del recurso hídrico en las diferentes formaciones vegetales que presentan potencial de recarga hídrica alta y muy alta, garantizando la sostenibilidad de los recursos naturales de la parroquia Angochagua.

Dentro de la parroquia se determinó zonas con potencial de recarga hídrica alta y muy alta en las formaciones vegetales de Bosque siempreverde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes y Arbustal siempreverde y herbazal de Páramo.

5.2. Recomendaciones

Concertar acciones de intervención a fin de trabajar de manera integral y coordinada para el manejo y la conservación de los recursos hídricos y las formaciones vegetales presentes.

Evaluar zonas de recarga hídrica en otras formaciones vegetales que provean agua a centros poblados de la provincia de Imbabura, para la proponente de estrategias de preservación y manejo de las mismas.

Realizar un estudio de las utilidades ecológicas que brindan las especies presentes en las distintas formaciones vegetales.

Crear un material didáctico educativo con un lenguaje entendible a nivel comunitario sobre la diversidad de flora y la importancia de cada especie.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, M. (2011). La cuenca hidrográfica en la gestión integral de los recursos hídricos . Bolivi.
- Aguirre, Z. (2013). Especies forestales de los bosques secos del Ecuador. Quito: Ministerio del Medio Ambiente del Ecuador.
- Baquero, F., Sierra, R., Ordoñez, L., Tipán, M., Espinosa, L., y Rivera, M. B. (2004). La Vegetación de los Andes del Euador. Obtenido de Memoria explicativa de los mapas de vegetación potencial y remanente a escala 1:250.000 y del modelo predictivo con especies indicadoras. : <http://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=43571>
- Barrantes, J., y Méndes , N. (2015). Dinámica del uso de suelo y abastecimiento hídrico: Implicaciones para la seguridad del agua en comunidades rurales en el pacifico sur de Costa Rica.
- Blanco, P. (2010). Cálculo de la recarga potencial de acuíferos mediante un balance hídrico de suelos. Obtenido de Escuela Centro Americana de Gología. Costa Rica.
- Blick, S. A., Kelly, F., y Skupier, J. (2004). New Jersey Stormwater Best Management Practices Manual. Obtenido de New Jersey Department of Environmental Protection. Estados Unidos.
- Bueso, M. (2010). Identificación y caracterización de las zonas potencial de recarga hídrica en las subcuencas de los ríos Tacó y Shusho, municipio de Chiquimula. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Camacho, A., y Robles, C. (2009). Diagnóstico ambiental de la contaminación del suelo en el municipio de Chocontá y prueba piloto con dos de los contaminantes más representativos bioacumulados en arveja, haba y pasto Ray grass. Universidad de la Salle Colombia
- Cárdenas, L., y Muñoz, A. (2010). Conservación y uso sostenible de los bosques de roble en el corredor de connservación Guantiva-La Rusia-Iguaqué, departamento de Santander y Boyacá Colombia.

- Challenger, A. (2001). Estrategias para la conservación de ecosistemas. GACETA ECOLÓGICA. México: Secretaría Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Distrito Federal de México.
- Chamoro, M. (2016). Identificación y caracterización de las zonas de recarga hídrica mediante la herramienta SIG de los acuíferos la Carbonería, Guaraczapas, Yuyucocha y Santa Clara para la protección de las fuentes de aprovisionamiento de agua en la zona urbana de Ibarra . Ibarra: (Tesis de Pregrado). Universidad Técnica del Norte. Ecuador .
- Collazo, M., y Montaña, J. (2012). Manual de agua subterránea. Uruguay.
- Código Orgánico del Ambiente COA (2017). Registro Oficial Suplemento 983 de 12 de Abril del 2017 .
- Constitución de la República del Ecuador.(2008). Obtenido de Registro Oficial 449.
- Coral, A., García, J., y Leal, A. (2015). Cálculo de Balance Hídrico usando modelamiento de datos espaciales aplicado a la cuenca del Río Buena Vista – Ecuador. Revista Farmacao Brasil.
- Daza, F., Hernández, F., y Triana, M. (2014). Efecto de actividades agropecuarias en la capacidad de infiltración de los suelos del páramo del Sumapaz. Obtenido de Universidad del Valle Cali-Colombia.
- Fernandez, T. (2008). La superficie topográfica. Cartografía I. España: 2do Curso de IT en Topografía EPS Jaén .
- Figuerola, M. (2015). Identificación de áreas de recarga hídrica y su potencial en la subcuenca del río Tzunutz en Guatemala. Obtenido de Universidad San Carlos de Guatemala: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/17/17_0549.pdf
- Foster, S. (1992). Groundwater pollution protection in developing countries. IAH International Association of Hydrogeologists-International Contributions to Hydrogeology.
- Gamazo, P. (2008). Curso de hidrología e hidráulica aplicada URDELAR-IMFIA. Uruguay: Universidad de Uruguay.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Angochagua. GADPA. (2015). Plan de Desarrollo Ordenamiento Territorial Parroquia Angochagua 2014-2019. . Imbabura- Ecuador.
- Gonzaga, L. (1993). Efecto de las coberturas vegetales ciprés, pino y rastrojo sobre la humedad del suelo en dos microcuencas de Piedras Blancas, Antioquía. Crónica Forestal y del Medio Ambiente. Obtenido de Colombia.

- González, R. (2013). Evaluación de la calidad del suelo para diferentes usos y cubiertas vegetales de la ladera Este de Cerro Grande, comunidad Dexcani Alto, municipio de Jilotepec. Universidad Autónoma del Estado de México.
- González, W. (2011). Manejo y protección de zonas de recarga hídrica y fuentes de agua para consumo humano en la subcuenca del río Zaratí. Costa Rica. CATIE.
- Gudiño, E. (2015). "Evaluación de la diversidad florística y de avifauna, y generación de estrategias de conservación en la zona media - alta de la microcuenca de Yaguarcocha" (Tesis de Pregrado). Ibarra- Ecuador : Universidad Técnica del Norte.
- Haar, L., y Izaguirre, P. (2016). Manejo de cuencas hidrográficas y protección de fuentes de agua. Obtenido de Departamento de educación ambiental con enfoque en manejo cuencas y prevención de desastres de Nicaragua.: <http://www.bvsde.paho.org/bvsade/fulltext/cuencas.pdf>
- Herrera, F. (2017). "Identificación hidrológica de zonas de recarga de las fuentes de abastecimiento de agua en la comuna La Esperanza, provincia del Carchi" (Tesis de Pregrado). Ibarra- Ecuador : Universidad Técnica del Norte.
- Hofstede, R., Calles, J., López, V., y Polanco , R. (2014). Los Páramos Andinos Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo. Quito-Ecuador: UICN.
- Humboldt, A. (2001). Estrategias Nacionales para la Conservación de Plantas. Villa de Leyva. Colombia: Instituto Nacional de Recursos Biológicos.
- Instituto Nacional de Bosques de Guatemala INAB. (2003). Metodología para la determinación de áreas críticas de recarga hídrica natural. . Guatemala: Manual Técnico .
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador INAMHI. (2017). Información Meteorológica (1990-2017).
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC. (2015). Información Ambiental en agricultura. .
- Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (2014). Registro Oficial N° 305.
- López, J., Fornéz, J., Ramos, G., y Villarroja, F. (2009). Las aguas subterráneas. Un recursos natural del subsuelo. España: Instituto Geológico y Minero .
- Matus, O. (2007). Elaboración participativa de una metodología para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica en subcuencas hidrográficas, aplicada a la

- subcuenta del río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua . Turrialba- Costa Rica : (Tesis de Maestría) Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Matus, O., Faustino , J., y Jiménez, F. (2009). Guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica. Aplicación práctica en la subcuenta del río Jucuapa, Nicaragua. Turrialba- Costa Rica : Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Meza, C. (2009). Clasificación y análisis de la cobertura vegetal sobre la subcuenta Zamora Huayco - cantón Loja Provincia de Loja . Loja : (Tesis de Pregrado) Universidad Técnica Particular de Loja.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. 2013. Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito.
- Ministerio del Ambiente. MAE. (2014). Mapa del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador SNAP.
- Ministerio del Ambiente MAE. (2015). Especies forestales leñosas arbóreas y arbustivas de los bosques montañosos del Ecuador.
- Ministerio del Ambiente. MAE (2015). Mapa de cobertura y uso de la tierra del Ecuador Continental 2013-2014 a escala 1:100.000.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca. MAGAP. (2008). Metodología de valoración de tierras rurales.
- Moreno, C. (2012). Efectos de diferentes tipos de vegetación sobre la capacidad de infiltración de agua en suelos de páramo en la Reserva Privada Paluguillo (Ecuador). Obtenido de Universidad San Francisco de Quito: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1975/1/103692.pdf>
- Mostacedo, B., y Fredericksen, T. (2000). Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Santa Cruz de la Sierra: Bolivia.
- Navarro, G., y Maldonado, M. (2002). Vegetación y ambientes acuáticos, Geografía ecológica de Bolivia. Centro de Ecología. Bolivia.
- Nieto, S. (2013). Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica. Universidad de Medellín Colombia
- Obando, V., Garcia, R., Sevilla, L., & González, P. (2010). Estrategia Nacional de conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Ministerio del Ambiente de Costa Rica
- Olaya, V. (2014). Sistema de Información Geográfica . Universidad de Girón. España.

- Ordoñez, J. (2011). Cartilla Técnica: Aguas subterráneas y acuíferos. Sociedad Geológica de Lima Perú: https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/cuenca_hidrologica.pdf
- Ordoñez, J. (2011). Cartilla Técnica: Ciclo Hidrológico . Perú: Foro peruano para el agua. Sociedad Geográfica de Lima .
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación FAO (2009). Cambio Climático.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, I. C. (2015). Agua para un mundo sostenible: ciencia y tecnología.
- Osorio, A. (2002). Esquema de ordenamiento Territorial Uso Actual del Suelo rural Boavita- Boyaca / 2002-2010 . Colombia.
- Peñuelo, L., y Carrillo, J. (2013). Definición de zonas de recarga hídrica y descarga de agua subterránea a partir de indicadores superficiales: centro-sur del centro me México. México: Investigaciones Geográficas de México .
- Pabón, G. (2008). Guía de plantas del sendero del Imbabura.
- Pizañal, J., Romero, N., y Ordóñez, J. (2009). Análisis dimensional de la cobertura vegetal-uso de suelo en la cuenca del río Magdalena. . Revista Scielo México.
- Ruiz, T. (2016). Modelación cartográfico - hidrológica de la cuenca alta del río tahuando para el manejo del recurso hídrico mediante herramientas SIG", provincia de Imbabura" (Tesis de Pregrado). Ibarra- Ecuador : Universidad Técnica del Norte.
- Salcedo, H., y Valencia, A. (2010). Plan de desarrollo turístico para la zona de amortiguamiento del páramo de Muertepungo. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/10300/1/T-UCE-0004-10.pdf>
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo SENPLADES. (2017). Plan Nacional de Desarrollo del Ecuador:2017-2021. Toda una Vida.
- Selvam, S., A Dar, S Magesh, C Singaraja, Venkatramanan , S., y Chung, Y. (2016). Application of remote sensing and GIS for delineating groundwater recharge potencial zones of Kovilpatti Municipality, Tamil Nadu using IF technique. Japón : Science Informatic 137-150.
- Serrano, D., y Galarraga, R. (2015). El páramo andino: características territoriales y estado ambiental. Aportes interdisciplinarios para su conocimiento.
- Suárez, D., (2008). Formación de un corredor de hábitat de un bosque montano alto en un mosaico de páramo en el norte del Ecuador. Ecología Aplicada 7, 9-15.

- Torres, A. (2013). Influencia de las raíces sobre el suelo México. Obtenido de Revista Científica de América Latina: <http://www.redalyc.org/pdf/573/57327411007.pdf>
- Vaillant, M., Cepeda, D., Gondard, P., Zapata, A., y Meunier, A. (2007). Mosaico Agrario: Diversidad y antagonismo socio-económico en el campo ecuatoriano. Quito-Ecuador: SIPEA IRD IFEA.
- Vasquez, M., y Ulloa , R. (1996). Estrategias de Conservación de Diversidad Biológicas en el sector Forestal del Ecuador . Quito-Ecuador: Proyecto FAO-Holanda /EcoCiencia.
- Velásquez, S., y Jaramillo, A. (2009). Redistribución de la lluvia en diferentes coberturas vegetales de la zona cafetera centro de Colombia .

ANEXO 1

**FORMATO HOJA DE CAMPO PARA
LEVANTAMIENTO DE FLORA**

FORMATO DE COLECTA DE MUESTRAS DE HERBARIO – ECAA

0000102

Muestra N°.....
 INSTITUTO COLECTOR: _____ COLECTOR (ES): _____ FECHA: d.../m.../a...
 GENERO: _____ ESPECIE: _____ SSP: _____
 NOMBRE LOCAL: _____ GRUPO ÉTNICO: _____ IDIOMA: _____
 PAÍS: _____ PROVINCIA: _____ CANTON: _____ PARROQUIA: _____
 LOCALIDAD: _____ NOMBRE DEL PREDIO: _____ PROPIETARIO: _____
 LOCALIZACIÓN DEL SITIO (km)-Norte/Sur:..... Desde..... Hasta.....
 LATITUD: _____ N/S. LONGITUD: E/W. ALTITUD:..... msnm.

Descripción vegetativa (colocar todos los ítems de la clave dicotómica).

1. Si la planta en mención es una angiosperma o una gimnosperma para lo que recuerde las características de estas 2 grandes categorías vegetales.
2. Si es angiosperma, averigüe si es una monocotiledónea o dicotiledónea, para lo cual, recuerde los puntos de diferencia entre estas 2 clases de vegetales.
3. Si es un árbol, arbusto, frútice, liana, bejuco o trepadora.
4. Si tiene látex o no la tiene.
5. Observe detenidamente las hojas y establezca.
 - a) Si son simples o compuestas.
 - b) En el caso de ser compuestas, determine a qué tipo de compuestas pertenecen.
 - c) Si las hojas son todas radicales o no lo son.
 - d) Si tienen glándulas translúcida o no las tienen.
 - e) Si son glabras o pilosas.
 - f) Si tienen estipulas o no las tienen.
 - g) En caso de ser estipuladas, que clases de estipulas tienen.
 - h) Determine la clase de nervadura de la hoja.
6. Observe la posición de las hojas y determine si son alternas, opuestas o verticiladas.
7. Haga un esquema general de la planta que muestre sus principales características, especialmente de las partes sobresalientes. (puede colocar fotografías de las hojas, flores, frutos y la planta completa)
8. Si la flor es unisexual, hermafrodita o polígama.
9. Si es una flor axilar o terminal.
10. Averigüe si es una flor solitaria o está formando una inflorescencia.
11. En caso de ser una inflorescencia, establezca la clase de inflorescencia a la que pertenece.
12. Establezca si la flor es actinomorfa o zigomorfa.
13. Si las flores son amariposadas o no lo son.
14. Observe cuidadosamente si es una flor completa o incompleta.
15. Si la flor posee cáliz observe con mucho detenimiento y establezca.
 - a) Si es dialisépala o gamosépala.
 - b) ¿Cuántos sépalos tiene?
 - c) Si los sépalos son valvados, imbricados o torcidos.
 - d) Si son opuestas o alternos con los pétalos.
 - e) Si están adnatos o libres del ovario.
 - f) Si los sépalos son caducos o persistentes.
 - g) Si llevan un sobrecáliz o calículo o no lo llevan.
 - h) Si el cáliz es herbáceo, hialino o escamoso.
16. Si el perianto está presente o ausente.
17. Si el perianto está compuesto de segmentos similares o distintos.
18. Haga un esquema general de la flor con todas sus partes, de manera que se observe la posición y la relación de todos sus segmentos especialmente en lo relacionado con las características del cáliz.
19. verticilos florales, específicamente de la corola y el androceo y averigüe:
 - a) Si los pétalos están presentes, pero libres entre sí.
 - b) Si los pétalos están presentes, pero más o menos unidos.
 - c) Si los pétalos están ausentes.
20. Si los pétalos son todos iguales o no lo son.
21. Si están opuestos o alternos con los sépalos.
22. Si son del mismo número de los sépalos o no los son.
23. Si los pétalos son hipógineos, perigineos o epigineos.
24. Si los pétalos son valvados, imbricados o torcidos

0000105

FORMATO DE COLECCIÓN DE MUESTRAS DE HERBARIO - ECAA

LA POBLACIÓN ESTA AISLADA DE OTRAS: SI..... NO.....

SE ENCENTRA PARIENTES CULTIVADOS CERCA SI..... NO.....

NÚMERO DE PLANTAS MUESTREADAS:..... en.... m 2

ESTADO FENOLÓGICO DE LA POBLACIÓN:

- 1) vegetativo
- 2) floración
- 3) con semillas maduras

USO DEL MATERIAL:

- 1) alimento (procesamiento)
- 2) fruto
- 3) medicinal
- 4) bebida
- 5) fibra
- 6) ancestral
- 7) forraje
- 8) construcción
- 9) ornamental/cultura
- 10) otro...

PARTE DE LA PLANTA UTILIZADA:

- 1) tallo
- 2) rama
- 3) hoja
- 4) corteza
- 5) rizoma
- 6) flor/ inflorescencia
- 7) fruto
- 8) semilla
- 9) raíz
- 10) tubérculo
- 11) otro

FOTOGRAFÍA: SI..... NO.....

EJEMPLAR DE HERBARIO: SI..... NO.....

MÉTODO DE MUESTREO: Randomizado.....

Selectivo.....

VEGETACIÓN DE LOS ALREDEDORES:

- 1) potreros
- 2) arbustos
- 3) bosque nativo
- 4) arboleda
- 5) otro.....

CLIMA (DESCRIPCIÓN): Temperatura..... Humedad.....

LUZ:

- 1) sombreado
- 2) soleado

ANEXO 2
SALIDAS DE CAMPO



Salida de campo con los comuneros y guardabosques de la parroquia Angochagua.



Plantación Forestal

Comunidad Cochas



Pruebas de Infiltración



Toma de datos de infiltración



Toma de muestras en matorral



Toma de muestras en pasto



Toma de muestras



Matorral



Socialización con la comunidad



Socialización con la comunidad



Identificación de Especies

ANEXO 3

CARTOGRAFÍA TEMÁTICA

- Mapa de Pendientes y microrelieve
- Mapa de tipo de suelo
- Mapa litológico
- Mapa de uso de suelo
- Mapa de formaciones vegetales
- Mapa de zonas potenciales de recarga hídrica
- Mapa de zonas potenciales de recarga hídrica alta y muy alta

ANEXO 4

GUÍA BOTÁNICA DE LA PARROQUIA
ANGOCHAGUA