

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL



REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO AMBIENTAL

TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:
CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE RECARGA HÍDRICA
EN LA COMUNIDAD COTOCOCHA, PARROQUIA TARQUI,
PROVINCIA DE PASTAZA

AUTORES:

Elcy Jimena Revelo Benavides
Tatiana Yessenia Villacís Pantoja

DIRECTOR DEL PROYECTO:

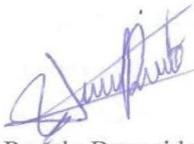
PhD. Ricardo Vinicio Abril Saltos

Puyo-Ecuador

2019

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

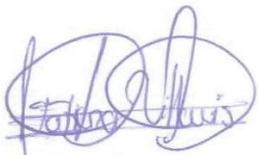
Por medio de la presente nosotras Revelo Benavides Elcy Jimena con C.I. 1726093733 y Villacís Pantoja Tatiana Yessenia con C.I. 1805212352, declaramos ser los autores del trabajo titulado : “**CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE RECARAGA HÍDRICA EN LA COMUNIDAD COTOCOCHA, PARROQUIA TARQUI, PROVINCIA DE PASTAZA**”, a la vez sedemos los derechos de autor a la Universidad Estatal Amazónica, para que pueda realizar publicaciones sobre la misma, así como su almacenamiento tanto en medios físicos como electrónicos.



Revelo Benavides Elcy Jimena

C.I. 1726093733

Autor



Villacís Pantoja Tatiana Yessenia

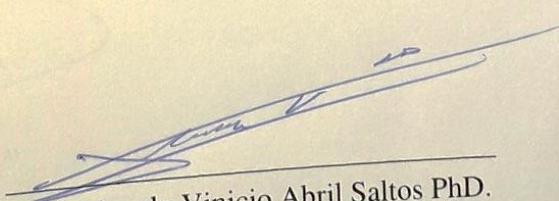
C.I. 1805212352

Autor

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Por medio del presente, Yo, RICARDO VINICIO ABRIL SALTOS, docente de la Universidad Estatal Amazónica y Tutor del proyecto de investigación **“CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE RECARAGA HÍDRICA EN LA COMUNIDAD COTOCOCHA, PARROQUIA TARQUI, PROVINCIA DE PASTAZA”**, certifico que el mismo fue desarrollado en su totalidad tanto en la fase de campo como la redacción final del documento por las alumnas: Revelo Benavides Elcy Jimena con C.I. 1726093733 y Villacís Pantoja Tatiana Yessenia con C.I. 1805212352, el cual ya ha culminado en todas sus etapas, cumpliendo un total de 400 horas.

Atentamente,



Dr. Ricardo Vinicio Abril Saltos PhD.

DOCENTE TITULAR

C.I.1803113321



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND



Oficio No. 100-IL-UEA-2018

Puyo, 20 de diciembre de 2018

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El trabajo de titulación correspondiente a las estudiantes. REVELO BENAVIDES ELCY JIMENA con C.I. 1726093733 y VILLACIS PANTOJA TATIANA YESSENIA con C.I. 1805212352, con el Tema: **"CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE RECARGA HÍDRICA EN LA COMUNIDAD COTOCOCHA, PARROQUIA TARQUI, PROVINCIA DE PASTAZA"**, de la carrera Ingeniería Ambiental, Director de proyecto Dr. Ricardo Abril, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 3%, Informe generado con fecha 20 de diciembre de 2018 por parte del director, conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco MSc.
ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

AVAL

Quien suscribe, **RICARDO VINICIO ABRIL SALTOS**. Docente de la Universidad Estatal Amazónica avaliza el Proyecto de investigación:

Título: “CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE RECARGA HÍDRICA EN LA COMUNIDAD COTOCOCHA, PARROQUIA TARQUI, PROVINCIA DE PASTAZA”

Autor (a): Revelo Benavides Elcy Jimena

: Villacís Pantoja Tatiana Yessenia

Certifico haber acompañado el proceso de elaboración del Proyecto de Investigación y considero cumple los lineamientos y orientaciones establecidas en la normativa vigente de la institución.

Por lo antes expuesto se avala el Proyecto de investigación para que sea presentado ante la Coordinación de la Carrera de Ingeniería Ambiental como forma de titulación como Ingeniero Ambiental, y que dicha instancia considere el mismo fin a de que tramite lo corresponda.

Para que a si conste, firmo la presente a los 30 días de febrero del 2019.

Atentamente,


Ricardo Vinicio Abril Saltos

1803113321

FORMATO DE INFORME DEL DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

INFORME DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título: "CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE RECARGA HÍDRICA EN LA COMUNIDAD COTOCOCHA, PARROQUIA TARQUI, PROVINCIA DE PASTAZA"

Autor (a): Revelo Benavides Elcy Jimena

: Villacís Pantoja Tatiana Yessenia

Unidad de Titulación: Ciencias de la Vida

Director del proyecto: Dr. C. Ricardo Abril

Fecha: 30 de Enero del 2019

Introducción y contexto de la investigación:

El presente trabajo fue desarrollado en la comunidad Cotococha, parroquia Tarqui, donde se realizó la caracterización de la zona de recarga hídrica de su toma de captación.

Cumplimiento de objetivos

Se cumplió con los objetivos de caracterizar la zona en sus componentes hidro edafológicos, y considerar sus características de variación de caudal en calidad y cantidad durante los periodos de muestreo

Principales resultados obtenidos

En el recurso suelo se obtuvo características de densidad, velocidad de infiltración, contenido de carbono, materia orgánica y raíces finas y su influencia sobre la disponibilidad y retención de agua, así como mediciones del caudal y calidad de agua a través de la metodología NSF.

Las egresadas Revelo Benavides Elcy Jimena y Villacís Pantoja Tatiana Yessenia han mostrado durante el desarrollo de la investigación una elevada dedicación y un alto grado de independencia, sirviendo como guía de los principales elementos a desarrollar en la investigación.

Se destacó la actividad curricular por su rendimiento académico, mostrando durante la investigación interés, motivación en el mismo, lo cual condujo a culminar de forma exitosa

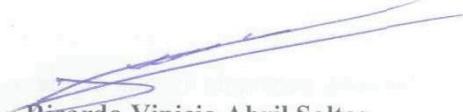
el trabajo, cumpliendo con las 400 horas establecidas en el Reglamento de Régimen Académico de la UEA.

La presentación final del trabajo cumple con las normas establecidas en la reglamentación institucional.

La redacción, ortografía, calidad de gráficos, tablas y anexos es adecuada

Sin otro particular.

Atentamente,



Ricardo Vinicio Abril Saltos

1803113321

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El proyecto de investigación y desarrollo, titulado: **“CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE RECARAGA HÍDRICA EN LA COMUNIDAD COTOCOCHA, PARROQUIA TARQUI, PROVINCIA DE PASTAZA”**, fue aprobado por los siguientes miembros del tribunal.

Para constancia firman:

PhD. Elisa López

Presidente del tribunal

MSc. Belgica Yaguache

Miembro del tribunal

MSc. Edgar Chicaiza

Miembro del tribunal

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primeramente a Dios por brindarme todo su amor incondicional, protegerme y guiarme durante esta etapa de mi vida ayudándome superar los obstáculos y dificultades que se me han presentado, también porque cada día bendice mi vida y me permite disfrutar de las personas que más amo en el mundo.

A mis padres quienes me ayudaron a forjarme como la persona que soy ahora, cada uno de mis logros se los debo a ustedes porque han sabido apoyarme y brindarme todo su amor incondicional, a mi mami Elcy Benavides por ser la mejor mamá del mundo, por el gran esfuerzo y apoyo que me ha dado además de su cariño y comprensión que me impulsa a superarme día a día, a mi padrastro Jorge Amuy que me acogió como su hija y para mí él es mi padre el cual me brinda su apoyo y sus sabios consejos para ayudarme a ser una mejor persona, su tenacidad y lucha interminable han hecho de mis padres un gran ejemplo a seguir, sin ellos jamás hubiera podido conseguir lo que hasta ahora.

A mis hermanos Héctor, Pilar y Andrés que aunque nos encontremos alejados siempre me han ayudado, les agradezco por aportar buenas cosas a mi vida, por el amor que siempre me han brindado y por todos los momentos felices y bonitos que hemos pasado juntos, este logro también es de ustedes.

A nuestro tutor Dr. Ricardo Abril quien nos apoyó, guio paso a paso y enriqueció con sus conocimientos y sugerencias para culminar el proyecto de investigación, su paciencia, dedicación y motivación ayudo a que lo difícil se hiciera más fácil.

A mi compañera de proyecto Tatiana Villacis por todos los buenos momentos que pasamos juntas formando una gran amistad a lo largo de la realización del proyecto, además por el tiempo que invertimos en realizar esta investigación.

A la Universidad Estatal Amazónica por haberme aceptado y abrirme sus puertas de su seno científico, así como a los docentes quienes día a día nos brindaron sus conocimientos y apoyo a lo largo de nuestra carrera universitaria.

Y para finalizar quiero agradecer a todos los que fueron mis compañeros de clase con los que pasamos lindos momentos y al más importante Francis Rivera quien desde un principio me entrego su amistad y apoyo incondicional.

Elcy Jimena Revelo Benavides

El fruto de este proyecto, están dedicados a todas aquellas personas que, de alguna u otra forma, son parte de su culminación y del esfuerzo conjunto de todos los que formamos parte del grupo de trabajo.

Agradezco a nuestro tutor de proyecto de investigación, Ing. Abril Saltos Ricardo Vinicio, que gracias a sus consejos y correcciones hoy se puedo culminar este proyecto. Mi compañera Jimena Revelo y mi persona, quienes a lo largo de este tiempo hemos puesto a prueba todas nuestras capacidades y conocimientos en el desarrollo de esta nueva etapa, el cual ha finalizado llenando todas nuestras expectativas.

A mis padres, Ing. Hernán Villacís & Lic. Martha Pantoja, por ser los principales promotores de mis sueños y aspiraciones, por los consejos, valores y principios que me han inculcado. Y Hermanos, Ricardo Villacís y Christian Villacís, quienes a lo largo de toda mi vida me han sabido apoyar y me han motivado incondicionalmente en mi formación académica como también personalmente, creyeron en mí en todo momento y no dudaron de mis habilidades.

A mis Docentes a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, que me han visto crecer como persona, y gracias a sus conocimientos hoy puedo sentirme dichosa y contenta, también gracias a su paciencia y enseñanzas, finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa Universidad la cual abre sus puertas a jóvenes como nosotros, con el objetivo de prepararnos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

Tatiana Yessenia Villacis Pantoja

DEDICATORIAS

Dedico este proyecto primeramente a Dios por ser el forjador de mi camino, el que me acompaña y siempre me levanta de mi continuo tropiezo, a mis padres que son las personas que más amo y han sido pilares fundamentales en mi vida, con mucho amor y cariño les dedico todo mi esfuerzo en reconocimiento a todo el sacrificio puesto para que yo pueda estudiar, se merecen esto y mucho más. A mis hermanos por ser mi apoyo incondicional además de mi soporte, son los mejores hermanos que alguien puede tener.

En especial quiero dedicar este proyecto a mi papá Augusto y mi sobrina Jennifer mis dos angelitos que aunque no estén físicamente presentes sé que desde el cielo están cuidándome, guiándome y sobre todo dándome fuerzas para salir adelante, ustedes son mi luz de esperanza que siempre estará encendida en el cielo, siempre los recordare y los llevare en mi corazón, viven en él y así será eternamente. Los extraño y amo con mi vida.

Elcy Jimena Revelo Benavides

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mis padres. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, brindándome salud, cuidándome y dándome fortaleza para continuar día a día, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mí inteligencia y capacidad, mis hermanos que han sabido ser incondicionales en mi vida y han estado ahí cuando más los he necesitado. Es por ellos que soy lo que soy ahora. Y de igual manera a todas aquellas personas que se encontraron y se encuentran dentro de esta etapa, y a los que ya no lo están, ya que todo tiene algo positivo después de todo, y me han sabido aportar lecciones positivas en mi vida.

Los amo con mi vida.

Tatiana Yessenia Villacis Pantoja

RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES

En este proyecto de investigación se desarrolló un estudio para determinar las características de la zona de recarga hídrica en la comunidad Cotococha, teniendo en cuenta que el agua aporta un desarrollo notable a la vida en la tierra, convirtiéndose en uno de los recursos renovables más demandados. La metodología utilizada se fundamentó en la observación del entorno y su comportamiento, en un lapso de 4 meses. Esta observación fue completada con la toma de datos de campo que posteriormente fueron analizados, utilizando dos programas estadísticos para correlacionar los valores obtenidos de cada parámetro, lo que permitió establecer las diferencias de las variables a lo largo del período de estudio. Dentro de la zona de recarga se determinaron los diferentes usos de suelo y sus características geomorfológicas asociadas. Los resultados demuestran que las características hidroedafológicas están directamente influenciadas por el tipo de uso de suelo, en especial por la velocidad de infiltración, habiéndose determinado la existencia de mayor infiltración en bosque que en pasto. Sin embargo, no dejan de ser importantes otras características, como la textura, que influye en la velocidad de infiltración, contenido de humedad, densidad aparente y densidad de raíces, así como la materia orgánica en hojarasca, que influye directamente en el contenido de carbono y materia orgánica en el suelo. Por último, se encontró que la humedad del suelo disminuye al aumentar la profundidad, y que el agua de la captación corresponde a una categoría de buena calidad, contribuyendo al bienestar de la comunidad.

Palabras clave: Captación de agua, características hidroedafológicas, infiltración, recarga hídrica, uso de suelo.

ABSTRACT, AND KEYWORDS

In this research project, a study was carried out to determine the characteristics of the water recharge zone in the Cotococha community, bearing in mind that water contributes a remarkable development to life on earth, becoming one of the most demanded renewable resources. The methodology used was based on the observation of the environment and its behavior, in a period of 4 months. This observation was completed with the taking of field data that were later analyzed, using two statistical programs to correlate the values obtained from each parameter, which allowed to establish the differences of the variables throughout the study period. Within the recharge zone, the different land uses and their associated geomorphological characteristics were determined. The results show that the hydroedaphological characteristics are directly influenced by the type of soil use, especially by the infiltration rate, having determined the existence of greater infiltration in forest than in pasture. However, other characteristics are important, such as texture, which influences infiltration rate, moisture content, apparent density and root density, as well as organic matter in litterfall, which directly influences carbon content and organic matter in the soil. Finally, it was found that soil moisture decreases with increasing depth, and that the water from the uptake corresponds to a category of good quality, contributing to the welfare of the community.

Key words: Water harvesting, hydroedaphological characteristics, infiltration, water recharge, land use

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.4 OBJETIVOS	2
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	2
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
2.1 ANTECEDENTES	3
2.2 BASES TEÓRICAS	4
2.2.1 SUELO	4
2.2.1.1 INFILTRACIÓN	4
2.2.1.1.1 VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN	5
2.2.1.1.2 FACTORES QUE INFLUYEN LA INFILTRACIÓN EN EL SUELO	5
2.2.1.2 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	6
2.2.1.2.1 DENSIDAD REAL	6
2.2.1.2.2 DENSIDAD APARENTE.....	6
2.2.1.2.3 DENSIDAD DE RAÍCES FINAS	6
2.2.1.2.4 CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA.....	6
2.2.2 HIDROLOGÍA	7

2.2.3	GASTO ESCORRENTÍA	7
2.2.4	CUENCAS HIDROGRÁFICAS	7
2.2.4.1	RECARGA HÍDRICA.....	7
2.2.4.1.1	ZONAS DE RECARGA HÍDRICA.....	7
2.2.4.1.1.1	CLASIFICACIÓN DE LAS ZONAS DE RECARGA HÍDRICA..	8
2.2.4.1.1.2	FACTORES QUE AFECTAN LAS ZONAS DE RECARGA HÍDRICA	8
2.2.5	CALIDAD DE AGUA	9
2.2.5.1	PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA	9
2.2.5.1.1	OXÍGENO DISUELTO:	9
2.2.5.1.2	TURBIDEZ	10
2.2.5.1.3	POTENCIAL DE HIDROGENO (PH):.....	10
2.2.5.1.4	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.	10
2.2.5.1.5	TEMPERATURA.	10
2.2.5.1.6	SÓLIDOS TOTALES.	11
2.2.5.1.6.1	SÓLIDOS DISUELTOS	11
2.2.5.1.6.2	SOLIDOS SUSPENDIDOS.....	11
2.2.5.2	ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA	11
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS		13
1.5	LOCALIZACIÓN	13
1.5.1	CONDICIONES METEOROLÓGICAS	13
1.6	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	14

1.7	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	14
1.8	RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES	14
1.9	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.9.1	TOMA DE DATOS.....	15
1.9.2	DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE RECARGA HÍDRICA	15
1.9.3	VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN.....	16
1.9.4	MATERIA ORGÁNICA.....	17
1.9.5	CANTIDAD DE CARBONO	18
1.9.6	MATERIA ORGÁNICA EN HOJARASCA.....	18
1.9.7	TEXTURA	18
1.9.8	HUMEDAD.....	20
1.9.9	DENSIDAD DE RAÍCES	20
1.9.10	DENSIDAD APARENTE.....	21
1.9.11	MEDICIÓN DEL CAUDAL.....	22
1.9.12	PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS	22
1.9.12.1	DETERMINACIÓN DE LOS SÓLIDOS DISUELTOS.....	22
1.9.12.2	DETERMINACIÓN DE LOS SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES.....	23
1.9.13	ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA)	24
1.9.14	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	25
	CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
1.1	CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE RECARGA HÍDRICA.....	26

1.1.1	ZONA DE RECARGA HÍDRICA	26
1.1.2	COBERTURA VEGETAL.....	26
1.1.3	INFILTRACIÓN	27
1.1.4	MATERIA ORGÁNICA (SUELO Y HOJARASCA) Y CONTENIDO DE CARBONO EN EL SUELO	31
1.1.5	TEXTURA	32
1.1.6	HUMEDAD.....	32
1.1.7	DENSIDAD DE RAÍCES Y APARENTE	34
1.1.8	ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DE PEARSON.....	35
1.1.9	CAUDAL.....	37
1.1.10	ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA	38
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		41
5.1	CONCLUSIONES.....	41
5.2	RECOMENDACIONES.....	43
CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFIA		44
CAPÍTULO VII. ANEXOS		52
ANEXO B. RESULTADOS DE VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN PROMEDIO E INFILTRACIÓN ACUMULADA.		54
ANEXO C. DESCRIPCION DE LOS PARAMETROS A VALORARSE MENSUALES DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA.		58
ANEXO D. FOTOS.....		62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipo de cobertura de cada parcela	15
Tabla 2. Factores de ponderación-peso ICA-NSF	24
Tabla 3. Interpretación del ICA-NSF	25
Tabla 4. Análisis de varianza para la velocidad instantánea y velocidad a 60 minutos	30
Tabla 5. Análisis estadístico de Duncan para la velocidad de infiltración a 60 minutos ...	30
Tabla 6. Porcentajes de limo, arena y arcilla	32
Tabla 7. Densidad de raíces y aparente en las parcelas	34
Tabla 8. Análisis de correlación de Pearson	36
Tabla 9. Parámetros de agua evaluados y límite máximo permisible.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la Comunidad Cotococha.....	13
Figura 2. Triangulo Textural de USDA.....	19
Figura 3. Zona de recarga hídrica de la comunidad Cotococha	26
Figura 4. Cobertura vegetal de la zona de recarga hídrica de la comunidad Cotococha.....	27
Figura 5. Velocidad de infiltración a 60 minutos	27
Figura 6. Infiltración acumulada a 60 minutos.....	28
Figura 7. Velocidad instantánea de infiltración.....	29
Figura 8. Porcentajes de materia orgánica, hojarasca y contenido de carbono en el suelo	31
Figura 9. Contenido de humedad en el suelo	33
Figura 10. Caudal promedio mensual.....	38
Figura 11. Índice de calidad de agua mensual.....	40

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Velocidad de infiltración promedio	16
Ecuación 2. Velocidad instantánea de infiltración	16
Ecuación 3. Valor de N para velocidad instantánea	17
Ecuación 4. Porcentaje de Materia Orgánica en el suelo.....	17
Ecuación 5. Contenido de carbono orgánico total en el suelo.....	18
Ecuación 6. Determinación del % de Arena.....	19
Ecuación 7. Determinación del % de Arcilla	19
Ecuación 8. Determinación del % de Limo	19
Ecuación 9. Porcentaje de humedad del suelo.....	20
Ecuación 10. Longitud de raíces.....	20
Ecuación 11. Volumen de la muestra	21
Ecuación 12. Densidad longitudinal de raíces.....	21
Ecuación 13. Densidad Aparente.....	21
Ecuación 14. Caudal: método volumétrico.....	22
Ecuación 15. Solidos disueltos	23
Ecuación 16. Solidos suspendidos.....	23
Ecuación 17. Índice de calidad del agua.....	25

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso básico que permite desarrollar la vida en la tierra, cumple una función importante, para el desarrollo de casi todas las actividades diarias de la población, siendo uno de los recursos renovables más demandados. El manejo inadecuado del bosque y suelo influye directamente sobre la calidad y cantidad de agua, por ello es importante evaluar la condición de las cuencas hidrográficas (Coy, 2015).

Según Dourojeanni (2001), una cuenca hidrográfica es un territorio delimitado por zonas de escorrentía de aguas superficiales que tienen un cauce en común, representando un área natural que capta y reúne aguas subterráneas y superficiales. La cuenca hídrica es considerada como una fuente de vida para las personas aledañas a sus riveras, el agua que se recolecta en la misma es de gran importancia para que la población realice sus funciones diarias, al mismo tiempo ayudan a mantener la biodiversidad y la cohesión de los suelos.

La cuenca hidrográfica se divide en subcuencas y microcuencas. Una subcuenca se encuentra delimitada por la división de agua de un afluente, el cual forma parte de otra cuenca. La agrupación de pequeñas áreas de una subcuenca genera una microcuenca (Ramakrishna, 1997). Estas son recargadas mediante procesos de incorporación de agua por diversas fuentes como las precipitaciones, infiltraciones, escorrentía, etc. (Ketchum, Donovan y Avery, 2000).

Las cuencas hidrográficas cuentan con zonas de recarga hídrica que tienen la capacidad de infiltrar naturalmente el agua proveniente de escorrentía superficial o precipitaciones, estas permiten alimentar a diferentes cuerpos de agua como un arroyo, río, lago o manantiales cercanos (Instituto Nacional de Bosques [INAB], 2005). Se cuenta con diferentes factores biofísicos para determinar la zona de recarga hídrica como la topografía, estratos geológicos, tipo de roca, usos de tierra, presencia de cobertura, el clima, zonas de vida, etc. Esto se verá reflejado en el volumen y el estado de los cuerpos de agua cercanos a la zona. Las zonas de recarga son de gran importancia ya que son las fuentes principales para obtener agua dulce, juegan un papel muy importantes dentro del ciclo del agua (Donis, 2015).

Las zonas de recarga hídrica de las cuencas hidrográficas se ven afectadas por el aumento de la contaminación, provocando una reducción en la disponibilidad de las fuentes de agua

para diversos usos. El deterioro de las zonas de recarga se produce por la deforestación, compactación y erosión del suelo, provocando que la infiltración del agua sea en menor cantidad. Esto es causado por el aumento poblacional y la intervención de los mismos para desarrollar sus actividades industriales, construcción de viviendas, agrícolas, actividades pecuarias, en sitios no apropiados (Faustino, 2006).

1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La comunidad Cotococha tiene como único recurso hídrico el abastecimiento de agua por las lluvias, sabiendo que las diferentes características del suelo tienen una gran influencia sobre el acceso al agua, tomando en cuenta que si no tiene un manejo adecuado del suelo se perderán las características hidroedafológicas provocando que la cantidad de agua sea menor a la habitual, amenazando a la comunidad ya que no poseen otro lugar donde abastecerse del recurso hídrico.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Las zona de recarga hídrica de la comunidad de Cotococha se ha visto afectada por el uso de suelo, que influye en la disponibilidad del recurso hídrico, lo que tendrá como consecuencia los cambios de las características hidroedafológicas del suelo alterando la infiltración natural del agua. Conocer estas características permitirá tener información disponible y actualizada para un adecuado manejo de la captación y sus alrededores.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Determinar las características de la zona de recarga hídrica de la comunidad Cotococha.

1.4.2 Objetivos específicos

- Delimitar la zona de recarga hídrica que abastece la captación de la comunidad Cotococha.
- Establecer las características hidroedafológicas de la zona de recarga hídrica
- Determinar la influencia del uso de suelo en las características hidroedafológicas de la zona de recarga hídrica.

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 ANTECEDENTES

Las zonas de recarga hídrica en el Ecuador ya sean subterráneas o superficiales poseen ciertas características biofísicas esenciales. Las peculiaridades que decretan una zona de una alta recarga hídrica son localizar en áreas de notable altura, aparecer expuestas a altos regímenes de lluvia, adquiriendo una vegetación de páramo o de alta-montaña que beneficie la obstrucción del agua, dominar resaltes geo-morfológicos de una alta montaña y contener texturas de suelos mínimas y subidas pronunciadas que beneficien la escorrentía superficial dado el caso de las zonas de recarga superficial como de los suelos con texturas que contengan una creciente arenosa y las zonas de recarga hídrica sub-superficial correspondan a las pendientes casi homogéneas que beneficie la recarga subterránea (Vélez, 2005).

En el Ecuador las zonas de recarga hídrica son de gran importancia ya que abastecen de agua a las diferentes captaciones existentes en el país, las cuales entregan el recurso hídrico a los diferentes poblados por lo que es de gran trascendencia su calidad y cantidad, los aspectos que definen la calidad y cantidad de agua vacante empleado para la humanidad, se acoplan a las políticas de amparo del recurso hídrico; dentro del Ecuador se ha incentivado a la vigilancia de su recurso hídrico desde el año de 1832 y más aun con la imperante Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Uso y Aprovechamiento del Agua (2014), la misma que depende gracias a los resultados de años de alteraciones y adaptaciones a la actualidad, está explica que se debe cuidar las zonas y fuentes de recarga hídrica tanto subterránea como superficial y se debe tener una destacada gestión de encontrarse el recurso y controlar la ocupación del territorio para el especial cuidado.

La comunidad Cotococha es una comunidad que se ubica en la parroquia Tarqui vía a Pomona en el km 16 dentro de un eje vial adjunto a 30 min, es un pueblo ancestral que lucha por mantener su propio espacio e identidad dentro de la ciudad del Puyo, Provincia de Pastaza. La comunidad de Cotococha se fundó hace 60 años, por Abrahán Chango quien su lucha por días mejores para la comunidad, la cultura predominante es kichwa. La población se radica alrededor de 20 familias con un total de 87-120 personas que su oficio especialmente es a la actividad turística y la conservación del área en la que se ubican; para lo que han acordado dedicar 150 has, también desarrollan la producción con cultivos como

son plátano, camote, chacra, papa china, naranjilla y yuca, también se realizan trabajos temporales –mano de obra- (Andino, 2016).

La Comunidad de Cotococha exclusivamente se ubica en suelos que varían como Inceptisoles, pH levemente ácido además de un suelo aluvial limitadamente distinguido, comprende una desarrollada gama de biomásas con distintas características fisonómicas y ambientales que corresponde a las capas de vegetación natural que recubren la superficie, que poseen desde áreas cubiertas por bosques naturales hasta las zonas arbustivas, incluyendo de igual manera las coberturas vegetales impulsada producto de la acción del hombre como tal corresponde a las áreas forestales y agropecuarias, las zonas urbanas, los humedales y los cuerpos de agua (Criollo, 2007).

La precipitación en las zonas de recarga hídrica de la comunidad Cotococha es la principal fuente de abastecimiento de agua hacia la captación, por lo que es de gran importancia caracterizar la zona de recarga hídrica, así se favorece al uso racional de los recursos naturales y a su vez una mejor conservación lo que favorecerá en la preservación del recurso hídrico

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Suelo

El suelo es un sistema heterogéneo, estructurado y discontinuo, formado a partir de una mezcla de la composición de materia orgánica, nutrientes y minerales que facilitan el crecimiento y desarrollo de organismos y microorganismos. Es un cuerpo natural formado por sólidos, líquidos y gases, el cual está constituido por diferentes horizontes o capas (Atlas y Bartha, 2002).

2.2.1.1 Infiltración

La infiltración es el proceso natural que se da por movimiento del agua que ocurre en la superficie hacia el interior del suelo, primeramente, se acumula en los poros del suelo y es utilizada por la vegetación y avanza a capas más profundas por la gravedad siendo esta conducida a aguas subterráneas. La capacidad de infiltración se define por la cantidad de agua que el suelo es capaz de retener por unidad de tiempo. (Matus, 2009).

2.2.1.1.1 Velocidad de infiltración

La velocidad de infiltración es la capacidad que posee el suelo para absorber agua, esta se realiza con mayor facilidad cuando el suelo se encuentra seco hasta llegar a una velocidad constante donde la infiltración del agua es permanente y es conocida como velocidad final midiéndose en cm.h^{-1} (Duque, 2009).

2.2.1.1.2 Factores que influyen la infiltración en el suelo

Los factores que determinan la infiltración del agua hacia el suelo son: Cobertura vegetal, contenido de humedad inicial, textura del suelo, compactación, uso de suelo y temperatura (Aparicio, 2005).

Según Duque (2009), para que se realice el proceso de infiltración se toma en cuenta varios factores entre los cuales tenemos:

- Tipo de Suelo: Las características del suelo son directamente proporcional a la capacidad de infiltración, mientras el suelo sea más poroso y tenga más fisuras su capacidad de infiltración será mayor.
- Temperatura: las temperaturas son bajas dificultan la capacidad de infiltración del suelo
- Grado de Humedad del Suelo: el suelo se encuentra húmedo su capacidad de infiltración es menor ya que sus poros y fisuras se cierran impidiendo que el agua se infiltre, si el suelo está seco su infiltración va hacer más rápida y constante.
- Acción del hombre y de los animales: no existe intervención del hombre y animales en un suelo virgen, este cuenta con mayor cantidad de materia orgánica y sus poros son más grandes ayudando a que la infiltración del agua sea rápida, pero si existe intervención humana como animal el suelo se verá afectado por la compactación afectando la capacidad de infiltración del agua.
- Acción de la Precipitación sobre el Suelo: las lluvias son muy fuertes llegan a modificar la estructura del suelo, el choque del agua contra la superficie del suelo hace que se compacte, afectando a la capacidad de infiltración del agua, ya que su porosidad y humedad se ven afectados.

2.2.1.2 Características del suelo

2.2.1.2.1 Densidad real

La densidad real es el peso de las partículas sólidas presentes en el suelo sin importar su orden o espacio de poros, depende de la composición mineral del suelo, óxidos de hierro y materia orgánica (Jaramillo, 2002).

2.2.1.2.2 Densidad aparente

La densidad aparente del suelo se calcula tomando en cuenta el espacio que ocupan los poros presentes en el volumen de la muestra de suelo, esta puede ver afectada su estructura, textura, humedad y componentes de la materia orgánica (Jaramillo, 2002).

2.2.1.2.3 Densidad de raíces finas

La densidad de raíces finas se expresa como la cantidad de materia seca (biomasa) en una área específica ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) (Jiménez y Arias, 2004). A su vez se expresa como la relación de la densidad de la masa y el volumen ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$). La capacidad que posee una planta para absorber agua se puede ver reflejada en la densidad de raíces (Makita et al. 2011).

Para calcular la densidad de raíces finas existen diversas metodologías, algunas se estudian directamente en el suelo por métodos de escavado, también se puede realizar mediante la toma de muestras de suelo utilizando monolitos y barrenos u otros equipos especializados (Cornelissen et al., 2003).

2.2.1.2.4 Contenido de materia orgánica

La materia orgánica es parte fundamental de cada suelo, afectando a sus características físicas, químicas y biológicas, todos los residuos de raíces, plantas y animales en cualquier grado de descomposición, la materia orgánica también formada por humus, microorganismos, bacterias, hongos (Montenegro y Malagón, 1990).

La materia orgánica se la puede clasificar en humus que es la materia orgánica del suelo de color oscuro, y residuos formados por partes muertas de animales y plantas en diferentes estados de descomposición, con fines prácticos (Castro y Gómez, 2010). La pérdida de materia orgánica resulta ser una amenaza para el desarrollo de las plantas, pérdida de la fertilidad de los suelos y dejándolo propenso a sufrir erosiones (García, 2010).

2.2.2 Hidrología

La hidrología es una ciencia que estudia el comportamiento del agua en la tierra, sus propiedades fisicoquímicas, distribución, circulación y su interacción con los seres vivos (Villón, 2002). Además estudia las características que cumple el ciclo hidrológico con sus variaciones temporales y espaciales (Breña y Jacobo, 2006).

2.2.3 Gasto escorrentía

Es la cantidad de las precipitaciones, las cuales al sobrepasar la capacidad de infiltración de suelo es transformado a caudal, y se dirige a cuerpos de agua como ríos, lagos o lagunas (Matus, 2009). Se puede decir que la escorrentía es lo opuesto a la infiltración, teniendo en cuenta que es un agente erosivo y que es una parte de pérdida de los recursos hídricos (López y Blanco, 1976).

2.2.4 Cuencas hidrográficas

Son áreas naturales delimitadas por divisiones de aguas superficiales que desembocan en lagos, embalses naturales o artificiales, ríos, desde la parte de la cuenca más alta hasta la parte más baja (INAB, 2005).

2.2.4.1 Recarga hídrica

Es el proceso por el cual se dota de agua a un acuífero, proveniente de diversas fuentes como: la infiltración proveniente de precipitaciones, el área de influencia, escorrentías y de diversos acuíferos cercanos (Palacio y Betancur, 2007). La recarga hídrica ayuda en el abastecimiento de agua para los diferentes cuerpos hídricos (superficiales y subterráneos), estos brindan servicios ecosistémicos a la población y a la diversidad de flora y fauna (Herrera, 2017).

2.2.4.1.1 Zonas de recarga hídrica

Es un proceso natural que ocurre cuando el agua de la lluvia se infiltra al interior de la tierra abasteciendo a las aguas subterráneas, aguas superficiales y acuíferos, el lugar donde se realiza la recarga hídrica se la denomina zona de recarga (Matus, 2009).

Las zonas de recarga hídrica son sitios donde el agua proveniente de lluvias se infiltra en el suelo para abastecer acuíferos (Peñuela y Carrillo, 2013), estas dependen directamente de

las condiciones y características del suelo ayudando en la percolación y la retención de humedad favoreciendo de forma directa la conducción del agua hacia al acuífero existente en el área. Existe mayor beneficio cuando el área se encuentra provista de cobertura vegetal y bosque, almacenando una mayor cantidad de agua y humedad, a diferencia de suelos con escasas de cobertura vegetal y bosques que su capacidad de retención de agua es mínima (Matus, 2007).

2.2.4.1.1.1 Clasificación de las zonas de recarga hídrica

Según Matus (2009) muestra que, de acuerdo con el movimiento del agua en el suelo, subsuelo y manto rocoso, las zonas de recarga hídrica se pueden clasificar en:

- Zonas de recarga hídrica superficial: es toda la cuenca hidrográfica, separando las zonas impermeables, después de cada lluvia se humedece, originando una escorrentía superficial.
- Zonas de recarga hídrica subsuperficial: Forma parte de la cuenca hídrica tiene suelos con capacidad de retención de agua sobre una capa impermeable, esto depende de las precipitaciones y del efecto esponja del suelo.
- Zonas de recarga hídrica subterránea: forma parte de las cuencas planas o cóncavas y rocas permeables, el agua que se infiltra de forma natural alimenta los acuíferos, para realizar su medición se pueden usar métodos directos como: sondeo, prospección geofísica, bombeos, e indirectos: mediante el balance hidrogeológico.

2.2.4.1.1.2 Factores que afectan las zonas de recarga hídrica

Las zonas de recarga hídrica se ven afectadas por la degradación del suelo especialmente por la compactación, erosión y remoción de cobertura vegetal lo que ocasiona la pérdida del recurso hídrico por escorrentía influyendo directamente en la disminución de la cantidad de agua subterránea y superficial. Otros factores que afectan la recarga hídrica son la deforestación, actividades ganaderas, agrícolas, pecuarias, industriales y construcción de viviendas en espacios inapropiados (Faustino, 2006). Se puede decir que uno de los principales factores que afectan las zonas de recarga hídrica es la falta de conocimiento de las características y de la ubicación de las zonas de recarga (Blanco, 2010).

2.2.5 Calidad de agua

El agua es de gran importancia para el desarrollo de la vida, cumple varias funciones brindando sostenibilidad a los ecosistemas naturales y sociales, el recurso hídrico ayuda al desarrollo de la humanidad. Se entiende como calidad del agua la capacidad de esta para responder a diversos usos, los requisitos que deben cumplir para tener un ecosistema equilibrado, y el conjunto de características físicas, químicas y microbiológicas (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2004).

La calidad del agua se ve afectada por diversos factores (naturales y antropogénicos), siendo los más importantes los cambios climáticos, geológicos, hidrológicos, la deforestación, contaminación del recurso hídrico, uso de suelo inadecuado, afectando directamente la cantidad y calidad del agua (Bartram y Ballance, 1996).

Es necesario realizar una evaluación para conocer el estado de los cuerpos hídricos, esto nos ayuda a plantear acciones de mitigación y control para brindar un tratamiento adecuado, de acuerdo al uso que se establezca (Hernández, 1998).

2.2.5.1 Parámetros de calidad de agua

Los parámetros de calidad de agua evalúan los contaminantes presentes en el agua, son de gran importancia para esta investigación los siguientes:

2.2.5.1.1 Oxígeno disuelto:

El oxígeno disuelto es uno de los indicadores más importantes de la calidad del agua. Los rangos normales se diferencian entre los 7.0 y 8.0 mg L⁻¹ en donde encontramos que la fuente principal del oxígeno es el aire, el mismo que se dispersa rápidamente en el agua por la presencia de turbulencia en los ríos y también por el viento en los lagos. Tomando en cuenta el oxígeno conforma uno de los elementos de una considerable importancia en los ecosistemas acuáticos, en donde su presencia y concentración fijan el tipo de género que ocurren de acuerdo con su flexibilidad y rangos de adecuación, y por ende crean toda la organización y movimiento biótico de estos métodos. El Oxígeno por otro lado está contemplado como un compuesto sutilmente soluble dentro del agua y su existencia en solución está definido por la temperatura, solubilidad del gas, pureza del agua y la presión (Ramírez y Viña, 1998).

2.2.5.1.2 Turbidez

Es un parámetro de la propiedad óptica que crea la luz y que se disperse absorbiendo en vez de difundir en línea recta a través de la muestra. Es elaborada por materiales en suspensión como limo, arcilla, organismos planctónicos, materia orgánica e inorgánica, y demás microorganismos. Incurriendo inmediatamente en el flujo de energía dentro del ecosistema y la productividad. Por lo tanto, la turbiedad determina el nivel de opacidad creado en el agua por la materia particulada en suspensión. Por el hecho a que los materiales que dan lugar a la turbiedad son los encargados del color, la concentración de las sustancias fija la claridad del agua puesto que restringe el paso de luz a través de la misma (Roldán, 2003).

2.2.5.1.3 Potencial de hidrogeno (pH):

Este indicador es delimitado como el logaritmo del opuesto de la densidad de hidrogeniones. El transcurso de la densidad oportuno para la proliferación y avance de la vida acuática es suficiente estrecho y crítico (Roldán, 2003).

2.2.5.1.4 Conductividad eléctrica.

Es una medición de la cualidad que poseen las mezclas acuosas para transportar la corriente eléctrica. Esta cualidad va de la mano de la movilidad, la temperatura de medición, la presencia de iones, valencia y su concentración. La alteración de la conductividad brinda información a fines de la productividad primaria y descomposición de la materia orgánica, que aun contribuye a la localización de fuentes que estén alteradas (Faña, 2002).

2.2.5.1.5 Temperatura.

La calidad y cantidad de luz concluye con la propagación solar y además aflige la temperatura del agua. Dentro de los territorios templados la temperatura se modifica ampliamente por la alteración de estaciones, en los territorios tropicales se sustenta más o menos insistente, y se mantiene siempre fría en las altas elevaciones al nivel del mar. Y así, a temperaturas superiores, inferior solubilidad o al revés. Una masa de agua puede desarrollar la solubilidad en un rango de 40% al minimizar la temperatura de 25°C a 0°C; esto es producto a que el agua, las moléculas se fusionan más, conservando, por tanto, mayor dosis de oxígeno (Roldán, 2003).

2.2.5.1.6 Sólidos totales.

Es importante puntualizar que el contenido de sólidos totales como la sustancia que se desarrolla como residuo después de exponer el agua a un desarrollo de evaporación entre 103-105 °C. Los sólidos totales incluyen suspendidos y disueltos (Metcalf y Heddy, 1985).

2.2.5.1.6.1 Sólidos disueltos

Son residuos que permanecen después del secado de una muestra de agua que son sometidas a temperaturas entre 103-105°C, previa a la filtración de las porciones mayores a 1.2 µm. dando a entender que las primeras partículas corresponden a valores menores a 1.2 micras (arcillas, limos, materia orgánica finamente dividida, otros microorganismos e incluso plancton), los segundos lo conforman los iones solubles dentro del agua y cuyos principales cationes y aniones son: K, Na, Ca, CO₃, HCO₃, SO₄, Cl y Mg. Las mismas sales se acoplan al agua a través del espacio a causa de las lluvias, o en los suelos mientras ocurre la escorrentía (Ramírez y Viña, 1998).

2.2.5.1.6.2 Sólidos suspendidos

Los sólidos suspendidos están compuestos principalmente por partículas inorgánicas y orgánicas que no se mezclan y se encuentran presentes en el agua. Entre las partículas inorgánicas tenemos: sales, arena y arcilla. Por otra parte las fibras de plantas, bacterias, protozoarios y sólidos biológicos son considerados como partículas orgánicas (Campos, 2003).

Los sólidos en suspensión se encuentran formados por partículas dispersas en el agua, estos no sedimentan por la gravedad cuando el agua se encuentra en reposo, esto se debe a que las partículas poseen carga eléctrica semejante, por lo que existe una repulsión por lo que las partículas se mantienen en movimiento (Atenea, 2004).

2.2.5.2 Índice de calidad del agua

La contaminación de los cuerpos hídricos ha provocado la necesidad de realizar estudios para evaluar la calidad del agua y cuantificar los contaminantes presentes que afectan al recurso hídrico (Hernández, 1998).

El índice de calidad de agua (ICA) toma como referencia la integración de diversos parámetros, que nos ayudan a determinar en qué estado se encuentra un cuerpo hídrico. El

ICA nos permite transmitir información mediante símbolos, colores y números, a la vez que es muy fácil la interpretación de la calidad de un cuerpo de agua (Fernández y Solano, 2005), es una cantidad que exterioriza a que se refiere la calidad del recurso hídrico por medio de la integración de los cálculos por los cuales se identifican los parámetros de calidad del agua y su empleo es cada vez más habitual para reconocer las inclinaciones integradas a las alteraciones en la calidad del agua (American Public Health Association- American Water Works Association- Water Pollution Control Federation [APHA-AWWA-WPCF],1992).

Un ICA, se hace con una observación a una expresión simple de un acoplamiento de diferentes parámetros, los cuales ayudan para determinar la calidad de un cuerpo de agua, siendo este una herramienta para difundir dicha información. Puede ser representado por una cantidad, categoría, un color o un símbolo el índice y cuya utilidad radica, en que la indagación puede ser sencillamente aclarada. (Fernández y Solano, 2005)

El grado de contaminación del agua, orienta un Índice de calidad de agua (ICA) requerido por el grado de contaminación del agua en una señalada fecha de muestreo y se exterioriza como porcentaje del agua pura; por lo que, un agua altamente degradada indica un ICA inmediato o igual a 0%, y por lo tanto un agua que se encuentra en perfectas condiciones salinidad tendrá un índice cercano a 100% (Torres, Hernán y Patiño, 2009).

El ICA - NSF es el índice más utilizado en la estimación de la calidad de las aguas superficiales para el dispendio humano en todo el mundo. Vale recalcar que el índice se puede variar y acomodarse acertando así a las condiciones dominantes en cada práctica acuático privativo (González, Caicedo y Aguirre, 2013)

Las variables que emplea el índice de calidad de la NSF en presencia fisicoquímico son: demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto, temperatura, pH, sólidos disueltos totales, fosfatos, nitratos, turbiedad y en el aspecto microbiológico son los coliformes fecales. Mencionadas dichas variables posee un peso único con respecto a su valor, vinculada con la calidad del agua. La utilidad de procedimientos fisicoquímicos se establece en que suele ser más eficaz el estudio de estos parámetros, ofreciendo una asesoría extensa en cuanto a naturaleza del agua y sus propiedades, contando con una mayor continuidad al ser monitoreadas (Carrillo y Urgiles, 2016).

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

1.5 LOCALIZACIÓN

El presente proyecto de investigación se lo realizó en la Provincia de Pastaza, cantón Pastaza, parroquia Tarqui, comunidad Cotococha ubicada en las coordenadas UTM 179099.7 y 9813761.6 S, sistema WGS84. El acceso se realiza desde el Km 16 vía Puyo-Macas, en un eje vial secundario a 30 minutos de la ciudad del Puyo (ver figura 1), esta comunidad se constituye en un pueblo originario que mantiene su propio espacio e identidad, cuenta con una población de 130 personas que conforman 20 familias.

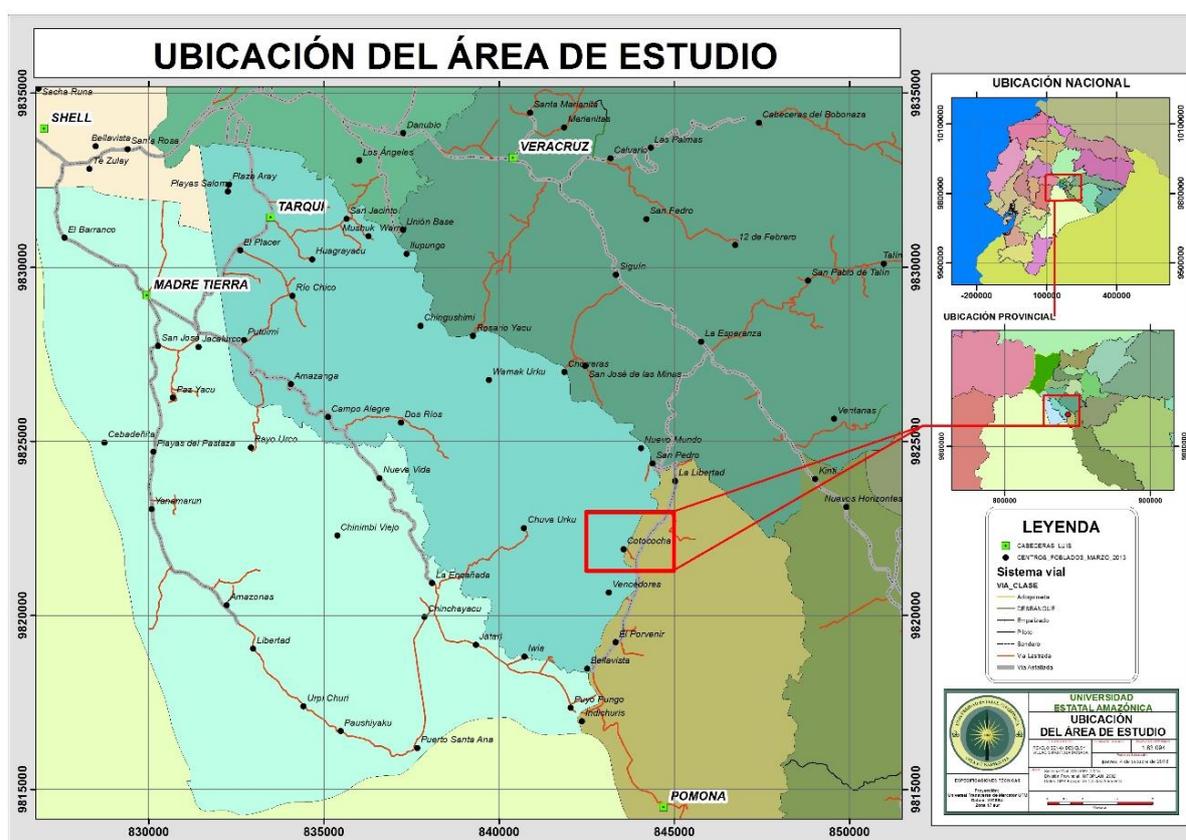


Figura 1. Ubicación de la Comunidad Cotococha

1.5.1 Condiciones meteorológicas

Según el INAMHI (2013) el Puyo está ubicado a una altitud de 950 msnm, su temperatura oscila entre 17,7⁰C y 26,7⁰C, con una precipitación promedio anual es de 4503,7 mm, siendo un clima cálido húmedo por la presencia de la selva que mantiene una humedad relativa alta de 87,8%.

1.6 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Esta es una investigación descriptiva y exploratoria, ya que consistió en caracterizar la zona de recarga hídrica de la comunidad Cotococha así como su comportamiento y estructura que ayudó a evaluar las características hidroedafológicas del suelo.

1.7 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

En la presente investigación se utilizó el método deductivo que está basado en observar las características del entorno y describir cómo estas se pueden desarrollar en el transcurso del estudio.

1.8 RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES

- Arcgis
- Balanza analítica y de precisión
- Barreno
- Cámara
- Cilindro infiltrómetro
- Cilindro metálico
- Cinta métrica
- Cuadro de madera
- Crisoles
- Cronometro
- Estufa
- Google Earth pro
- GPS
- Infostat
- Libreta
- Lupa
- Mufla
- SPSS

1.9 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio se desarrolló en un área homogénea en cuanto a sus características de topografía y pendiente. Se realizó un muestreo aleatorio simple en la zona de recarga, el cual, según Ozten y Manterola (2017), garantiza que todos los elementos de la población tienen la misma oportunidad de ser incluidos en la muestra.

Para el muestreo aleatorio se escogió un patrón de selección de cada 3 parcelas, en sentido de izquierda a derecha, de forma que la muestra estuviera distribuida por toda el área. Al poseer dos tipos de coberturas diferentes en la zona de recarga hídrica, se establecieron 9 parcelas la zona de pasto, y 10 parcelas en la zona de bosque, de las cuales se escogieron las parcelas 3, 6, 9 y 1, 4, 7, 10, respectivamente.

Tabla 1. Tipo de cobertura de cada parcela

Parcelas	Parcelas establecidas	Tipo de cobertura
Parcela 3	Parcela 1	Pasto
Parcela 6	Parcela 2	Pasto
Parcela 9	Parcela 3	Pasto
Parcela 1	Parcela 4	Arbórea- Bosque
Parcela 4	Parcela 5	Arbórea- Bosque
Parcela 7	Parcela 6	Arbórea- Bosque
Parcela 10	Parcela 7	Arbórea- Bosque

Los análisis de agua se realizaron durante los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre, además se tomaron valores de caudal una vez al mes, a excepción del mes de septiembre, que la población no poseía agua suficiente para la toma del caudal, por lo que solo se tomó la muestra para ser analizada en el laboratorio.

1.9.1 Toma de datos

En las parcelas seleccionadas, se realizaron muestreos de suelos y pruebas de infiltración y la recolección de la muestras a 0-50 cm y 50-100 cm, se llevó a cabo utilizando un barreno. Además, se usó un cilindro metálico y uno plástico, con un diámetro de 7,6 por 5 cm de profundidad, este fue introducido en el suelo y se extrajo con ayuda de una espátula, las muestras fueron recolectadas en fundas, etiquetadas y trasladadas al laboratorio para la realización de los análisis.

Se recolectaron muestras de la captación de agua dentro de un envase plástico de 5 litros, fue sellado en su totalidad y fueron trasladados a los laboratorios de la Universidad Estatal Amazónica donde se realizaron análisis fisicoquímicos.

1.9.2 Delimitación de la zona de recarga hídrica

Para la delimitación de la zona de recarga hídrica que abastece a la captación de agua de la comunidad Cotococha se realizó un recorrido a pie donde se identificó y marcó los puntos

con GPS marca GARMIN modelo Etrex y con la ayuda de ARGIS se delimito la zona de recarga hídrica.

1.9.3 Velocidad de infiltración

La velocidad de infiltración se midió mediante el método del cilindro simple descrito por Martínez y López, (1996) que consistió en introducir un cilindro metálico en el suelo suavemente. Se colocó agua a cierta altura y se mide el volumen de agua que se ha perdido por unidad de tiempo.

Para instalar el infiltrómetro simple se limpió el área donde este fue introducido, y se procedió a llenar el cilindro con agua hasta una altura de 15 cm, con ayuda de un cronómetro y una regla se obtuvieron datos de tiempo y altura, la medición con el cronometro se lo realizó por una hora registrando la altura a cada minuto (Coello, 2005).

En el programa Excel se determinó la infiltración acumulada, la velocidad de infiltración y la velocidad instantánea de infiltración.

La infiltración acumulada hace referencia a la cantidad de agua en centímetros en cada minuto en los que se realizó la medición.

La velocidad de infiltración se obtuvo mediante la ecuación 1:

Ecuación 1. Velocidad de infiltración promedio

$$VIP = \frac{\text{Infiltracion acumulada}}{\text{Tiempo acumulado}}$$

La velocidad instantánea de infiltración se determinó mediante la ecuación 2, que está dada por Kostiakov (1932) y mejorada por Philip (1957), se indica mediante la siguiente expresión:

Ecuación 2. Velocidad instantánea de infiltración

$$I = K * (T^N)$$

Dónde:

- I: velocidad de infiltración instantánea
- K: Velocidad de infiltración en el minuto 1

- T: Tiempo total acumulado de medición
- N: se realiza el cálculo mediante la ecuación 3

El valor de N para la velocidad instantánea se lo obtuvo mediante la ecuación 3.

Ecuación 3. Valor de N para velocidad instantánea

$$N = \frac{(Y2 - Y1)}{(X2 - X1)}$$

Dónde:

- Y: coordenadas en Y que se forman en la gráfica de infiltración acumulada y velocidad de infiltración.
- X: coordenadas en X que se forman en la gráfica de infiltración acumulada y velocidad de infiltración.

1.9.4 Materia orgánica

Para cuantificar la materia orgánica (MO) por calcinación o pérdida por ignición (loss on ignition, LOI) se siguió el método establecido por Schulte y Hopkins (1996), que propone someter una muestra de suelo a elevadas temperaturas para determinar el peso perdido de la muestra. El método establece que se pesen 5 g de muestra de suelo en crisoles de 15mL para ser colocados dentro de la estufa por un periodo de 24 h a una temperatura de 105°C. Transcurrido el tiempo indicado las muestras se retiran y se colocan en el desecador para ser enfriadas y pesadas. Luego se colocan en la mufla a una temperatura de 360°C por 2 horas, posteriormente se llevaron al desecador y al enfriarse se procedió a tomar su peso nuevamente. Para calcular la MO de las muestras de suelo se utilizó la ecuación 4:

Ecuación 4. Porcentaje de Materia Orgánica en el suelo

$$\%MO = \frac{pi - pf}{pi} \times 100$$

Dónde:

- %MO: Porcentaje de materia orgánica
- pi: peso inicial a 105°C
- pf: peso final a 360 °C

Al ser un método en el que no se usan reactivos químicos y no demanda muchas horas para realizar el procedimiento resulta ser un método económico, además que posee una alta precisión para calcular la materia orgánica presente en el suelo (Rosell, Gasparoni y Galantini, 2001).

1.9.5 Cantidad de carbono

El contenido de carbono orgánico total (COT) del suelo, se calculó a partir de la materia orgánica del suelo (MO) (Walkley y Black, 1938). Para transformar la MO a COT se usa el factor 1.724 propuesto por Van Bemmelen, el cual asume que el 58% de la MO está compuesta por Carbono, lo cual es citado por Tabatabai, (1996). Para el método de LOI el carbono orgánico total se estimó a partir de la ecuación 5:

Ecuación 5. Contenido de carbono orgánico total en el suelo

$$\% C = \% \frac{MO}{1.724} \text{ o } \% C = \% MO (0.58)$$

Dónde:

- C: Contenido de carbono orgánico total (%),
- MO: Materia orgánica (%).

1.9.6 Materia orgánica en hojarasca

La hojarasca presente en la superficie del suelo está compuesta por residuos orgánicos tales como: frutos, semillas, ramas y hojas. Para cuantificar la hojarasca se emplearon marcos de madera con dimensiones de 50 x 50 cm, que sirvieron para delimitar el área de recolección de la materia orgánica que se encontró sobre la superficie del suelo y dentro del marco (MacDiken, 1997), esta materia orgánica es ingresada a la estufa a 105°C durante 24 horas para obtener el peso seco en gramos (Gutiérrez, Méndez, Flórez, Ramírez y Gutiérrez, 2012).

1.9.7 Textura

La textura del suelo se determinó mediante el método de Solución Boyouco (Hexametáfosfato y Carbonato de Sodio) en donde consistió en tratar las muestras de suelo, las mismas se separaron 40 gr y se las expandió a lo largo de una bandeja, ya secas se procedió a tamizarlas a 2mm, listas se las llevó a una copa de dispersión y se añadió el agente dispersante 10 ml y agua destilada hasta media copa, las cuales se dejó descansar por 24

horas, hecho este proceso las muestras fueron expuestas a dispersión por un tiempo de 10 minutos. Se trasvaso el contenido de la copa, dentro de una probeta de 1000 ml y se acompañó con agua destilada. Las muestras fueron agitadas con un embolo por 20 segundos en una dirección vertical, y así una vez ya que se dejó de agitar corría el cronometro y se sumergió dentro de las probetas el hidrómetro de suspensión. Así se realizó la primera lectura del hidrómetro y la toma de temperatura, por último se dejó reposar nuevamente por dos horas y se tomó la segunda lectura sumergiendo el hidrómetro (Millar, Turk y Foth, 1958). Se realizó los cálculos para determinar el porcentaje de arena, limo y arcilla que se encontró en las muestras de suelo (Ver ecuaciones 6,7 y 8).

Ecuación 6. Determinación del % de Arena

$$\% \text{ Arena} = 100 - \frac{\text{Lectura corregida a los 40 seg}}{\text{Peso de la muestra (g) a } 105^{\circ}\text{C}} * 100$$

Ecuación 7. Determinación del % de Arcilla

$$\% \text{ Arcilla} = 100 - \frac{\text{Lectura corregida a los 2 H} * 100}{\text{Peso de la muestra (g) a } 105^{\circ}\text{C}} * 100$$

Ecuación 8. Determinación del % de Limo

$$\% \text{ Limo} = 100 - (\% \text{ Arcilla} - \% \text{ Arena})$$

Después de obtener los porcentajes de arena, limo y arcilla se determinó la clase textural mediante el triángulo textural del departamento de Agricultura de los EE.UU (USDA) (ver figura 2)

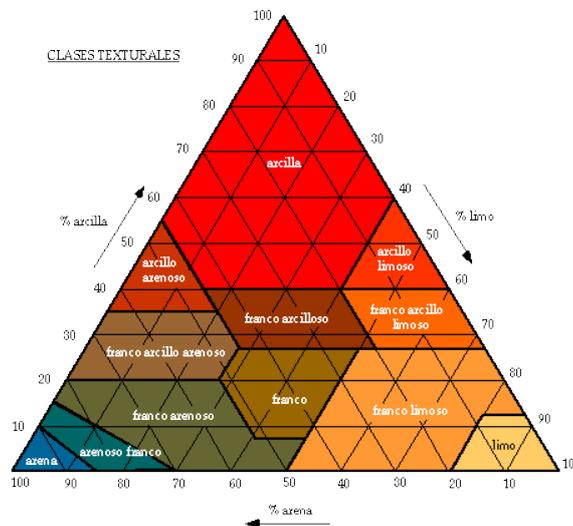


Figura 2. Triángulo Textural de USDA

1.9.8 Humedad

El contenido de humedad se determinó mediante el método gravimétrico (Reynolds, 1970) en el que las muestras de suelo obtenidas a distintas profundidades (0-5; 0-50; 50-100 cm) se secan en la estufa durante un tiempo de 24 horas a una temperatura de 105°C, la humedad se obtiene mediante la diferencia de peso de la muestra en condiciones naturales y la muestra, después del secado en la estufa (ver ecuación 9).

Ecuación 9. Porcentaje de humedad del suelo

$$HS (\%) = \frac{(Sh - Ss)}{Ss} \times 100$$

Dónde:

- HS: Porcentaje de humedad del suelo;
- Sh: Peso de la muestra antes de ser secada;
- Ss: Peso de la muestra después de secarla en la estufa.

1.9.9 Densidad de raíces

La densidad de raíces se determinó por medio de las muestras de suelo, las cuales se sometieron en la estufa a 105°C por 24 horas, transcurrido el tiempo se sacan las raíces de la muestra de suelo, estas se cuantifican y se miden los brotes (Pire,1995).

Para estimar la longitud de las raíces se utilizó la metodología propuesta por Newman (1965) mediante la ecuación 10.

Ecuación 10. Longitud de raíces

$$R = \frac{\pi \times N \times A}{2H}$$

Dónde:

- R: longitud de raíces (cm)
- N: Número de intercepciones
- A: Área de la superficie donde están distribuidas las raíces (cm²)
- H: longitud total de las líneas de referencia (cm)

Para determinar el volumen de la muestra se utilizó la ecuación 11:

Ecuación 11. Volumen de la muestra

$$V = A \times h$$

Dónde:

- V: Volumen de la muestra
- A: Área del cilindro
- h: Altura de la muestra

La densidad longitudinal de raíces se calculó mediante la ecuación 12:

Ecuación 12. Densidad longitudinal de raíces

$$Lx = \frac{R}{V}$$

Dónde:

- Lx: Densidad longitudinal de raíces
- R: Longitud de raíces
- V: Volumen de la muestra

1.9.10 Densidad aparente

El valor de la densidad aparente se obtuvo mediante el cálculo del peso seco del suelo por la unidad de volumen de la muestra (Pinot, 2000). Para ello, se extrajo una muestra de suelo con un barreno o una pieza metálica circular que poseen un volumen conocido y posteriormente la muestra se colocó en la estufa a una temperatura de 105°C por 24 horas. La densidad aparente se obtuvo mediante la ecuación 13:

Ecuación 13. Densidad Aparente

$$D. a = \frac{p}{V}$$

Dónde:

- D.a: Densidad Aparente
- p: peso seco de la muestra
- V: volumen

1.9.11 Medición del caudal

Para medir el caudal se utilizó el método de aforo volumétrico. Este método se implementa cuando existen caudales pequeños y se requiere de un recipiente o lugar con un volumen conocido. El caudal se obtiene mediante la división de el volumen de agua entre el tiempo necesario para recolectar ese volumen, como muestra la ecuación 14 (Coello, 2016).

Ecuación 14. Caudal: método volumétrico

$$Q = \frac{\text{Vol}}{T}$$

Dónde:

- Q: Caudal (L/s)
- Vol: Volumen (L)
- Tiempo (s)

El caudal se debía tomar durante los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre, en el mes de septiembre no se pudo tomar los datos de caudal ya que en la zona no había llovido y los habitantes no permitieron la toma del dato.

1.9.12 Parámetros físico químicos

El análisis se realizó una vez al mes durante los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre, en los que se tomó una muestra de agua en un envase y se llevó de inmediato al laboratorio donde se tomaron datos con el multiparamétrico de pH, temperatura, conductividad y oxígeno disuelto y con el turbidímetro se tomaron datos de turbidez. Finalmente las muestras fueron refrigeradas a 4°C hasta el siguiente día, en donde se realizaron análisis de sólidos disueltos y sólidos sedimentables.

1.9.12.1 Determinación de los sólidos disueltos.

Para poder desarrollar el estudio de los Sólidos Disueltos se aplicó la metodología de (APHA, AWWA, & WPCF, 1992), para realizar los análisis se preparó el filtro y la cápsula de porcelana las cuales fueron esterilizados. Ya terminado dicho proceso son pesados dentro de la balanza analítica obteniendo el peso A. Ya con la muestra recolectada en donde se filtró en el aparato de filtrado, se depositó en una probeta de 100ml, y se llenó totalmente las

capsulas, ya con la muestras listas, son transportadas dentro de la Sorbona que en su interior se encontraba el agitador calentador exponiéndola a una temperatura de 400°C, dejándola reposar durante un tiempo de 4 horas con el objetivo que las muestras se encuentren dentro de las capsulas y se evaporen totalmente. Culminado ese proceso las capsulas son transportadas hacia la estufa por 1h y 30 minutos a una temperatura de 180°C, ya hecho eso se depositó las capsulas dentro del desecador hasta que la temperatura sea baja. Y por último ya a temperatura ambiente las pesamos en la balanza analítica y así obtenemos el peso B, y se prosigue a desarrollar los cálculos para determinar el total de ml de solidos disueltos sobre litros de las muestras que se muestreo (ver ecuación 15).

Ecuación 15. Solidos disueltos

$$mg \text{ de Solidos disueltos/l} = \frac{(A - B) * 1000}{volumen \text{ de ml de muestra}}$$

Dónde:

- A: peso de la capsula sin residuo, mg.
- B: peso de la capsula con residuo, mg.

1.9.12.2 Determinación de los sólidos suspendidos totales

Para determinar los sólidos suspendidos totales se aplicó la metodología de (APHA, AWWA, & WPCF, 1992), inicialmente se acoplo el aparato de filtrado junto con el filtro de fibra de vidrio para esterilizar y se prosiguió a pesar en la balanza analítica la muestra A. Posteriormente se utilizó 1000ml de las muestras de agua las cuales fueron trasvasadas al aparato de filtrado, continuando con la aspiración unos minutos después del culminar el filtrado, este se lo coloco en la estufa a 105°C por 2 horas, por consiguiente se ubicó dentro del desecador por 20 minutos hasta que se encuentren las muestras frías, ya en ese estado con la balanza analítica se procedió a pesar obteniendo la muestra B, obtenidos los análisis pesados de la muestra se concluye a desarrollar los cálculos de acuerdo a la ecuación 16:

Ecuación 16. Solidos suspendidos

$$mg \text{ de solidos totales en suspensiòn} = \frac{(A - B) * 1000}{ml \text{ de muestra}}$$

Dónde:

- A: peso del filtro residuo seco, mg
- B: peso del filtro, mg

1.9.13 Índice de calidad del agua (ICA)

Para el cálculo de este índice se asignó un factor de ponderación a cada parámetro, el ICA-NSF emplea 9 parámetros de referencia, para este estudio se consideró 5 parámetros químicos y físicos. La tabla 2 presenta los pesos de cada parámetro que conforma los ICA, los cuales hacen referencia estos a la importancia que tiene cada uno de ellos.

Tabla 2. Factores de ponderación-peso ICA-NSF

Parámetro	Peso
Oxígeno disuelto	0,17
Coliformes fecales	0,16
pH	0,11
DBO	0,11
Temperatura	0,10
Fosfatos	0,10
Nitratos	0,10
Turbiedad	0,08
Solidos disueltos	0,07

Fuente: elaboración propia en base a Torres et al., (2009)

Los parámetros analizados fueron: oxígeno disuelto, pH, temperatura, turbidez y solidos disueltos, ya que se usó 5 parámetros el valor total se calculó por la distribución del peso entre las variables por lo que se sumó los pesos de estas y se dividió entre la cantidad de parámetros registrados, a lo que se le sumó a cada uno de los factores de ponderación y se procedió a obtener la suma de estos.

El índice de calidad de agua de cada parámetro se obtuvo a partir del anexo A, que indica una curva de valoración para cada parámetro donde el nivel de calidad de agua tiene un rango de 0 a 100 y está localizado en el eje (y), mientras que en el eje (x) están los diferentes niveles de las variables.

A partir de los valores obtenidos de subíndice de parámetro y del factor de ponderación se calcula el ICA con la ecuación 17.

Ecuación 17. Índice de calidad del agua

$$ICA - NSF = \sum_{i=1}^n SI_i W_i$$

Dónde

- ICA: índice de calidad del agua
- SI: subíndice del parámetro
- Wi: factor de ponderación para el subíndice i

El resultado de la aplicación de la formula da valores entre 0 y 100, que expresan el estado de la calidad de agua. La interpretación se observa en la tabla 3.

Tabla 3. Interpretación del ICA-NSF

Índice de calidad del Agua	Categoría de calificación
91-100	Excelente calidad
71-90	Buena calidad
51-70	Mediana calidad
26-50	Mala calidad
0-25	Muy mala calidad

Fuente: elaboración propia en base a Torres et al., (2009)

1.9.14 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza para la infiltración para los valores de la infiltración en las diferentes coberturas de suelo, donde la variable independiente fue la cobertura vegetal presente en las parcelas, y la dependiente la velocidad instantánea de infiltración con la velocidad de infiltración a 60 minutos, se realizó con el software Infostat (Di Rienzo et al., 2014).

Con la finalidad de conocer el grado de correlación entre los parámetros hidroedafológicos evaluados, se realizó un análisis de correlación R² de Pearson entre las variables recolectadas en el estudio con el software SPSS22 (International Business Machine [IBM], 2013).

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.1 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE RECARGA HÍDRICA

1.1.1 Zona de recarga hídrica

En la figura 3 se observa la zona de recarga hídrica que abastece a la captación de agua de la comunidad Cotococha



Figura 3. Zona de recarga hídrica de la comunidad Cotococha

1.1.2 Cobertura vegetal

El uso actual del suelo en la zona de recarga hídrica que abastece a la captación de agua de la comunidad Cotococha es de pastizal con un 15 % y bosque con un 85 % véase en la figura 4.

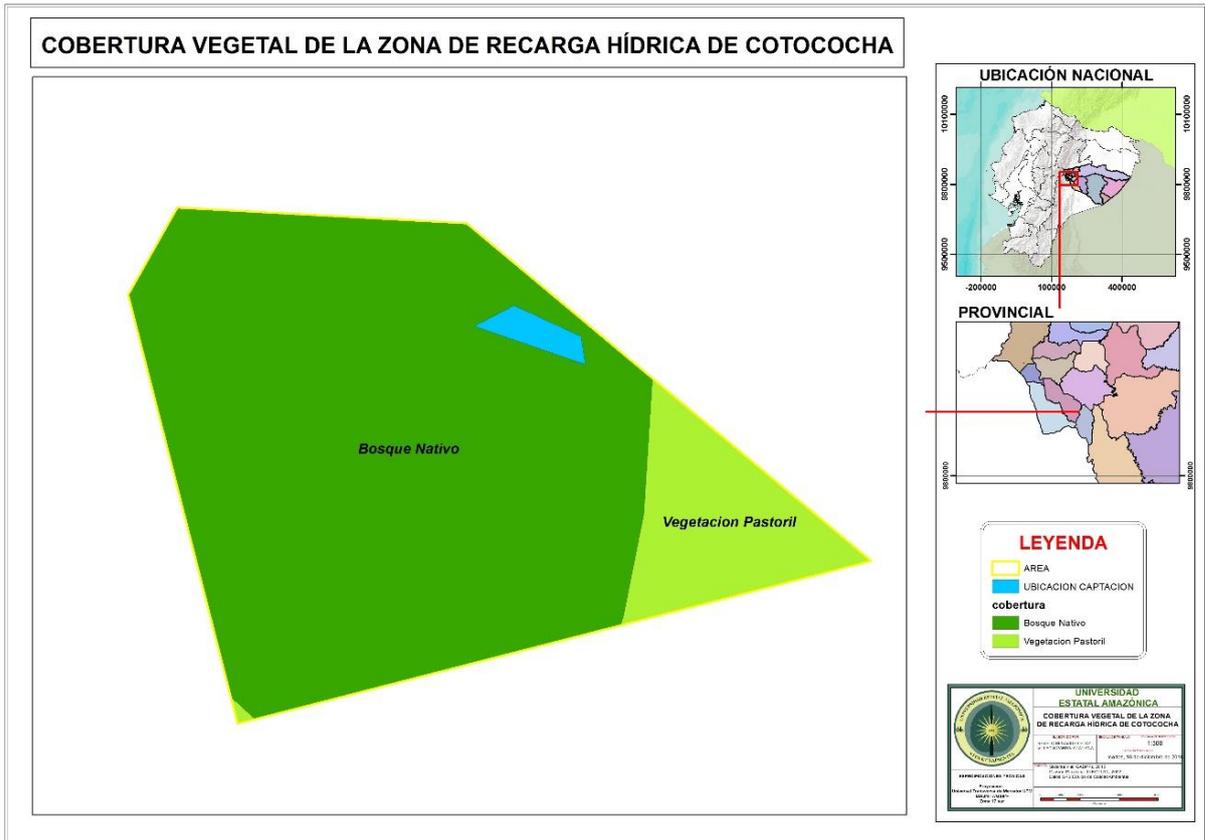


Figura 4. Cobertura vegetal de la zona de recarga hídrica de la comunidad Cotococha

1.1.3 Infiltración

La velocidad de infiltración a 60 minutos se muestra en la figura 5, la cual se realizó para cada tipo de cobertura.

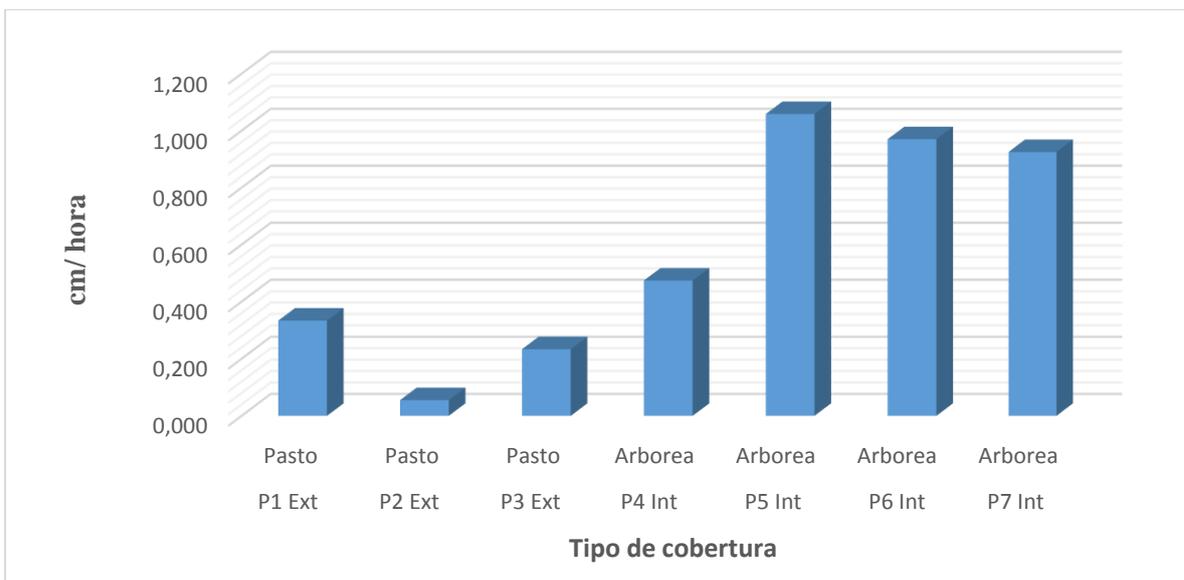


Figura 5. Velocidad de infiltración a 60 minutos

En la figura 5 se presenta el comportamiento de la velocidad de infiltración a 60 minutos en las 7 parcelas, en donde se señala que la parcela 5 cuenta con mayor velocidad a diferencia de la parcela 2 que cuenta con una velocidad menor con valores de 1.058 cm.h^{-1} y 0.055 cm.h^{-1} respectivamente. Además, es posible observar que en las parcelas correspondientes a bosque se registró una mayor velocidad que en las parcelas de pasto, lo que concuerda con estudios de Gómez, Cerron, Capcha, y Villavicencio (2014) que tuvo resultados similares, debido a que la presencia de bosque mejora la estructura del suelo facilitando el movimiento de agua dentro de este, hecho que permite afirmar que el tipo de uso de cobertura influye significativamente en la velocidad de infiltración.

La figura 6 muestra la infiltración acumulada después de 60 minutos, que se realizó en las 7 parcelas en los diferentes tipos de cobertura.

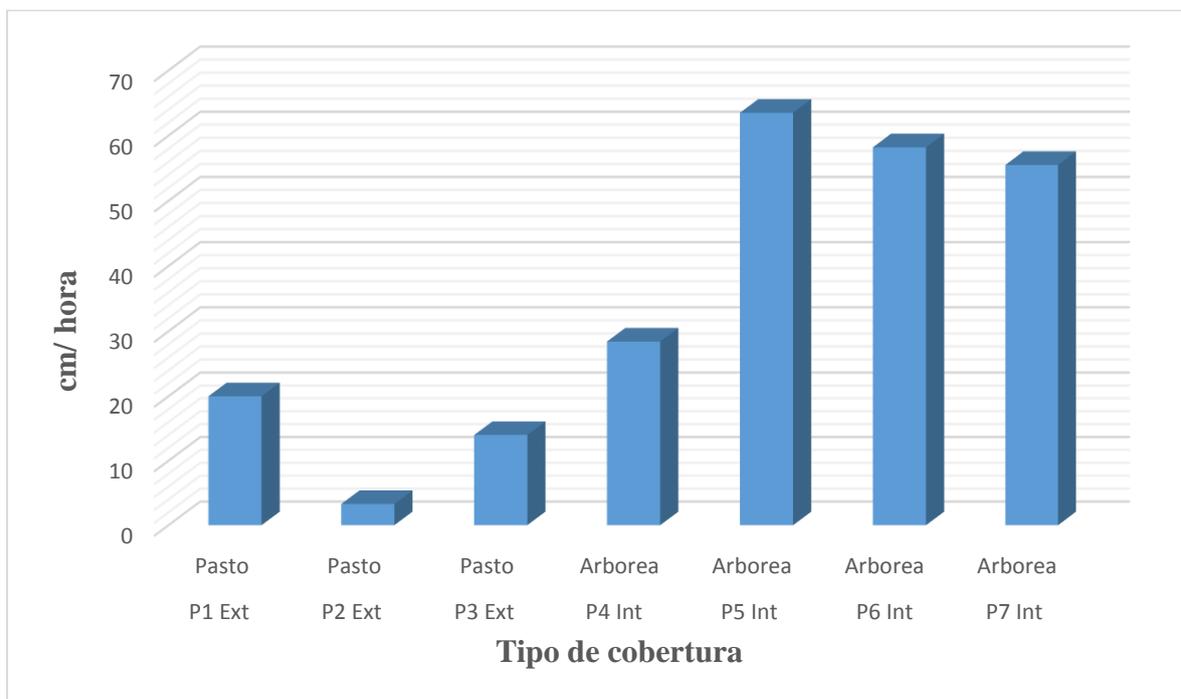


Figura 6. Infiltración acumulada a 60 minutos

La infiltración acumulada que nos presenta la figura 6 es muy parecida a la de la velocidad a 60 minutos puesto que la velocidad y la infiltración acumulada son directamente proporcionales, se puede apreciar que el mayor valor se encuentra en la parcela 5, con $63,5 \text{ cm.h}^{-1}$, y el menor valor en la parcela 2, con $3,3 \text{ cm.h}^{-1}$, siendo las parcelas de bosque las que poseen valores mayores de infiltración acumulada.

En la figura 7 se observa la velocidad instantánea de infiltración en las diferentes parcelas, teniendo en cuenta la cobertura de cada una de ellas.

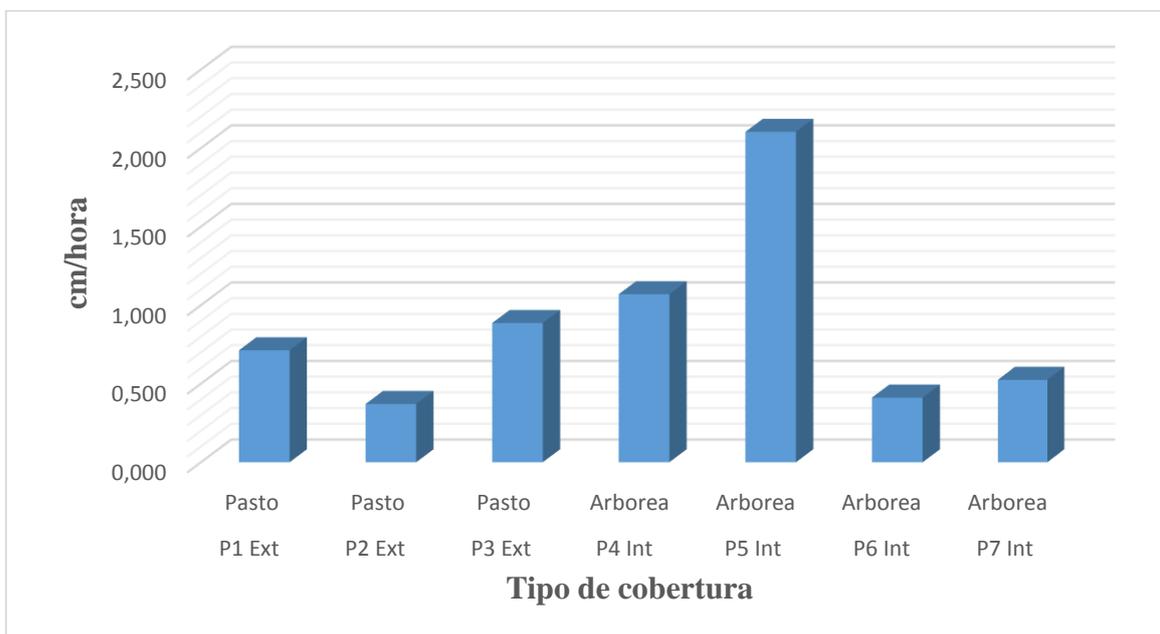


Figura 7. Velocidad instantánea de infiltración

La velocidad instantánea de infiltración mayor fue en la parcela 5 perteneciente a una cobertura arbórea, mientras que el menor valor lo registro la parcela 2 con una cobertura de pasto; en promedio, la velocidad instantánea de infiltración perteneciente a cobertura arbórea fue mayor, con un valor de $1,027 \text{ cm.h}^{-1}$, mientras que el promedio de las parcelas en pasto fue de $0,66 \text{ cm.h}^{-1}$, lo que nos indica la existencia de una mayor infiltración instantánea en bosque. Este resultado coincide con lo obtenido con otros estudios, que presentan evidencias en ecosistemas de bosque que posee una mayor cantidad de árboles y antigüedad esto incrementa de forma proporcional la velocidad instantánea (Sarukhán y Maass, 1990).

En la tabla 4, presentan los resultados del análisis estadístico de varianza ANOVA, en el que se tomó la cobertura vegetal presente en las parcelas como variable independiente, y la velocidad instantánea de infiltración con la velocidad de infiltración a 60 minutos, como variables dependientes.

Tabla 4. Análisis de varianza para la velocidad instantánea y velocidad a 60 minutos

	Media	F	Sig.
	cuadrática		
Velocidad instantánea de infiltración	,235	,610	,470
Velocidad a 60 minutos	,723	14,782	,012*

* Diferencias al valor de p 0,05

Se puede observar en la tabla 4, que la velocidad instantánea de infiltración no presentó diferencias significativas, mientras que la velocidad de infiltración a 60 minutos fue estadísticamente significativa en el nivel 0,05 para diferentes tipos de uso de suelo (pasto, bosque).

Por otra parte, se realizó el análisis estadístico de Duncan en la velocidad de infiltración a 60 minutos para determinar qué cobertura propicia la velocidad mayor (ver tabla 5).

Tabla 5. Análisis estadístico de Duncan para la velocidad de infiltración a 60 minutos

Cobertura	Medias	E.E.
1 Pasto	0,21 ^a	0,13
2 Bosque	0,86 ^b	0,11

Letras diferentes significa diferencia de grupos

Como resultado de este análisis, se pudo evidenciar que la mayor velocidad fue en la cobertura arbórea (bosque) presentando un valor de 0.86, y la menor en el pasto, con un valor de 0.21, determinándose que existe una mayor infiltración en el bosque que en el pasto. Este resultado tiene relación con estudios de Abril, López y Reyes (2017), en el que mencionan que las áreas que tienen mayor infiltración son las que poseen cobertura vegetal de dosel alto, ya que el turno radicular de estos árboles presentan una profundidad que va de 0,5 a 1m, permite inferir que la cobertura arbórea evita la degradación del suelo y aumenta su capacidad de infiltración.

A su vez Ríos et al., (2013) explica que los incrementos en la cobertura arbórea disminuyen la escorrentía y el potencial de erosión hídrica, lo que contribuye a incrementar la infiltración del agua en el suelo, favoreciéndose de este modo la disponibilidad de agua para las plantas y mejora la recarga hídrica.

1.1.4 Materia orgánica (suelo y hojarasca) y contenido de carbono en el suelo

Los valores de la materia orgánica contenida en el suelo y hojarasca, así como el contenido de carbono de cada parcela según los diferentes tipos de coberturas analizadas se puede observar en la figura 8.

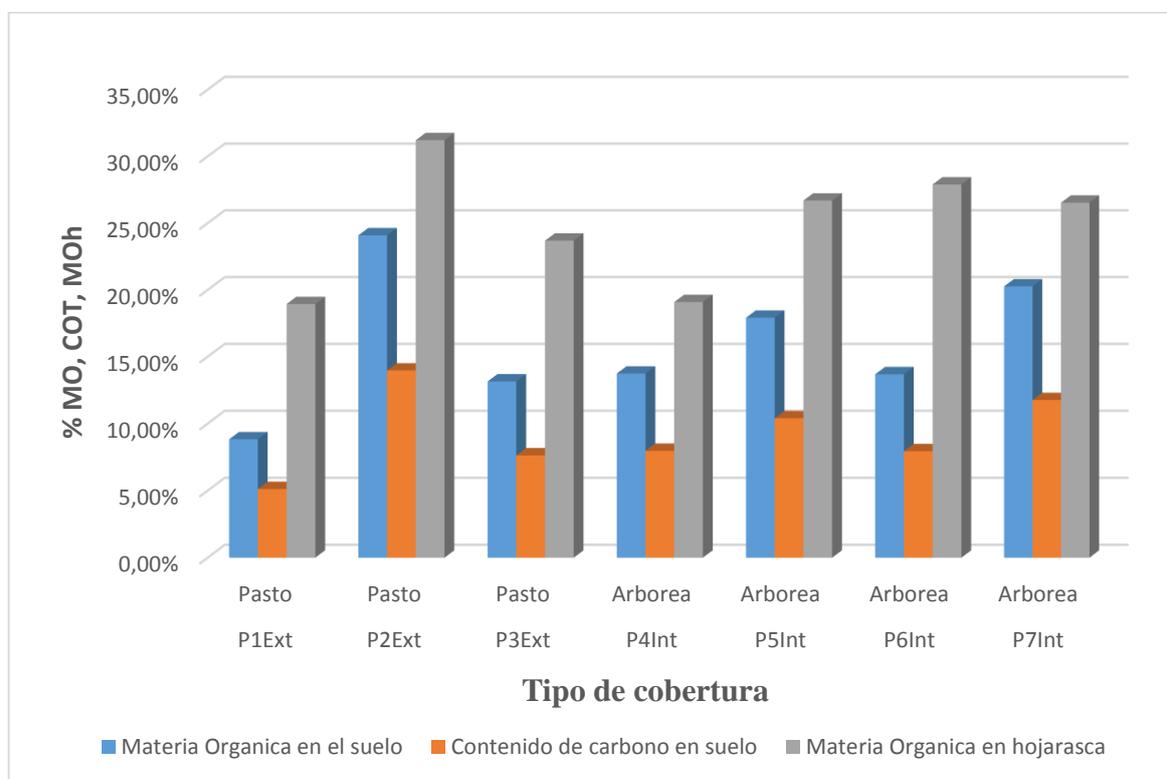


Figura 8. Porcentajes de materia orgánica, hojarasca y contenido de carbono en el suelo

Estos resultados señalan que el mayor porcentaje corresponde a la parcela 2, lo que significa que, a diferencia de las demás parcelas, es un indicador de sostenibilidad. Por el contrario el menor porcentaje correspondió a la parcela 1 y el promedio de las parcelas pertenecientes a pasto registraron menores porcentajes en MOS, COT, MOh, mientras que las parcelas de bosque registraron valores mayores. No obstante, no hubo una diferencia significativa entre los dos tipos de cobertura estudiados, registrando sus valores promedios muy similares, y observándose que existe una estrecha relación entre las tres variables, ya que son

directamente proporcionales entre sí. Esto concuerda con estudios de Aguilera (2000), que reporta que la materia orgánica en hojarasca incrementa la materia orgánica en el suelo, ya que esta hace referencia al conjunto de residuos de origen animal y vegetal en diferentes etapas de descomposición. A su vez, el COT es el principal elemento que forma parte de la MOS por lo que si su valor aumenta o disminuye, el COT se comportara de la misma manera.

1.1.5 Textura

Se realizó la textura para los diferentes tipos de cobertura, se encontró que para la cobertura pasto fue una textura arcillo limoso, mientras que la cobertura arbórea-bosque existe una textura franco arcilloso, en la tabla 6 se observa los porcentajes de limo, arena y arcilla que se encontró en cada tipo de cobertura.

Tabla 6. Porcentajes de limo, arena y arcilla

Tipo de cobertura	% Arena	% Arcilla	% Limo	Textura
Pasto	25	30	45	Arcillo limoso
Bosque	42	26	32	Franco arcilloso

La textura es una propiedad importante ya que influye como factor de fertilidad y en la habilidad de retener agua, aireación, drenaje, contenido de materia orgánica y otras propiedades (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2014).

1.1.6 Humedad

La figura 9 muestra el contenido de humedad en el suelo de 0-50 cm y de 50 -100 cm en cada una de las parcelas, de acuerdo a la cobertura presente en las mismas.

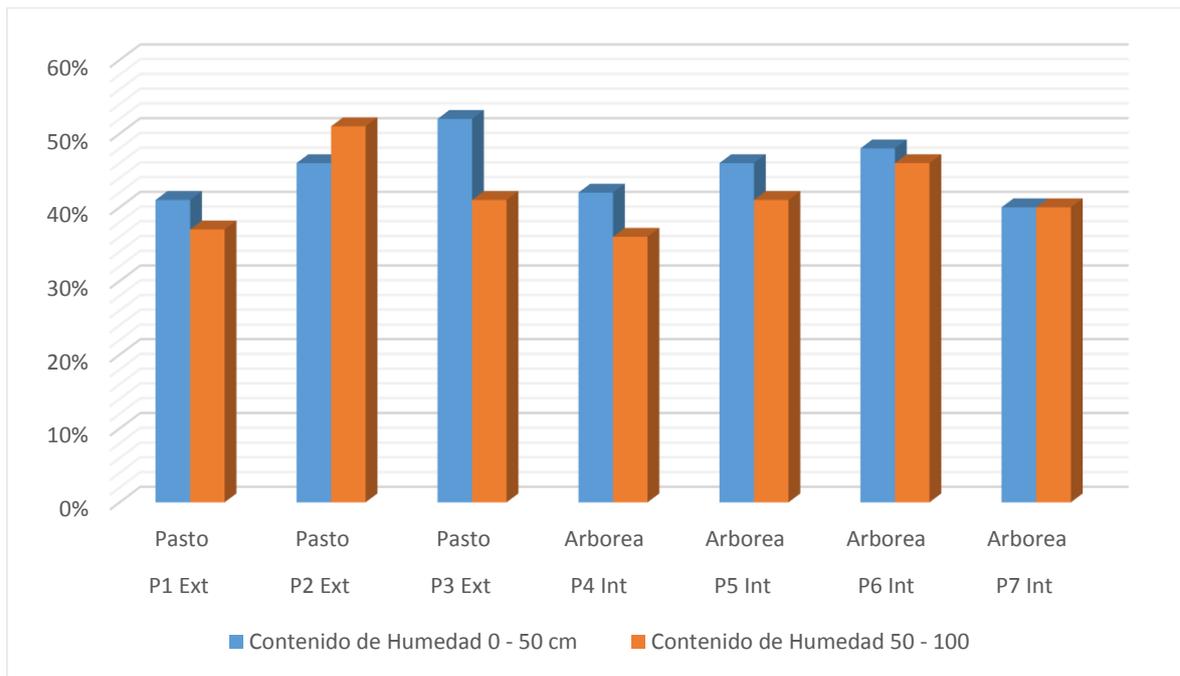


Figura 9. Contenido de humedad en el suelo

Para las 7 parcelas estudiadas se encontró un contenido de humedad que fluctúa entre 35 y 50% para las distintas profundidades. La parcela con menos contenido de humedad a una profundidad 0-50 cm, es la parcela 7; mientras que a 50-100 cm es la parcela 4, que presenta menos contenido de humedad registrando valores de 40 y 36% respectivamente. La parcela con mayor contenido de humedad de 0-50 cm es la P3 con un valor de 52%; mientras que a la profundidad de 50-100 cm es la parcela 2 con un 51% de humedad.

Las parcelas pertenecientes a pasto a una profundidad de 0-50 cm dieron un promedio de humedad de 46.3 % y las pertenecientes a bosque un valor de 44%; mientras que a la profundidad de 50-100 cm la media para pasto fue de 41,3 y para bosque de 40,75%, se observa que los valores de humedad no poseen una variación significativa entre ellos, pero en pasto hay más humedad que en bosque esto se puede deber a las diferentes texturas que posee cada cobertura, según Ibáñez (2006), cuanto mayor es el tamaño de las partículas más rápida es la infiltración y menor es el agua retenida por los suelos (humedad), los suelos arenosos son más permeables y retienen menos agua que los arcillosos; al poseer mayor cantidad de arena en la cobertura de bosque este suelo tendrá una mayor infiltración y menor humedad, a diferencia de la cobertura de pasto que el porcentaje de arena es menor que el de arcilla y limo por lo que tendrá una infiltración lenta y una mayor cantidad de humedad en el suelo.

1.1.7 Densidad de raíces y aparente

En la tabla 7 se puede observar la densidad de raíces y densidad aparente en el suelo para cada tipo de cobertura.

Tabla 7. Densidad de raíces y aparente en las parcelas

Detalle	Densidad de raíces	Densidad Aparente
Parcela 1	1,78	1,30
Parcela 2	1,44	1,16
Parcela 3	0,80	1,21
Parcela 4	1,13	1,71
Parcela 5	1,02	1,16
Parcela 6	1,19	1,43
Parcela 7	1,41	1,58

En la tabla 7 se observa que la parcela con mayor densidad aparente es la parcela 4 y la que presenta menor densidad es la parcela 5, con valores de $1,70 \text{ g.cm}^{-3}$ y $1,15 \text{ g.cm}^{-3}$ respectivamente. El promedio de las parcelas con pastizal nos da un valor de $1,22 \text{ g.cm}^{-3}$ y las parcelas con cobertura arbórea un valor de $1,47 \text{ g.cm}^{-3}$. La densidad aparente en los suelos es un indicador del contenido total de porosidad en suelo, también refleja la compactación de los mismos y la facilidad de circulación del agua y aire. Estudios de Aguilar, Ortiz, Vílchez y Chazdon, (2011), indican que existen valores mayores de densidad aparente (Da) en pasto, mientras que la Da perteneciente a bosques se caracteriza por valores bajos, mostrando una mejor calidad de suelos en bosques; esta diferencia se debe a que la textura de suelo influye en la Da, estudios de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (2009), indican valores de densidad aparente de $1,4 \text{ g.cm}^{-3}$ para una textura franco arcilloso, y para una textura arcillo limosa un valor de $1,25 \text{ g.cm}^{-3}$. Otros estudios de Gerber, Muñoz y Suarez, (2016), muestran resultados de Da bajos, esto se le atribuye a que en la zona de recarga hídrica no existe pisoteo de animales por ende el suelo no se compacta.

La parcela con mayor densidad de raíces es la parcela 1, y con menor densidad es la parcela 3, con valores de $1,78 \text{ g.cm}^{-3}$ y $0,80 \text{ g.cm}^{-3}$, respectivamente. El promedio de las parcelas con pastizal nos da un valor de $1,34 \text{ g.cm}^{-3}$, y las parcelas con cobertura arbórea

un valor de $1,19 \text{ g.cm}^{-3}$, no se encuentra diferencias significativas, pero las parcelas pertenecientes a pasto poseen valores mayores de densidad de raíces que las parcelas de bosque esto puede ser influenciado por la textura y densidad aparente del suelo, en estudios de la FAO (2009), se menciona que los suelos con valores altos de D_a determinan un ambiente pobre para el crecimiento de raíces, debido a la poca aireación del suelo; mientras que estudios de Andrades y Martínez (2014), indican que la penetración de raíces depende de la textura, en donde un suelo franco es el más óptimo para el crecimiento de distinta vegetación.

1.1.8 Análisis de correlación de Pearson

La agrupación de las variables se presenta en la tabla 8, la cual muestra una correlación de Pearson. Para su interpretación se consideró la significancia entre las variables estudiadas, de forma que los coeficientes pueden variar entre -1 y +1 en donde +1 hace referencia a una relación completa, y -1 indica la inexistencia de correlación. A su vez si el coeficiente es positivo (+), ambas variables aumentan o disminuyen; por el contrario, si el coeficiente es negativo (-) indica que una variable incrementa mientras que la otra disminuye.

Tabla 8. Análisis de correlación de Pearson

	Velocidad instantánea de infiltración	Velocidad a 60min	Infiltración acumulada a 60min	Contenido de humedad a 5cm	Materia orgánica en el suelo	Contenido de carbono	Materia orgánica en hojarasca	Densidad aparente	Densidad de raíces
Velocidad instantánea de infiltración	1	,386	,388	,376	-,066	-,050	-,174	-,229	-,454
Velocidad 60 min		1	1,000**	,214	,071	,054	,201	,270	-,179
Infiltración acumulada a 60min			1	,217	,062	,046	,193	,272	-,181
Contenido de humedad 5cm				1	-,486	-,467	-,007	-,651	-,101
Materia orgánica en el suelo					1	,999**	,808*	-,138	-,074
Contenido de carbono						1	,813*	-,172	-,105
Materia orgánica en hojarasca							1	-,426	-,135
Densidad aparente								1	,078
Densidad de raíces									1

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Adicionalmente, se observa que existe una correlación significativa en el nivel de 0,01, entre las variables infiltración acumulada a 60 minutos y la velocidad a 60 minutos. De la misma manera, el contenido de carbono se correlaciona con la materia orgánica en el suelo, habiéndose encontrado un 1% de diferencia entre variables. A su vez, se muestra la existencia de correlaciones significativas al nivel de 0,05, entre las variables de materia orgánica en hojarasca con materia orgánica en el suelo, y la materia orgánica en hojarasca con el contenido de carbono, presentándose un 5% de diferencia entre las variables. En conclusión, las variables tienen un comportamiento codependiente: la una variable influye en la otra, y al ser todas positivas nos señala, este hecho implica que si una variable aumenta la otra se comportará de igual manera

La infiltración acumulada a 60 minutos, así como la velocidad acumulada a 60 minutos son dependientes entre sí, ya que a partir de la velocidad acumulada se calcula la infiltración acumulada, por lo que son codependientes.

La materia orgánica en hojarasca, materia orgánica y carbono en el suelo se relacionan entre sí porque son directamente proporcionales y su presencia es relevante, tal y como se indica en estudios de Waring y Running (1998), que indican que la materia orgánica lleva a cabo funciones importantes en el suelo. En el caso de un bosque, la materia orgánica o humus, generalmente se forma a partir de la hojarasca que se desprende de los árboles, por lo que los suelos con mayor vegetación poseen mayor materia orgánica, y a su vez esta característica influye en la cantidad de carbono, por lo que se puede afirmar que las tres variables son directamente proporcionales entre sí.

1.1.9 Caudal

Los resultados de los caudales promedios mensuales se muestran en la figura 10. En el mes de septiembre no se pudo registrar el caudal debido a las bajas precipitaciones; ya que la toma de muestras hubiera ocasionado problemas de abastecimiento de agua a los moradores.

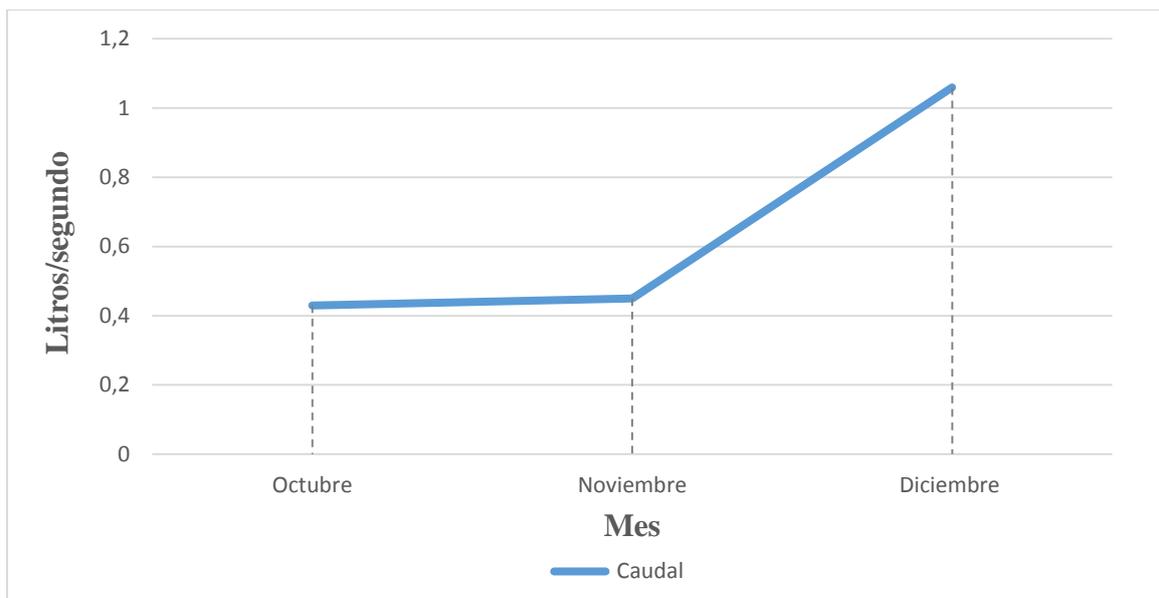


Figura 10. Caudal promedio mensual

Se dedujo que el menor caudal fue en el mes de septiembre ya que las precipitaciones fueron bajas y el flujo de caudal no se distinguía, el mayor caudal fue en el mes de diciembre con un valor de $1,06 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$. Esto se debe a que en el mes de Diciembre existieron mayores precipitaciones que en el resto de meses.

1.1.10 Índice de calidad de agua

En la tabla 9 se sistematizan los resultados de todos los muestreos que se han realizados dentro de esta investigación, los parámetros, unidades y se los compara con los límites permisibles de cada parámetro los mismos que se encontraron dentro del libro VI del Texto unificado de legislación secundaria del Ministerio de Ambiente (TULSMA) (2015).

Tabla 9. Parámetros de agua evaluados y límite máximo permisible

Parámetro	Unidades	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Límite Máximo Permisible -TULSMA
Oxígeno disuelto	mg/L	5,54	5,72	7,29	5,7	No menor a 6mg/l
Saturación de Oxígeno	%	94,2	100,7	126,4	93,1	No menor al 80%

pH	-	7,49	7,13	6,28	6,74	6-9
Temperatura	°C	26,5	28,5	24,6	23,1	Condición Natural +/- 3 grados
Conductividad	us/cm	58,6	56	48,54	45,1	No registra.
Turbidez	NTU	1,72	0,65	2,49	1,14	10
Solidos sedimentables	mg/L	menos de 0,1	menos de 0,1	menos de 0,1	menos de 0,1	No registra.
Solidos suspendidos	mg/L	0,5	0,5	1,4	0,2	No registra.
Solidos disueltos	mg/L	55	64	48	59	500

Se puede observar que el único parámetro que no cumple con el límite permisible según TULSMA es el oxígeno disuelto, registrándose valores por debajo del permitido en los meses de septiembre, octubre y diciembre, mientras que en el mes de noviembre se reportó un valor aceptable de 7,29 mg.L⁻¹. Según Espinoza (2005), esto se puede deber a que el oxígeno disuelto contenido en el agua es utilizado en la oxidación de los materiales orgánicos a medida que desciende bajo la zona de aireación al momento de percolarse en el suelo.

Según la Organización mundial de la salud (OMS), la turbidez del agua para el consumo humano no debe superar en ningún caso las 5 NTU, e idealmente debería situarse por debajo de 1 NTU. En los resultados obtenidos durante los meses de septiembre, noviembre y diciembre se registraron valores mayores a 1 NTU, mientras que en el mes de octubre se registró un valor de 0,65 NTU, siendo este el valor más bajo registrado que indica una mejor calidad de agua.

Por otra parte, la conductividad mide la cantidad de sales presentes en el agua. En el estudio que se describe en el presente informe la conductividad menor se presentó en el mes de diciembre con un valor de 45,1 µS.cm⁻¹, mientras que la conductividad mayor corresponde al mes de enero con un valor de 58,6 µS.cm⁻¹. Según Pérez (2016), el valor recomendado es menor a 400 µS.cm⁻¹; por lo tanto, esta agua no presenta riesgos para la ingesta humana según el parámetro de conductividad.

Por otra parte, la figura 11 representa los valores obtenidos de ICA a través del cálculo propuesto por la NSF, que se realizó durante 4 meses.

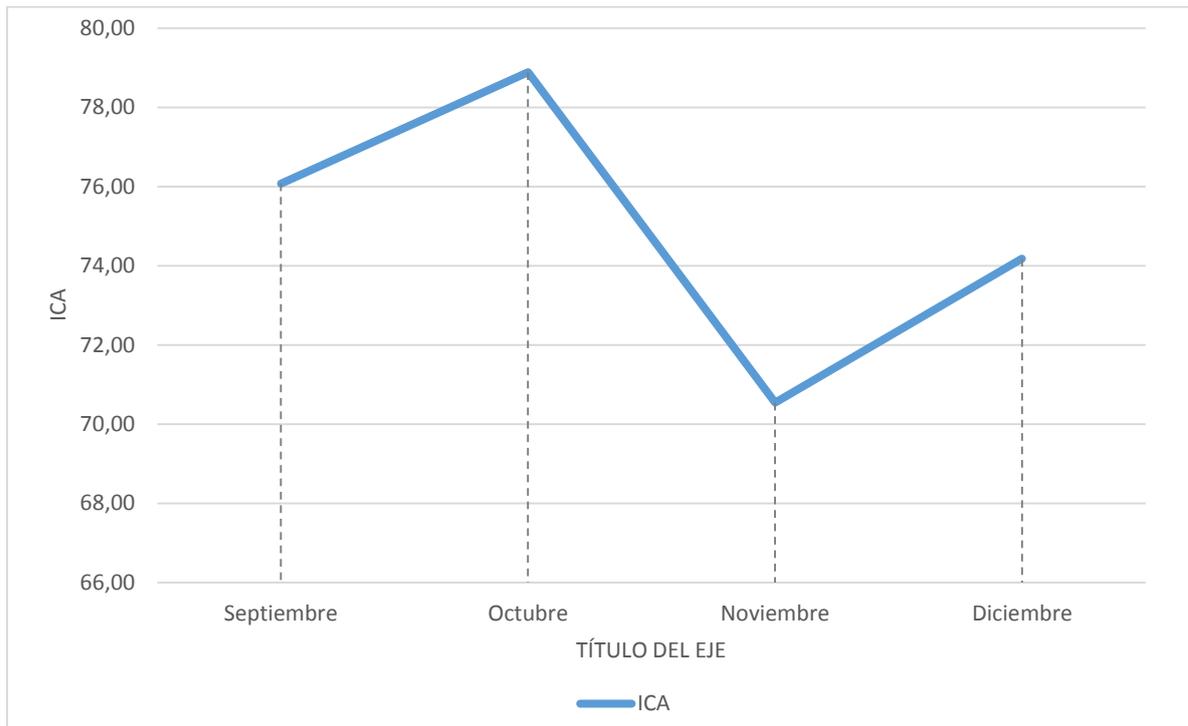


Figura 11. Índice de calidad de agua mensual

El ICA más bajo se registró el mes de noviembre seguido por el mes diciembre, siendo el valor más alto el registrado el mes de octubre. En todos los casos, se trata de agua de buena calidad pues los valores de ICA obtenidos siempre se encuentran entre 70 y 80, que corresponde a la categoría de “buena calidad”, según la interpretación ICA-NSF que aparecen en la tabla 3.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La zona de recarga hídrica de la comunidad Cotococha posee una área de 2292 m², habiéndose determinado que su mayor cobertura es el bosque, con un 85% de superficie, y en menor proporción el pasto, con un 15% del total de la zona. La captación posee una área de 11,6 m², y puede llegar a contener un volumen máximo de agua de 9.3 m³.
- Las características hidroedafológicas que influyeron en las condiciones hídricas de la zona de recarga fueron: cobertura vegetal, textura del suelo, infiltración, cantidad de materia orgánica y densidad aparente.
- La velocidad de infiltración a 60 minutos registró un valor promedio de 0.21 cm.h⁻¹ para pasto, mientras que para bosque se alcanzó un promedio de 0,86 cm.h⁻¹; en cuanto a la infiltración acumulada a 60 minutos, se obtuvieron valores de 12,43 cm.h⁻¹ para pasto y 53,91 cm.h⁻¹, para bosque; finalmente, la infiltración instantánea registró valores de 0.66 cm.h⁻¹, para pasto y 1.03 cm.h⁻¹, para bosque, lo que quiere decir que en la cobertura de bosque existió una mayor tasa de infiltración. Por último, es necesario destacar que la textura franco arcillosa del bosque favorece la infiltración del agua hacia la captación.
- Los datos obtenidos de materia orgánica en hojarasca, materia orgánica y contenido de carbono en el suelo, mostraron la relación directamente proporcional que existe entre ellos, de forma que si la materia orgánica en hojarasca disminuye o aumenta, la materia orgánica y el contenido de carbono se comportan de la misma manera. Y así, en el pasto se registraron valores menores que en bosque, lo que es debido a que el bosque libera mayor cantidad de hojas, proporcionando a sus suelos un mayor contenido de materia orgánica y carbono.
- La textura es de gran importancia, ya que influye en varias características hidroedafológicas. Se encontró que la textura de la cobertura de pasto es arcillo limosa, mientras que en la cobertura de bosque predomina la textura franco arcillosa.
- El promedio del contenido de humedad de 0-50 cm para las parcelas de pasto fue de 46,3 %, y para las de bosque fue de 44%; para la profundidad de 50-100 cm se obtuvieron valores de 43% para pasto y 40,75% para bosque, lo que indica que a mayor profundidad el contenido de humedad es menor.

- La medición de densidad aparente arrojó un valor de $1,22 \text{ g.cm}^{-3}$ para el pasto, y $1,47 \text{ g.cm}^{-3}$ para bosque
- La densidad de raíces reportada para pasto fue de $1,34 \text{ g.cm}^{-3}$, como promedio; mientras que en el bosque el valor fue de $1,19 \text{ g.cm}^{-3}$. En este punto, cabe indicar que la textura influye en la cantidad de raíces presentes, de manera que el suelo franco es el óptimo para el crecimiento de las plantas.
- El análisis de Pearson demostró una correlación entre los valores de la infiltración acumulada y la velocidad acumulada a 60 minutos; a su vez, mostró la relación existente entre la materia orgánica procedente de la hojarasca, y la materia orgánica y carbono presentes en el suelo, ya que se trata de parámetros codependientes
- El menor caudal registrado tuvo lugar en el mes de septiembre, y el mayor se produjo en el mes de diciembre, con un valor de $1,06 \text{ L.s}^{-1}$.
- Los parámetros que determinan la calidad del agua alcanzaron valores ubicados entre los límites permisibles, a excepción del oxígeno disuelto, sobre el que se reportaron valores menores al límite. Esta circunstancia se debe a que el suelo usa el oxígeno para oxidarse al momento de que el agua se filtra, y este se pierde. No obstante, según el ICA, el agua corresponde a la categoría de “buena calidad”.
- La influencia del tipo de cobertura repercutió en todos los resultados de los análisis hidroedafológicos realizados; por ello, es de suma importancia establecer las características de la cobertura del suelo, ya que de ello va a depender la mayoría de resultados que se obtengan

5.2 RECOMENDACIONES

- Las zonas de recarga hídrica deberían ser tomadas en cuenta como áreas prioritarias en los planes de manejo de cuencas implementados por las autoridades competentes dentro de la provincia de forma que se definan proyectos de protección y conservación de estos recursos naturales, con el doble propósito de resguardo de los servicios ecosistémicos que proporcionan y brindan un servicio a la comunidad.
- Sería conveniente realizar este tipo de estudios y mediciones de forma continuada, para así contribuir a generar información que permita la implementación de políticas públicas para el manejo de las cuencas hídricas.
- Se debería tener información cartográfica de la comunidad de Cotococha, puesto que son datos geográficos indispensables para desarrollar cualquier estudio que se desee corroborar dentro del área.
- Se recomienda hacer muestreo de agua en los meses más lluviosos, porque de lo contrario se puede causar problemas a la población.
- Consideramos necesario establecer estrategias de manejo sustentable planteadas de manera participativa junto con la comunidad, lo cual permitirá manejar el recurso hídrico de manera organizada con la colaboración directa de los implicados, hecho que permitirá garantizar su sostenibilidad ambiental.
- En este mismo orden de cosas, resulta de suma importancia involucrar a la comunidad para la identificación, protección y conservación de las zonas de recarga hídrica; ya que esto permite su empoderamiento en el manejo de las mismas y toma de acciones pertinentes, junto con las autoridades para el resguardo no sólo del recurso hídrico sino de la totalidad de los recursos naturales relacionados con el mismo.

CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFIA

- Abril, R., López, A., y Reyes, J. (2017). *Influencia del dosel y sotobosque en pérdida de suelo por escorrentía en bosque de realce*. Ingeniería Hidráulica y Ambiental, 38(2).
- Aguilar, H., Ortiz, E., Vílchez, B., y Chazdon, R. (2012). *Biomasa sobre el suelo y carbono orgánico en el suelo en cuatro estadios de sucesión de bosques en la Península de Osa, Costa Rica*. Revista Forestal Mesoamericana Kurú, 9(22), pág. 22-31. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v9i22.360>
- Aguilera, S. (2000). *Importancia de la protección de la materia orgánica en suelos*. Simposio Proyecto Ley Protección de Suelo. Boletín N° 14. Valdivia, Chile, p. 77-85.
- Andino, M. (2016). *Investigación de mercado, mediante la aplicación de la metodología del plan integral de marketing turístico, para proponer el plan de marketing en la comunidad Cotococha del cantón Pastaza* (Tesis de grado). Universidad Nacional de Loja, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17146/1/Tesis%20Lista%20Marco%20Andino.pdf>
- Andrades, M., y Martínez, E. (2014). *Fertilidad del suelo y parámetros que la definen. Material didáctico agricultura y alimentación*. 3ra ed. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/267902.pdf>
- Aparicio, M. (2005). *Fundamentos de hidrología de superficie*. Editorial LIMUSA. México, D. F. 1era Ed. 303 p. Recuperado de http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/adamoren/HIDRO/Fundamentos_de_hidrologia_de_superficie_-_Aparicio.pdf
- American Public Health Association- American Water Works Association- Water Pollution Control Federation (APHA-AWWA-WPCF). (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*, 17 edición, Ediciones Díaz de Santos, S.A., Madrid-España.
- Atenea. (2004). *Análisis Organoléptico y set de sólidos*. Universidad Distrital. Colombia, Recuperado de

http://atenea.udistrital.edu.co/grupos/fluoreciencia/capitulos_fluoreciencia/calaguas_cap4.pdf

- Atlas, R., y Bartha, R. (2002). *Ecología microbiana y microbiología ambiental*. 4ta. ed. Addison Wesley. Madrid, España. 677 p.
- Bartram, J., y Balance, R. (1996). *Water quality. En: Water quality monitoring: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes*. 1ra. ed. Londres ; Nueva York: E & FN. 15-47 p.
- Blanco, H. (2010). *Áreas de recarga hídrica de la aparte media - alta de las microcuencas Palo, Marín y San Rafaelito, San Carlos, Costa Rica*. Cuadernos de Investigación Universidad Estatal a Distancia, 2(2), 181- 204
- Breña, A., y Jacobo, M. (2006). *Principios y fundamentos de la hidrología superficial*. Universidad Autónoma Metropolitana, Mexico. Recuperado de http://www.uamenlinea.uam.mx/materiales/licenciatura/hidrologia/principios_fundamentos/libro-PFHS-05.pdf
- Campos, I. (2003). *Saneamiento Ambiental*. Costa Rica. Universidad Estatal a Distancia. Recuperado de https://books.google.com.ec/books?id=lsgrGBGIGeMC&pg=PA49&lpg=PA49&dq=qu%C3%A9+son+los+s%C3%B3lidos+suspendidos&source=bl&ots=E_f4oEBlrT&sig=SPeb06d2iG7N5_a51mBuxqQIRY&hl=es#v=onepage&q=qu%C3%A9%20son%20los%20s%C3%B3lidos%20suspendidos&f=false
- Carrillo, M. y Urgilés, P. (2016). *Determinación del índice de calidad de agua ICA-NSF de los ríos Mazar y Pindilig* (Tesis de grado). Universidad de Cuenca, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23518/1/tesis.pdf>
- Castro, H., y Gómez, M. (2010). *Fertilidad de suelos y Fertilizantes. En: Ciencia del suelo. Principios básicos*. Sociedad Colombina de la Ciencia del Suelo. Bogotá, Colombia. 213-303 p.
- Coello, C. (2005). *Análisis de métodos de estimación conductividad hidráulica* (Tesis de maestría). Universidad de Cuenca, Ecuador. Recuperado de <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/8.-Analisis-de-Metodos.pdf>

- Coello, C. (2016). *Curso de Hidrometría*, Universidad de Cuenca. Facultad de Ingeniería Civil.
- Cornelissen, J., Lavorel, S., Garnier, E., Díaz, S., Buchmann, N., Gurvich, D., Reich, P., Steege, H., Morgan, H., Heijden, M., Pausas, J. y Poorter, H. (2003). *A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide*. Australian Journal of Botany, 51(4) ,335-380.
- Coy, M. (2015). *Identificación de zonas potenciales de recarga hídrica en la subcuenca del río Tzunutz. Guatemala* (Tesis de grado). Universidad de San Carlos, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/17/17_0549.pdf
- Criollo, C. (2007). *Manejo de recursos naturales en las propuestas de autonomía indígena amazónicas, caso: OPIP y el plan de vida en la comunidad de San Jacinto de Pindo, provincia de Pastaza*. Ecuador
- Di Rienzo J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. (2014) 2014. Grupo INFOSTAT, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Donis, L. (2015). *Identificación de zonas de recarga hídrica en la microcuenca del río negro* (Tesis de grado). Universidad Rafael Landívar, Guatemala. Recuperado de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2015/06/15/Donis-Luisa.pdf>
- Dourojeanni, A. (2001). *Water management at the river basin level: challenges in Latin America*. Santiago, CL, CEPAL. 72 p.
- Duque, L. (2009). *Determinación experimental del “número de la curva” en cinco coberturas representativas de la provincia de Loja* (Tesis de grado). Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/1423/3/Tesis%20Luis.pdf>
- Espinoza, C. (2005). *Calidad de agua y contaminación de aguas subterráneas. Hidráulica de aguas subterráneas y su aprovechamiento*. Chile. Recuperado de <https://docplayer.es/51023363-Ci51j-hidraulica-de-aguas-subterraneas-y-su-aprovechamiento.html>
- Faña, B. (2002). *Evaluación Rápida de la Contaminación Hídrica*. Ediciones G.H.e.N. Grupo Hidro-ecológico Nacional, Inc. (G.H.e.N). República Dominicana.

Recuperado de <http://www.ambiente-ecologico.com/067-022000/juannicolafania67.htm>

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2014). Atlas. In FAO. *Atlas de Suelo de América Latina y El Caribe*. Luxemburgo: Join Reserch center.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2009). “*Guía para la descripción de los suelos.*” Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación, Roma, 2009. Cuarta Edición. Roma: 2009, p. 21-66.
- Faustino, J. (2006). *Identificación, evaluación y manejo de zonas de recarga hídrica*. San Salvador, SV, CATIE. 113 p.
- Fernández, N., y Solano, F. (2005). *Índices de Calidad y de Contaminación del Agua*. Norte de Santander, Colombia.
- García, A. (2010). *Manejo de la degradación del suelo*. En: Ciencia del suelo. Principios básicos. Sociedad Colombina de la Ciencia del Suelo. Bogotá, Colombia.305 – 360.
- Gómez, G., Cerron, R., Capcha, T., y Villavicencio, C. (2014). *Evaluación de la tasa de infiltración en tierras agrícolas, forestales y de pastoreo en la subcuenca del rio Shullcas*. Dialnet, 4 (1), 43.
- González, V., Caicedo, O., y Aguirre, N. (2013). *Aplicattion of water quality indices NSF, DINIUS and BMWP*. Revista Gestión y Ambiente. Recuperado de https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:45026932
- Gutiérrez, M., Méndez, J., Flórez, C., Ramírez, J. y Gutiérrez, B. (2012). *Caída de hojarasca en plantaciones de Pinus greggii Engelm y Pinus cembroides Zucc, en Coahuila, México*. Revista Fitotecnia Mexicana 35 (2): 123 – 133
- Hernández, A. (1998). *Depuración de Aguas Residuales*. Madrid, España. 197 p. Recuperado de <https://www.casadellibro.com/libro-depuracion-de-aguas-residuales/9788438001387/641965>
- Herrera, K. (2017). *Identificación hidrológica de zonas de recarga de las fuentes de abastecimiento de agua en la comuna la Esperanza, provincia del Carchi* (Tesis de grado). Universidad técnica del norte. Ecuador. Recuperado de

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6547/1/03%20RNR%20239%20TRABAJO%20DE%20GRADO%20.pdf>

Ibáñez, J. (2006). *Niveles de humedad del suelo y agua disponible. Consejo superior de investigaciones científicas. Madrid, España.* Recuperado de <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/06/26/33002>

International Business Machine (IBM). (2013). SPSS Statist

Instituto Nacional de Bosques (INAB). (2005). *Programa de Investigación de Hidrología Forestal.* Guatemala.

Instituto nacional de meteorología e hidrología (INAMHI). (2013). *Anuario meteorológico* N53. Ecuador

Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la Ciencia del Suelo.* Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias. 614 p.

Jiménez, R., y Arias, D. (2004). *Distribución de la biomasa y densidad de raíces finas en una gradiente sucesional de bosques en la Zona Norte de Costa Rica.* Kurú (2),1-23.

Ketchum, J., Donovan, J., y Avery, W. (2000). *Recharge characteristics of a phreatic aquifer as determined by storage accumulation.* Hydrogeology Journal, 8 (6), 579-593.

Kostiakov, A. (1932). *On the Dynamics of the Confinement of Water Percolation in Soils and on the Necessity of Studying it from a Dynamic Point of View for Purpose of Amelioration.* Society of soil science, Russia, 14, 17-21.

Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Uso y Aprovechamiento del Agua. (2014). Quito: Departamento Jurídico Editorial de la Corporación de Estudios y Públicos.

López, F., y Blanco, M. (1976). *Hidrología Forestal.* E.T.S. de Ing. De Montes. Madrid, España. 387 p.

MacDiken, K. (1997). *A Guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects.* Arlington, VA, US, Winrock Internacional. 87 p.

Makita, N., Hirano, Y., Mizoguchi, T., Kominami, Y., Dannoura, M., Ishii, H., Finér, L., y Kanazawa, Y. (2011). *Very fine roots respond to soil depth: biomass allocation, morphology, and physiology in a broad-leaved temperate forest.* Ecological

Research, 26(1) ,95-104. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1007/s11284-010-0764-5>

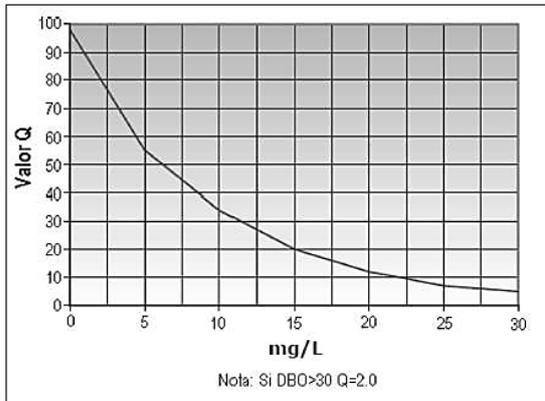
- Martinez, J., y Lopez, F. (1996). *Metodos para el estudio de las propiedades hidricas de suelos y formaciones superficiales*. SEG, Geoforma Ediciones, Logroño, 30 pp. Recuperado de <https://geomorfologia.es/publicaciones-socios/cuadernos-t%C3%A9cnicos-de-la-seg-n%C2%BA-9-m%C3%A9todos-para-el-estudio-de-las-propiedades-h%C3%AD>
- Matus, O. (2007). *Elaboración participativa de una metodología para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica en subcuencas hidrográficas, aplicada a la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica.
- Matus, O. (2009). *Guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica*. Turrialba, Costa Rica.
- Metcalf y Heddy. (1985). *Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, vertido y reutilización*. México: MC Graw Hill, 3(2), 59-102.
- Millar, C., Turk, L., y Foth, M. (1958). *Edafología fundamentos de la ciencia de los suelos* (Fundamentals of soil science) Compañía editorial Continental S.A. 62-80 p.
- Montenegro, H., y Malagón, D. (1990). *Propiedades Físicas de los Suelos*. Subdirección de Agrología. Instituto Geográfico “Agustín Codazzi”. 796 p.
- Newman, E. (1965). *A Method of Estimating the Total Length of Root in a Sample*. Journal of Applied Ecology, 3(1), 139-145. Doi:10.2307/2401670
- Organización mundial de la salud (OMS). (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano, plantas de filtración rápida*, Manual 1, tomo 1. Lima Perú, 150 p.
- Ozten, T., y Manterola, C. (2017). *Técnicas de muestreo sobre una población a estudio*. Morphol, 35 (1), 227-232. Recuperado de: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>
- Palacio, P., y Betancur, T. (2007). *Identificación de fuente y zonas de recarga a un sistema acuífero a partir de isótopos estables del agua*. Caso de estudio bajo Cauca Antioqueño. Gestión y Ambiente, 10(1), 167-181.

- Peñuela, L., y Carrillo, J. (2013). *Definición de zonas de recarga y descarga de agua subterránea a partir de indicadores superficiales: centro-sur de la Mesa Central, México*. Investigaciones Geográficas (81), 18-32.
- Philip, J. (1957). *The theory of infiltration: 4. Sorptivity and algebraic infiltration equations*. Soil Science, 84(3). Recuperado de https://journals.lww.com/soilsci/Fulltext/1957/09000/THE_THEORY_OF_INFILTRATION__4__SORPTIVITY_AND.10.aspx
- Pinot, R. (2000). *Manual de edafología* (4ta ed.). Recuperado de <https://www.casadellibro.com/libro-manual-de-edafologia-4-ed/9789701505311/719882>
- Pire, R. (1995). *Densidad longitudinal de raíces y extracción de la humedad en un viñedo del Tocuyo-Venezuela*. Agronomía Tropical, 35(1-3):5-20
- Ramakrishna, B. (1997). *Estrategias de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: conceptos y experiencias*. San José, CR, GTZ / IICA. 319 p.
- Ramírez, A., y Viña, G. (1998). *Limnología colombiana*. Aportes a su conocimiento y estadísticas de Análisis, BP Exploration. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Santafé de Bogotá.
- Reynolds, S. (1970). *The gravimetry method of soil moisture determination*. Part I. A study of equipment and methodological problems. Journal of Hydrology, 11(3), 258-273.
- Ríos, N., Cárdenas, A., Andrade, H., Ibrahim, M., Jiménez, F., Sancho, F., Ramirez, E., Reyes, B., y Woo, A. (2013). *Escorrentía superficial e infiltración en sistemas ganaderos convencionales y silvopastoriles en el trópico subhúmedo de Nicaragua y Costa Rica*. En N°45, Agroforestería en las Americas, 66-71. Nilapan Nicaragua.
- Roldán, G. (2003). *La bioindicación de la calidad del agua en Colombia*. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín. 170p.
- Rosell, R., Gasparoni, J., y Galantini, J. (2001). *Soil organic matter evaluation*. p. 311-322.
- Sarukhán, J., y Maass, J. (1990). *Bases ecológicas para un manejo sostenido de los ecosistemas: el sistema de cuencas hidrológicas*. pp. 81-114. In: E. Leff (ed.). Medio ambiente y desarrollo en México. Vol. I. Grupo Porrúa. México, D. F.

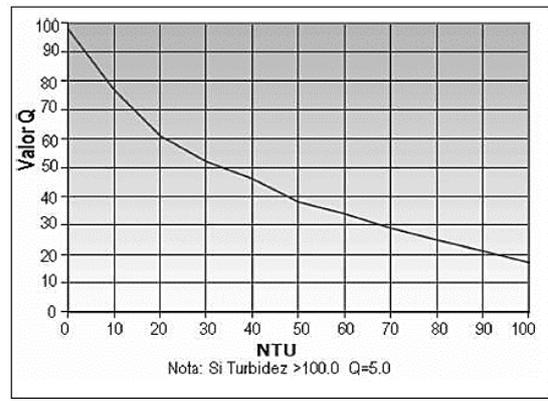
- Schulte, E., y Hopkins, B. (1996). *Estimation of Soil Organic Matter by Weight Loss-On-Ignition*. Soil Organic Matter: Analysis and Interpretation, SSSA Special publ (soilorganicmatt), 21-31. <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub46.c3>
- Tabatabai, M. (1996). *Soil Organic Matter Testing: An Overview*. Soil Organic Matter: Analysis and Interpretation, SSSA special publ (soilorganicmatt), 1-9. <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub46.c1>
- Torres, P., Hernán, C., y Patiño, P. (2009). *Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano*. Una revisión crítica. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 16. Recuperado de www.scielo.org.co
- Texto unificado de legislación secundaria del Ministerio de Ambiente (TULSMA). (2015). Libro VI Anexo 1. *Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua*. Quito, Ecuador
- Vélez, M. (2005). *Métodos para determinar la recarga en acuíferos*. Medellín: Universidad Nacional de Medellín.
- Villón, M. (2002). *Hidrología*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Recuperado de <http://civilgeeks.com/2014/08/31/libro-de-hidrologia-maximo-villon/>
- Walkley, A., y Black, C. (1938). *An examination of the Degtjareff's method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method*. Soil Science 37: 29-38. <https://doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003>
- Waring, R., y Running, S. (1998). *Forest Ecosystems "Analysis at Multiple Scales"*. 2da Ed. San Diego, USA: Academic Press, pp. 19-57. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=7731645&pid=S2007-2422201000040000500015&lng=es

CAPÍTULO VII. ANEXOS

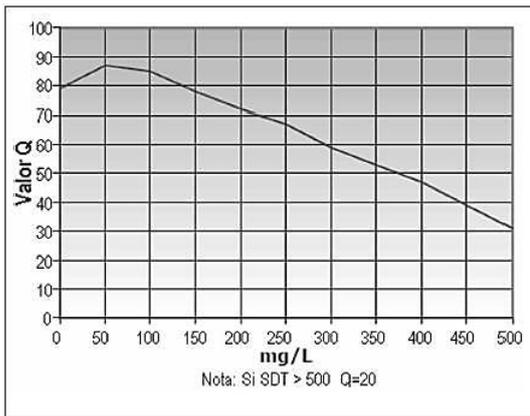
ANEXO A. FACTORES DE ESCALA, Q PARA LOS PARÁMETROS INVOLUCRADOS EN EL NSF-ICA



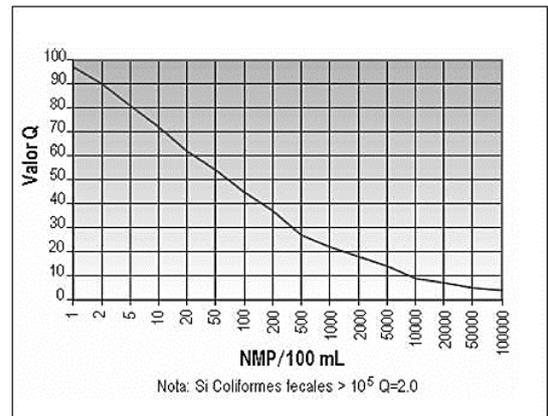
Curva de calidad de DBO



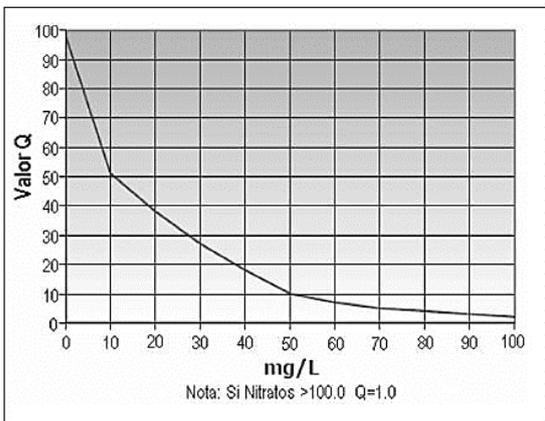
Curva de calidad de turbidez



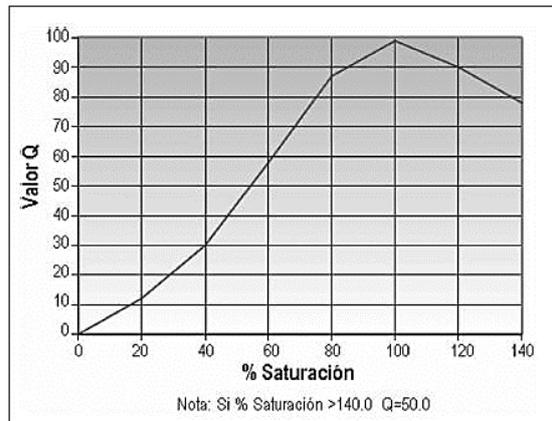
Curva de calidad de SDT



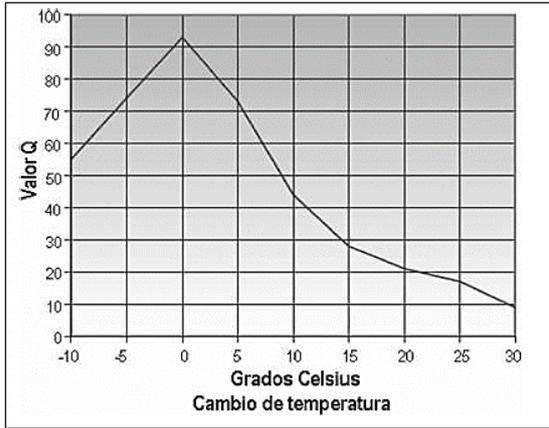
Curva de calidad de coliformes fecales



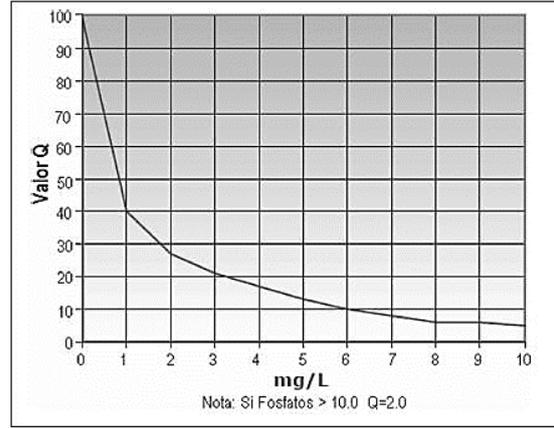
Curva de calidad de nitratos



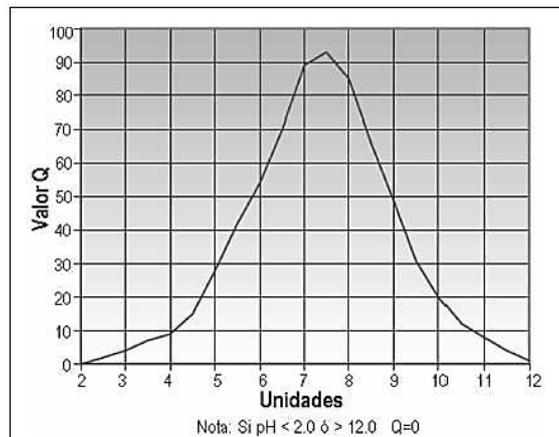
Curva de calidad de %OD



Curva de calidad de pH



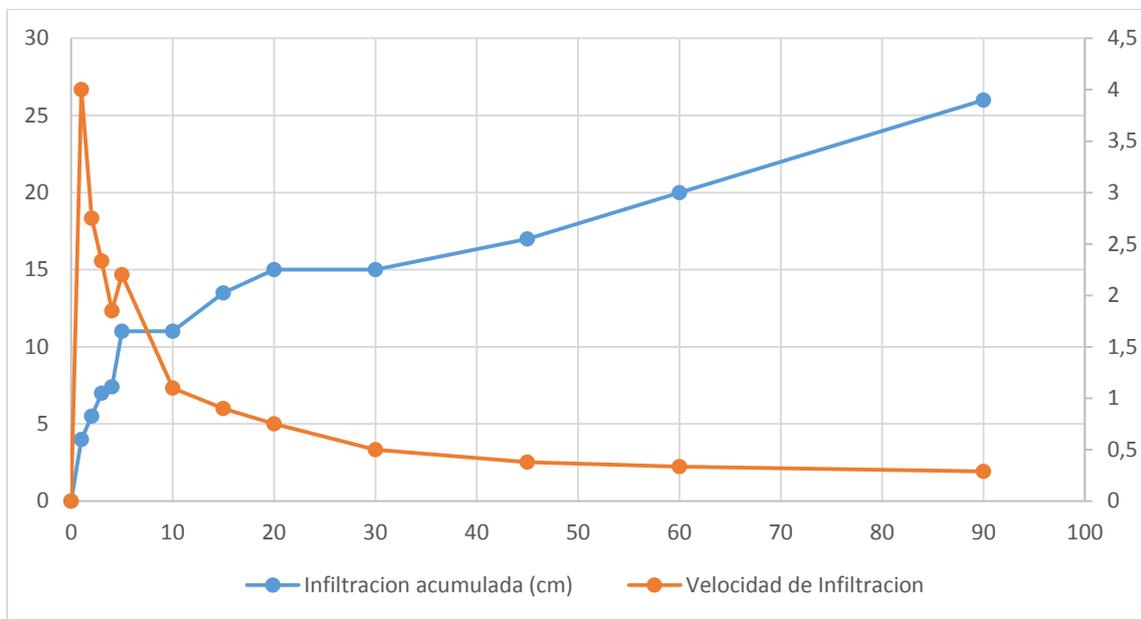
Curva de calidad de fosfatos



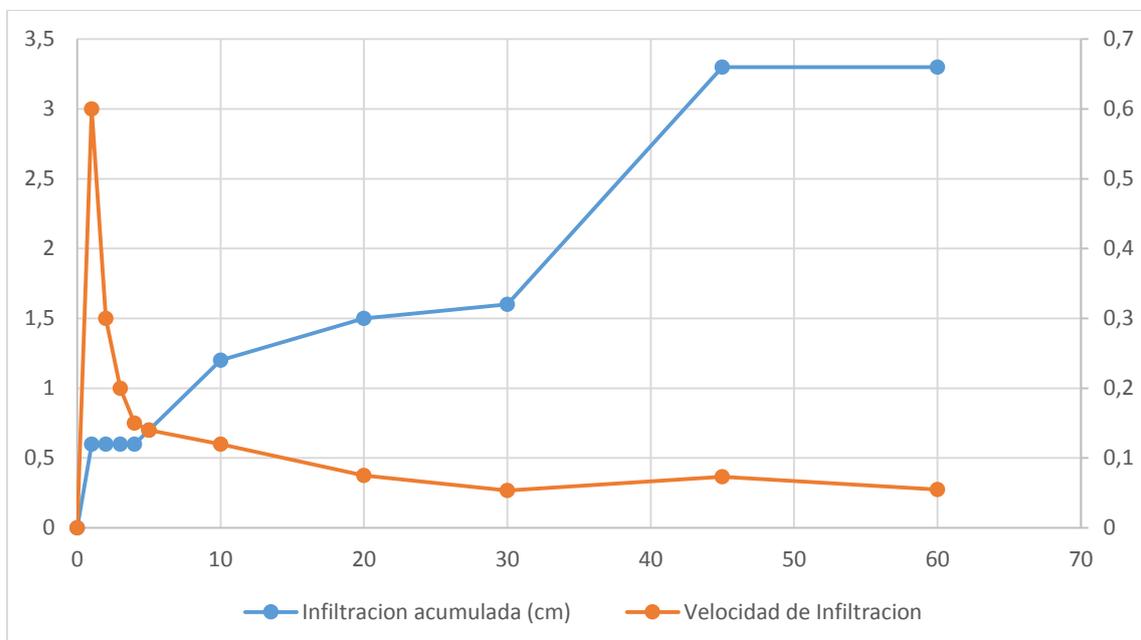
Curva de calidad de temperatura

ANEXO B. RESULTADOS DE VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN PROMEDIO E INFILTRACIÓN ACUMULADA.

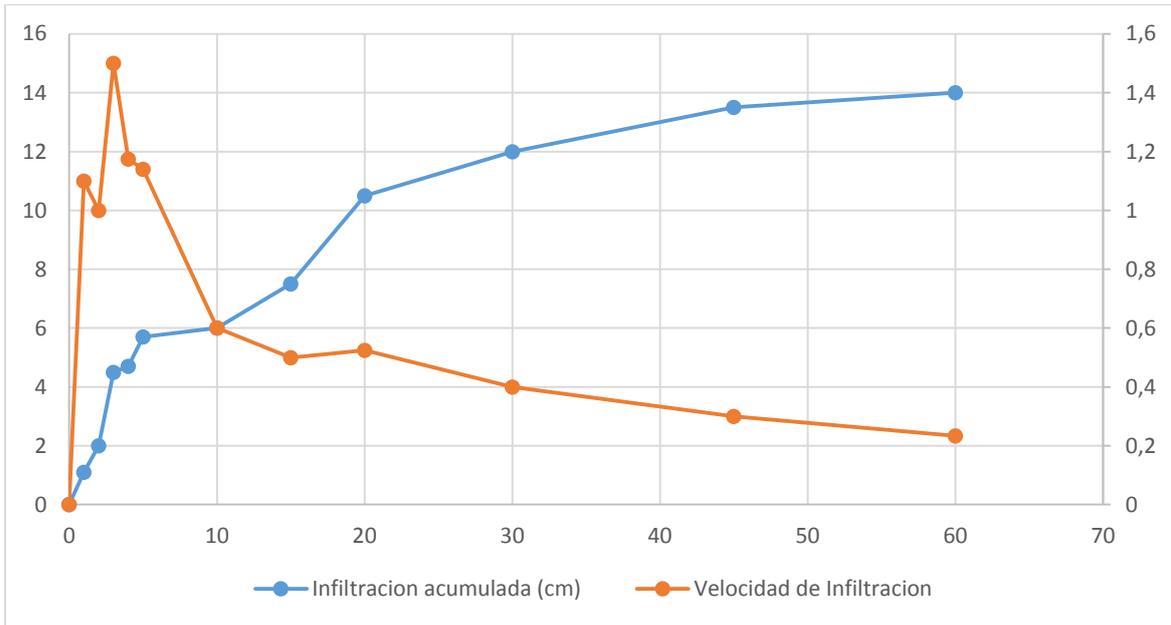
PARCELA 1 COMUNIDAD COTOCOCHA (PASTIZAL)



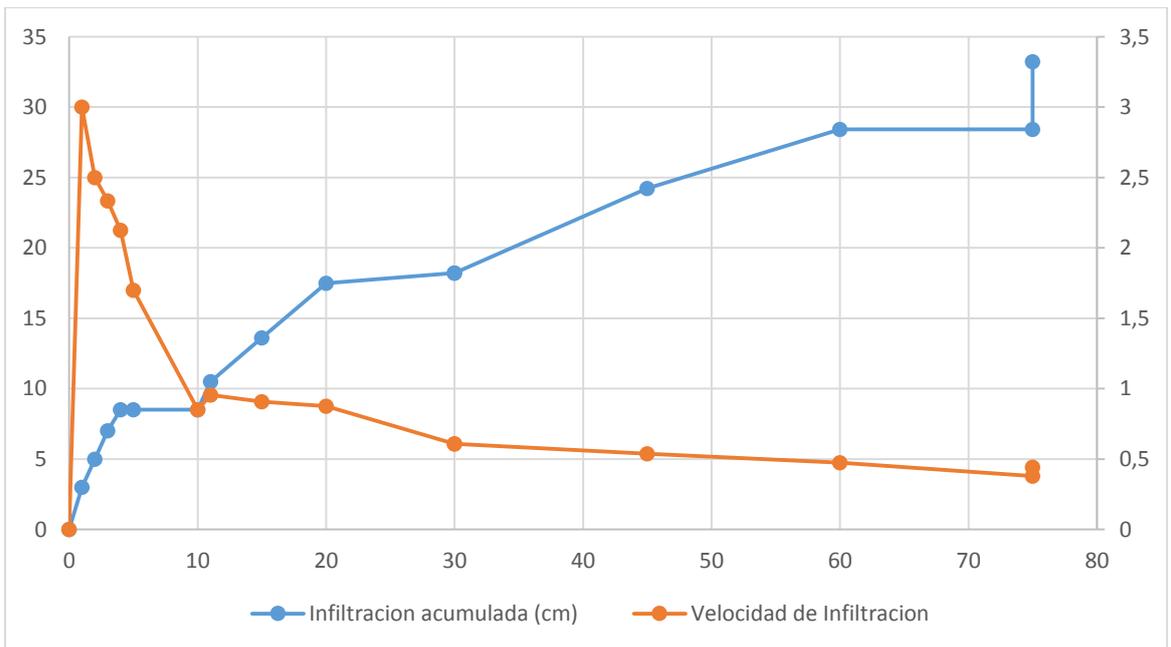
PARCELA 2 COMUNIDAD COTOCOCHA (PASTIZAL)



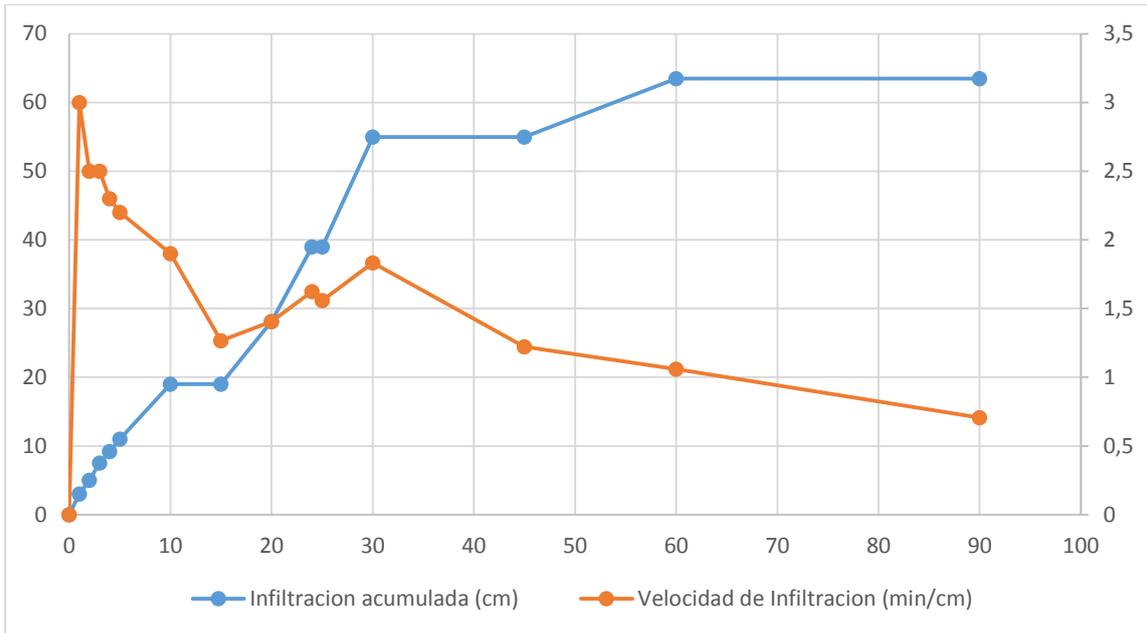
PARCELA 3 COMUNIDAD COTOCOCHA (PASTIZAL)



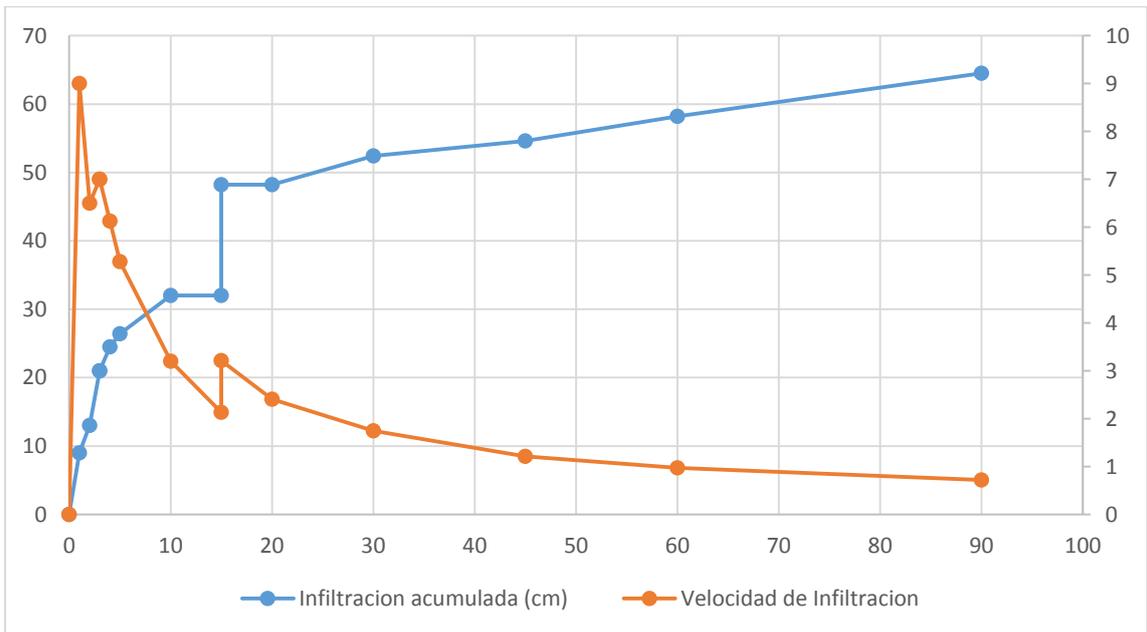
PARCELA 4 COMUNIDAD COTOCOCHA (COBERTURA ARBOREA-BOSQUE)



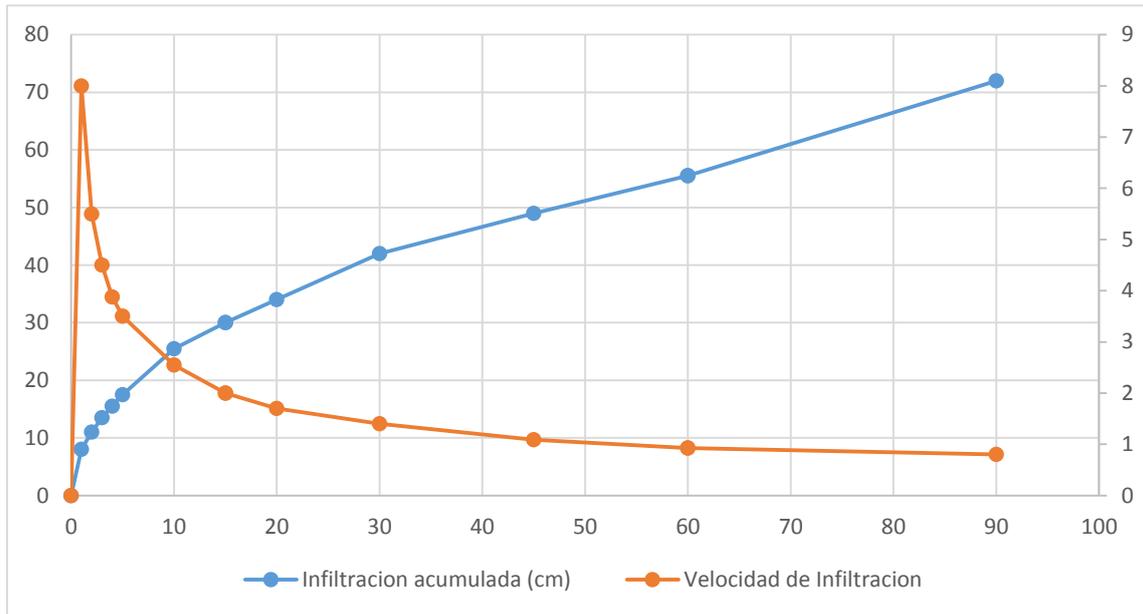
PARCELA 5 COMUNIDAD COTOCOCHA (COBERTURA ARBOREA-BOSQUE)



PARCELA 6 COMUNIDAD COTOCOCHA (COBERTURA ARBOREA-BOSQUE)



PARCELA 7 COMUNIDAD COTOCOCHA (COBERTURA ARBOREA-BOSQUE)



ANEXO C. DESCRIPCION DE LOS PARAMETROS A VALORARSE MENSUALES DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA.

Tabla 1. Descripción de los parámetros a valorarse dentro del mes de septiembre, calidad de agua.

Muestra 1- Septiembre						
Parámetro	Cantidad	Unidad	m	Peso relativo corregido	Índice	IW
Oxígeno disuelto	5,54	mg/L	0,17	0,264	90	23,76
Saturación de Oxígeno	94,2	%				
pH	7,49		0,11	0,204	90	18,36
Temperatura	26,5	°C	0,1	0,194	11	2,134
Conductividad	58,6	us/cm				
Turbidez	1,72	NTU	0,08	0,174	99	17,226
Solidos sedimentables	menos de 0,1	mg/L				
Solidos suspendidos	0,5	mg/L				
Solidos disueltos	55	mg/L	0,07	0,164	89	14,596
			0,53			76,076
			0,47			
		P. Proporcional	0,094			

Tabla 2. Descripción de los parámetros a valorarse dentro del mes de Octubre, calidad de agua.

Muestra 2- Octubre						
Parámetro	Cantidad	Unidad	m	peso relativo corregido	Índice	IW
Oxígeno disuelto	5,72	mg/L	0,17	0,264	100	26,4
Saturación de Oxígeno	100,7	%				
pH	7,13		0,11	0,204	90	18,36
Temperatura	28,5	°C	0,1	0,194	12	2,328
Conductividad	56	us/cm				
Turbidez	0,65	NTU	0,08	0,174	99,8	17,3652
Solidos sedimentables	menos de 0,1	mg/L				
Solidos suspendidos	0,5	mg/L				
Solidos disueltos	64	mg/L	0,07	0,164	88	14,432
			0,53			78,8852
			0,47			
		P. Proporcional	0,094			

Tabla 3. Descripción de los parámetros a valorarse dentro del mes de Noviembre, calidad de agua.

Muestra 3- Noviembre						
Parámetro	Cantidad	Unidad	m	peso relativo corregido	Índice	IW
Oxígeno disuelto	7,29	mg/L	0,17	0,264	87	22,968
Saturación de Oxígeno	126,4	%				
pH	6,28		0,11	0,204	60	12,24
Temperatura	24,6	°C	0,1	0,194	19	3,686
Conductividad	48,54	us/cm				
Turbidez	2,49	NTU	0,08	0,174	98	17,052
Solidos sedimentables	menos de 0,1	mg/L				
Solidos suspendidos	1,4	mg/L				
Solidos disueltos	48	mg/L	0,07	0,164	89	14,596
			0,53			70,542
			0,47			
		P. Proporcional	0,094			

Tabla 4. Descripción de los parámetros a valorarse dentro del mes de Diciembre, calidad de agua.

Muestra 4- Diciembre						
Parámetro	Cantidad	Unidad	m	peso relativo corregido	Índice	IW
Oxígeno disuelto	5,7	mg/L	0,17	0,264	93	24,552
Saturación de Oxígeno	93,1	%				
pH	6,74		0,11	0,204	70	14,28
Temperatura	23,1	°C	0,1	0,194	19	3,686
Conductividad	45,1	us/cm				
Turbidez	1,14	NTU	0,08	0,174	99	17,226
Solidos sedimentables	menos de 0,1	mg/L				
Solidos suspendidos	0,2	mg/L				
Solidos disueltos	59	mg/L	0,07	0,164	88	14,432
			0,53			74,176
			0,47			
		P. Proporcional	0,094			

ANEXO D. FOTOS.



Foto 1: Toma de coordenadas y delimitación en la zona de recarga de la comunidad.



Foto 2: Toma de datos de infiltración, de la zona de recarga de la comunidad con colaboración de los chicos de vinculación.



Foto 3: recopilación de las muestras de la recarga hídrica de la comunidad, para ser analizadas en los laboratorios de la Universidad.



Foto 4: preparación de las muestras, para ser analizadas dentro de los laboratorios de Universidad.



Foto 5: Punto de medición de caudal dentro de la zona de recarga de la comunidad.



Foto 6: Recopilación de agua.



Foto 7: Recolección de las muestras con el barreno



Foto 8: Determinación de textura del suelo



Foto 9: Captación de agua de la comunidad Cotococha



Foto 10: Marcos de madera para recolección de hojarasca



Foto 11: Análisis de ICA, para determinar los sólidos disueltos, suspendidos y sedimentables.