

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
TÍTULO A OBTENER: INGENIERO AMBIENTAL



TEMA:
CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE RECARGA HÍDRICA
EN LA COMUNIDAD HUAGRAYACU, PARROQUIA TARQUI,
CANTÓN PASTAZA, PROVINCIA DE PASTAZA

AUTORES:

Heidi Marivel Guevara Salan
Erika Elizabeth Villarroel Zumba

DIRECTOR DE PROYECTO:

Dr. Ricardo Abril PhD

PUYO - ECUADOR

2018 – 2019

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia especialmente a mis padres Marcelo Guevara y Tania Salan por apoyarme y estar siempre presentes.

También quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento a mi director de Proyecto al Dr. Ricardo Abril PhD, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

A la Universidad Estatal Amazónica, por haberme brindado tantas oportunidades y enriquecerme en conocimiento y a cada uno de los docentes que me han visto crecer como persona y gracias a sus conocimientos hoy puedo sentirme dichosa y contenta.

Heidi Marivel Guevara Salan

A Dios, porque su amor y misericordia ha sido infinita por haberme mantenido firme en cada dificultad haberme dado la salud y sabiduría necesaria para culminar la carrera.

Gracias a mis Padres, por haberme acompañado en este camino y haber creído en mí, gracias por el apoyo, la paciencia, y el gran amor que me tienen. por nunca dejarme sola y ser la fortaleza necesaria para llegar hasta aquí. A mis hermanos y toda mi familia que directa o indirectamente me han sabido dar su apoyo. Gracias infinitas a mi compañera de proyecto Heidi Guevara, por su apoyo, paciencia y cariño.

A mi tutor de tesis Dr. Ricardo Abril por haber sido paciente y transmitirnos todos sus conocimientos para llevar a un buen término nuestro proyecto. A mis profesores, y a la Universidad Estatal Amazónica por abrirme a las puertas y formarme a lo largo de todos estos años.

Erika Elizabeth Villarroel Zumba

DEDICATORIA

A mis padres Marcelo Guevara y Tania Salan quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y dedicación, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mis hermanos Bryan y Mayra por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A mi abuelita, a quien quiero como a una madre, por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento.

Finalmente quiero dedicar este proyecto a todos mis amigos, por apoyarme cuando más lo necesite, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día.

Heidi Marivel Guevara Salan

A Dios y a la vida por haberme dado tanto.

A mi Padres Rosa y Patricio por ser el pilar fundamental en mi vida, les dedico todos mis triunfos y todos mis sacrificios, ¡¡por ellos soy lo que soy ahora Los amo con mi vida!!

A mis hermanos Carlos y Fernanda, a mis cuñados y mis sobrinos por haberme apoyado siempre y no dejarme vencer por las adversidades.

A mi esposo Jhonatan, por haber sido incondicional y ser mi refugio en las tempestades.

A mi pequeño valiente, en este momento no entiendes mis palabras, pero para cuando seas capaz, quiero que te des cuenta de lo que significas para mí, eres mi razón de ser, mi motivación, inspiración y más grande felicidad. Te amo infinitamente...

Erika Elizabeth Villarroel Zumba

RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo del proyecto fue caracterizar la zona de recarga hídrica mediante parámetros hidro-edafológicos en la comunidad Huagrayacu. Para lograr los objetivos planteados se utilizó un modelo metodológico, se determinó el área y los usos de suelo bosque, caña, guadua y pastizal. Los resultados obtenidos en la velocidad de infiltración tienen una media de 0,12 cm/min, la mayor la densidad aparente se registró en el uso de suelo de la guadua con 1,22 Mg/m³, con una textura franco arcillo arenoso y la menor densidad se obtuvo en el uso de suelo del pastizal con 0,75 Mg/m³, una textura franco limoso. La humedad a una profundidad de 5 cm presenta valores máximos de 72% en el uso del suelo del bosque y la caña. El contenido de materia orgánica está relacionado con el contenido de carbono y estas a su vez está relacionada con la densidad de raíces presentes en el suelo. Los valores más altos se obtuvieron en el uso de suelo del bosque y la Caña, y los menores valores se obtuvieron en el uso de suelo del pastizal y la guadua. Además, Se determino los índices de calidad de agua (ICA), los cuales muestran que el agua es de calidad media apta para el consumo humano. El caudal vario de 0 a 0,54 L/s. El embalse de la zona de recarga tiene un volumen de 30,50 m³, de los cuales el 16% del volumen es sedimento. Se recomienda realizar mantenimientos continuos en la zona de recarga hídrica.

Palabras claves: Calidad de agua, Uso de suelo, Zona de recarga, Características hídricas, Características edafológicas.

ABSTRACT

The objective of the project was to characterize the water recharge zone through hydro-edaphological parameters in the Huagrayacu community. To achieve the objectives set, a methodological model was used, the area and the uses of forest, cane, bamboo and pasture land were determined. The results obtained in the infiltration rate have an average of 0.12 cm / min, the greater the apparent density was registered in the use of soil of the guadua with 1.22 Mg / m³, with a sandy clay loam texture and the lower density was obtained in the use of grassland soil with 0.75 Mg / m³, a loamy silt texture. Humidity at a depth of 5 cm presents maximum values of 72% in the use of forest floor and cane. The content of organic matter is related to the carbon content and these in turn is related to the density of roots present in the soil, the highest values were obtained in the use of forest and cane soil, and the lowest values were obtained in the use of pasture and guadua soil. In addition, the water quality indexes (ICA) were determined, which show that the water is of average quality suitable for human consumption. The flow rate varied from 0 to 0.54 L / s. The reservoir in the recharge area has a volume of 30.50 m³, of which 16% of the volume is sediment. It is recommended to carry out continuous maintenance in the water recharge zone.

Keywords: Water quality, land use, recharge zone, water characteristics, soil characteristics.

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO I	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3. HIPÓTESIS	2
1.4. OBJETIVO	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
CAPITULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	3
2.1. ANTECEDENTES	3
2.1.1. Creación	3
2.1.2. Temperatura	3
2.1.3. Precipitación	3
2.1.4. Hidrografía	3
2.1.5. Geología	3
2.1.6. Relieve	4
2.2. BASES TEÓRICAS	4
2.2.1. ZONA DE RECARGA	4
2.2.1.1. Cuenca hidrográfica	4
2.2.1.2. Zonas de recarga	4
2.2.1.3. Zonas de descarga	4
2.2.1.4. Importancia de la recarga hídrica	5
2.2.2. USO DE SUELO Y CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS	5
2.2.2.1. Uso de la tierra	5
2.2.2.2. Escorrentía	5

2.2.2.3. Cobertura Vegetal.....	6
2.2.2.4. Infiltración.....	6
2.2.2.5. Velocidad de Infiltración	6
2.2.2.7. Textura	7
2.2.2.8. Humedad del suelo	7
2.2.2.9. Carbono Orgánico.....	8
2.2.3. CALIDAD DE AGUA.....	8
2.2.3.1. Solidos Disueltos totales (SDT)	9
2.2.3.2. Solidos suspendidos totales (SST).....	9
2.2.3.3. Solidos Sedimentables	9
2.2.3.4. pH	9
2.2.3.5. Turbiedad.....	9
2.2.3.6. Conductividad eléctrica	9
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	10
3.1. LOCALIZACIÓN	10
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	11
3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	11
3.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	11
3.4.1. ZONA DE RECARGA	11
3.4.1.1. Identificación de la zona de recarga hídrica.	11
3.4.2. USOS DE SUELO Y CARACTERÍSTICAS EDAFOLÓGICAS	12
3.4.2.1. Toma de muestras.....	12
3.4.2.2. Velocidad de infiltración	13
3.4.2.3. Análisis de la densidad aparente	14
3.4.2.5. Humedad a 5 cm de profundidad.....	15

3.4.2.6. Análisis del Contenido de carbono en el suelo	16
3.4.2.7. Densidad de raíces	16
3.4.2.8. Análisis estadísticos	17
3.4.2.9. Toma de muestras para el análisis de humedad en perfil (0-50) y (50 -100), hojarasca y cobertura.	17
3.4.2.10. Análisis de la Humedad en perfil (0-50) y (50 -100).....	18
3.4.2.11. Contenido de hojarasca	18
3.4.3. CALIDAD DE AGUA.....	19
3.4.3.1. Determinación del pH en el agua, oxígeno disuelto (OD), Conductividad y Temperatura en el agua	19
3.4.3.2. Determinación de la Turbidez.....	19
3.4.3.3. Determinación de los sólidos sedimentables	19
3.4.3.4. Determinación de los sólidos suspendidos totales	19
3.4.3.5. Determinación de los sólidos disueltos totales	20
3.4.3.6. Determinación del Índice se calidad de agua (ICA)	20
3.4.3.7. Mediciones del Caudal.....	21
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
4.1. ZONA DE RECARGA	22
4.1.1. Identificación de los usos de suelo de la recarga hídrica	22
4.1.2. Determinación del área y volumen de sedimentos en el embalse	23
4.2. USOS DE SUELO Y CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS	
4.2.3. Velocidades de infiltración	23
4.2.4. Densidad aparente y Textura	24
4.2.5. Humedad a 5 cm	26
4.2.6. Contenido de materia orgánica (MO).....	27
4.2.8. Densidad de raíces	30

4.3.9. Contenido de humedad	32
4.4.10. Contenido de hojarasca	33
4.3. CALIDAD DE AGUA.....	34
4.3.1. Índices de Calidad de Agua (ICA)	34
4.3.2. Caudal	38
CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
5.1. CONCLUSIONES	39
5.2. RECOMENDACIONES.....	41
CAPITULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
CAPITULO VII. ANEXOS	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de recarga hídrica de la comunidad de Huagrayacu.....	10
Figura 2. Esquema de muestreo aleatorio simple para el estudio de la zona de recarga. ...	12
Figura 3. Esquema de muestreo según el método de líneas de intercepción para el estudio de la zona de recarga.	18
Figura 4. Mapa de diferentes usos de suelo en la zona de recarga hídrica de la comunidad de Huagrayacu.	22
Figura 5. Contenido de humedad a los 5cm en los diferentes usos de suelo.	27
Figura 6. Contenido de carbono en los diferentes usos de suelo.....	29
Figura 7. Contenido de humedad del lado derecho de la zona de recarga hídrica en los diferentes perfiles de suelo de 0-50 y 50-100.....	32
Figura 8. Contenido de humedad del lado izquierdo de la zona de recarga hídrica en los diferentes perfile de suelo de 0-50 y 50-100	33
Figura 9. Contenido de hojarasca, en la zona de recarga hídrica.	34
Figura 10. Índices de calidad de agua en la zona de recarga hídrica de Huagrayacu.....	35

Figura 11. Parámetros evaluados para la determinación del índice de calidad de agua en la zona de recarga hídrica de Huagrayacu.	37
Figura 12. Caudal de la zona de recarga hídrica en los meses de estudio.	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de la infiltración básica (Ib).....	14
Tabla 2. Escala de clasificación, para la identificación de los índices de calidad de agua.	21
Tabla 3. Velocidades de infiltración en los diferentes usos de suelo en zona de recarga hídrica de la comunidad de Huagrayacu.	24
Tabla 4. Densidad aparente y textura en los diferentes usos de suelo	26
Tabla 5. Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para el porcentaje de humedad y la cobertura del suelo	27
Tabla 6. Contenido de materia orgánica en los diferentes usos de suelo.	28
Tabla 7. Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para el porcentaje de humedad del suelo con relación al contenido de carbono.	30
Tabla 8. Densidad de raíces finas en los diferentes usos de suelo.....	31
Tabla 9. Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para el porcentaje de humedad y la densidad de raíces finas	31

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Clases texturales	48
Anexo 2. Sedimentos en el estanque de la zona de recarga hidrica de la comunidad de Huagrayacu.....	49
Anexo 3. Medición de la velocidad de infiltración (metodo del cilindro infiltrómetro simple).....	50
A nexo 3. 1. Pruebas de infiltración realizada en la parcela 1 del uso de suelo de pastizal.	50
A nexo 3. 2. Pruebas De Infiltración Realizada En La Parcela 2 Del Usos De Suelo Del Pastizal.	50

A nexo 3. 3. Pruebas de infiltración realizada en la parcela del uso de suelo de “Guadua angustifolia”	50
A nexo 3. 4. Pruebas de infiltración realizada en la parcela 1 del uso de suelo del bosque.	51
A nexo 3. 5. Pruebas de infiltración realizada en la parcela 2 del uso de suelo del bosque.	51
A nexo 3. 6. Pruebas de infiltración realizada en la parcela 3 del uso de suelo del bosque.	51
A nexo 3. 7. Pruebas de infiltración realizada en la parcela 4 del uso de suelo del bosque.	51
A nexo 3. 8. Pruebas de infiltración realizada en la parcela 5 del uso de suelo del bosque.	52
A nexo 3. 9. Pruebas de infiltración realizada en la parcela 6 del uso de suelo del bosque.	52
A nexo 3. 10. Pruebas de infiltración realizada en la parcela 1 del uso de suelo de la caña de azúcar “Saccharum officinarum”	52
A nexo 3. 11. Pruebas de infiltración realizada en la parcela 2 del uso de suelo de la caña de azúcar “Saccharum officinarum”	52
A nexo 3. 12. Pruebas de infiltración realizada en la parcela 3 del uso de suelo de la caña de azúcar “Saccharum officinarum”	53
Anexo 4. Análisis de laboratorio de los parámetros realizados para la determinación de la calidad de agua.....	54
Anexo 5. Curvas de función de la calidad NSF.....	55
Anexo 5.1. Función de calidad NSF Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto.....	56
Anexo 5.2. Función de calidad NSF Potencial de hidrogeno (pH).....	56
Anexo 5.3. Función de calidad NSF Temperatura (C°).....	57
Anexo 5.4. Función de calidad NSF Sólidos disueltos.....	57
Anexo 5.5. Función de calidad NSF Turbidez.....	58
Anexo 6. Presupuesto	59
Anexo 7. Fotografías.....	60
Anexo 7.1. Medición de sedimentos en el embalse de la zona de recarga hídrica.....	60
Anexo 7.2. Medición del caudal en la zona de recarga hídrica de Huagrayacu.....	60
Anexo 7.3. Análisis de solidos suspendidos en el laboratorio ambiental de la Universidad Estatal Amazónica	60
Anexo 7.4. Análisis de la hojarasca en el laboratorio ambiental de la Universidad Estatal Amazónica.....	60
Anexo 7.5. Muestreo de suelo de 0-50 cm con el barreno en la zona de recarga	

hídrica.....	61
Anexo 7.6. Embalse de la zona de recarga hídrica de Huagrayacu.....	61

CAPITULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso renovable, considerando que el ciclo hidrológico global no tiene fin, a través de la dinámica de la evaporación, condensación y escorrentía, su disponibilidad es considerada un potencial de crecimiento económico, tomando en cuenta la calidad y cantidad, y que las distintas actividades realizadas en un país dependen de este líquido vital, y que no puede ser remplazado por algún invento o descubrimiento de alguna alternativa (Broosk, 2014).

Según Ordoñez (2011), las cuencas hídricas son espacios geográficos donde las lluvias se filtran y escurren a un cauce principal, formando manantiales, ríos y lagos, cualquier lugar de la tierra forma parte de una cuenca. Por medio de las infiltraciones, se incorpora agua procedente de las lluvias y aguas superficiales. En zonas de recarga hídrica sucede un proceso que ocurre de forma natural, éstas son consideradas como sitios con mayor capacidad de infiltración o con rocas superficialmente permeables (Matus Silva, 2013).

Según González (2011), el manejo de las recargas hídricas es el conjunto de acciones que se realizan para proteger, conservar, utilizar, aprovechar, manejar y rehabilitar adecuadamente los recursos naturales en las cuencas hidrográficas, la cual promueve y busca el equilibrio ecológico, social y económico de los recursos naturales y el ambiente en el contexto de la intervención humana.

La comunidad de Huagrayacu, de la parroquia Tarqui cantón Pastaza, tiene su fuente de abastecimiento de agua en una captación ubicada a 50 metros de la escuela, la cual presenta una zona de recarga con una área de 3036 m², donde se identifica la presencia de plantaciones de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), bosque secundario, pastizal y plantación de guadua (*Guadua angustifolia*). La misma abastece a 123 habitantes, pertenecientes a la nacionalidad kichwa. En base a ello, es de vital importancia la conservación de esta zona de recarga hídrica para el aseguramiento del agua para la comunidad. De no tomar medidas correctas acarrearía problemas como la mala calidad de agua que genera enfermedades gastrointestinales, y en algunos casos provocando la muerte, además puede ocurrir la disminución del caudal afectando a esta comunidad.

1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA

Los diferentes usos de suelo como pastizal, bosque secundario, plantación de guadua y plantación de caña de azúcar, pueden influenciar en las características hidro edafológicas en la zona de la recarga hídrica de Huagrayacu, donde el agua procedente de la recarga es aprovechada por los habitantes de la comunidad para cubrir las necesidades básicas. La afectación en calidad y cantidad afectara directamente a la comunidad, por tal motivo es de vital importancia conservar la zona de recarga hídrica.

1.3. HIPÓTESIS

Los usos de suelo influyen en las características hidro-edafológicas en la zona de recarga hídrica en la comunidad de Huagrayacu.

1.4. OBJETIVO

Caracterizar la zona de recarga hídrica mediante parámetros hidro-edafológicos en la comunidad Huagrayacu, Parroquia Tarqui, Cantón Pastaza, Provincia de Pastaza.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Delimitar la zona de recarga hídrica en la comunidad de Huagrayacu
- Evaluar las características hídricas y edafológicas en la zona de recarga hídrica en cada uso de suelo.
- Determinar cómo influyen los usos de suelo en las características hidro-edafológicas
- Establecer los índices de calidad de agua en la toma de captación de la comunidad de Huagrayacu

CAPITULO II.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Creación

Tarqui, logra su parroquialización con la publicación del Registro Oficial No. 800, publicado el 25 de abril de 1955 y cuenta con una extensión de 8.827,57 hectáreas (PDOT, 2010).

2.1.2. Temperatura

Posee un clima Húmedo Tropical, la temperatura promedio anual de la región es de 20,8°C, con una muy débil variabilidad a lo largo del año. Las máximas absolutas se establecen cerca de 32,6°C y las mínimas absolutas son de 12,1°C (PDOT, 2010).

2.1.3. Precipitación

Los meses más lluviosos son abril, mayo y junio; los menos lluviosos son enero, febrero agosto y septiembre y la precipitación media mensual es 418,3 mm, las precipitaciones son permanentes durante todo el año debido al aporte de masas de aire húmedo provenientes de la Cuenca Amazónica (PDOT, 2010).

2.1.4. Hidrografía

El sistema hidrográfico de la parroquia de Tarqui está comprendido por las cuencas del río Puyo y Putuimi. Otros ríos de importancia son el Salomé, Chichico, Pindo Grande, Chingushimi, Rosario Yacu y el estero Palimbe, Chicocoyak y Paliaba (PDOT, 2010).

2.1.5. Geología

La comunidad de Huagrayacu poseen una moderada susceptibilidad a movimientos en masa, es decir todo el territorio de la parroquia corresponde a zona de alta intensidad sísmica. La mayor parte del territorio de Tarqui tiene susceptibilidad a la erosión de grado medio. Se la calificó de tal manera debido a la presencia del monocultivo de la caña de azúcar, al no tener un manejo tecnificado de los suelos la parroquia tendría como consecuencias un gradual empobrecimiento, esterilidad, erosión y desertificación de sus suelos (PDOT, 2010).

2.1.6. Relieve

El territorio de la Parroquia Tarqui corresponde al Bosque siempre verde piemontano del norte centro de la cordillera oriental de los Andes. La parroquia de Tarqui presenta una superficie de 9.820,76 hectáreas, el cual un total de 128,27 ha corresponden a un relieve plano con pendientes de 0 a 5%, la comunidad de Huaguayacu, tiene suelos que permiten la siembra de especies de moderado o largo periodo vegetativo de tipo herbáceo o arbustivo con cobertura vegetal protectora, son tierras agropecuarias sobre suelos aptos para cultivos (PDOT, 2010).

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. ZONA DE RECARGA

2.2.1.1. Cuenca hidrográfica

Son espacios territoriales delimitados por un parte aguas (partes más altas de montañas) donde se concentran todos los escurrimientos (arroyos y/o ríos) que confluyen y desembocan en un punto común llamado también punto de salida de la cuenca, que puede ser un lago (formando una cuenca denominada endorreica) o el mar (llamada cuenca exorreica) (González et al., 2015).

2.2.1.2. Zonas de recarga

Es donde ocurre el proceso de forma natural, por el cual, se incorpora agua procedente de la infiltración de la lluvia, por aguas superficiales y por la transportacion entre acuíferos. El área donde ocurre la recarga se le llama zona de recarga y por consiguiente son sitios con mayor capacidad de infiltración o con rocas superficialmente permeables (Donis, 2015).

2.2.1.3. Zonas de descarga

Una zona de descarga es la evidencia más viable de identificar el funcionamiento del agua subterránea, es el sitio donde el agua aflora (superficie) y representa la fase final de recorrido del flujo subterráneo; así, el agua ha adquirido propiedades particulares (salinidad, temperatura, pH, OD, entre otros) teniéndose una continuidad específica de caudal en el tiempo que condiciona la presencia de determinado suelo y de una vegetación acorde con las variables del caso (Peñuela & Carrillo, 2013).

2.2.1.4. Importancia de la recarga hídrica

La importancia de dichas zonas empieza por el hecho de que constituyen parte del ciclo del agua, además de su aprovechamiento dentro del ámbito social y el mantenimiento del equilibrio ecológico, por lo anterior, es necesario proteger y mantener su calidad y cantidad del recurso hídrico, ya que, repercute en el bienestar de todo ser vivo (Donis, 2015).

2.2.2. USO DE SUELO Y CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS

2.2.2.1. Uso de la tierra

La calidad del suelo de diversas áreas de nuestro planeta ha decaído significativamente desde que sistemas pastoriles o forestales fueron paulatinamente sustituidos por la actividad agrícola (Bravo et al. 2017)

El suelo se deteriora cuando el uso de la tierra se establece en tierras no aptas para dicha intensidad o tipo de uso, causando problema de degradación como la erosión y compactación. También se reduce la capacidad de infiltración y, por consiguiente, la recarga hídrica disminuye (Matus, Faustino, & Jimènez, 2009).

La compactación de los suelos de los principales causantes de en la disminución de infiltración de agua en los mismos, esto provoca una reducción en el volumen, en la distribución del tamaño y forma de los poros, lo cual afecta en sentido negativo a la capacidad de aireación del suelo, el intercambio de gases con la atmosfera, la capacidad de retención del agua, la consistencia del suelo y la resistencia mecánica al desarrollo de raíces (Pla.I, 2015).

2.2.2.2. Escorrentía

Se refiere a la cantidad de agua de lluvia, riego o deshielo que excede la capacidad de infiltración del suelo, es decir, que supera la capacidad de almacenamiento de agua del suelo, por lo tanto, esta fluye en dirección longitudinal a la pendiente dirigiéndose a cuerpos de agua como ríos, lagos, embalses y océanos (Matus Silva, 2013).

2.2.2.3. Cobertura Vegetal

Es la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, comprendiendo una amplia gama de biomásas con diferentes características fisonómicas y ambientales que van desde pastizales hasta las áreas cubiertas por bosques naturales. La cobertura de plantas salvajes o cultivadas que crecen espontáneamente sobre una superficie de suelo o en un medio acuático. Su distribución en la tierra depende de los factores climáticos y de los suelos, la relación entre la vegetación y el clima es muy grande. Cobertura vegetal también controla la tasa de erosión del suelo en sistemas agroforestales (Pérez et.al., 2012).

2.2.2.4. Infiltración

Es el movimiento del agua desde la superficie hacia el interior del suelo, acumulándose en los poros del suelo, para poder ser utilizada por plantas o avanzar por gravedad desplazándose hacia capas más profundas del suelo, donde alimenta a los mantos freáticos. La capacidad de infiltración se mide por la cantidad de agua que el suelo es capaz de retener por unidad de tiempo (mm/h, cm/min, cm/h), de acuerdo a su humedad, composición y grado de compactación (González W. , 2011).

Es un proceso que depende de la morfología y composición del terreno. La infiltración se puede dar de forma saturada o no saturada. Los dos procesos son muy diferentes. En tanto que uno depende directamente de la ley de Darcy esta describe los flujos de fluidos a través de materiales porosos y el otro fenómeno está influido por las reacciones físico químicas que ocurren entre el material y el agua. Uno de los más importantes es el fenómeno físico de tensión superficial. Esta es responsable del movimiento de una gran cantidad de sales en el interior del terreno (Bateman , 2007).

2.2.2.5. Velocidad de Infiltración

La infiltración es el proceso por el cual el agua penetra por la superficie del suelo y llega hasta sus capas inferiores. Muchos factores del suelo afectan el control de la infiltración, así como también gobiernan el movimiento del agua dentro del mismo y su distribución durante y después de la infiltración (García, García, & Castellanos, 2008).

La velocidad de infiltración es afectada por las características del perfil edáfico, como la textura, la estructura, la cantidad de materiales orgánicos e inorgánicos, así como por el

tamaño y volumen total del espacio poroso. La velocidad de infiltración es considerada como un indicador clave de la calidad del suelo (García, García, & Castellanos, 2008).

2.2.2.6. Densidad aparente de los suelos

Definida como la masa por unidad de volumen del suelo, tomando en cuenta el espacio poroso. También se lo considera como volumen que ocupa la muestra de suelo en el campo (Grefa & Lasso, 2018). Esta variable se encuentra estrechamente ligada, con la compactación, la porosidad, la circulación del agua y aire en el suelo; por lo tanto, se considera como un factor muy importante en cuanto al estudio de suelos (Domínguez, 2005).

2.2.2.7. Textura

La textura es la proporción de cada elemento de suelo, esto representa un porcentaje en que se encuentra los elementos que lo constituyen; como son: arena gruesa, media y fina, limo y arcilla, según Rucks, et al, (2004); el suelo tiene una buena textura cuando la proporción de los elementos que lo constituyen le dan la posibilidad de ser un soporte capaz de favorecer la fijación del sistema radicular de las plantas y su nutrición.

Según Rosillo & Aldaz (2018), las partículas minerales que constituyen el suelo y se clasifican por su tamaño en cuatro grupos que se describe

- Fragmentos rocosos: son piedras, grava y cascajo
- Arena: puede ser gruesa, fina y muy fina. Los granos de arena ásperos al tacto y no forman agregados estables, porque conservan su individualidad.
- Limo: al tacto es como la harina o el talco, y tiene alta capacidad de retención del agua.
- Arcilla: al ser humedecida es plástica y pegajosa; cuando se seca forma terrones duros.

2.2.2.8. Humedad del suelo

Se denomina humedad del suelo a la cantidad de agua por volumen de tierra que hay en un terreno, el contenido de humedad del suelo es un indicador complementario y necesario en numerosos análisis edafológicos (Ramos & Zuñiga, 2008).

2.2.2.8. Materia orgánica

La materia orgánica está hecha de compuestos tales como los carbohidratos, ligninas y proteínas, los microorganismos descomponen la materia orgánica en dióxido de carbono y los residuos más resistentes en humus, durante este proceso de descomposición los microbios pueden atrapar nitrógeno del suelo, la materia orgánica y el humus almacenan muchos nutrientes del suelo, lo que mejora la estructura, sueltan suelos de arcilla, ayudan a prevenir la erosión y mejoran la capacidad de retención de nutrientes y agua de suelos arenosos o toscos (Pascual & Venegas , 2011).

2.2.2.9. Carbono Orgánico

El carbono orgánico es un complemento importante del suelo y de la biosfera pudiendo actuar como una fuente de reservorio dependiendo de su uso, el carbono orgánico del suelo, formado por compuestos de diversa naturaleza química y estado de descomposición, interviene en las propiedades químicas del suelo, aumenta la Capacidad de Intercambio Catiónico y la capacidad neutralizante sobre la reacción del suelo (pH). Producto de la mineralización de la materia orgánica del suelo, se liberan diversos nutrientes para las plantas, muchos de los cuales son aportados en forma deficitaria por los minerales del suelo (Jimenez, Reyes, & Silveira, 2011).

2.2.3. CALIDAD DE AGUA

La calidad de agua para consumo humano es un factor determinante en las condiciones de la salud de las poblaciones, sus características pueden favorecer tanto la prevención como la transmisión de agentes que causan enfermedades, tales como: Eda, hepatitis A, polio y parasitosis por protozoarios y helmintos; entre estas, amebiasis, giardiasis, criptosporidiosis y helmintiasis, la diferencia entre prevenir o transmitir este tipo de enfermedades de origen hídrico depende de varios factores, los principales son: la calidad y la continuidad del servicio de suministro de agua (Briñez, Guarnizo & Arias, 2012).

La importancia de la vigilancia y el control de la calidad del agua para consumo humano es aportar información que permita la toma de decisiones para el mejoramiento de su calidad y, así, proporcionar beneficios significativos para la salud, reduciendo la posibilidad de transmisión de enfermedades por agua contaminada (Guzmán, Naya & Díaz, 2012).

Para la valoración de los índices de calidad de agua se debe realizar análisis de los parámetros como son oxígeno disuelto, pH, temperatura, turbidez, sólidos totales, conductividad, etc.

2.2.3.1. Sólidos Disueltos totales (SDT)

Es básicamente la suma de todos los minerales, metales, y sales disueltos en el agua y es un buen indicador de la calidad de agua donde se sugiere un máximo de 500 mg/L en agua potable (Bauder & Sigler, 2017).

2.2.3.2. Sólidos suspendidos totales (SST)

Es el contenido de sólidos que el agua conserva en suspensión, incluyen al plancton, minerales de arcilla, arena, limo, coloides agregados, materia orgánica e inorgánica finamente dividida y otros microorganismos en el agua, pueden provenir de varias fuentes y se dividen de acuerdo con la composición, ya sea orgánica o inorgánica (Beltran & Rangel, 2012).

2.2.3.3. Sólidos Sedimentables

Sólidos sedimentables es la cantidad de material que sedimenta de una muestra en un período de tiempo, se denominan sedimentables, siendo en promedio un 75% orgánicos y un 25% inorgánicos. A la diferencia entre sólidos sedimentables y sólidos suspendidos totales se les denomina coloidales (Pérez et al., 2016).

2.2.3.4. pH

El potencial hidrogeno (pH) es el coeficiente que muestra el grado de acidez o basicidad en un líquido, a partir del 0 al 7 en la escala indican las soluciones ácidas y de 7 a 14 indican soluciones alcalinas (Bauder & Singler, 2017).

2.2.3.5. Turbiedad

La turbiedad mide el nivel de transmitancia de luz en el agua, y sirve como una medida de la calidad del agua en relación a materia suspendida coloidal y residual, la turbiedad varía de acuerdo a la fuente de luz y el método de medición, la turbiedad del agua se mide en unidades de NTU (Trujillo et al., 2014).

2.2.3.6. Conductividad eléctrica

La conductividad en una solución acuosa se define con la habilidad de conducir o transmitir calor, electricidad o sonido, las unidades son siemens por metro (s/m) (Zamora & Chistancho, 2008).

CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. LOCALIZACIÓN

El proyecto de investigación se realizó en la comunidad de Huaguayacu, parroquia de Tarqui, Cantón Pastaza, Provincia de Pastaza, se caracteriza por un clima cálido húmedo, con una temperatura promedio de 20,8°C y una población de 123 habitantes (PDOT, 2010). La recarga hídrica cuenta con una superficie de 3036 m² (Figura 1).



Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de recarga hídrica de la comunidad de Huaguayacu.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación que se realizó en el proyecto es descriptivo, en la cual se detallaron las características hidro-edafológicas en la zona de recarga hídrica en la comunidad de Huagrayacu, la misma que se realizó mediante visitas de campo, análisis de suelo y agua.

Según el lugar donde se desarrolló la investigación es de campo y laboratorio, debido que las caracterizaciones hídricas y edafológicas se realizaron en el laboratorio y análisis instantáneo se realizaron en el campo, es decir el área de estudio.

3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

El método de investigación que se empleo es el deductivo, en función a las características hidro-edafológicas en la zona de recarga hídrica en la comunidad de Huagrayacu, se describió los fenómenos que se están desarrollando en el área de estudio.

3.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1. ZONA DE RECARGA

3.4.1.1. Identificación de la zona de recarga hídrica.

Para la determinación de la zona de recarga de se identificó la línea de divisoria de agua. La zona de recarga cuenta con un vertiente o zona de descarga de agua, una vez verificada se realizó visitas de campo, en la que se delimito la zona de recarga hídrica y los tipos de usos de suelo presentes en la misma. Para lo cual se marcó los puntos con un GPS marca GARMIN modelo etrex, el cual después fue editado con los programas GOOGLE EARTH y ARGIS, el sistema que se utilizo es el WGS84. De igual manera se realizaron mediciones para establecer el número de parcelas para facilitar posteriores muestreos, para ellos se aplicó un muestreo aleatorio simple, el cual alcanza mayor rigor científico.

3.4.1.2. Determinación del área y contenido de sedimentos en el estanque de la recarga

Para la identificación del área del estanque se realizó mediante la toma de medidas a lo largo, ancho y la profundidad del estanque. La profundidad fue medida a cada metro tanto a largo

y a lo ancho. Una vez obtenido los resultados se procedió al análisis en un software de diseño AutoCAD.

3.4.2. USOS DE SUELO Y CARACTERÍSTICAS EDAFOLÓGICAS

3.4.2.1. Toma de muestras

Se aplicó un muestreo aleatorio simple, el cual, según lo citado por Ronald, Erkki & Czaplewki (2015), consiste en tomar parcelas de una muestra de forma aleatoria dentro de la población muestreada.

En la **Figura 2**, muestra la zona de recarga en la comunidad de Huagrayacu la misma que se dividió en 56 parcelas en el lado norte y 44 parcelas en el lado sur de estas se seleccionaron aleatoriamente 6 parcelas a cada lado, obteniendo así un total de 12 parcelas en las cuales se realizó el muestreo de suelos y las pruebas de infiltración.

Para el muestreo de suelos se utilizó dos cilindros, un metálico y un plástico, con un diámetro de 7,6 cm, por 5 centímetros de profundidad, el cual fue introducido completamente en el suelo, con una profundidad de 5 cm, luego el cilindro fue extraído con ayuda de una espátula y se cortó el sobrante, la muestra fue envasada, etiquetada y trasladada al laboratorio de suelos de la Universidad Estatal Amazónica para la realización de los análisis, se obtuvo un total de 24 muestras de suelo.

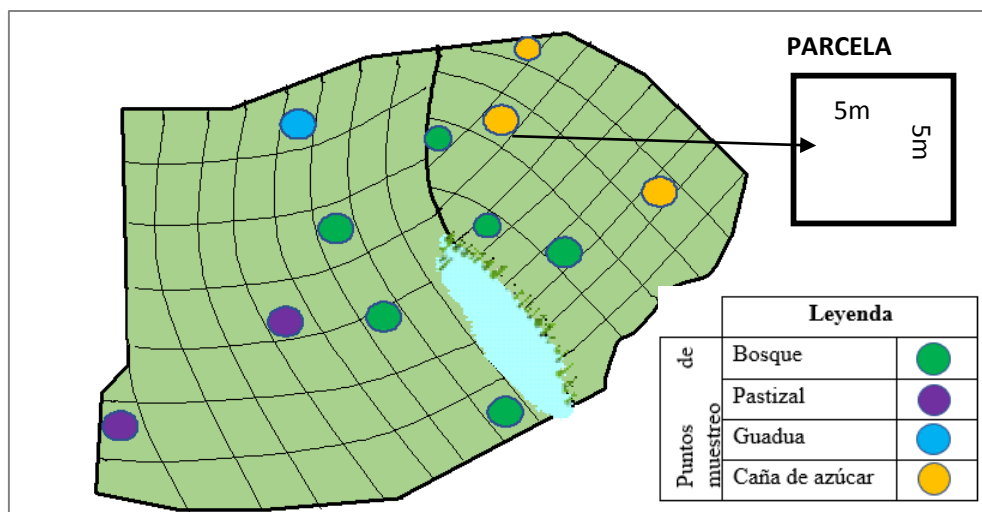


Figura 2. Esquema de muestreo aleatorio simple para el estudio de la zona de recarga.

3.4.2.2. Velocidad de infiltración

Una vez que se estableció las parcelas se procedió a realizar la determinación de la velocidad de infiltración mediante el método del cilindro Infiltrómetro (Sepúlveda, 2015), para ello se procedió a introducir un cilindro hueco hasta la mitad del suelo, a la vez se colocó una funda en el cilindro, para llenarlo de agua y cuando esté se llenó se retiró la funda, se registró la altura inicial del agua, con la ayuda de una cronometro y una regla se tomó medidas de agua en diferentes tiempo (0,1,2,3,4,5,10,15,20,30,45 y 60 minutos) finalmente cuando el agua está cerca de acabarse se volvió a llenar el cilindro.

La velocidad de infiltración fue calculada mediante la ecuación:

$$I_p = \text{lectura parcial a 0 min} - \text{lectura parcial a 1min} \quad (1)$$

I_p = Infiltración parcial

$$I_A = I_a \text{ a 0 min} + I_p \text{ a 1min} \quad (2)$$

I_A = Infiltración acumulada

$$V_I = I_A / T_a \quad (3)$$

V_I = Velocidad de infiltración

I_A = Infiltración Acumulada

T_a = Tiempo Acumulado

$$V_{CI} = V_I \text{ a 1min} / V_I \text{ A 2min} \quad (4)$$

V_{CI} = Velocidad constante de infiltración

Las principales características del proceso de infiltración es la velocidad de infiltración instantánea y la velocidad de infiltración básica.

Velocidad de infiltración instantánea: Volumen de agua que penetra a través del suelo en un periodo de tiempo muy breve, al principio se presenta una disminución rápida, luego una disminución lenta, en el cabo de 3-4 horas se torna estable (Osorno, 2006).

Velocidad de infiltración básica: Velocidad constante que se obtiene después de unas 3 o 4 horas (Osorno, 2006), la clasificación de la infiltración básica (I_b) se muestra en la **Tabla 1.**

Tabla 1. Clasificación de la infiltración básica (I_b)

Clasificación	I_b (cm/h)
Muy lenta	< de 0.25
Lenta	0.25 – 1.5
Media	1.5 – 2.8
Alta	2.8 – 5.3
Muy alta	> de 5.3

Fuente: (Osorno, 2006)

3.4.2.3. Análisis de la densidad aparente

Se uso el método del cilindro de Blake & Hartge. (1986). Para medir la densidad aparente utilizamos la muestra del cilindro metálico, una vez en el laboratorio la muestra fue pesada y después fue introducida a la estufa a 105° C durante 24 horas. Transcurrido este tiempo se sacó las muestras de la estufa, se dejó enfriar y se pesó las muestras secas con todo cilindro, luego se retiró la muestra y se pesó solo el cilindro. Además, se midió la altura y el diámetro del cilindro. La densidad se determinó por la relación entre el peso seco obtenido y el volumen correspondiente.

La densidad aparente fue calculada mediante la ecuación:

$$Densidad\ aparente = \frac{Peso\ del\ suelo}{Volumen\ de\ la\ muestra} = \frac{Mg}{m^3} \quad (5)$$

3.4.2.4. Análisis de la textura

El análisis de textura se realizó mediante el método de Bouyoucos. Esta metodología según (Gómez, 2013), consistió en determinar humedad gravimétrica y sobre la base de suelo seco, se pesó 40 g tamizados a 2mm, luego se pasó el suelo a la copa de dispersión y se agregó el agente dispersante 10 ml y agua destilada hasta por encima de la mitad de la copa y se dejó reposar 24 horas, luego se sometió el suelo a dispersión por 10 minutos. Se colocó el contenido de la copa en una probeta de 1000 ml y se aforo con agua destilada. Se agitó el émbolo 20 segundos verticalmente. Una vez terminada la agitación se puso en marcha el cronómetro y se sumergió cuidadosamente el hidrómetro de suspensión. Se anotó la lectura

del hidrómetro a los 40 segundos de haber cesado la agitación, luego se sacó cuidadosamente el hidrómetro y se toma temperatura por último se procedió a dejar en reposo por dos horas y se tomó lectura con el hidrómetro y la temperatura.

Para los cálculos la lectura del hidrómetro fue corregida en base a la temperatura de acuerdo con la ecuación de sedimentación de Fisher-Oden:

$$\%Arena = 100 - \frac{Lectura\ corregida\ a\ los\ 40\ seg.}{peso\ de\ la\ muestra\ (g)\ a\ 105\ ^\circ C} \times 100 \quad (11)$$

$$\%Arcilla = 100 - \frac{Lectura\ corregida\ a\ los\ 2H \times 100}{peso\ de\ la\ muestra\ (g)\ a\ 105\ ^\circ C} \quad (12)$$

$$\%Limo = 100 - (\% Arcilla + \%Arena) \quad (13)$$

Una vez obtenidos los resultados se realizará una triangulación en el gráfico de clases texturales (**Anexo 1**).

3.4.2.5. Humedad a 5 cm de profundidad

Se realizó mediante el método gravimétrico, que consiste en la diferencia de pesos de la muestra, se utilizó el criterio aceptado de secar la muestra durante 24 h a 105°C , lo cual rinde un valor para suelo seco con 0 contenido de agua y cualquier diferencia de peso con una muestra será debida al contenido de agua (Radulovich, 2009).

La humedad fue calculada mediante la ecuación:

$$\%humedad = \frac{Pi - Pf}{Pi} \times 100 \quad (6)$$

Donde

Pi= peso de la muestra inicial en gramos

Pf= peso de la muestra final después de las 24 horas.

3.4.2.6. Contenido de hojarasca

Este análisis se realizó mediante el método de calcinación, con el cual se determinó el contenido de carbono en el suelo, basados en la metodología de Morocho (2017), se pesó una muestra de 6 o 7 g de suelo seco al aire y se tamizó 2 mm, luego se procedió a colocar en los crisoles de porcelana, luego este conjunto (la muestra y el crisol) se secó en el horno a 105 °C por 24 horas, se retiró del horno y se dejó enfriar en el desecador, posteriormente se pesó y se calcino la muestra, en una mufla a 360°C, durante 2 horas, posteriormente se retiró de la mufla el conjunto, se dejó enfriar en el desecador y se pesó nuevamente.

Se calculo con la siguiente ecuación

$$\%MO = \frac{A - B}{B} \times 100 \quad (7)$$

$$\%CO = MO \times 1.724 \quad (8)$$

Donde

A= Peso de la muestra

B= Peso de la muestra calcinada a 360°C

3.4.2.7. Densidad de raíces

Para el análisis de la densidad de raíces, utilizamos las muestras de suelo que se usó para el cálculo de la humedad las cuales fueron sometidas a las a la estufa por 24 horas a 105°C. Para la separación de las raíces de la tierra, se utilizó una pinza y para la cuantificación se utilizó papel milimetrado, regla y una lupa, una vez contadas y medidas se procedió a realizar los análisis las estimaciones de la longitud de raíces según la metodología de Pire (1986).

$$R = \frac{\pi * N * A}{2H} \quad (9)$$

Donde:

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)

La densidad longitudinal de raíces se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$Lx = \frac{\text{Longitud de raíces (R)}}{\text{Volumen de la muestra (V)}} \text{ cm/cm}^3 \quad (10)$$

3.4.2.8. Análisis estadísticos

Se incluyó un análisis de varianzas y el test de Duncan entre la densidad de raíces, humedad del suelo, contenido de materia orgánica y cobertura con el fin de lograr un mayor grado de exactitud en la correlación, para ello se utilizó el programa estadístico de (Di Rienzo et, al., 2018) InfoStat.

3.4.2.9. Toma de muestras para el análisis de humedad en perfil (0-50) y (50 -100), hojarasca y cobertura.

Para este muestreo se aplicó el método de líneas de intercepción, el cual es rápido, objetivo y preciso (Smith, 1980). Esto consiste en trazar líneas de muestreo. Se Tomo como punto central a la vertiente. Para la toma de muestras se consideró 5 metros de cada lado de la vertiente, se obtuvo de lado izquierdo 5 parcelas y de lado derecho 6 (**Figura 3**), para la toma de muestras de suelo se utilizó un barreno, se tomó 2 muestras por cada parcela, una del perfil de 0 a 50 cm y de 50 a 100 cm y también con la ayuda de un cuadro de madera de 50x 50 cm se recogió la hojarasca, las muestras fueron envasadas, etiquetadas y llevadas al laboratorio para los análisis.



Figura 3. Esquema de muestreo según el método de líneas de intercepción para el estudio de la zona de recarga.

3.4.2.10. Análisis de la Humedad en perfil (0-50) y (50 -100)

Se realizó mediante el método gravimétrico, que consiste en la diferencia de pesos de la muestra, se utilizó el criterio aceptado de secar la muestra durante 24 h a 105°C, lo cual rinde un valor para suelo seco con 0 contenido de agua y cualquier diferencia de peso con una muestra será debida al contenido de agua (Radulovich, 2009).

$$\%humedad = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100 \quad (14)$$

Donde

P_i= peso de la muestra inicial en gramos

P_f= peso de la muestra final después de las 24 horas.

3.4.2.11. Contenido de hojarasca

El contenido de hojarasca se determinó mediante el método de secado en estufa la cual se basa en la pérdida de peso de la muestra por evaporación del agua, el principio operacional del método de determinación de humedad se utilizó la estufa y balanza analítica, incluye la preparación de la muestra en fundas de papel, pesado, secado a 105°C por 24 horas, enfriado y pesado nuevamente de la muestra (Nollet, 1996).

3.4.3. CALIDAD DE AGUA

Para la toma de muestras de agua se utilizó una botella plástica de 6 litros, la cual fue enjuagada 3 veces con la misma muestra a analizar (CIATI AC, 2012), esta muestra se llevó de inmediato al laboratorio ambiental de la Universidad Estatal Amazónica para los análisis correspondientes como son: pH, oxígeno disuelto (OD), Conductividad, Turbidez, Temperatura, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales y sólidos disueltos totales.

3.4.3.1. Determinación del pH en el agua, oxígeno disuelto (OD), Conductividad y Temperatura en el agua

Para la determinación de estos parámetros utilizamos un medidor multiparamétrico HQ30d marca Hach.

3.4.3.2. Determinación de la Turbidez

Para la determinación de la turbidez utilizamos un turbidímetro portátil 2100 Q Rango de 0 a 1000 marca Hach. La turbidez es causada por sustancias finas y no disueltas en un agua, un agua turbia tiene la propiedad de dispersar y reflejar la luz, la intensidad de la luz reflejada es el resultado de la turbidez. El turbidímetro muestra el valor en NTU (Nephelometric Turbidity Unit, siglas en inglés).

3.4.3.3. Determinación de los sólidos sedimentables

Para el análisis de los sólidos sedimentables totales se tomó 1000 ml de la muestra de agua y se colocó en un cono de Imhoff, se dejó sedimentar durante 45 minutos removiendo suavemente las paredes del cono con una varilla, una vez transcurrido el tiempo ese tomo la medida de los sólidos sedimentables, los cuales se expresan en mL/L (APHA, AWWA, & WPCF, 1992).

3.4.3.4. Determinación de los sólidos suspendidos totales

Para la determinación de los sólidos suspendidos totales se utilizó la metodología de (APHA, AWWA, & WPCF, 1992), la cual consistió en montar el aparato de filtrado y el filtro de fibra de vidrio en el cual se procedió a filtrar agua destilada, luego el filtro se llevó a la estufa a 105°C durante 1 hora, luego se dejó enfriar en el desecador y se pesó la muestra. Luego se repitió el mismo procedimiento, pero con la muestra de agua previamente mezclada se colocó 1000ml y se continuo con la succión unos minutos después del terminar el filtrado, este filtro

de fibra de vidrio fue llevado a la estufa a 105°C durante 2 horas, luego se dejó enfriar en el desecador para equilibrar la temperatura y se procedió a pesar, una vez obtenido los pesos de la muestra se realiza la calculo mediante la siguiente formula:

$$mg \text{ de solidos totales en suspensiòn} = \frac{(A - B) * 1000}{mL \text{ de muestra}} \quad (15)$$

Donde

A= peso del filtro residuo seco, mg

B=peso del filtro, mg

3.4.3.5. Determinación de los sólidos disueltos totales

Se determina mediante la metodología de (APHA, AWWA, & WPCF, 1992) la cual consistió en medir en matraz aforado un volumen de muestra bien mezclada, tal que el residuo obtenido por evaporación no sea inferior a 100 mg. Se evapora totalmente en baño María en capsula de porcelana tarada. Luego se colocó en la estufa a 105° C durante una hora. Se dejo enfriar en el desecador y se pesó (se repite el ciclo hasta tener un peso constante). El aumento de peso corresponde a los sólidos disueltos totales contenidos en el volumen de agua tomado. Los resultados se expresan en mg/L.

$$mg \text{ de solidos disueltos totales} = \frac{(A - B)}{\text{volumen de muestra (mL)}} * 1000 \quad (16)$$

Donde

A= peso del residuo seco + cápsula (mg)

B=peso de la cápsula (mg)

3.4.3.6. Determinación del Índice se calidad de agua (ICA)

Una vez obtenido todos los resultados de los parámetros anteriores se determinó el índice de calidad de agua siguiendo la metodología de Torres, Cruz, & Patiño, (2009), la cual consistió en tomar los pesos relativos de los parámetros físico químicos empleados ICA NSF 1970 y luego se procedió a revisar las curvas de función (ANEXO 5), para el índice de la fundación Nacional de saneamiento (INSF) y se tomó los datos. Una vez obtenido los dos datos se

multiplicaron y se sumaron. Según Fernández (2007), resultado final es interpretado de acuerdo con la escala de clasificación:

Tabla 2. Escala de clasificación, para la identificación de los índices de calidad de agua.

Excelente	91 - 100
Buena	71 - 90
Media	51 - 70
Mala	26 - 50
Muy Mala	0 - 25

Fuente: (Fernández, 2007)

3.4.3.7. Mediciones del Caudal

Para esta medición del caudal se utilizó el método volumétrico, según lo citado por Ramírez (2014). Para ello, se utilizó un recipiente el cual se colocó bajo la corriente de tal manera que recibió todo el flujo de agua; a la vez se registró el tiempo con un cronometro. En este proceso el cronómetro se inició en el instante en que el recipiente se introdujo a la corriente y se detuvo en el momento en que se retiró de ella, se realizaron cinco mediciones con intervalos de 30 minutos, en cada medición se tomó tres muestras para luego estimar un valor promedio.

El caudal fue calculado mediante la ecuación:

$$Q = V / t \quad (17)$$

Donde

Q = Caudal en litros por segundo, (L/s)

V = Volumen en litros, (L)

T = Tiempo en segundos, (s)

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ZONA DE RECARGA

4.1.1. Identificación de los usos de suelo de la recarga hídrica

La identificación de los usos de suelo en la zona de recarga de Huaguayacu, se realizó mediante recorridos por el área de estudio, en la que se evidencio cuatro usos de suelo, Bosque secundario con un área de 681 m², plantaciones de caña de azúcar “*Saccharum officinarum*” con un área de 794 m², plantaciones de caña guadua” *Guadua angustifolia*” con un área de 671 m² y pastizal con un área de 890 m² (Figura 4).

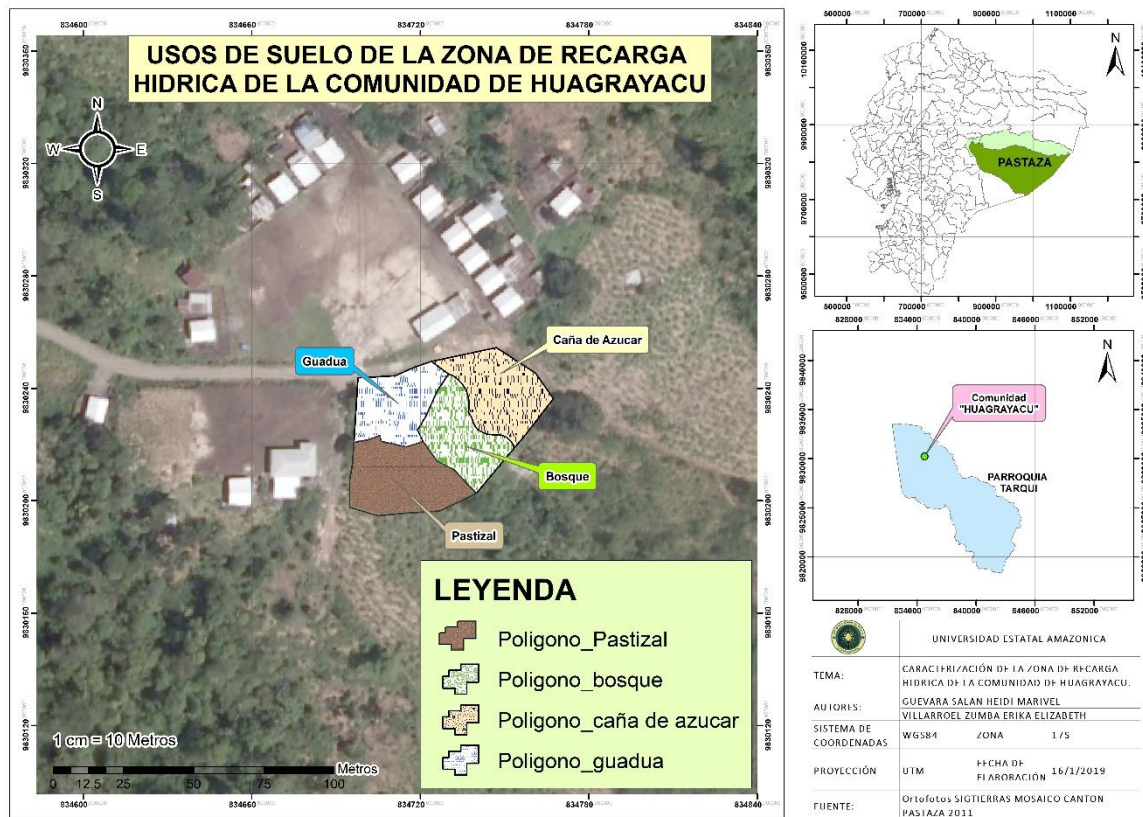


Figura 4. Mapa de diferentes usos de suelo en la zona de recarga hídrica de la comunidad de Huaguayacu.

4.1.2. Determinación del área y volumen de sedimentos en el embalse

En la (ANEXO 2), se muestra el embalse de la zona de recarga hídrica de la comunidad de Huagrayacu cuya área total es de 43,5 m², con un volumen de 30,50 m³, de los cuales el 16% del volumen es sedimento. Según lo manifestado por Marc (2015), los sedimentos hacen que el agua se torne turbia y principalmente uno de los problemas es degradación de la calidad del agua para el consumo humano.

4.2. USOS DE SUELO Y CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS

4.2.1. Velocidades de infiltración

En la **Tabla 3**, se muestra las velocidades de infiltración, la mayor velocidad se obtuvo en el uso de suelo del pastizal en la parcela 2, mientras que el menor valor en uso de suelo se obtuvo en el uso de suelo pastizal en la parcela 1 y uso de suelo del bosque parcela 7. Obteniendo la media de 0,12 cm/h. Según la metodología de Osorno (2006), se realizó la comparación con la tabla de clasificación de infiltración. Teniendo en cuenta que los valores < 0,25 son muy lentos y los valores de 0,25 - 1,5 son lentos. Según Yáñez & Tapia (2018), en el sector del río Pinto Grande se obtuvo los siguientes valores de velocidad de infiltración dentro de la cobertura boscosa de 0,17 cm/h como mínima y una máxima de 1,41 cm/h. En comparación con nuestros resultados existe una diferencia donde ellos reportan mayores velocidades de infiltración en los usos de suelo del bosque.

El análisis de varianza para el uso de suelo nos indica que no se reportan diferencias significativas entre la velocidad de infiltración, velocidad instantánea e infiltración acumulada. Según Gómez et al., (2014) indica que los principales factores que influyeron en la infiltración son; tipo de uso de tierras, tipo de cobertura vegetal, contenido de arcilla, contenido de limo, humedad del suelo.

Tabla 3. Velocidades de infiltración en los diferentes usos de suelo en zona de recarga hídrica de la comunidad de Huagrayacu.

USOS DE SUELO	PARCELAS	VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN A LOS 60 MINUTOS (cm/h)	VELOCIDAD INSTANTÁNEA (cm/h)	INFILTRACIÓN ACUMULADA A LOS 60 MINUTOS (cm/h)
Pasto	1	0,03	0,16	1,8
	2	0,38	1,23	22,8
Guadua	3	0,16	0,29	9,5
Bosque	4	0,1	0	6,3
	5	0,13	0,2	8
	6	0,22	0,86	11,6
	7	0,03	0,1	2
	8	0,01	0,25	0,3
	9	0,12	0,38	7
Caña de azúcar	10	0,16	0	9,5
	11	0,05	0	2,8
	12	0,06	0	3,7
Media		0,12	0,29	7,11
Desviación estándar		0,1	0,38	6,11
Valor de P		0,6510	0,2877	0,6161
Error		0,0122	0,1294	41,47

4.2.2. Densidad aparente y Textura

La densidad aparente en los suelos es un indicador del contenido total de porosidad en un suelo, también refleja la compactación de los mismos y la facilidad de circulación del agua y aire. En la **Tabla 4**, el uso de suelo del pastizal presenta una media de 0,745 Mg/m³ y una textura de suelo franco limoso, según Rucks, et al, (2004), el franco limoso tiene mayor porosidad que otros suelos, pero, el franco limoso tiene menos microporos que los otros suelos. En general este uso de suelo, presenta mayor velocidad de infiltración (**Tabla 3**), la cual se le atribuye densidad aparente. Haciendo una comparación con otros estudios en pastizales de Gerber, Muñoz & Suarez, (2016), muestran resultados bajos en la densidad aparente, esto se lo atribuye al uso suelo de la zona de recarga hídrica no existe pisoteo de animales por ende no se compacta el suelo.

La media de la densidad aparente, en el uso de suelo de la guadua es de $1,22 \text{ Mg/m}^3$, con una textura franco arcillo arenoso, según Bravo et al., (2017) el incremento de la densidad aparente se puede atribuir al mayor contenido de arcilla. Florentino, (1998) señala que para los suelos arcillosos el valor ideal es $<1,22 \text{ Mg/m}^3$, al comparar los resultados nos indica que está por encima del valor ideal, debido a la presencia de arcilla. Lo que hace que el suelo tenga mayor compactación y presente problemas como la baja retención de agua en la zona de recarga. Además, los suelos con valores altos de densidad aparente determinan un ambiente pobre para el crecimiento de raíces, debido a la poca aireación y una baja infiltración del agua en el suelo (FAO, 2009).

Para el uso de suelo del bosque la densidad aparente es de $1,04 \text{ Mg/m}^3$, con una textura arenoso franco. Según Antúñez, et al., (2014), esta textura es considerada ideal porque tiene una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla. Esto supone un equilibrio entre permeabilidad al agua, retención de agua y de los nutrientes. La densidad aparente, es un buen indicador de la calidad del suelo. Debido a las prácticas de uso de suelo a mayor densidad aparente, mayor compactación, sin embargo, esto también depende de la penetración de raíces, ya que las raíces ejercen presiones sobre el suelo de hasta 2 MPa cuando crecen (Reid & Goss, 1982). En el suelo se amplían los poros existentes y creando nuevos poros, de tal manera que se incrementen la densidad aparente entre un 12 y 35% (Porta 1994).

Para el uso de suelo de la caña de azúcar la densidad aparente es de $1,04 \text{ Mg/m}^3$, según Duval et al., (2015) señala que el rango óptimo de densidad aparente para la producción agrícola como es el caso de la caña de azúcar se encuentra entre $0,9$ a $1,2 \text{ Mg/m}^3$. Los valores de densidad aparente mayores a $1,2 \text{ Mg/m}^3$ puede impedir la elongación de la raíz o reducir la aireación del suelo. Los valores obtenidos se encuentran dentro del rango, además este uso de suelo presenta una textura con franco la cual presenta una mezcla de arenas, limos y arcillas en proporciones equilibradas. Según Ibáñez (2006), estos suelos son los mejores para el crecimiento de la mayoría de las plantas, son ligeros, aireados y permeables (pero no tanto como los arenosos) y de media-alta capacidad de retención de agua. Lo cual indica que no representa ninguna limitación para la penetración de las raíces; y el movimiento de agua y aire en el suelo.

Tabla 4. Densidad aparente y textura en los diferentes usos de suelo

Usos de suelos	Parcelas	Densidad Aparente	Media Da	Textura
Pastizal	1	0,65	0,75	Franco limoso
	2	0,84		
Guadua	3	1,22	1,22	Franco, arcilla, arenoso
Bosque	4	1,21	1,05	Arenoso, franco
	5	1,05		
	6	0,68		
	7	1,18		
	8	1,22		
	9	0,95		
Caña de azúcar	10	1,02	1,04	Franco
	11	1,07		
	12	1,03		

4.2.3. Humedad a 5 cm

Según Zamora y Cristancho (2008), Conocer el contenido de humedad en el suelo y los efectos en sus propiedades físicas es de gran importancia para distintas líneas de investigación. La **Figura 5** muestra el contenido de humedad del suelo a una profundidad de 5 cm. Los valores máximos se obtuvieron en las parcelas donde que el uso del suelo es el bosque y la caña de azúcar con un 72%, mientras que los valores mínimos se obtuvieron en el uso de suelo del pastizal con 59 %. En general se tiene una media del 68% en la zona de recarga hídrica. En la **Tabla 5**, muestra la cobertura del suelo con respecto al porcentaje de humedad de los usos de suelo, del pastizal y la guadua existe una diferencia significativa ($P < 0,05$), en comparación al bosque y la caña de azúcar. Según Flores & Alcalá (2010), la humedad del suelo es muy dinámica y depende del clima, vegetación, profundidad del suelo, y de las características y condiciones físicas del perfil. La vegetación juega un papel muy importante en la retención de agua, esta otorga sombra al suelo disminuyendo la pérdida de humedad, por tal motivo en el uso de suelo bosque y la caña de azúcar, existe mayor humedad en comparación con el pastizal y la guadua.

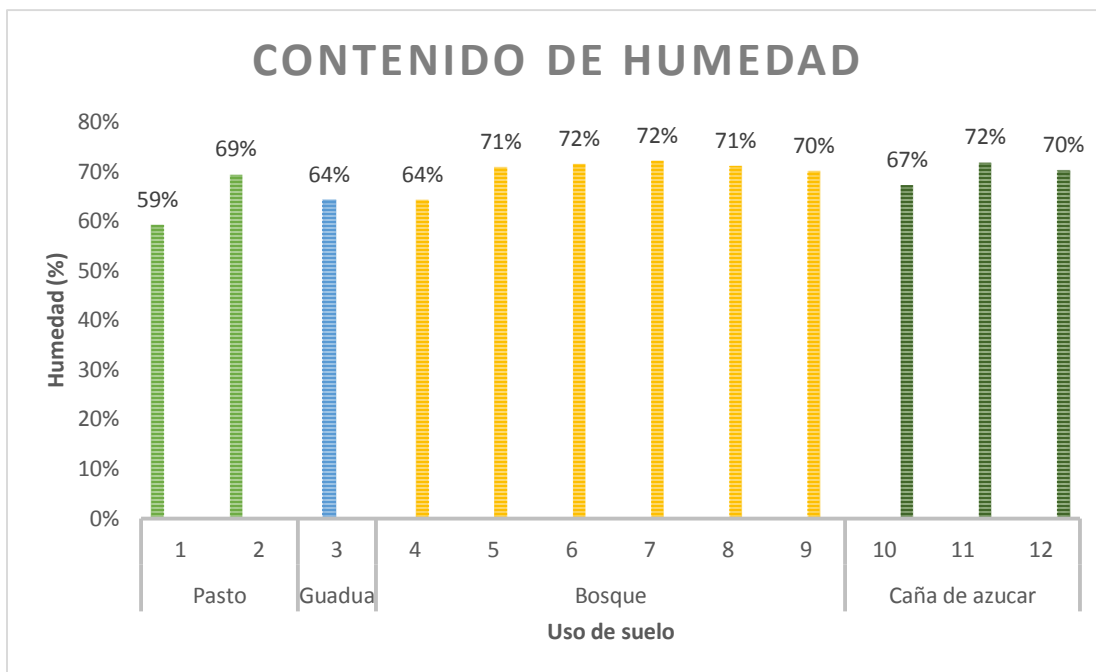


Figura 5. Contenido de humedad a los 5cm en los diferentes usos de suelo.

Tabla 5. Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para el porcentaje de humedad y la cobertura del suelo

Factor	Clasificación	% de humedad, valores medios transformado (media %)	Error experimental	Valor de P
Cobertura de suelo	<i>Pasto</i>	<u>0,80a (0,64)</u>	<u>0,0001</u>	0,0198
	<i>Guadua</i>	<u>0,80a (0,64)</u>		
	<i>Bosque</i>	0,83b (0,69)		
	<i>Caña de azúcar</i>	0,84b (0,71)		

Letras diferentes implican diferencias significativas para $p < 0.05$

4.2.4. Contenido de materia orgánica (MO)

La **Tabla 6**, muestra el contenido de materia orgánica que se obtuvo en los diferentes usos del suelo, donde el mayor porcentaje de materia orgánica se obtuvo en el uso de suelo del bosque con un 46%, mientras que el menor porcentaje se obtuvo en el uso de suelo de la guadua con un 30%. Según la tabla de interpretación de análisis del suelo de Meléndez & Molina (2002), el contenido de materia orgánica mejora muchas propiedades químicas,

físicas y microbiológicas que favorecen el crecimiento de las plantas, los valores superiores al 5% como es el caso de esta investigación se consideran que son altos, los cuales son los deseables. Es importante destacar, el papel de la materia orgánica en los suelos amazónicos tiene mayor impacto en el mejoramiento de los índices estructurales relacionados con la calidad física de los suelos, lo cual ha permitido un mejoramiento de los índices estructurales relacionados con la calidad física de los suelos tales como Da, Ksat, Pa, Pr y la resistencia a la penetración (Bravo et al., 2017).

La materia orgánica es fundamental para reconstruir las funciones del bosque, estabilizar agregados de suelo, aumentar la capacidad de amortiguamiento del agua (Brady 1990). Además, es un regulador de la capacidad de retención y la infiltración del agua. Disminuye la densidad aparente ocasionada por la compactación del suelo. Según Sales (2006), la vegetación influye en el contenido de la materia orgánica, por tal motivo los usos de suelo que tiene mayor vegetación van a existir mayor cantidad de materia orgánica, esto coinciden con los valores reportados, donde el uso de suelo del bosque y la caña de azúcar tienen mayor vegetación por ende mayor contenido de materia orgánica.

Tabla 6. Contenido de materia orgánica en los diferentes usos de suelo.

Usos de suelo	Parcela	Materia Orgánica (%)	Media (%)
Pasto	1	41	34
	2	27	
Guadua	3	30	30
Bosque	4	40	46
	5	50	
	6	40	
	7	48	
	8	47	
	9	52	
Caña de azúcar	10	51	45
	11	44	
	12	41	

4.2.5. Contenido de Carbono

A lo que se refiere el contenido de carbono (**figura 6**), que se obtuvo en los diferentes usos del suelo en la zona de recarga hídrica en la comunidad de Huagrayacu, donde el mayor porcentaje se obtuvo en el uso de suelo del bosque con un 30,16 %, mientras que el menor porcentaje se obtuvo en el uso de suelo del Pastizal con un 15,66 %. En la **Tabla 7**, muestra el contenido de carbono con relación al porcentaje de humedad, se clasificó en dos categorías valores mayores a la media $>A 0,65\% C$ y menos a la media $<0,65\% C$, donde se presentó diferencias significativas ($P<0,05$).

Según Martínez, Fuentes & Acevedo, (2014), el carbono orgánico del suelo (COS) se relaciona las propiedades del suelo relacionadas con el rendimiento sostenido de los cultivos, los COS se vincula con la cantidad y disponibilidad de nutrientes del suelo, aumenta la solubilidad de varios nutrientes. Su efecto en las propiedades físicas se manifiesta mediante la modificación de la estructura y la distribución del espacio poroso del suelo. La cantidad de COS no solo depende de las condiciones ambientales locales, sino que es afectada fuertemente por el manejo del suelo.

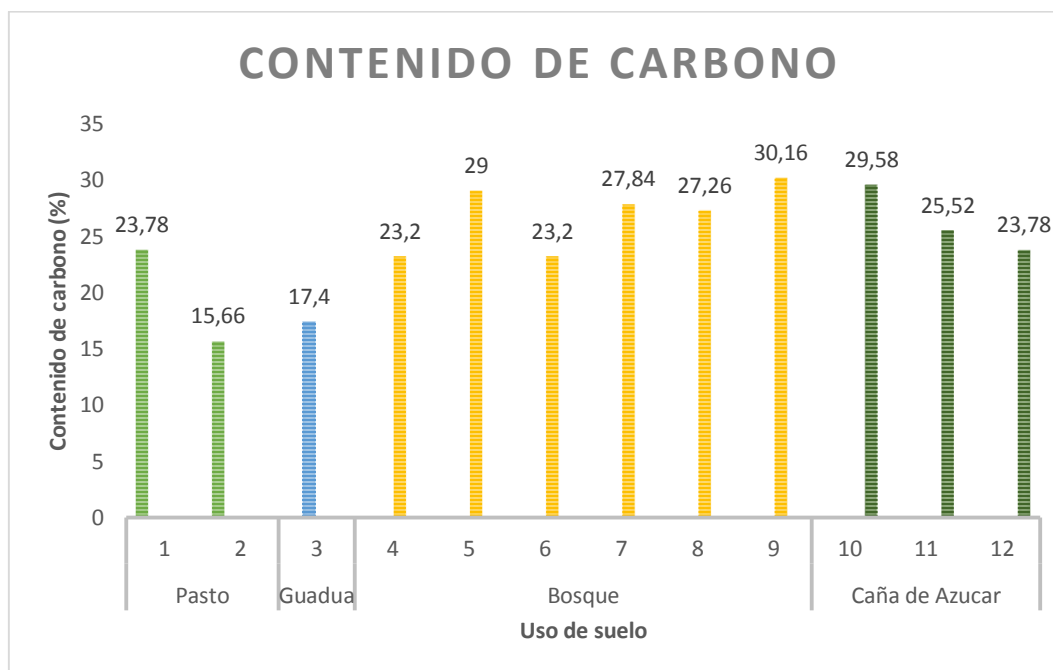


Figura 6. Contenido de carbono en los diferentes usos de suelo

Tabla 7. Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para el porcentaje de humedad del suelo con relación al contenido de carbono.

Factor	Clasificación	% de humedad, valores medios transformado (media %)	Error experimental	Valor de P
Contenido de carbono	<0,65% C	0,82 a (0,68)	0,0001	0,0571
	>A 0,65% C	0,83b (0,69)		

Letras diferentes implican diferencias significativas para $p < 0.05$

4.2.6. Densidad de raíces

La **Tabla 8**, muestra la densidad de raíces que se obtuvo en los diferentes usos del suelo en la zona de recarga hídrica en la comunidad de Huagrayacu, donde la mayor densidad promedio se obtuvo en el uso de suelo de la caña de azúcar con una media de 1,17 cm/cm² y mientras que la menor densidad se obtuvo en el uso de suelo de la guadua con un 0,50 cm/cm². En la **Tabla 9**, se muestra la densidad de raíces finas con relación al porcentaje de humedad se clasificó en valores mayores a la media >A 0,72 g/cm³ y menos a la media < a 0,72 g/cm³, donde existe una diferencia significativa ($P < 0,05$). Se evidencia que existe mayor contenido de raíces en los usos de suelo del bosque y la caña.

Las raíces favorecen cambios en la estructura del suelo, principalmente en la conectividad de los poros, los cuales se reordenan mejorando el drenaje e incrementando los potenciales métricos de la rizosfera, observable en todos los casos por un mayor número de microporos en la rizosfera (Whalley et al., 2005). Sin embargo, el efecto de la penetración de las raíces sobre la agregación se da a través de una interacción entre la arquitectura de las raíces y las características estructurales del suelo (granulometría y compactación) (Carter et al., 1994).

Tabla 8. Densidad de raíces finas en los diferentes usos de suelo

Usos de suelo	Parcela	Densidad de raíces (cm/cm ²)	Media (cm/cm ²)
Pasto	1	0,48	0,51
	2	0,55	
Guadua	3	0,5	0,5
Bosque	4	0,71	0,848
	5	0,43	
	6	0,47	
	7	0,9	
	8	0,48	
	9	1,25	
Caña de azúcar	10	1,03	1,17
	11	1,06	
	12	0,88	

Tabla 9. Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para el porcentaje de humedad y la densidad de raíces finas

Factor	Clasificación	% de humedad, valores medios transformado (media %)	Error experimental	Valor de P
Densidad de raíces	< a 0,72 g/cm ³	0,81a (0,66)	0,0001	0,0103
	>A 0,72 g/cm ³	0,84b (0,71)		
	>A 0,65% C	0,83b (0,69)		

Letras diferentes implican diferencias significativas para $p < 0.05$

4.2.7. Contenido de humedad

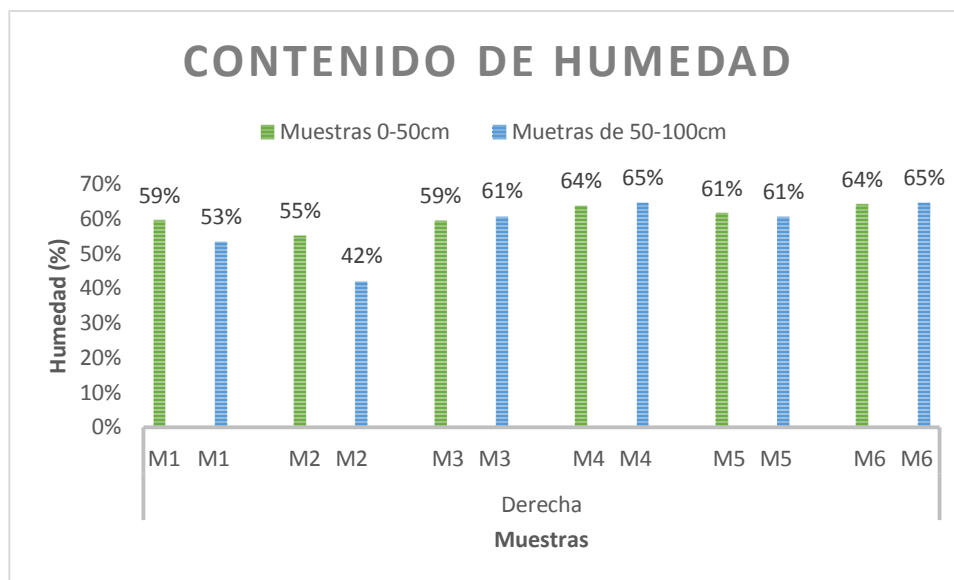


Figura 7. Contenido de humedad del lado derecho de la zona de recarga hídrica en los diferentes perfiles de suelo de 0-50 y 50-100

Según (Zamora & Chistancho, 2008) el contenido de humedad del suelo puede cambiar rápidamente, logrando incrementar en minutos u horas. En la **figura 7**, muestra el contenido de humedad del lado derecho de la zona de recarga hídrica en los diferentes perfiles de suelo de 0-50 y 50 a 100. El porcentaje máximo de humedad a una profundidad de 0 a 50 cm, es de 64% y el mínimo es de 55%, a una profundidad de 50 a 100 cm el mayor porcentaje es de 65%, mientras que el menor porcentaje es de 42%. En general el contenido de humedad del lado derecho tiene una media del 59%.

En la **figura 8**, representa el contenido de humedad a una profundidad de 0 a 50 centímetros, el mayor porcentaje a una profundidad de 0 a 50 cm, es de 64% y el menor porcentaje es 44%, mientras en la profundidad de 50 a 100 cm el mayor porcentaje fue de 62% y el menor 55%. En general el contenido de humedad en el lado izquierdo tiene una media de 58%.

Según lo señalado por Honorato (2000), el contenido de humedad de los suelos típicamente se encuentra en un rango de 5 a 50 % cuando se encuentran en su máxima capacidad de retención (capacidad de campo). La vegetación es un ente fundamental que ayuda a retener agua en su gran mayoría otorga sombra, es por eso en nuestra área de estudio dio un valor de

58 a 59% de contenido de humedad debido a que hay presencia de gran cantidad de vegetación.

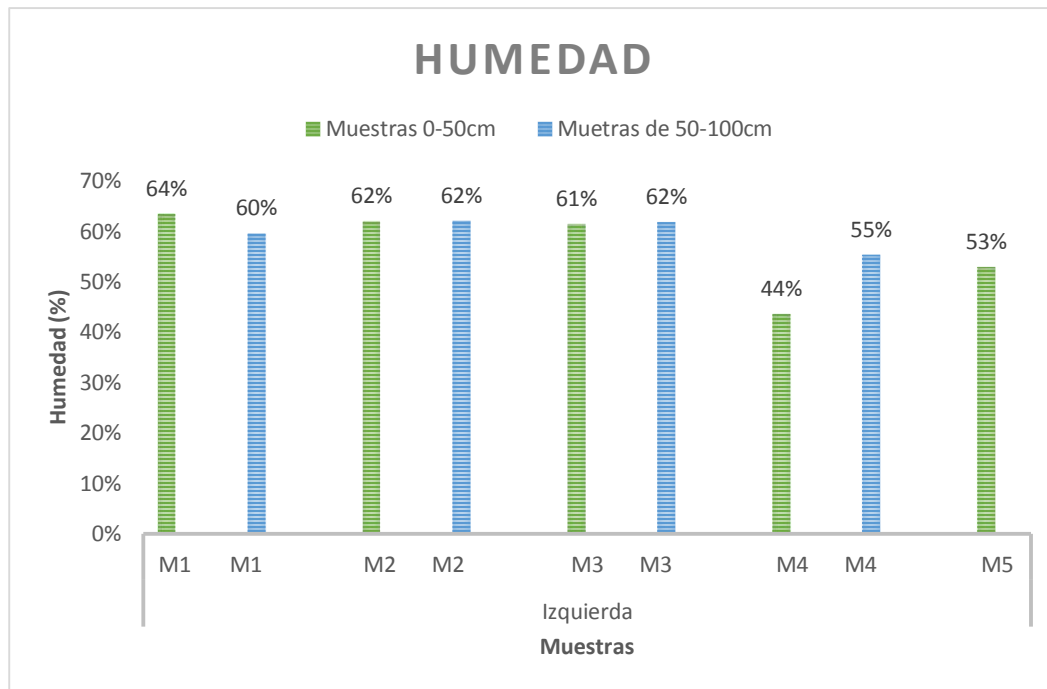


Figura 8. Contenido de humedad del lado izquierdo de la zona de recarga hídrica en los diferentes perfiles de suelo de 0-50 y 50-100

4.2.8. Contenido de hojarasca

La capa de hojarasca o de vegetación hace que disminuya la fuerza de las gotas al caer al suelo. En la **figura 9**, se muestra el contenido de hojarasca, en promedio las muestras tomadas en la derecha nos dieron un porcentaje de 32% y las de la izquierda un 30%. La hojarasca se desprende de los árboles, por lo que los suelos con mayor vegetación tienen una mayor cobertura del suelo y mayor materia orgánica podrían tener menor erosión y mejor conservación de su humedad (Waring y Running, 1998). La actividad biótica del suelo es la fuerza motriz para la transformación de la hojarasca en materia orgánica. Las fases de descomposición difieren en cada uno de los componentes y están influenciadas por factores abióticos del suelo tales como temperatura, humedad y aireación, y por la calidad de la hojarasca caída.

El contenido de hojarasca en la zona de recarga hídrica comparando con estudios similares de Ibáñez (2006), la hojarasca tiene efectos importantes en las propiedades del suelo, ayuda a promover una buena estructura, mejorando la retención de humedad y los suelos.

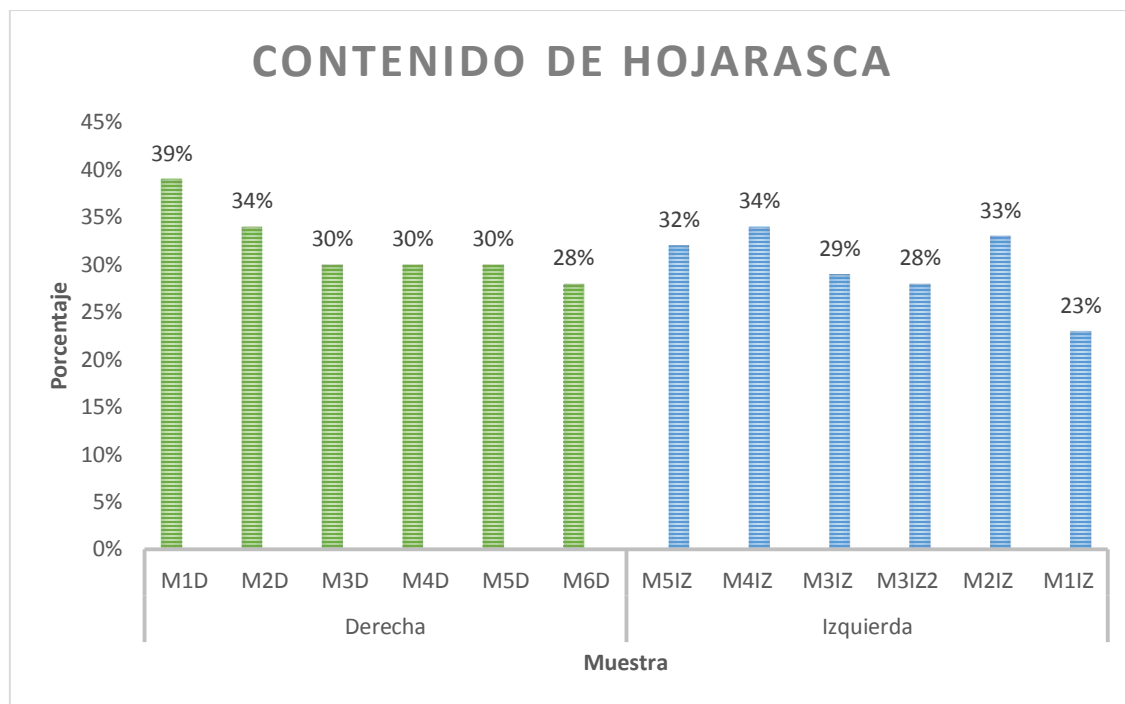


Figura 9. Contenido de hojarasca, en la zona de recarga hídrica.

4.3. CALIDAD DE AGUA

4.3.1. Índices de Calidad de Agua (ICA)

En la **figura 10**, muestra los índices de calidad de agua (ICA), dio como resultado, que en todos los muestreos según la escala de clasificación de Fernández (2007) que corresponden al rango de 51- 70 por lo tanto, el agua es de calidad media y sirven para el consumo humano. Según Torres, Cruz, & Patiño, 2009, recomienda que este tipo de agua debe ser sometidas a tratamiento convencional y en algunos casos tratamientos especiales.

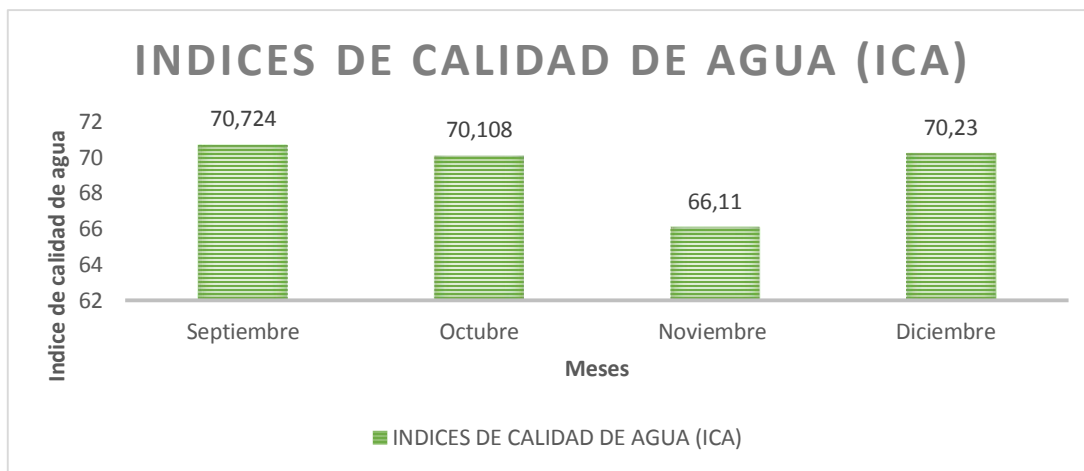


Figura 10. Índices de calidad de agua en la zona de recarga hídrica de Huagracyacu

Para la determinación de los índices de la calidad se determinó diferentes parámetros como: oxígeno disuelto, temperatura, turbidez, pH, conductividad, solidos totales disueltos, solidos suspendidos y solidos sedimentable.

En el oxígeno disuelto el mes de septiembre tiene un valor de 7,92 mg/L con un nivel de saturación de 101% a una temperatura de 25°C y el mes de octubre tiene 6,40 mg/l con un nivel de saturación de 110,1% a una temperatura de 23,8°C, en el mes de noviembre tiene un valor de 4,95mg/l con un porcentaje de saturación de 76% y el mes de diciembre tiene un valor de 5,68mg/l con un nivel de saturación de 84 % donde la condición a una temperatura de 19°C. Se recalca que el oxígeno disuelto puede ser alterado por la temperatura.

Según la Organización Mundial para la Salud (OMS), la turbidez del agua para consumo humano no debe superar en ningún caso las 5 NTU, ni estar por debajo de 1 NTU. En los resultados de la investigación se obtuvo que los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre se obtuvo una turbidez que se encuentra dentro de rango establecido valores de 1,55 NTU, 2,49 NTU, 4,4 NTU y 1 NTU respectivamente.

Como se ilustra en la **figura 11**. Podemos observar que el pH varió de 6 a 6,5 Según el Texto unificado de legislación ambiental se encuentra dentro de los limites permisible para el consumo humano de 6 a 9. La conductividad menor se presentó en el mes de octubre 15,36 $\mu\text{S/cm}$, el mayor valor de conductividad se obtuvo en el mes de septiembre, con un valor 31 $\mu\text{S/cm}$. Según Pérez (2016), en todas las muestras analizadas se encuentran, por debajo del

valor recomendado que es de 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$; por lo tanto, esta agua no presenta riesgo para la ingesta humana según el parámetro de la conductividad.

Los sólidos totales suspendidos mínimos se presentó en el mes de diciembre con un valor de 24 mg y el mayor valor se presentó en el de septiembre con un de 42 mg. Los sólidos totales suspendidos su valor máximo se presenta en el mes de octubre con un 8,81g y un valor mínimo en de noviembre con un valor de 0,4g. Para los sólidos sedimentables se obtuvo valores máximos en el mes de septiembre de 1,5 ml y en los meses de octubre, noviembre y diciembre se obtuvo valores menores a 0,1ml.

CALIDAD DE AGUA EN LA ZONA DE RECARGA HIDRICA DE HUAGRAYACU

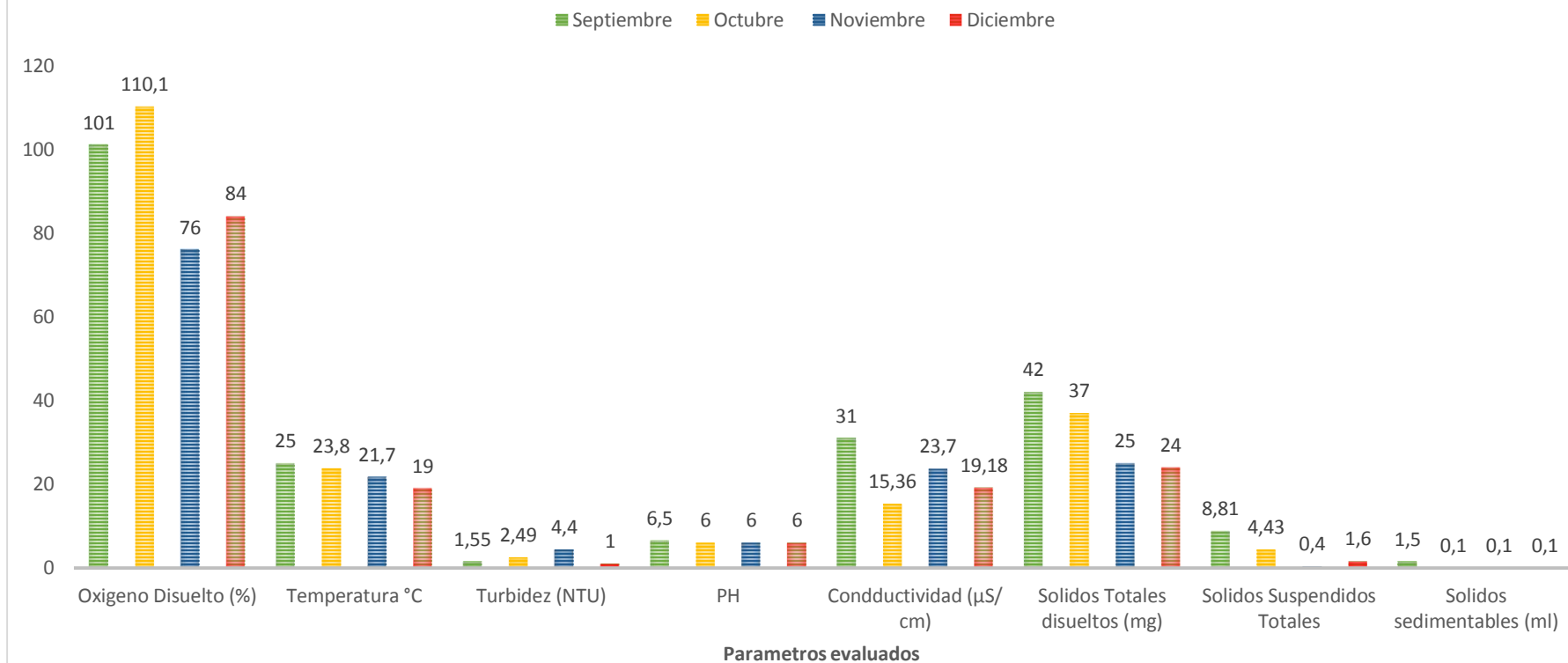


Figura 11. Parámetros evaluados para la determinación del índice de calidad de agua en la zona de recarga hídrica de Huagracyacu.

4.3.2. Caudal

En caudal fue medido en los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre (**Figura 12**), el caudal máximo se presentó en el mes de noviembre, con un valor de 0,54 L/s. El caudal mínimo fue de 0 L/s, en el mes de septiembre, la variación de los caudales se le atribuye a la ausencia de precipitaciones en los días previos al muestreo en la zona de recarga hídrica.

La variación de caudal entre los diferentes meses, coinciden con los estudios realizados por Blarasin et al., (2014), en el que indica que el aumento del caudal se debe al aporte de afluentes naturales en épocas lluviosas y a la infiltración de aguas subterráneas.

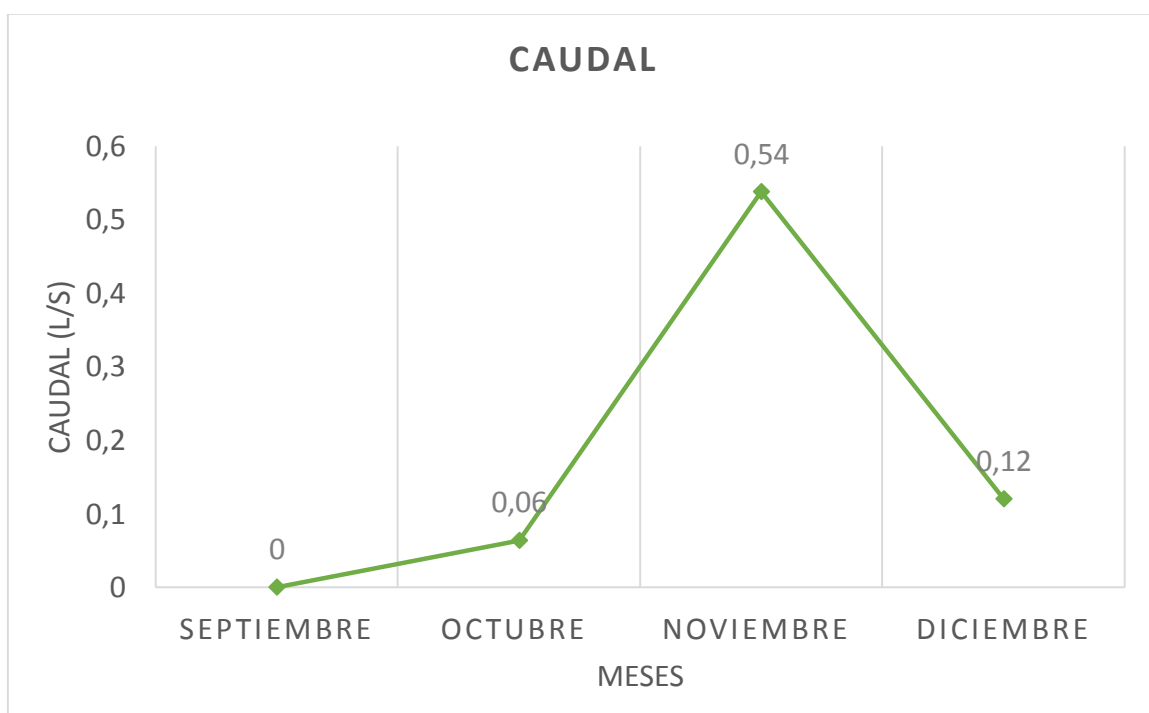


Figura 12. Caudal de la zona de recarga hídrica en los meses de estudio.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- ✓ La zona de la recarga hídrica de la comunidad de Huagrayacu posee un área total de 3036 m², donde abarca 4 diferentes usos de suelo bosque secundario, plantaciones de caña de azúcar, guadua y pastizal, en la misma se encuentra el embalse con un área de 43,5 m².
- ✓ En las características edafológicas la velocidad de infiltración tiene una media de 0,12 cm/min, en cuanto a la densidad aparente y textura se registró una mayor densidad aparente en el uso de la guadua con 1,22 Mg/m³, la cual presento una textura franca arcillo arenoso, el incremento de la densidad aparente se puede atribuir al mayor contenido de arcilla. Lo que hace que el suelo tenga mayor compactación y presente problemas como la baja retención de agua en la zona de recarga. La menor densidad se registró en el uso de suelo de pastizal con una media de 0,745 Mg/m³ y una textura de suelo franco limoso, esta textura tiene mayor porosidad total. En general este uso de suelo, presenta mayor velocidad de infiltración.
- ✓ El contenido de humedad a una profundidad de 5 cm presenta valores máximos de 72% en las parcelas donde el uso del suelo es bosque y caña de azúcar, mientras que los valores mínimos se obtuvieron en el uso de suelo del pastizal con 59 %, mediante el análisis de varianza se evidencio que existe una diferencia significativa ($P < 0,05$), entre la guadua y pastizal en comparación al bosque y la caña de azúcar.
- ✓ En cuanto al contenido de materia orgánica está relacionado con el contenido de carbono y estos a su vez están relacionadas con la densidad de raíces presentes en el suelo. Los valores más altos se obtuvieron en el uso de suelo bosque y la Caña, mientras que los menores valores se obtuvieron en el uso de suelo del pastizal y la guadua. La materia orgánica y el contenido de carbono ayuda al mejoramiento de los índices estructurales

relacionados con la calidad del suelo y su efecto en las propiedades físicas, mediante la modificación de la estructura y la distribución del espacio poroso del suelo al igual que la densidad de raíces.

- ✓ En cuanto a la calidad de agua (ICA), en la zona de recarga hídrica de la comunidad de Huagrayacu corresponde a un agua de calidad media y sirven para el consumo humano. El caudal varió de 0 a 0,54 L/s. la variación de los caudales se le atribuye a la ausencia de precipitaciones en los días previos al muestreo en la zona de recarga hídrica. En el embalse de la zona de recarga tiene un volumen de 30,50 m³, de los cuales el 16% del volumen es sedimento.

5.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda realizar un plan de manejo de la recarga hídrica de la comunidad de Huaguayacu, en el cual debe constar principalmente de programas de conservación, programas de mitigación, programa de comunicación y capacitación. De manera que se pueda aumentar el proceso de infiltración. Debe ser prioridad canalizar esfuerzos en esa área.
- ✓ La zona de recarga hídrica de la comunidad de Huaguayacu se debe considerar como un área prioritaria en los planes de manejo en la entidad municipal bajo proyectos de protección y conservación de recursos naturales para el resguardo de los servicios ecosistémicos del municipio de Pastaza.
- ✓ Monitorear la dinámica de la cobertura del suelo, para detectar cambios que puedan generar un impacto en la zona de recarga hídrica.
- ✓ Se recomienda realizar mantenimientos continuos en la zona de recarga hídrica de la comunidad y principalmente la limpieza del embalse para evitar posibles afectaciones.

CAPITULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), & Water Pollution Control Federation (WPCF). (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Madrid (España): Diaz de Santos.
- Antúñez, A., Fermer, S., Vidal, M., Morales, R., Coz, E., & Fuentes, F. (2014). *Propiedades Físico-Hídricas del suelo en el Cultivo de Maíz grano*. Colombia.
- Bateman, A. (2007). Hidrología básica y aplicada. Recuperado de: <https://www.upct.es/~minaees/hidrologia.pdf>
- Bauder, J., & Singler, A. (2017). Alcalinidad, pH, y Sólidos Disueltos Totales. *Well Educated*.
- Beltran, J., & Rangel, J. (2012). Modelación dinámica de los sólidos suspendidos totales en la humedad Jaboque. *Colombia Forestal*.
- Blake, J., & Hartge, L. (1986). Bulk density. In C.A. Klute (de). *Methods of soil analysis, part 1. Agromomy*, 9, 349-378.
- Blarasin, M., Cabrera, A., Matteoda, E., Felizzia, J., Maldonado, L., Bécher, F., & Giuliano, J. (2014). *El agua subterránea y la actividad ganadera-Tambera*. Argentina: UniRio.
- Brady, N. C. 1990. *The nature and properties of soils*, 10th ed. New York, NY: Macmillan: p. 621.
- Bravo, C., Marín, A., Moreno, P., Ruiz, M., Torres, B., Navarrete, H., ... Changoluisa, D. (2017). Evaluación de la sustentabilidad mediante indicadores en unidades de producción de la Provincia de Napo, Amazonia ecuatoriana. Barquisimeto: *Bioagro*.
- Briñez, K., Guarnizo, J., & Arias, S. (2012). Calidad del agua para consumo humano en el departamento de Tolima. *Facultad Nacional de salud pública*, 175.
- Broosk, D. (2014). *Agua Manejo a nivel local*. Bogotá Colombia: Alfaomega.
- Carter, M. R., D.A. Angers, and H. T. Kunelius. 1994. *Soil structural form and stability, and organic matter under cool-season perennial grasses*. Soil Sci. Soc. Am. J. 58: 1194-1199.

- Centro de Investigación y Asistencia técnica a la Industria- Asociación civil (CIATI AC). (2012). *Instructivo para la toma de muestras de Agua para análisis microbiológicos, físico-químicos y contaminantes*. Madrid, España.
- Compañía Autodesk. (2019). AutoCAD (Versión 23.0) [Software]. Recuperado de <https://autocad.softonic.com/>
- Di Rienzo J., Casanoves, F., Balzarini, M., González, L., Tablada, M., & Robledo, C. (2018). 2018. Grupo INFOSTAT, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Recuperado de <http://www.infostat.com.ar>
- Domínguez, M. (2005). *Evaluación de la calidad de suelos de laderas de Nandaimé, a través de indicadores técnicos y locales*. Mangua.
- Donis, L. F. (noviembre de 2015). *Identificación de zonas de recarga hídrica en la microcuenca del Río Negro, ciudad de Guatemala sistematización de práctica profesional*. (Tesis de pregrado). Universidad Rafael Landívar, Guatemala.
- Duval, E-, Galantini, J., Martínez, J., Wall, I., & López, F. (2015). Evaluación de la calidad física de los suelos de la región pampeana: efecto de las prácticas de manejo. *Ciencias Agronómicas*, 33-34.
- Esri (Environmental Systems Research Institute). (2014). ArcGIS (versión 10.3) [Software]. Recuperado de <https://www.arcgis.com/index.html>
- 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.
- Fernández, N. P. (2007). *Índice de Calidad de Agua. Centro de investigaciones hidroinformática*. Colombia.
- Florentino, A. (1998). Guía para la evaluación de la degradación del suelo y de la sostenibilidad del uso de tierra: selección de indicadores físicos, valores críticos. *Instituto de Edafología - Facultad de Agronomía- Ucv*. Maracay, 14.
- Flores, L., & Alcalá, J. (2010). *Manual de procedimientos analíticos*. México.
- García, M., García, M., & Castellanos, I. (2008). Variación de la velocidad de infiltración media en seis ecosistemas inalterados. *Terra Latinoamericana*, 21-27.
- Gerber, R., Muñoz, J., & Suárez, J. (2016). Incidencia de sistemas agroforestales con *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.Juss.) Müll.Arg. sobre propiedades físicas de suelos de lomerío en el departamento de Caquetá, Colombia. *Agronomía*.

- Gobierno autónomo descentralizado Parroquial Rural de Tarqui, Plan de Ordenamiento territorial (PDOT). (2010). Pastaza.
- Gómez, G., Cerrón, R., Capcha, T., & Villavicencio, C. (2014). Evaluación de la tasa de infiltración en tierras agrícolas, forestales y de pastoreo en la subcuenca del río Shullcas. *Universidad Continental*, 39-40.
- Gómez, J. C. (2013). *Manual de Prácticas de campo y del laboratorio de suelos*. Espinal Tolima.
- González, I. D., Ávalos, H. C., Galindo, A., Pineda, R. F., & Ríos, E. (2015). *Cuencas Hidrográficas. Fundamentos y Perspectivas para su manejo y gestión*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/280938710_Cuencas_hidrograficas_Fundamentos_y_perspectivas_para_su_manejo_y_gestion
- González, W. (2011). *Manejo y protección de zonas de recarga hídrica y fuentes de agua para consumo humano en la subcuenca del río Zaratí, Panamá*. (Tesis postgrado). Centro Agronómico Tropical de investigación y enseñanza, Turrialba, Costa Rica.
- Grefa, M., & Lasso, A. (2018). *Evaluación de la calidad de suelo bajo distintos usos de tierra mediante parámetros ambientales en la comunidad Unión Llandia, provincia de Pastaza*. (Tesis Pregrado). Universidad Estatal Amazónica, Ecuador.
- Guzmán, B., Nava, G., & Díaz, P. (2012). La calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbilidad en Colombia. *Biomédica*.
- Honorato, D. (2000). *Manual de edafología* (4 a Ed.). Edición. México, D.F. Ediciones Universidad Católica de Chile
- Ibáñez, J. (2006). *El agua en el suelo. Obtenido de Textura del suelo y propiedades hidricas*. Recuperado de <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/07/05/33887/comment-page-1>
- INFOSTAT. InfoStat, versión 2008. *Manual del Usuario*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Segunda Edición, Editorial Brujas Argentina.
- Jiménez, A., Reyes, J., & Silveira, M. (2011). *Secuestro y Distribución de Carbono Orgánico del Suelo Bajo Diferentes Sistemas de Manejo de Pasturas*. México.
- Keyhole Inc. (2001). Google Earth (versión 7.3.2. 5491) [Software]. Recuperado de <https://earth.google.es/>
- Marc. (2015). *Contaminación por sedimentos*. Obtenido de Sedimentos: http://marc.org/Environment/Water-Resources/pdfs/brochures/sediment_espanol.aspx

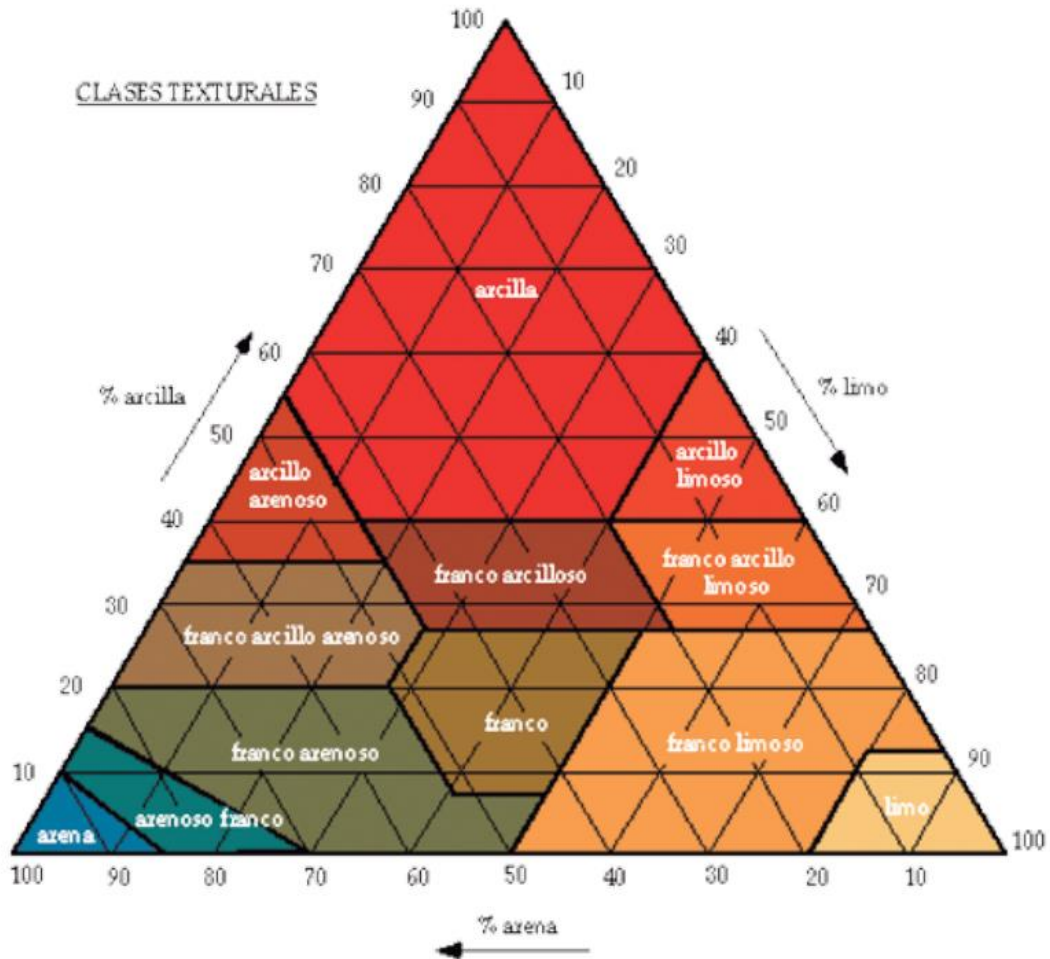
- Martínez, E., Fuentes, J. & Acevedo E. *Carbono orgánico y propiedades del suelo*. Santiago de Chile.
- Matus Silva, O. D. (2013). *Elaboración participativa de una metodología para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica en subcuencas hidrográficas, aplicada a la subcuenca del río Jucuapa*. (Tesis postgrado). Centro Agronómico Tropical de la Investigación y la Enseñanza, Nicaragua.
- Matus, O., Faustino, J., & Jiménez, F. (2009). *Guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica*. Costa Rica.
- Meléndez, G., & Molina, E. (2002). Análisis de suelos y su interpretación. *Amino Grow Internacional*, 5.
- Morocho, V. M. (2017). *Evaluación del contenido de carbono en el suelo de un sistema de pastoreo y bosque nativo la reserva Huayrapalte*. (Tesis de postgrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Nollet, Leo M. L. (1996).; *Handbook of food analysis*; M. Dekker, New York.
- Ordoñez, J. J. (2011). *Contribuyendo al desarrollo de una Cultura del Agua y la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Lima - Perú: Sociedad Geográfica de Lima.
- Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías para la calidad del agua potable*. Ginebra, Suiza.
- Osorno, N. (2006). *Infiltración del agua en el suelo manejado bajo enfoques orgánico y convencional con cultivo de maíz (Zea mays L.)*. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo.
- Pascual, R., & Venegas, S. (2011). *La materia orgánica del suelo*. Microorganismos. Recuperado de <https://www.ugr.es/~cjl/MO%20en%20suelos.pdf>.
- Peñuela Arévalo, Liliana A., & Carrillo Rivera, J. Joel. (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. Recuperado en 28 de diciembre de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112013000200003&lng=es&tlng=es.
- Pérez, O., Arriola, J., Saldaño, M., Saldaña, M., & Mendoza, J. (2016). Evaluación de la calidad del agua de cuatro Jagueyes del parque "Flor de Bosque", Puebla, México. *Ra Xihai*, 153-168.

- Pérez Nieto, J., Valdés Velarde, E., & Ordaz Chaparro, V. M. (2012). Cobertura vegetal y erosión del suelo en sistemas agroforestales de café. *Terra Latinoamericana*, 249-259.
- Pérez, E. (2016). Control de calidad en agua para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*, 29(3), pág. 3-14. <https://doi.org/10.18845/tm.v29i3.2884>
- Pire, R. (1986). Densidad longitudinal de raíces y extracción de humedad en un viñedo de el tocuyo Venezuela. *Agronomía Tropical*.
- Porta J., López M., Roquero C. 1994. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 807 p.
- Pla, I. (2015). *Problemas de degradación de suelos en el mundo: causas y consecuencias*. España: Universidad de Lleida
- Radulovich, R. (2009). Método gravimétrico para determinar in situ la humedad volumétrica del suelo. *Agronomía Costarricense*, 121.
- Ramírez, J. D. (2014). *Manual Piragüero*. Medellín, Colombia: Corantioquia.
- Ramos, E., & Zúñiga, D. (2008). Efecto de la humedad, temperatura y ph del suelo en la actividad microbiana. *Ecología Aplicada*, 123-130.
- Reid, J. B., M. J. Goss, and P. D. Robertson. 1982. Relationships between the decreases in soil stability affected by the growth of maize roots and changes in organically bound iron and aluminum. *J. Soil Sci.* 33: 397-410.
- Rosillo, A., & Aldaz M., (2018). *Evaluación de la calidad del suelo bajo distintos usos de la tierra mediante parámetros ambientales en la comunidad Simón Bolívar, Parroquia Fátima - provincia de Pastaza*. (Tesis Pregrado). Universidad Estatal Amazónica, Ecuador.
- Ronald, M., Erkki, T., & Raymond, C. (2016). *Diseño de muestreo de las evaluaciones forestales nacionales*. Organización de las Naciones Unidad para la alimentación.
- Rucks, L., García, F., Kaplan, A., Ponce de León, J., & Hill, M. (2004). *Propiedades físicas del suelo*. Recuperado de <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>
- Sales, B., (2006). Caracterización de la materia orgánica de suelos representativos de ecosistemas amazónicos del Perú, departamento de Ucayali, e influencia de su uso y manejo en el secuestro del carbono. (Tesis doctoral). Universidad de Sevilla. España.

- Sepúlveda, R. B. (2015). El infiltrómetro de cilindro simple como método de cálculo de la conductividad hidráulica de los suelos. *Agronomía Costarricense*, 14.
- Smith, R.L. 1980. *Ecology and Field Biology*. 3ra. ed. New York, EE. UU. 664-695 pág.
- Torres, P., Cruz, C., & Patiño, P. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. *Revista Ingeniería Universidad de Medellín*, 8 (15), 81-82.
- Trujillo, D., Duque, L. F., Arcila, J. S., Rincón, A., & Pacheco. (2014). Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando. *Revista ION*, 27 (1), 21-22.
- Waring, R.H. and Running, S.W. (1998). *Forest Ecosystems "Analysis at Multiple Scales"*. Second Edition. San Diego, USA: Academic Press, pp. 19-57
- Whalley, W. R., B. Riseley, P. B. Leeds-Harrison, N. R. A. Bird, P. K. Leech, and W. P. Adderley. (2005). Structural differences between bulk and rhizosphere soil. *Eur. J. Soil Sci.* 56: 353-360.
- Yáñez, J., & Tapia. A. (2018). *Estimación de los hidrogramas sintéticos en función de las características geomorfológicas de la cuenca del río Pindo Grande*. (Tesis Pregrado). Universidad Estatal Amazónica, Ecuador.
- Zamora, J., & Chistancho, F. (2008). *La Humedad en las Propiedades Físicas del Suelo*. Bogotá.

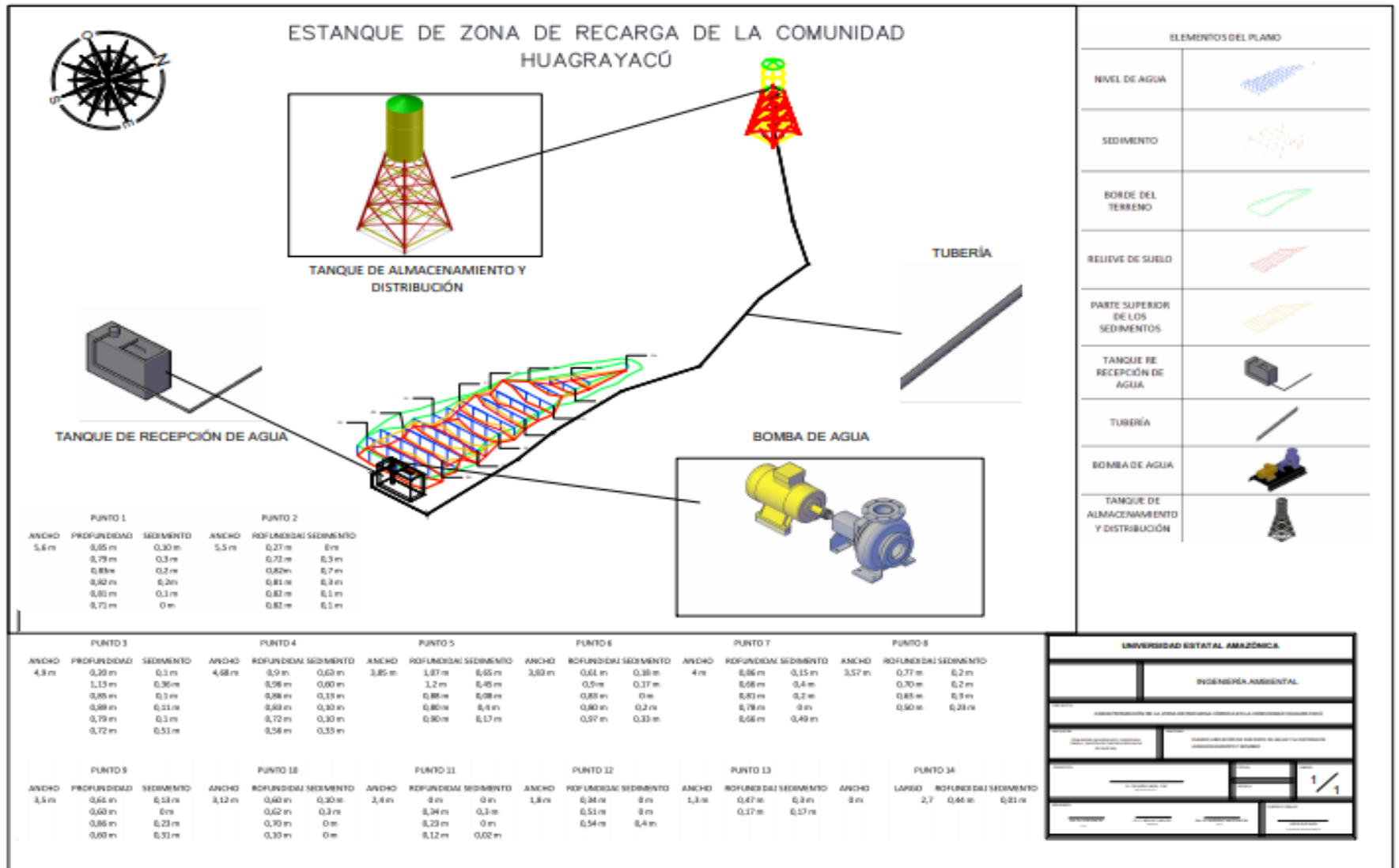
CAPITULO VII

ANEXOS



Anexo 1. Clases texturales

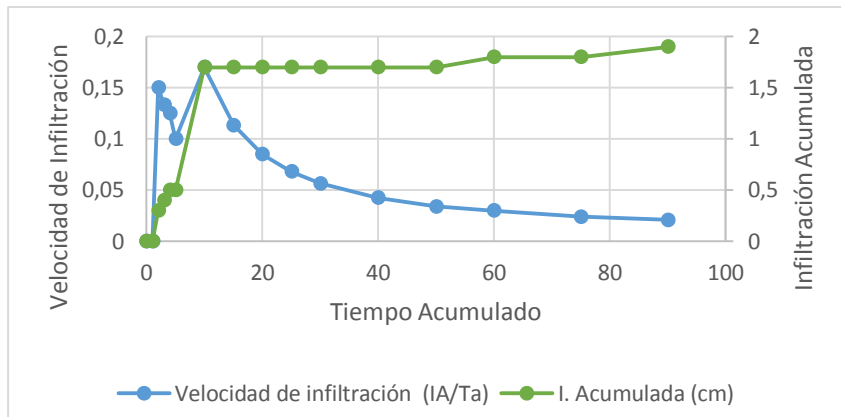
Fuente. - Manual de prácticas de campo y del laboratorio de suelos.



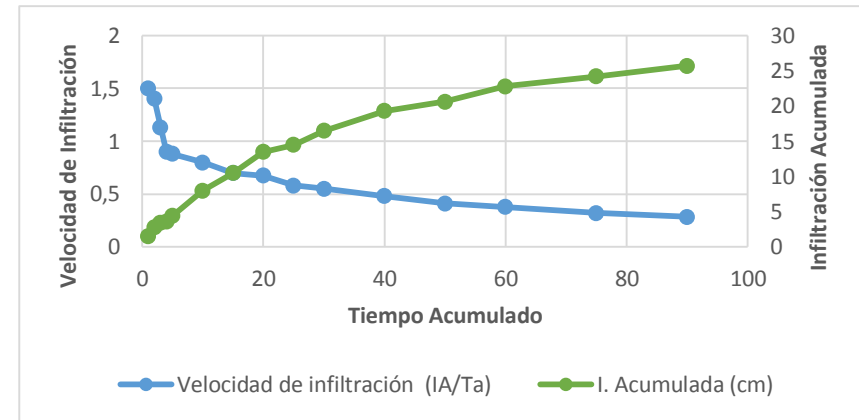
Anexo 2. Sedimentos en el estanque de la zona de recarga hídrica de la comunidad de Huagracyacu

Anexo 3. Medición de la velocidad de infiltración (método del cilindro infiltrómetro simple)

USO DE SUELO PASTIZAL

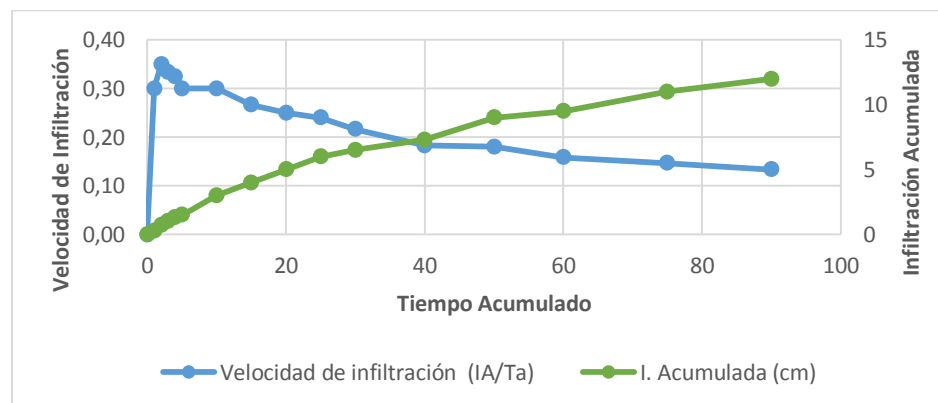


Anexo 3. 1. Pruebas de infiltración realizada en la parcela 1 del uso de suelo de pastizal.



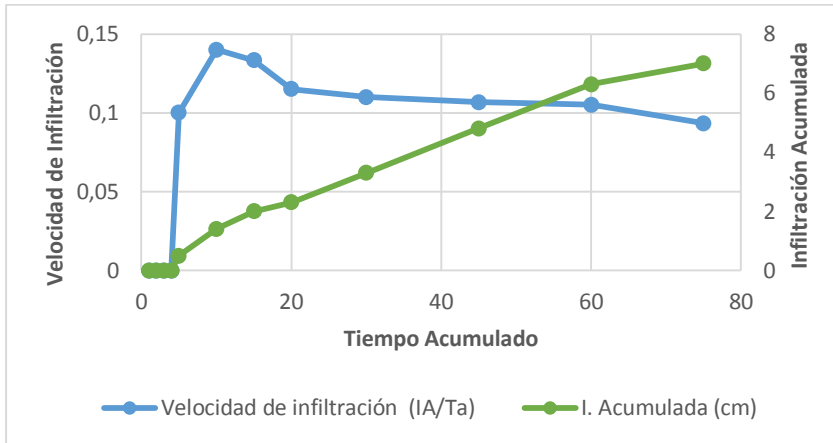
Anexo 3. 2. Pruebas De Infiltración Realizada En La Parcela 2 Del Usos De Suelo Del Pastizal.

USO DE SUELO PLANTACIÓN DE GUADUA

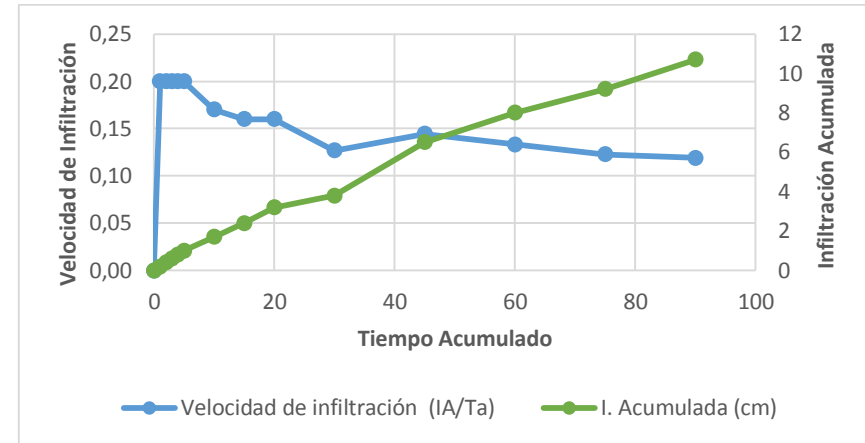


Anexo 3. 3. Pruebas de infiltración realizada en la parcela del uso de suelo de “Guadua angustifolia”

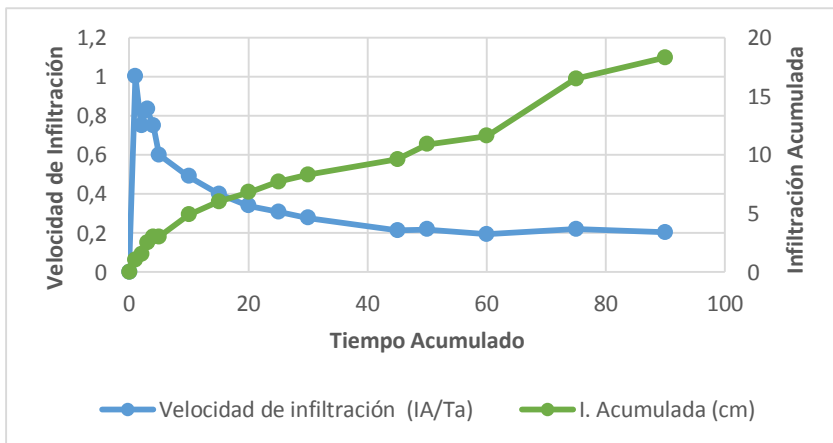
USO DE SUELO BOSQUE



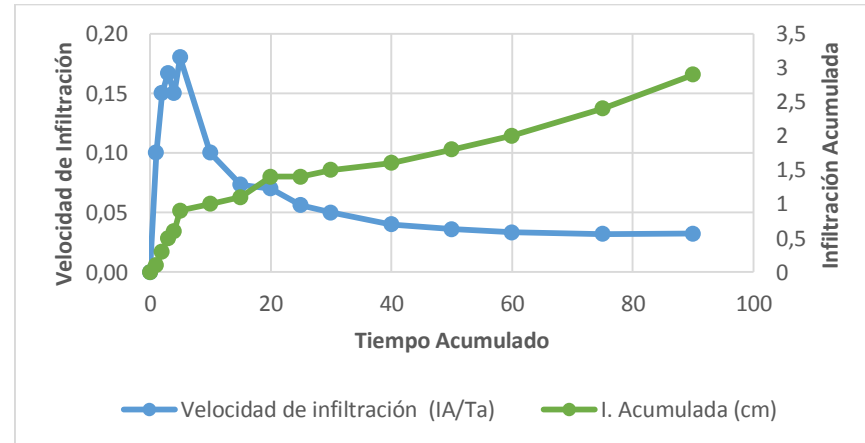
Anexo 3. 4. Pruebas de infiltración realizada en la parcela 1 del uso de suelo del bosque.



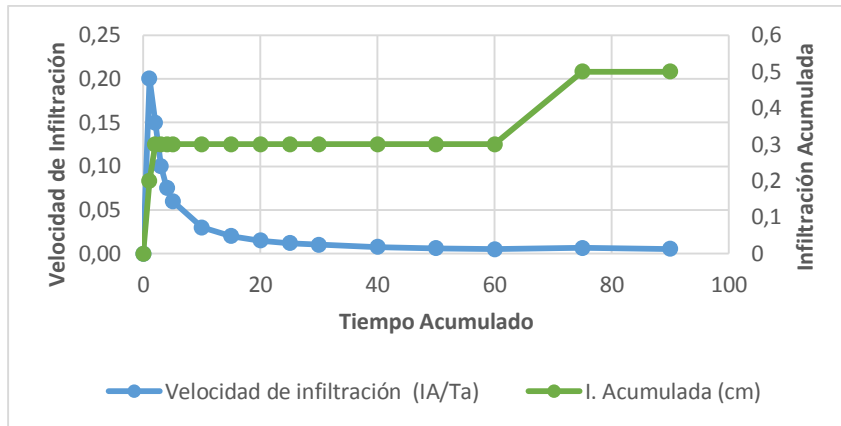
Anexo 3. 5. Pruebas de infiltración realizada en la parcela 2 del uso de suelo del bosque.



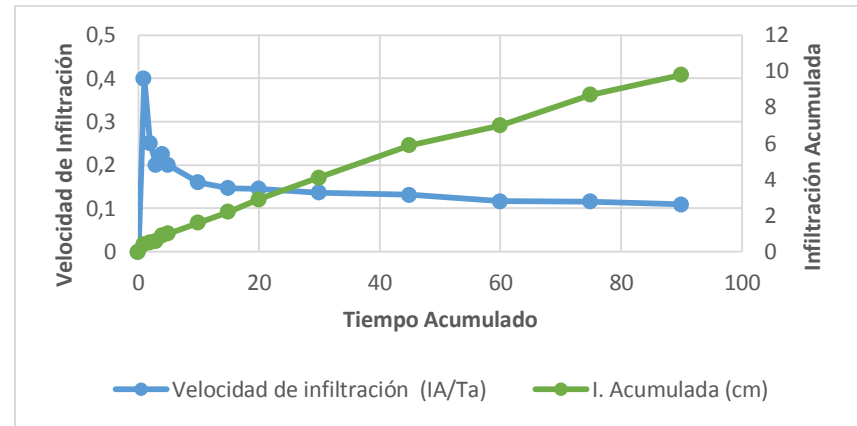
Anexo 3. 6. Pruebas de infiltración realizada en la parcela 3 del uso de suelo del bosque.



Anexo 3. 7. Pruebas de infiltración realizada en la parcela 4 del uso de suelo del bosque.

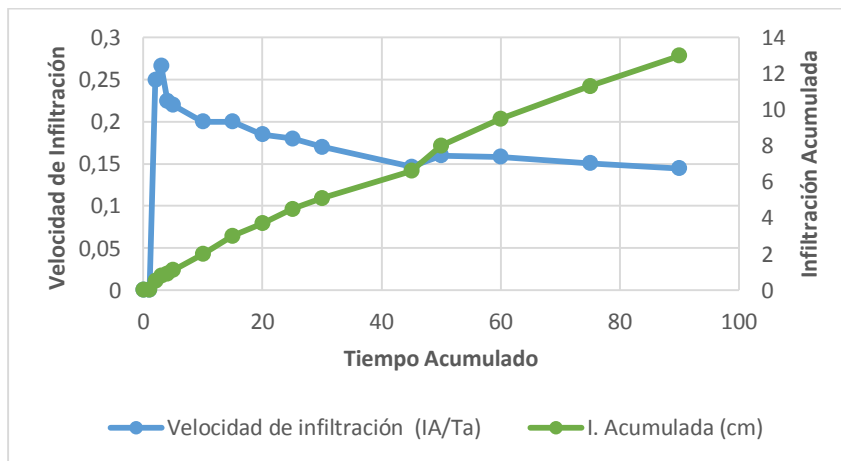


Anexo 3. 8. Pruebas de infiltración realizada en la parcela 5 del uso de suelo del bosque.

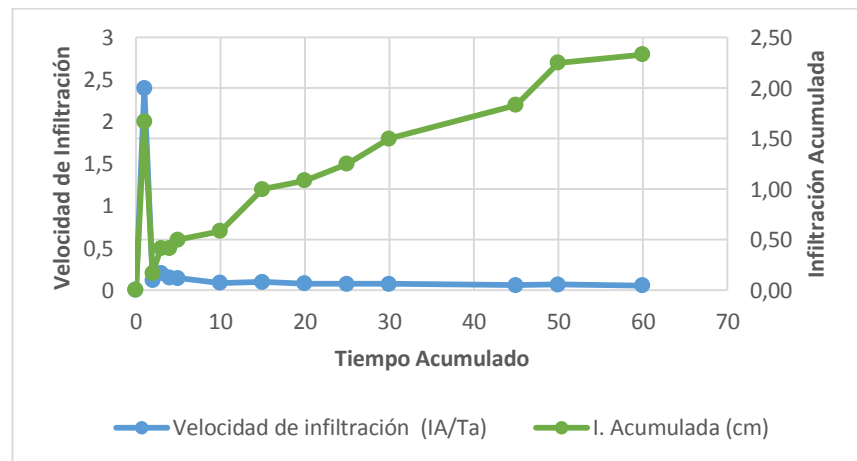


Anexo 3. 9. Pruebas de infiltración realizada en la parcela 6 del uso de suelo del bosque.

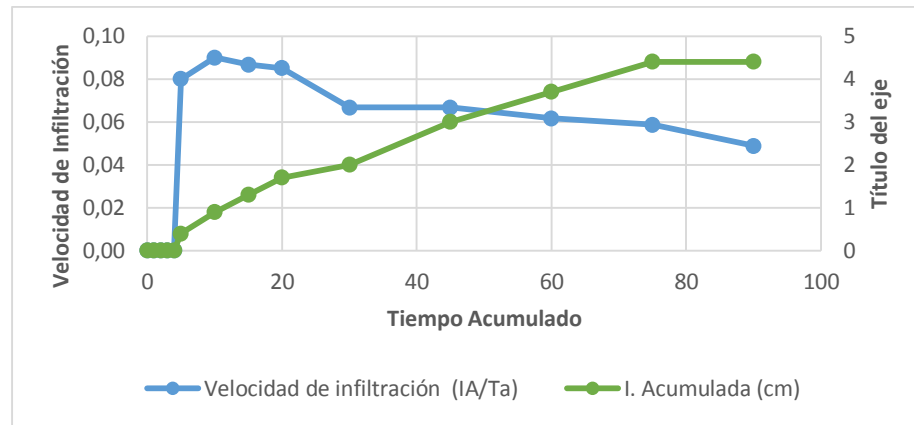
USO DE SUELO PLATACIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR



Anexo 3. 10. Pruebas de infiltración realizada en la parcela 1 del uso de suelo de la caña de azúcar “*Saccharum officinarum*”



Anexo 3. 11. Pruebas de infiltración realizada en la parcela 2 del uso de suelo de la caña de azúcar “*Saccharum officinarum*”



Anexo 3. 12. Pruebas de infiltración realizada en la parcela 3 del uso de suelo de la caña de azúcar “*Saccharum officinarum*”

Anexo 4. Análisis de laboratorio de los parámetros realizados para la determinación de la calidad de agua.

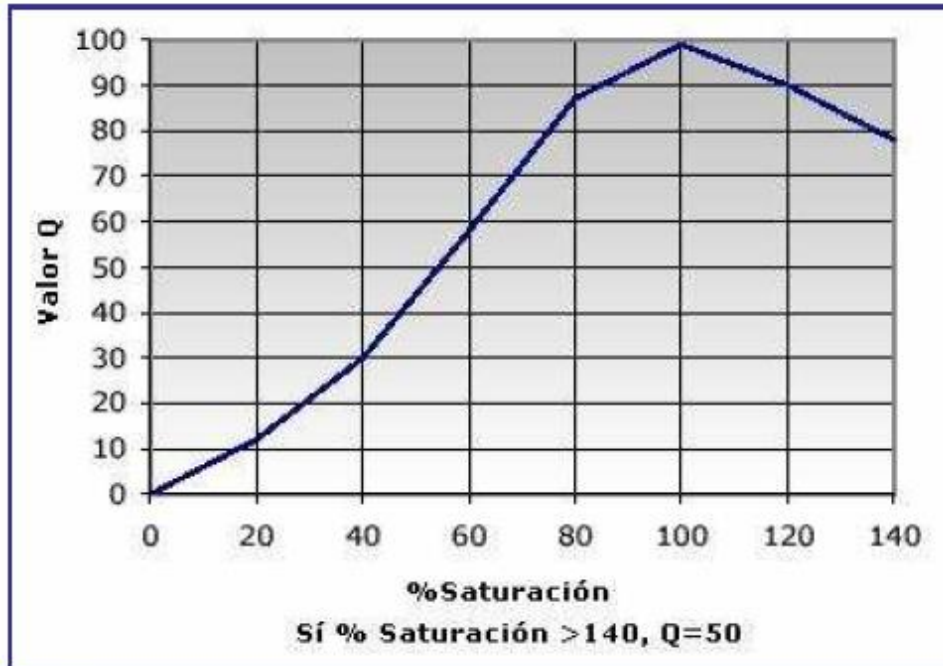
MUESTREO N°1						
Laboratorio (viernes 14-sep-2018)						
Análisis de calidad del agua			Peso relativo	Peso relativo corregido	I	IW
Solidos sedimentable (45min)	1.5 ml					
turbidez	1,55 NTU		0,08	0,174	97	16,878
Conductividad (21,7°C)	31 us/cm					
Saturación de oxígeno(21,7°C)	14,47 mg/L	0.01%				
Oxígeno disuelto (21,8°C)	7,92 mg/L	101%	0,17	0,264	100	26,4
temperatura °C	25		0,1	0,194	17	3,298
pH	6,5		0,11	0,204	60	12,24
SOLIDOS SUSPENDIDOS	8,81 g					
SOLIDOS DISULTOS (CAPSULAS)	42mg		0,07	0,164	87	14,268
TOTAL			0,53	1		70,724
			0,47			MEDIA
			0,094			

MUESTREO N°2						
Laboratorio (viernes 9-oct-2018)						
Análisis de calidad del agua			Peso relativo	Peso relativo corregido	I	IW
Solidos suspendidos (45min)	< 0,1					
turbidez	2,49 NTU		0,08	0,174	95	16,53
Conductividad (4,7°C)	15,36 us/cm	0,01%				
Conductividad (26,4°C)	26.0 us/cm	0,01%				
Oxígeno disuelto (27,5°C)	6,40 mg/L	110.10%	0,17	0,264	95	25,08
temperatura °C	23,8°C		0,1	0,194	19	3,686
pH	6		0,11	0,204	55	11,22
SOLIDOS SUSPENDIDOS	4,43 g					
SOLIDOS DISULTOS (CAPSULAS)	37 mg		0,07	0,164	85	13,94
TOTAL			0,53	1		70,108
			0,47			MEDIA
			0,094			

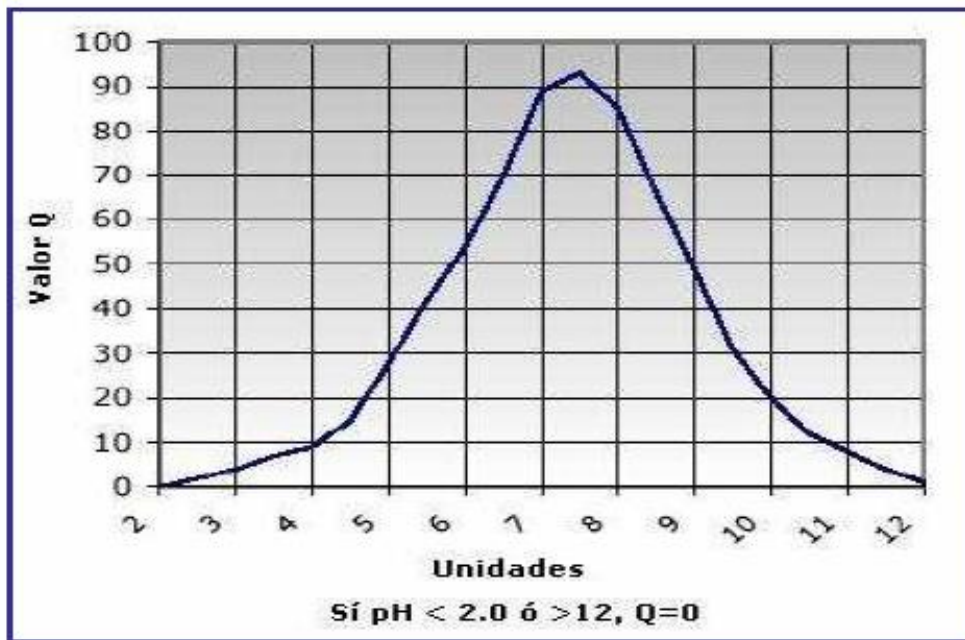
MUESTREO N°3						
Laboratorio (viernes 15-nov-2018)						
Análisis de calidad del agua			Peso relativo	Peso relativo corregido	I	IW
Solidos suspendidos (45min)	< 0,1					
turbidez	4,40 NTU		0,08	0,174	90	15,66
Conductividad (21,7°C)	23,7 us/cm					
Oxígeno disuelto (27,5°C)	4,95 mg/L	76%	0,17	0,264	80	21,12
temperatura °C	21,7°C		0,1	0,194	20	3,88
pH	6		0,11	0,204	55	11,22
SOLIDOS SUSPENDIDOS	0,4 g					
SOLIDOS DISUULTOS (CAPSULAS)	25		0,07	0,164	87	14,23
TOTAL			0,53	1		
			0,47			66,11
			0,094			MEDIA

MUESTREO N°4						
Laboratorio (martes 4-dic-2018)						
Analisis de calidad del agua			Peso relativo	Peso relativo corregido	I	IW
Solidos suspendidos (45min)	< 0,1					
turbidez	1 NTU		0,08	0,174	100	17,4
Conductividad	19,18 us/cm	20,2°C				
Oxígeno disuelto	5,68 mg/L	84%	0,17	0,264	90	23,76
temperatura °C	19°C		0,1	0,194	21	4,074
pH	6		0,11	0,204	55	11,22
SOLIDOS SUSPENDIDOS	1,6					
SOLIDOS DISUULTOS (CAPSULAS)	24		0,07	0,164	84	13,776
TOTAL			0,53	1		
			0,47			70,23
			0,094			MEDIA

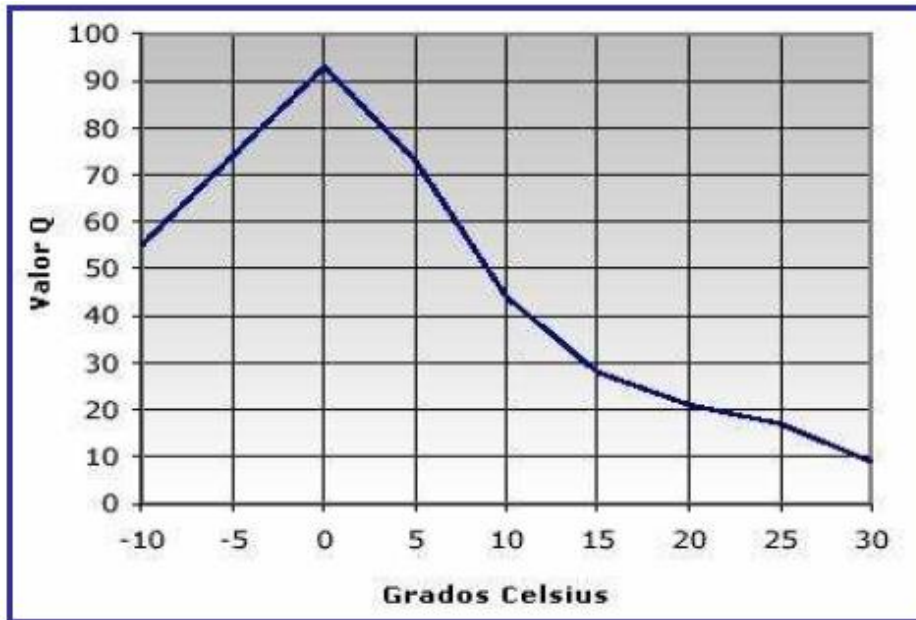
Anexo 5. Curvas de función de la calidad NSF



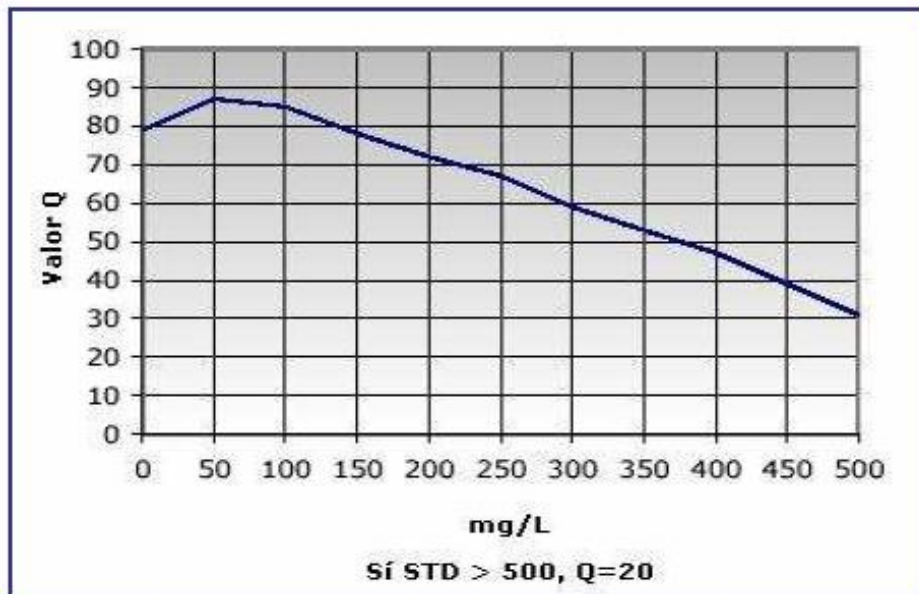
Anexo 5.1. Función de calidad NSF Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto.



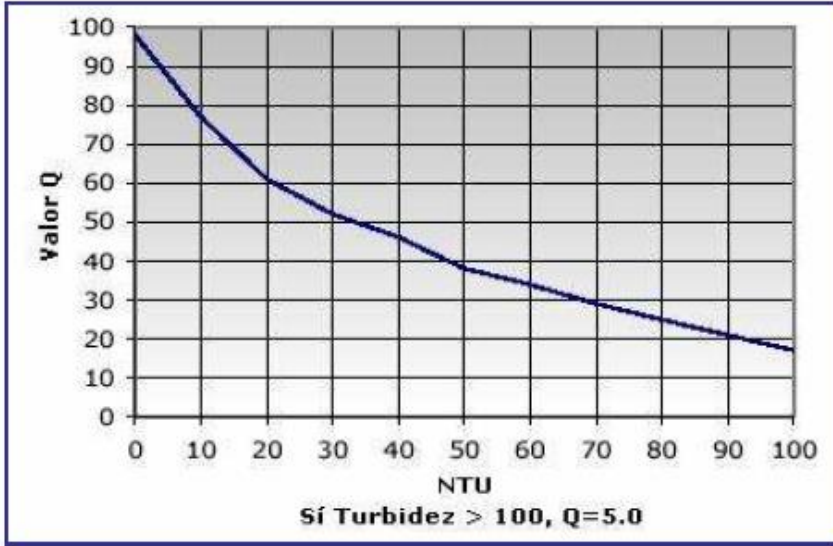
Anexo 5.2. Función de calidad NSF Potencial de hidrogeno (pH).



Anexo 5.3. Función de calidad NSF Temperatura °C.



Anexo 5.4. Función de calidad NSF Sólidos disueltos.



Anexo 5.5. Función de calidad NSF turbidez.

Anexo 6. Presupuesto

Materiales y equipos	Cantidades	Valor Unitario	Monto	Impuesto	Subtotal
Libreta de campo	2	1,5	3	0,36	3,36
Esferos	2	0,5	1	0,12	1,12
Cilindro infiltrómetro	10	1	10	1,2	11,2
Cilindro metálico	10	1	10	1,2	11,2
Cronometro	1	24	24	2,88	26,88
Cámara	1	200	200	24	224
Cinta métrica	1	9	9	1,08	10,08
Barreno	1	84	84	10,08	94,08
Balde	5	2	10	1,2	11,2
cuadro de madera	10	2	20	2,4	22,4
Guantes	5	1	5	0,6	5,6
Pinzas	2	2	4	0,48	4,48
fundas de papel	40	0,25	10	1,2	11,2
Fundas	40	0,1	4	0,48	4,48
Etiquetas	1	3	3	0,36	3,36
Marcadores	3	1,25	3,75	0,45	4,2
Impresiones	400	0,3	120	14,4	134,4
Anillados	9	1,5	9	1,08	10,08
Lápiz	3	0,5	1,5	0,18	1,68
Movilización	10	3	30	3,6	33,6
Machete	1	4	4	0,48	4,48
GPS	1	140	140	16,8	156,8
Computadora	1	720	720	86,4	806,4
Informe	1	40	40	4,8	44,8
Empastados	2	30	60	7,2	67,2
Reactivo	1	60	60	7,2	67,2
TOTAL			1585,25\$	190,23\$	1755,48\$

Anexo 7. Fotografías



Anexo 7.1. Medición de la sedimentación presente en el embalse de la zona de recarga hídrica.



Anexo 7.2. Medición del caudal en la zona de recarga hídrica de Huagrayacu.



Anexo 7.1. Análisis de sólidos suspendidos en laboratorio ambiental de la Universidad Estatal Amazónica.



Anexo 7.2. Análisis de la hojarasca en el laboratorio ambiental de la Universidad Estatal Amazónica.



Anexo 7.3. Muestreo de suelo de 0-50 cm con el barreno en la zona de recarga hídrica de Huagrayacu.



Anexo 7.4. Embalse de la zona de recarga hídrica de Huagrayacu.