

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL



Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO AMBIENTAL

TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

“DIAGNÓSTICO DE LA ZONA DE RECARGA HIDRICA DE
LA COMUNIDAD SAN JACINTO, PARROQUIA TARQUI,
CANTÓN Y PROVINCIA DE PASTAZA”.

AUTORES:

- Jenny Amparo Castro Sánchez
- Jocelyne Pamela Morales Rea

DIRECTOR DEL PROYECTO:

Dr. C. Ricardo Vinicio Abril Saltos

Puyo - Ecuador

2019

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios Padre Celestial, por regalarme su bendición y otorgarme los dones de entendimiento y sabiduría y por brindarme la oportunidad de cumplir una meta más en mi vida.

A mis padres Sonia Sánchez y Orlando Castro, y a mi hermana Adriana Castro por ser el pilar fundamental en mi vida y apoyarme siempre en las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida estudiantil.

A mi esposo Ramiro Freire y familia por todo el apoyo recibido en el transcurso de mi carrera y a mi hija quien es mi tesoro, Arleth Freire por ser el motor que me impulso para seguir adelante y cumplir este objetivo.

A mis amigas, Jocelyn Guerrero, Michelle Pullugando y Heidi Guevara y el resto de compañeros de aula que de una u otra manera siempre estuvieron para ayudarme y poder cumplir el objetivo que nos planteamos hace cinco años atrás, graduarnos de Ingenieros Ambientales.

A la Universidad Estatal Amazónica en especial a la Carrera de Ingeniería Ambiental que me abrió sus puertas para formarme como profesional, a mis profesores y todos los docentes, que pacientemente me formaron con sus conocimientos.

A mi tutor el Dr. Ricardo Abril por aportar con sus conocimientos en la ejecución del proyecto.

Y a todas las personas que directa e indirectamente estuvieron para brindarme su apoyo y sus consejos durante esta etapa.

Jenny Amparo Castro Sanchez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida, por brindarme los dones de la inteligencia, paciencia y superación que me han permitido llegar a este momento tan especial en mi vida.

A mi padre Richar Morales, a mi madre Pilar Rea, y a mis hermanos Joe y Madelyne, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas, lo cual me ha enseñado a valorarlos cada día más, ellos quienes me han brindado su apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida y me han motivado en mi formación académica y a seguir creciendo como persona y profesional.

A mis familiares, amigos y novio, por estar presentes no solo en este momento tan importante, sino en todo momento ofreciéndome lo mejor, quienes me extendieron su mano y estuvieron dándome ánimos para seguir adelante y cumplir con mi objetivo de ser una profesional.

A mi tutor de tesis Dr. Ricardo Abril, por compartir sus conocimientos y guiarme en la elaboración de este proyecto.

Finalmente quiero agradecer a mi querida institución Universidad Estatal Amazónica que me abrió sus puertas para prepararme y a mis profesores que me impartieron sus conocimientos para formarme como profesional.

Jocelyne Pamela Morales Rea

DEDICATORIA

A mi madre Sonnia Sánchez por haberme brindarme su cariño, amor, comprensión y paciencia, a ti mamita querida por ser la mejor madre del mundo, por estar siempre ahí apoyándome, dándome consejos y sobre todo por el amor incondicional que me brindas día a día.

A mi padre Orlando Castro y a mi hermana Adriana Castro quienes me han brindado palabras de constancia y perseverancia para cumplir todos los objetivos que me he propuesto a lo largo de mi carrera.

A mi hija Arleth Sarahi Freire Castro por ser mi apoyo incondicional, por estar siempre conmigo brindándome su apoyo y a mi esposo Ramiro Orlando Freire Bastidas por la paciencia, el cariño que hacia mí me brinda, y a todos mis familiares que con su apoyo y buenos consejos me han impulsado a terminar con éxito esta etapa de mi vida.

En general a todas las personas que me han apoyado en toda mi etapa estudiantil, profesores, familiares, amigos, conocidos, para ellos también dedico el presente proyecto.

Jenny Amparo Castro Sanchez

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida, por los triunfos y momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más y seguir creciendo como persona y ser una buena profesional.

A mis padres Richar Vilen Morales Gómez y Pilar Rea López, quienes me han formado con buenos valores, me han brindado su amor, cariño y comprensión, por enseñarme el camino hacia la superación, por ser las personas que me han acompañado durante todo mi trayecto de vida y estudiantil, que con sus sabios consejos han sabido guiarme para culminar mi carrera profesional. Les agradezco por haber enseñado el verdadero significado de lo que es una familia, que cuando uno cae el otro te levanta y así siempre estaremos unidos a pesar de cualquier circunstancia.

A mi hija Alexia Milena Bonito Morales, por haber llegado a mi vida a llenarme de alegrías y sobre todo ser mi motor para seguir adelante y superarme día a día.

A mis hermanos, tíos, abuelos y primos, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

A mis profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo, así como los conocimientos que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

Jocelyne Pamela Morales Rea

RESUMEN

Se realizó el estudio de caracterización de la zona de recarga hídrica de la comunidad San Jacinto, Parroquia Tarquí, Cantón y Provincia de Pastaza, durante los meses de septiembre a diciembre del 2018, para determinar la capacidad que tiene el suelo de retener el agua y la cantidad y calidad de agua que están consumiendo los habitantes de la comunidad. Por ello se instalaron 10 parcelas de 5mx5m, en la cual para la infiltración se obtuvo valores máximos en la P10, 55,8 cm/h en la velocidad de infiltración a una hora, 34,6 cm/h a dos horas y 69,2 cm/min en la infiltración acumulada a 120 min. La P1 presentó un mayor contenido de Materia Orgánica con un 40% y contenido de carbono con un 42%, la P2 presentó mayor densidad de raíces se presentó debido a que existe mayor presencia de plantas, la cual tienen mayor capacidad de absorción agua y sales minerales del suelo. La zona de almacenamiento hídrico comprende un área de 63 m² y un volumen de sedimentos del 23%, el caudal fue variado debido a la precipitación, de 6,49 l/s en septiembre, en octubre de 6,19 l/s, en noviembre de 5,98 l/s y diciembre de 8,963 l/s. En cuanto a los parámetros de calidad de agua se comparó con la normativa ambiental vigente, en la cual los valores obtenidos se pueden decir que el agua de la captación de la comunidad San Jacinto es buena.

Palabras clave: suelo, materia orgánica, infiltración, calidad de agua, caudal.

ABSTRACT

The characterization study of the water recharge area of the community of San Jacinto, Tarqui Parish, Canton and Province of Pastaza, during the months of September to December 2018, was carried out to determine the capacity of the soil to retain water and the quantity and quality of water that the inhabitants of the community are consuming.

For this reason, 10 plots of 5mx5m were installed, in which for the infiltration maximum values were obtained in the P10, 55.8 cm/h in the infiltration speed at one hour, 34.6 cm/h at two hours and 69.2 cm/min in accumulated infiltration at 120min. The P1 presented a higher content of organic matter with 40% and carbon content with 42%, the P2 had higher density of roots was presented because there is a greater presence of plants, which have greater water and salt absorption capacity soil minerals.

The water storage area comprises an area of 63 m² and a sediment volume of 23%, the flow was varied due to precipitation, of 6.49 l/s in September, in October of 6.19 l/s, in November of 5 , 98 l/s and December of 8,963 l/s. Regarding the water quality parameters, it was compared with the current environmental regulations, in which the values obtained can be said that the water from the catchment of the San Jacinto community is good.

Keywords: soil, organic matter, infiltration, water quality, flow.

TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO	2
DEDICATORIA	4
RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
CAPÍTULO I.....	13
1. INTRODUCCIÓN	13
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2. OBJETIVOS.....	14
1.2.1. Objetivo General	14
1.2.2. Objetivos Específicos.....	14
CAPÍTULO II	15
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
2.1. Cuenca Hidrográfica.....	15
2.2. Zonas de Recarga Hídrica	15
2.3. Precipitación.....	155
2.3.1. Pluviometría.....	155
2.3.1.1. El pluviómetro.....	15
2.4 Suelo	16
2.4.1. Densidad Aparente.....	16
2.4.2. Uso de la tierra.....	16
2.5. Contenido de materia orgánica en el suelo	17
2.6. Contenido de materia orgánica en hojarasca	17
2.7. Contenido de Carbono	17
2.8. Humedad en el Suelo.....	17
2.9. Influencia de materia orgánica en las capacidades hídricas e hidrológicas.....	18
2.10. Características hidrológicas del suelo - Transporte de sedimentos	18
2.11. Infiltración de agua	19
2.11.1. Medidas de infiltración y curvas de infiltración.....	20
2.11.2. Métodos para medir infiltraciones.....	20
2.12. Escorrentía.....	21
2.12.1. Estimación de caudales	22
2.13. Índices de Calidad de agua ICA.....	23
2.13.1. Oxígeno disuelto OD	23
2.13.2. Potencial del Hidrogeno (pH).....	24

2.13.3. Temperatura	24
2.13.4. Conductividad.....	24
2.13.5. Turbidez.....	24
2.13.6. Sólidos suspendidos	24
2.13.7. Sólidos sedimentables.....	24
2.13.8. Sólidos disueltos.....	24
2.14. Análisis estadístico.....	25
2.14.1. Correlación lineal r (Pearson)	25
2.14.2. Varianza	25
CAPÍTULO III.....	26
3. MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1. Localización.....	26
3.1.1 Climatología.....	27
3.2. Tipos de Investigación.....	27
3.3. Métodos de Investigación	28
3.4. Factores de estudio	28
3.5. Diseño de la Investigación	28
3.5.1. Velocidad de Infiltración.....	29
3.5.2. Densidad aparente.....	30
3.5.3. Materia orgánica en el suelo.....	31
3.5.4. Cantidad de Carbono.....	31
3.5.5. Densidad de raíces.....	31
3.5.6. Contenido de Humedad en el suelo – Método gravimétrico.....	322
3.5.6.1. Procedimiento de laboratorio.....	32
3.5.7. Materia orgánica en Hojarasca.....	33
3.5.8 Análisis de Correlación lineal r (Pearson)	33
3.5.9. Análisis de Varianza	33
3.5.10. Medición de Caudal	34
3.5.11. Volumen de Sedimentos.....	36
3.5.11.1 Cálculos y expresión de resultados	366
3.5.12. Determinación de la calidad de Agua	37
3.5.12.1. Oxígeno disuelto OD y Conductividad	2337
3.5.12.2. Turbidez	37
3.5.12.3. Potencial del Hidrogeno (pH).....	37
3.5.12.4. Sólidos sedimentables.....	37
3.5.12.5. Sólidos suspendidos.....	2438
3.5.12.6. Sólidos disueltos.....	38

3.6. Recurso Humano y Materiales	40
CAPÍTULO IV	41
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
4.1. Velocidad de infiltración instantánea	41
4.2. Velocidad de infiltración a una hora y dos horas.	41
4.3. Infiltración acumulada en 120 minutos	41
4.4. Densidad de Raíces	42
4.5. Contenido de humedad en el suelo	43
4.6. Contenido de Materia Orgánica en el suelo	43
4.7. Densidad Aparente	44
4.8 Contenido de Carbono	45
4.9. Contenido de Materia Orgánica en Hojarasca	46
4.10. Contenido de Humedad en perfiles de 0-50 y 50 -100	47
4.11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	49
4.11.1. Correlación (Coeficiente De Pearson)	49
4.11.2 Análisis de Varianza	51
4.12. Caudal	54
4.13. Volumen de Sedimento	55
4.14. Calidad de Agua	56
CAPITULO V	59
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
5.1. Conclusiones	59
5.2. Recomendaciones	61
CAPÍTULO VI	62
6. BIBLIOGRAFIA	62
CAPÍTULO VII	72
ANEXOS 1.	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coordenadas geográficas y alturas del área de estudio.....	26
Tabla 2: Condiciones meteorológicas del Cantón Pastaza del año 2003 -2013.....	27
Tabla 3: Clasificación general del índice de calidad del agua.....	38
Tabla 4: Recurso humano, materiales y equipos utilizados en el presente proyecto.....	39
Tabla 5: Velocidad de infiltración instantánea, velocidad a 1y2 horas e infiltración acumulada en 120 min en las diferentes parcelas de la zona de recarga hídrica.....	40
Tabla 6: Contenido de Materia Orgánica en Hojarasca de la parcela 1 y 2 de la zona de estudio.....	46
Tabla 7: Contenido de humedad en la parcela 1 y 2 de la zona de recarga hídrica en los diferentes perfiles de suelo de 0-50 y 50 -100.....	47
Tabla 8: Contenido de humedad de la parte izquierda de la zona de recarga hídrica en los diferentes perfiles de suelo de 0-50 y 50 - 100.....	47
Tabla 9: Correlación entre las diferentes características hidro-edafológicas.....	49
Tabla 10: Análisis de varianza para el contenido de humedad y materia orgánica y contenido de carbono.....	51
Tabla 11: Categorización de datos de materia orgánica, contenido de carbono y humedad.....	52
Tabla 12: Análisis de varianza para el contenido de humedad y la Densidad de raíces, Materia orgánica y contenido de carbono.....	53
Tabla 13: Análisis de varianza entre velocidad de infiltración y el contenido de carbono, densidad aparente, humedad y densidad de raíces.....	53
Tabla 14: Parámetros físicos del agua en los diferentes meses de muestreo de la zona de almacenamiento hídrica.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Localización del área de estudio.....	26
Figura 2: Distribución de parcelas dentro del área de estudio.....	27
Figura 3: Densidad de raíces en el suelo de las diferentes parcelas de la zona de recarga hídrica de la comunidad San Jacinto.....	41
Figura 4: Contenido de humedad en el suelo de las diferentes parcelas de la zona de recarga hídrica de la Comunidad San Jacinto.....	42
Figura 5: Contenido de materia orgánica en el suelo de las diferentes parcelas de la zona de recarga hídrica de la Comunidad San Jacinto.....	43
Figura 6: Densidad aparente en el suelo de las diferentes parcelas de la zona de recarga hídrica de la Comunidad San Jacinto.....	44
Figura 7: Contenido de carbono en el suelo de las diferentes parcelas de la zona de recarga hídrica.....	45
Figura 8: Cantidad de caudal de la zona de almacenamiento hídrico de la comunidad San Jacinto.....	54
Figura 9: Zona de almacenamiento hídrica de la Comunidad San Jacinto.....	56
Figura 10. Índice de Calidad de Agua de la zona de almacenamiento hídrica de la Comunidad San Jacinto.....	58

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Resultado de la Velocidad de Infiltración e Infiltración Acumulada en la zona de recarga hídrica de la Comunidad San Jacinto.....	71
ANEXO 2: Índices de Calidad del Agua en los cuatro meses de muestreo.....	75
ANEXO 3: Índice de Calidad del Agua de la Fundación Nacional de Saneamiento (NSF) - Curvas de función de los parámetros físicos del agua.....	77
ANEXO 5. Fotografías.....	78

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, el agua es una fuente elemental básica con mayor incidencia en la vida económica y social del país, de su disponibilidad depende el desarrollo de las actividades humanas en sectores de trabajo como la agricultura, ganadería, bosques, pesca, transporte, reciclaje, entre otros, de igual manera para el desarrollo de los ecosistemas terrestres, acuáticos y marinos, ya que constituye un factor indispensable para el desarrollo de los procesos biológicos (Monge, 2006).

Hoy en día siendo el agua uno de los recursos naturales que tiene una abundante demanda por el desarrollo urbano, el crecimiento demográfico y los diferentes patrones de consumo han contribuido al desequilibrio en la disponibilidad de las fuentes hídricas (Guerrero *et al.*, 2012). Es por eso que se pretende dar un uso eficiente de agua, el mismo que generara beneficios ambientales, para obtener una calidad de recurso.

En la provincia de Pastaza, cantón Pastaza, Comunidad San Jacinto, el agua se ha visto afectada por el asentamiento y crecimiento poblacional en zonas frágiles, cambios extremos de clima y el uso del suelo, han impactado de forma negativa la cantidad y calidad de las fuentes de agua dulce, provocado la disminución del recurso hídrico. Pabón *et al.* (2000), manifiesta que las variaciones climáticas han sido evidentes mediante monitoreo y mediciones de las diferentes variables y fenómenos meteorológicos.

La comunidad San Jacinto enfrenta conflictos en cuanto a la gestión de recursos naturales, especialmente en el tema recurso hídrico y usos de suelo, siendo estos agudizados con el pasar de tiempo, en el contexto de la creciente demanda de asentamientos humanos, como es el caso. Según el Plan de Ordenamiento Territorial Tarqui POTT (2012), en 1947 un grupo de personas deciden establecer un centro poblado en esta comunidad con un mínimo porcentaje de habitantes, con el transcurso del tiempo la comunidad ha ido creciendo y en la actualidad alcanza los 831 habitantes; es aquí donde se puede ver las dimensiones que ha alcanzado la población y es necesario implementar

acciones estratégicas en cuanto al uso de suelo que se están dando en las cabeceras de la zonas de recarga hídrica, plantear alternativas sostenibles para asegurar a mediano y a largo plazo el suministro de la cantidad y calidad de agua para la economía, la sociedad y el medio ambiente que nos rodea.

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La comunidad San Jacinto en cuanto al uso de suelo en la estructura del bosque para satisfacer las necesidades humanas y la producción de cultivo agrícola constituye un problema que afecta la calidad y cantidad de agua de la zona de recarga.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

- Caracterizar la zona de recarga hídrica de la comunidad San Jacinto, Parroquia Tarqui, Cantón y Provincia de Pastaza.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Delimitar la zona de recarga hídrica de la Comunidad San Jacinto.
- Determinar las características hidro-edafológicas de la zona de recarga hídrica.
- Identificar la influencia del uso del suelo en las características hidro- edafológicas.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Cuenca Hidrográfica

La Cuenca hidrográfica es un territorio cuyas características topográficas permite que el agua sea drenada a un punto en común en la parte más baja o también denominada boca de la cuenca (Moreno, 2015).

Según Dourojeanni y Jouravlev (2002), la Cuenca Hidrográfica es aquel territorio que ha sido delimitado por la naturaleza, especialmente por los límites de zonas de escorrentías de las aguas superficiales que llegan a un cauce en común. La cuenca hidrográfica, sus recursos naturales y sus habitantes tienen cualidades físicas, biológicas, económicas, sociales y culturales, que le confieren características propias y especiales.

2.2. Zonas de Recarga Hídrica

La Zona de recarga Hídrica es el sitio donde se produce la mayor cantidad de infiltración de agua debido a las abundantes precipitaciones mediante el proceso que incorpora el agua procedente de la infiltración de la lluvia, por aguas superficiales y por la transparencia entre cuerpo hídricos (Matus, 2009).

2.3. Precipitación

La precipitación es uno de los factores más importantes dentro de la delimitación de la zona de recarga hídrica ya que es la fuente principal del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones y análisis forman el punto de partida para determinar el uso y control del agua (Aparicio, 1997).

2.3.1. Pluviometría

La pluviometría es el estudio de los datos que se obtiene de las lluvias registradas en la naturaleza; para Renom (2011), la pluviometría mide la regularidad, la cantidad e intensidad de las lluvias en un espacio geográfico y estas son valoradas mediante un instrumento denominado pluviómetro.

2.3.1.1. El pluviómetro

Es un instrumento que permite medir la cantidad de lluvia que cae al suelo en un espacio y tiempo determinado y a su vez conocer las diferentes características que se pueden registrar según el espacio geográfico y las estaciones del año como son la intensidad, frecuencia, duración y cantidad. Según Olivares *et al.* (2012), Este dispositivo es fabricado de diversos metales, el cual consta de varios vasos cilíndricos que en cuya boca de recepción se encuentra

un aro de borde muy afilado y calibrado a 200cm², después de que el agua es recogida se vierte en una probeta graduada que nos permitirá medir en milímetros y décimas de milímetros la lluvia de manera exacta y de forma directa.

Para evitar errores en los valores obtenidos de los pluviómetros y que estos sean puntuales deben ser instrumentos calibrados y que cumplan con las normas de la OMM, entre el cual uno de los que cuenta con estos requisitos es el pluviómetro de tipo HELLMANN (Organización Meteorológica Mundial, 2010).

2.4 Suelo

El suelo es parte importante dentro de la zona de recarga ya que sus diferentes características influyen directamente dentro de la misma, como son la textura, densidad aparente, grado de saturación y la capacidad de infiltración; cuando el suelo es impermeable y compactado impide o dificulta la infiltración, por lo contrario, un suelo permeable facilita la recarga (INAB, 2003).

2.4.1. Densidad Aparente

Según Taboada y Álvarez (2008), un ambiente óptimo para el desarrollo de raíces vegetales, almacenamiento e ingreso del agua depende de la buena calidad física del suelo y una de las maneras de estimar el estado físico es la densidad aparente; esta propiedad evalúa el grado de compactación del suelo y la resistencia del suelo a la elongación de las raíces. La densidad aparente varía con la humedad del suelo, la textura del suelo y el contenido de materia orgánica por efecto de labranzas.

Para determinar la densidad aparente es recomendable utilizar el método del cilindro, ya que es, un método fácil de repetir y su determinación es sencilla, este método relaciona a la masa de suelo por la unidad de volumen y es expresado en (g.cm⁻³) (Keller y Håkansson, 2010).

2.4.2. Uso de la tierra

El suelo se ve afectado cuando el uso de la tierra que se le está dando no es apto para dicha magnitud, a esto se relaciona el deterioro de las características del suelo dando como resultado la erosión y compactación, a su vez reduciendo la capacidad de infiltración y por ende la recarga hídrica disminuye (CATIE, 2010). Por ejemplo, los tipos de uso de la tierra con cobertura natural promueven la recarga hídrica mientras que usos como agrícolas, pecuarios y urbanos tienden a limitar o inhibir completamente la infiltración de agua (IARNA, 2006).

2.5. Contenido de materia orgánica en el suelo

La materia orgánica presente en el suelo, es un componente fundamental para mantener la estructura y calidad del suelo, retención del agua y como principal reserva nutritiva; los diferentes usos que se le da al suelo tienden a disminuir el contenido de materia orgánica (Julca *et al.*, 2006). La materia orgánica representa del 95 al 99% del total del peso seco de los seres vivos, pero su presencia en los suelos suele ser escasa y son contadas las excepciones en las que supera el 2% (Navarro *et al.*, 1995).

2.6. Contenido de materia orgánica en hojarasca

La calidad de la materia orgánica del suelo es de gran importancia para la mayoría de los procesos funcionales que se registran en el suelo de un ecosistema, La materia orgánica del suelo está constituida de restos de material vegetal raíces, ramas, flores y hojas de los árboles; las hojas caídas alimentan el suelo del bosque, y generan humus y nutrientes que son recuperados por los árboles para su mejor productividad (Santa *et al.*, 2005).

Según Arellano *et al.* (2004), la producción de hojarasca está influenciada por propiedades del suelo, como la cantidad de agua disponible y la profundidad en el perfil.

2.7. Contenido de Carbono

Un proceso importante para la mitigación del cambio climático, es la buena acumulación del carbono en los suelos, en la capa superficial terrestre actúan como sumideros y reservorios de carbono el mismo que ayuda a tener una estabilización del suelo (Etchevers *et al.*, 2006).

La cantidad de carbono tiene estrecha relación con la disponibilidad y cantidad de nutrientes del suelo, al asociarse con la materia orgánica proporciona intercambios catiónicos, como las propiedades físicas del suelo dependiendo de las actividades que se realicen existen modificaciones en la estructura y la distribución del espacio poroso del suelo el mismo que da un aporte de elementos como el N cuyo aporte mineral es normalmente deficitario (Martínez *et al.*, 2008).

2.8. Humedad en el Suelo

Es primordial determinar la humedad del suelo con el fin de verificar la cantidad de agua que penetra en el suelo, la cantidad de agua que retienen las plantas y sobre todo las consideraciones ambientales y la determinación de los excedentes hídricos (Reyna, 2011).

Al momento de realizar el muestreo para determinar la cantidad de humedad existente en el suelo se debe tomar en cuenta algunas características del suelo, en el caso de suelos que contengan gran cantidad de raíces y materia orgánica que presentan ciertas dificultades.

Según Cassel y Nielsen (1986), si el muestreo es realizado en suelo de grava, la muestra que se va a tomar para determinar la humedad debe ser mayor al suelo que no contenga grava, al igual que los suelos pedregosos en donde se debe tomar en cuenta también que es complejo debido al peligro que existe en caso que el equipo choque con una piedra; sin embargo, en suelos que se encuentran con sedimentos secos, duros y compactos se torna difícil introducir el tubo sacamuestras o hacer girar el barreno ya que al momento de retirar la muestra esta puede resbalarse.

2.9. Influencia de materia orgánica en las capacidades hídricas e hidrológicas

La materia orgánica existente en el agua, tanto la que se encuentra disuelta como en forma de partículas, se valora mediante el parámetro carbono orgánico total. Los compuestos orgánicos existentes en el medio acuático se pueden clasificar en dos grandes grupos atendiendo a su bio-degradabilidad, es decir, a la posibilidad de ser utilizados por microorganismos como fuente de alimentación y para su medida se utilizan los parámetros denominados DQO (Demanda Química de Oxígeno) y DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) (Villegas, 2004).

-La Demanda química de oxígeno (DQO). - es la cantidad de oxígeno que requiere un cuerpo reductor presentes en el agua para la oxidación sin la intervención de los organismos vivos (Cisterna, 2010). Efectúa la determinación del contenido total de materia orgánica oxidable, sea biodegradable o no.

-La Demanda bioquímica de oxígeno (DBO). - Para Cisterna (2010), la DBO permite determinar la materia orgánica biodegradable, siendo la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer la materia orgánica presente, por la acción bioquímica aerobia.

Esta transformación biológica precisa un tiempo superior a los 20 días, por lo que se ha aceptado, como norma, realizar una incubación durante 5 días, a 20°C, en la oscuridad y fuera del contacto del aire, a un pH de 7-7.5 y en presencia de nutrientes y oligoelementos (Rodier, 1989).

2.10. Características hidrológicas del suelo - Transporte de sedimentos

Los sedimentos describen funciones importantes en los ríos como son el desarrollo del cauce en sus cambios de forma (ancho, profundidad, formación de islas o bancos de arena), los sedimentos transportados se originan por la erosión de pendientes sin vegetación, el deslizamiento de las laderas, el flujo de lodos y escombros.

Determinar la cantidad de sedimentos que entran a un cuerpo hídrico ayuda a diseñar el volumen o capacidad de retención de sedimentos en una presa (Posada y Montoya, 2000).

El movimiento de sedimentos depende de factores como la velocidad con que transcurre el agua, la pendiente, el uso de suelo en la cuenca, la duración e intensidad de lluvia, la cobertura vegetal y la disponibilidad de material para su transporte (Iroume, 1992).

2.11. Infiltración de agua

La infiltración es el proceso por el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia el suelo, en una primera etapa satisface la deficiencia de humedad del suelo en una zona cercana a la superficie y posteriormente superado cierto nivel de humedad, pasa a formar parte del agua subterránea saturando los espacios vacíos (Heras, 1997).

Conocer el proceso de la infiltración de agua en el suelo se considera imprescindible, ya que, con esos antecedentes se puede evitar inundaciones en las zonas topográficas planas en los periodos de lluvia extraordinariamente fuertes, según García (2013), al estudiar el proceso de infiltración permite establecer relaciones entre las aguas superficiales y subterráneas, aportando información sobre los mecanismos de recarga de los acuíferos.

Para Reynolds (1993), existen diversos mecanismos que determinan cual es la permanencia y distribución del agua en el suelo, la realización del balance hídrico del suelo a partir de datos meteorológicos, mediante de instrumentos de campo o a través del empleo de métodos para determinar la escurrentía.

El balance hídrico del suelo analiza la cantidad de agua que se infiltra y cuanta se queda retenida en los niveles más superficiales o bien se evapora, este tipo de balances tienen especial utilidad para determinar la recarga de acuíferos en periodos climáticos medios, las medidas de campo proporcionan información sobre la infiltración de un área concreta. Se admite que, tanto a escala de parcela como de cuenca, la permeabilidad y capacidad de infiltración presentan una gran variabilidad espacial y temporal, la variabilidad es particular de cada suelo y depende de diferencias texturales y composicionales, así como de los usos al que sea destinado (García, 2013).

2.11.1. Medidas de infiltración y curvas de infiltración

En las medidas de infiltración intervienen factores que afectan la capacidad de infiltración como es la entrada superficial, transmisión a través del suelo, capacidad de almacenamiento del suelo, características del medio permeable, y características del fluido (Vélez, 2002).

Según Baver (2001), la **Entrada superficial**: hace referencia a que la superficie del suelo puede estar cerrada por la acumulación de partículas que impidan, o retrasen la entrada de agua al suelo, la **Transmisión a través del suelo**: es cuando el agua no puede continuar entrando en el suelo con mayor rapidez que la de su transmisión hacia abajo, dependiendo de los distintos estratos, la **Acumulación en la capacidad de almacenamiento**: depende del almacenamiento disponible, de la porosidad, espesor del horizonte y cantidad de humedad existente, las **Características del medio permeable**: es la capacidad de infiltración relacionada con el tamaño del poro y su distribución, el tipo de suelo (arenoso-arcilloso), la vegetación, la estructura y las capas de suelos, mientras que, las **Características del fluido**: hace relación a la contaminación del agua infiltrada por partículas finas o coloides, la temperatura y viscosidad del fluido, y la cantidad de sales que lleva.

2.11.2. Métodos para medir infiltraciones

Los Métodos directos. - permiten valorar la velocidad de agua filtrada sobre una superficie de suelo, según Martínez y López (1996), aquí podemos encontrar el método de infiltrómetro simple que se clava en el suelo a una profundidad considerable, se le agrega una cierta cantidad de agua y se observa el tiempo que tarda en infiltrarse (FAO, 2013).

Según Gómez (2014), el infiltrómetro simple consiste en un cilindro abierto que se introduce de forma recta y suave en el suelo, se agrega una cantidad de agua y se mide el volumen de este líquido que es drenado por unidad de tiempo. La instalación del cilindro debe hacerse de forma recta y uniforme, preferentemente que se realice a profundidades pequeñas de entre 10 a 15 cm y con cautela, para evitar en lo posible la alteración del suelo.

El tipo de suelo debe ser tomado en cuenta para la instalación del infiltrómetro, ya sea el caso de suelos suaves es posible empujar el cilindro y en suelos duros este debe ser clavado. Si el suelo es agrietado, habrá un escape de flujo de agua a través de las grietas, para evitar esto es necesario que el cilindro se introduzca al menos hasta la profundidad de las grietas (Bouwer, 1982).

-Procedimiento con carga de agua constante: Consiste en añadir con frecuencia pequeñas cantidades de agua de forma manual o de forma automática mediante un sifón dentro del cilindro. Para este procedimiento se utiliza mayormente el infiltrómetro de doble cilindro y cuando la velocidad de infiltración es lenta (Ponce, 1989).

-Procedimiento con carga de agua variable: Consiste en agregar una determinada cantidad de agua dentro del cilindro y la medición inicia, se mide los tiempos a cada cm infiltrado, cuando está a una altura de 2cm los cilindros son rellenados nuevamente. De forma general es agregar el agua en el cilindro o los cilindros y medir la altura de agua filtrada en intervalos de tiempo. Este procedimiento se utiliza cuando la velocidad de infiltración es alta (Vivar *et al.*, 1994).

-Los métodos indirectos, determinan la capacidad de infiltración considerando una cuenca perfectamente controlada, con datos precisos de precipitación, evaporación y escorrentía (Chamorro y Rosales, 2012).

Para determinar la capacidad de infiltración se divide la cantidad de agua infiltrada y el intervalo de tiempo: $f = \text{Variación altura} / \text{Variación tiempo}$. Sin embargo, para determinar la curva de capacidad de infiltración se realiza a través de la Ecuación de Horton:

$$f = f_0 + (f_0 - f_b) e^{-k \cdot t}$$

Dónde:

f: curva de capacidad de infiltración

f₀: Capacidad de infiltración inicial ó máxima.

f_b: Capacidad de infiltración básica ó mínima.

K: Constante de decaimiento.

t: Tiempo desde el inicio del ensayo.

Según SPRINGALL (1996), el postulado de Horton establece que la curva que representa la capacidad de infiltración se manifiesta de esa manera, solo y solo si la intensidad de precipitación es mayor que la capacidad de infiltración del suelo analizado.

2.12. Escorrentía

La escorrentía superficial es el flujo de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje, es decir es la altura de agua de lluvia escurrida y extendida en milímetros (Lobo *et al.*, 2003).

Según Núñez (2001), La escorrentía es la cantidad del agua de lluvia que excede la capacidad de infiltración del suelo, cuando el exceso de lluvia supera la capacidad de almacenamiento del suelo, el agua fluye en sentido longitudinal de la pendiente (aguas abajo).

2.12.1. Estimación de caudales

La importancia del agua, ha sido un factor decisivo para que diferentes organismos sean motivados a evaluar los parámetros hidrométricos (Rodríguez *et al.*, 2003). El control y medición de los recursos hídricos, son actividades muy importantes e influyen en aspectos operantes de colección o recaudación de datos mediante diferentes métodos e instrumentos, los datos obtenidos a través de este procedimiento, permiten conocer la disponibilidad del recurso hídrico y realizar la respectiva gestión en una cuenca hidrológica.

2.12.1.1 Calculo de gasto

La medición o gasto del canal que pasa por una sección transversal, se conoce como aforo o medición de caudales. El aforo de cuerpos de agua nos permite conocer la carga contaminante del mismo y de esta forma, elegir el tratamiento más adecuado.

En la actualidad, en la mayor parte de las cuencas hidrológicas, el aforo de éstas se lleva a cabo de forma manual, en donde el trabajador se introduce al cuerpo de agua y manipula el dispositivo de medición tomando lecturas y registrando en papel los datos arrojados, lo que convierte el aforo en una tarea bastante compleja (Díaz, 2009). Los lugares que se escojan para establecer un punto de medición deben ser recto, flujo de agua calmado sin turbulencia con una velocidad estable, el cauce debe estar libre de maleza, a fin de evitar imprecisiones.

Para Villavicencio *et al.*, (2014), para aforar el agua se toma en cuenta el área de la sección transversal y la velocidad, a través de la ecuación:

$$Q: A*V$$

Dónde: Q: Caudal o Gasto (m³/s)

A: Área de la sección transversal (m²)

V: velocidad media del agua en el punto (m/s)

Sin embargo, cabe recalcar que para el cálculo de caudales se debe tomar en cuenta el factor de corrección en el caso del correntómetro es 1, del canal de revestimiento de cemento es 0.99 y de río o quebrada es 0.66 (Rojas, 2006).

2.12.1.2 Ecuación de Manning

La cantidad de agua disponible de una corriente de flujo natural, se puede obtener mediante la ecuación de Manning, esta ecuación hace referencia a un método volumétrico que realiza cálculos de velocidad del agua en canales abiertos y tuberías, involucrando gradiente o pendiente, rugosidad y forma de los canales, sus componentes geométricos permiten la estimación de la cantidad del recurso hídrico, a través de distintos parámetros que se pueden medir directamente del lugar de estudio, la pendiente hidráulica S, el área A y el radio hidráulico R (FAO, 1997).

Sin embargo, para determinar el coeficiente de rugosidad “n” podemos aplicar la metodología de extraer valores típicos por medio de la tabla de la U.S Department of Agriculture de 1955, estimar “n” en base a la similitud de caudales y determinar el valor de "n" mediante un proceso analítico conocido, la fórmula de Manning nos permite interpretar diferentes características geométricas e hidráulicas de los foros realizados en los cauces naturales (Pastora, 2010).

La expresión dada en la ecuación permite conocer el Caudal (Q):

$$Q = \frac{1}{n} (A * R^2) * (S^1)$$

Donde:

Q: Caudal

A: Área de la sección de control o de aforo (m²)

S: Pendiente del canal

R: Radio hidráulico, R = A/P

n: Coeficiente de rugosidad

Q: Caudal o descarga en (m³ /s)

2.13. Índices de Calidad de agua ICA

Los índices de calidad del agua (ICA) indican el grado de contaminación de un recurso hídrico, esta expresado en porcentaje de agua pura; el agua que está altamente contaminada tendrá un ICA igual o cercano a 0 % a diferencia de un agua en condiciones excelentes el valor de ICA será de 100% (Novillos, 2003).

2.13.1. Oxígeno disuelto OD

La presencia de OD es primordial para la presencia de organismos acuáticos en un recurso hídrico El oxígeno gaseoso disuelto en el agua es vital para la existencia de la mayoría de los organismos acuáticos, la concentración de OD en un recurso hídrico es un indicador

importante de la calidad del agua ambiental, el valor de OD se expresa en mg/l (Sabogal, 2000).

2.13.2. Potencial del Hidrogeno (pH)

Expresa el grado de acidez o alcalinidad de una solución. De 0 a 7 se dice que la solución es ácida, de 7 a 14 se dice que la solución es básica; el valor de pH no presenta unidades (Buelta y Martínez, 2011).

2.13.3. Temperatura

La temperatura es una propiedad física, que permite medir las sensaciones de frío y calor del agua, se mide a una escala expresada en grados centígrados °C o grados Fahrenheit.

2.13.4. Conductividad

Según Sierra (2011), manifiesta que la conductividad es una propiedad de transmitir el calor o la electricidad. Unidad en el Sistema Internacional: Siemens por metro (S/m).

2.13.5. Turbidez

Aspecto nebuloso del agua debido a partículas en suspensión. Unidades en el Sistema Internacional: NTU (unidad nefelométrica de turbidez) (Buelta y Martinez, 2011).

2.13.6. Sólidos suspendidos

Según Vallejo (2013), los sólidos suspendidos son partículas que permanecen en suspensión en el agua gracias al arrastre y movimiento del agua, la cantidad de concentración de sólidos en suspensión es un valor que determina la calidad del agua

2.13.7. Sólidos sedimentables

Los sólidos sedimentables es la cantidad de material que sedimentan de una muestra en un periodo de tiempo, en las aguas crudas naturales tienen tamaños (mayores de 0.01 mm) (Buelta y Martinez, 2011).

2.13.8. Sólidos disueltos

Los sólidos disueltos consisten en bacterias, limo fino, partículas causantes de color, virus, entre otros, los cuales dentro de periodos de tiempo se disuelven, los sólidos disueltos, son invisibles, no son sedimentables y globalmente causan diferentes problemas de olor, sabor, color y salud, a menos que sean removidos o precipitados mediante métodos físico- químicos (Vallejo, 2013).

2.14. Análisis estadístico

2.14.1. Correlación lineal r (Pearson)

Según Lavalle *et al.*, (2006), el coeficiente de correlación lineal r de Pearson o coeficiente producto momento, nos permite medir el grado de relación lineal entre dos variables.

2.14.2. Varianza

La medida de varianza o variación común nos permite determinar la máxima variación de las diferentes variables variabilidad por medio de una distribución numérica (Chitarroni, 2002).

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

El presente proyecto de investigación se lo realizó en la Provincia de Pastaza, Cantón Pastaza, Parroquia Tarqui - Comunidad San Jacinto, entre los meses de septiembre a diciembre del 2018. El área de estudio está localizada (Tabla 1), (Figura 1), donde se observa que de acuerdo a la clasificación de pisos climáticos la comunidad San Jacinto posee un clima subtropical húmedo (Blanco, 2010). Dicho lugar presenta cobertura boscosa (Anexo 4), la misma que se ha visto amenazada en los últimos años, especialmente la zona de recarga hídrica debido al incremento de las actividades agrícolas y demográficas.

Tabla1. Coordenadas geográficas y alturas del área de estudio

Punto	X	Y	Altura msnm
1	167731	9830466	920
2	167746	9830456	920
3	167804	9830447	922
4	167811	9830446	923
5	167821	9830478	918

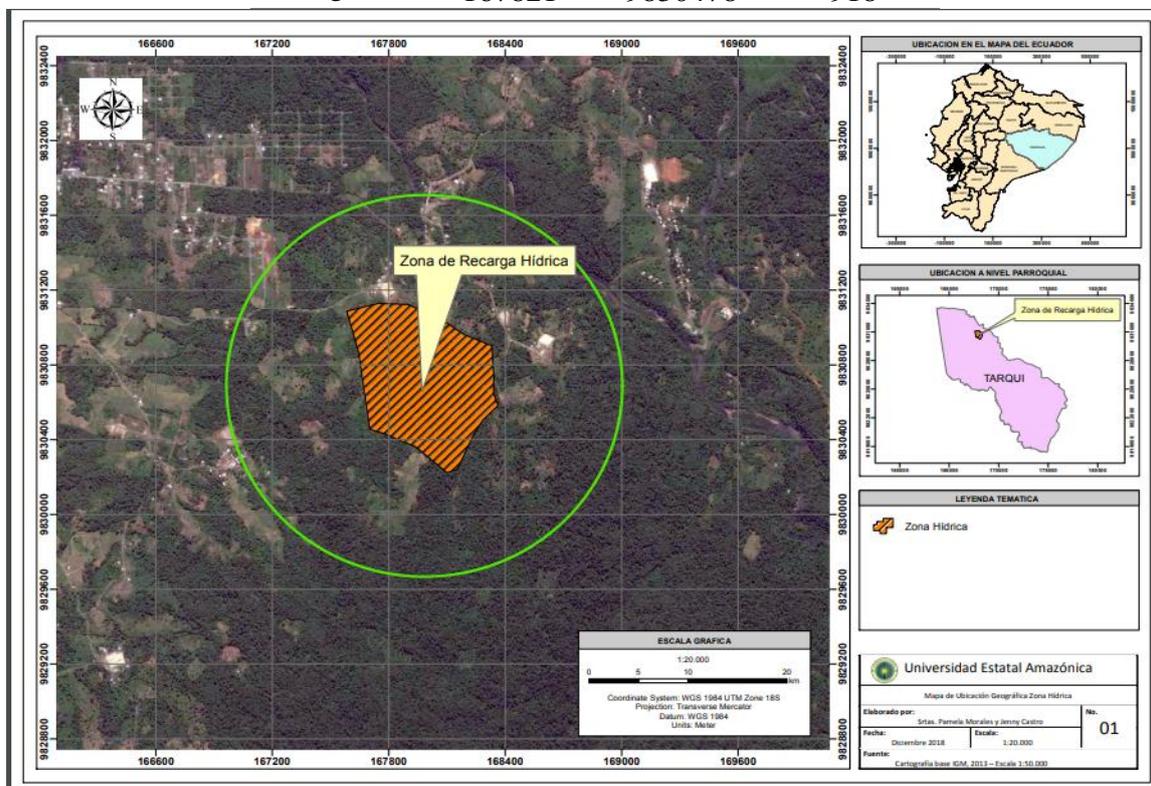


Figura 1. Localización del área de estudio
Elaborado por: Jenny Castro y Pamela Morales

3.1.1 Climatología

Las condiciones meteorológicas están basadas en datos que se registran en la Estación Meteorológica M008 de la ciudad de Puyo entre el año 2003 a 2013. Según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2018); en la Tabla 2 se observa que la temperatura máxima es 26.7 ° C y la mínima es de 17,7°C; la temperatura media anual es de 21,3 °C, con relación a la humedad relativa que tiene un 88% en cuanto a la precipitación tenemos 4627mm al año y una velocidad media con la que sopla el viento de 1.1 m/s.

Tabla 2. Condiciones meteorológicas del Cantón Pastaza del año 2003 a 2013

AÑO	Temperaturas medias (°C)			Humedad Relativa (%)	Precipitación anual (mm)	Velocidad media (m/s)
	Máxima	Mínima	Mensual			
2003	26,6	17,6	21,2	89	4609,7	1,0
2004	26,7	17,6	21,4	88	4983,4	1,0
2005	26,9	17,5	21,4	88	4619,2	0,9
2006	26,5	17,6	21,2	88	4780,8	1,0
2007	26,7	17,6	21,3	88	4881,3	0,9
2008	26,5	17,5	21,1	88	4507,6	1,0
2009	26,7	17,8	21,4	88	4734,1	1,0
2010	27,2	17,9	21,8	87	4031,2	1,0
2011	26,5	17,6	21,3	88	4158,8	1,0
2012	26,8	17,5	21,2	88	4470,3	2,0
2013	26,4	18	21,4	88	5120,2	1,0
Promedio	26,7	17,7	21,3	88	4627,0	1,1

Fuente: INAMHI, 2018.

Elaborado por: Jenny Castro y Pamela Morales

3.2. Tipos de Investigación

La presente investigación, tiene un nivel descriptivo correlacional, el mismo que pretende describir las características de las diferentes variables hidro-edafológicas, al mismo tiempo la relación que existe entre ellas.

El diseño de investigación es de tipo no experimental, debido a que la investigación se realizó sin la manipulación de variables, es decir solo se observó los fenómenos cambiantes en el entorno natural y se procedió al análisis de cada variable.

3.3. Métodos de Investigación

El método a utilizado fue el deductivo de investigación, este nos hace una breve relación con los métodos científicos, mediante el cual se genera un conocimiento que va de las actividades generales a lo particular, esto en función de las características que se dan en el medio, y de este se puede describir todos los procesos desarrollados.

3.4. Factores de estudio

Los factores de estudio en las diferentes parcelas de la zona de recarga hídrica de la Comunidad San Jacinto fueron:

Variables independientes

- Contenido de materia orgánica
- Densidad de raíces
- Densidad aparente
- Contenido de carbono
- Contenido de materia orgánica en hojarasca

Variables dependientes

- Velocidad de infiltración
- Infiltración acumulada
- Humedad

3.5. Diseño de la Investigación

a) Delimitación de la zona de recarga

Se realizó el recorrido en campo para la recopilación de datos: ubicación de la zona de recarga hídrica mediante un dispositivo GPS marca GARMIN modelo ETREX, la toma de coordenadas geográficas en Proyección UTM, Datum WGS 84 Zona 17, considerando la topografía del lugar se identificaron el sitio de recarga y cuerpo hídrico.

b) Distribución de Parcelas

Para la distribución de parcelas se dividió al cuerpo hídrico en dos zonas izquierda y derecha, distribuyéndolas en 15 bloque cada uno (Figura 2), seleccionando de la parte derecha tres parcelas al azar y en la parte izquierda siete parcelas, con el fin de seleccionar características homogéneas de cada bloque, acorde a la topografía y vegetación de dosel y sotobosque, se delimitó parcelas representativas de 5m x 5m, con el propósito de medir la velocidad de infiltración, infiltración acumulada, porcentaje de materia orgánica, materia orgánica en hojarasca, porcentaje de humedad, cantidad de carbono, densidad de raíces, densidad aparente y textura del suelo.

15	14 - P10	13	Zona de almacenamiento hídrico	13	14	15
10	11 - P9	12		12	11	10 - P3
9 - P8	8	7 - P7		7	8	9
6	5 - P6	4		6	5 - P2	4 5m 5m
3 - P5	2	1 - P4		1 - P1	2	3

Figura 2. Distribución de parcelas dentro del área de estudio

Elaborado por: Jenny Castro y Pamela Morales

c) Recolección y análisis de muestras

Para la recolección de muestras se utilizaron varios materiales y métodos como es para la velocidad de infiltración se utilizó un cilindro simple, aplicando el método de infiltrómetro de cilindro simple mismo que determinó la cantidad de agua infiltrada en el suelo y mediante el software Microsoft Excel se estimó la infiltración acumulada que se destaca en la zona de recarga de la Comunidad San Jacinto.

Considerando lo que establece Gómez y Vidal (2007) en las parcelas seleccionadas al azar se realizó la recolección de muestras de suelo en cilindros de plástico y metal de 5cm de altura x 7cm de diámetro, de esta manera se determinó el porcentaje de humedad que tiene el suelo, humedad en perfil de suelo de 0-50 y 50- 100 mediante el método gravimétrico, la cantidad de carbono, materia orgánica y materia orgánica en hojarasca presente en cada parcela, mediante el método de incineración y la densidad de raíces aplicando la fórmula de NEWMAN.

3.5.1. Velocidad de Infiltración

En las diez parcelas establecidas al azar, se determinó la velocidad de infiltración mediante el método de infiltrómetro cilindro simple, para ello se procedió primeramente a la limpieza de la cobertura vegetal de un área que sea plana, para introducir el cilindro simple en forma recta y vertical hasta una profundidad de entre 10 a 15 cm (Anexo 4), seguidamente se puso en el cilindro una funda plástica, la misma que fue rellena con agua hasta la altura total del cilindro, posteriormente se retiró la funda plástica y con una regla y cronómetro se estimó

la variación de alturas en diferentes periodos de tiempo, siendo tomado el mismo en el minuto (0,1,2,3,4,5,10,15,20,30,45,60,90 y 120min). El ensayo tuvo una duración de 2 horas con el fin de determinar la velocidad de infiltración y la infiltración acumulada para de esta manera conocer la capacidad de absorción del agua en el suelo.

Para obtener los resultados de la velocidad de infiltración se procedió a procesar los datos en el software Excel y se determinó la infiltración acumulada y parcial, velocidad de infiltración promedio, velocidad instantánea y velocidad instantánea.

- **Velocidad de Infiltración Promedio (VIP)**

Para determinación de la VIP se aplicó la ecuación:

$$VIP = \frac{\text{INFILTRACIÓN ACUMULADA}}{\text{TIEMPO ACUMULADO}}$$

- **Velocidad Instantánea**

Este parámetro se lo obtuvo mediante la siguiente ecuación:

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

Donde:

I: Velocidad instantánea

K: Velocidad de infiltración al minuto 1.

T: Tiempo total acumulado de medición

N: Pendiente

3.5.2. Densidad aparente

Para determinar la densidad aparente se aplicó el método del cilindro el mismo que consistió en introducir un cilindro metálico de volumen conocido en el suelo, nivelando el suelo con los bordes, posteriormente procedemos a guarda las muestras de suelo en fundas plásticas y llevamos al laboratorio de la Universidad, se procedió a secar la muestra en estufa a 105° C por un periodo de 24 horas (Anexo 4), hasta obtener un peso constante y obtener su valor mediante la ecuación:

$$DAP = \frac{\text{peso del suelo seco (g)}}{\text{volumen del cilindro (cm}^3\text{)}}$$

3.5.3. Materia orgánica en el suelo - Método de incineración

Mediante el método de incineración según Schulte y Hopkins (1996), se determinó el contenido de materia orgánica del suelo se tomaron cinco gramos de suelo tamizado y seco al aire libre, y se colocó en crisoles de 15mL. Posteriormente se puso a secar el crisol + la muestra en una estufa a 105°C por un periodo de 24 horas, se retiró de la estufa se dejó enfriar en desecador y se pesó cada uno de los crisoles. Posteriormente se calcinó la muestra al rojo vivo en una mufla y en la misma cápsula, a una temperatura de 360°C en un periodo de 2 horas, de igual manera se retiró de la mufla una vez transcurrido el tiempo requerido y se pesó nuevamente

Una vez obtenido los pesos se procedió a calcular la diferencia entre los pesos antes y después de calcinar, esta diferencia equivale a la cantidad de materia orgánica que se perdió de entre cada una de las muestras por efecto de método de calcinación (Ruiz y Becerra, 2016).

Para lo cual tenemos la siguiente ecuación

$$\%MO = (\text{peso } 105^{\circ}\text{C} - \text{peso } 360^{\circ}\text{C}) * 100 / \text{peso } 105^{\circ}\text{C}$$

3.5.4. Cantidad de Carbono - Método de incineración

La determinación de carbono se realizó mediante el método de incineración en una mufla, una muestra de 5 g del suelo seco al aire fue tamizada, y colocada en crisoles que fueron puesto en un horno de secado a 105° C para determinar el contenido de humedad y posteriormente dar un análisis de contenido de carbono orgánico (Acosta, *et al.*, 2001)

$$\% CO = \% MO * 0.58$$

3.5.5. Densidad de raíces - Método NEWMAN

Para determinar la densidad longitudinal de raíces, se adoptó el método de NEWMAN (1965), el cual consiste en valorar la longitud de raíces de una muestra, en cada una de las parcelas 3 de la parte derecha y las 7 de la parte izquierda se procedió a extraer muestras de suelo utilizando cilindros de metal, se introdujo los cilindros en el suelo para ser llenados de tierra y trasladados en fundas plásticas hasta el laboratorio.

Los cilindros de metal con las muestras de suelo fueron pesados y colocadas en un horno de secado por un lapso de 24 horas a una temperatura de 105°C, después de dicho periodo son nuevamente pesadas con el fin de obtener el peso total de la muestra en seco y el porcentaje de humedad de cada una de las muestras. Posteriormente en los cilindros de metal se miden las diferentes alturas y diámetros internos, de esta forma se logró obtener el área de

distribución de raíces de cada muestra, para medir las raíces se procedió a desmenuzar suavemente las muestras, mediante una pinza y una lupa se separó el suelo de la raíz y posteriormente en una hoja de papel milimetrado estimó la longitud de cada raíz y el número de intersecciones.

La fórmula de (NEWMAN, 1965) fue utilizada para estimar la longitud de raíces

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

Donde:

R: longitud de raíces (cm)

N: Número de intersecciones

A: Área de la superficie donde están distribuidas las raíces (cm²)

H: longitud total de las líneas de referencia (cm)

π : 3.1416

Para el Volumen de la muestra se aplica la siguiente ecuación:

$$V = \text{Área del cilindro} * \text{altura}$$

Para la densidad longitudinal de raíces la ecuación:

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

3.5.6. Contenido de Humedad en el suelo – Método gravimétrico

Humedad en perfil 0-50 - Humedad en perfil 50- 100

Para la determinación de humedad en muestras de suelo se aplicó el método gravimétrico, primeramente, se procedió a dividir el área de la zona de recarga hídrica en dos parcelas este y oeste, posteriormente fueron divididas en dos filas cada una, y dentro de estas cinco subfilas teniendo en cuenta una distancia de 10 metros cada una. Con el barreno se tomó muestras de entre 150 a 200 gramos de suelo tanto en perfil de 0 – 50 cm y 50 – 100 cm, esta muestra fue depositados en fundas plásticas para ser llevadas al laboratorio de la Universidad Estatal Amazónica.

3.5.6.1 Procedimiento de laboratorio

Considerando lo que manifiesta Radulovich, (2009) con el método gravimétrico lo primero que se debe hizo es pesar cada una de las muestras, seguidamente se colocó en un horno secador durante 24 horas a una temperatura de 105°C. Después de las 24 horas de secado, las muestras fueron pesadas nuevamente en una balanza de precisión y la diferencia entre el peso húmedo y el peso seco de cada una de las muestras determinaron el contenido de agua original (contenido de humedad).

$$\text{Humedad: } \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}}$$

3.5.7. Materia orgánica en Hojarasca - Método de desecado

La materia orgánica del suelo está compuesta de restos de material vegetal caído en el suelo como son raíces, ramas y hoja, para la determinación de materia orgánica en hojarasca se procedió; en campo, se seleccionaron diez sitios de muestreo 5 de la parcela 1 Oeste y 5 de parcela 2 Este, en puntos visualmente representativos, se colocaron cajas colectoras, elaboradas a base de madera de 50cm x 50cm, para la recolección de hojarasca y posteriormente fueron almacenarlas en bolsas de papel, las mismas que fueron pesadas y colocadas en un horno de secado a una temperatura de 105°C por un periodo de 24 horas, luego del tiempo transcurrido de igual manera se pesaron en una balanza de precisión, con la finalidad de tener un peso inicial y final de las muestras y así mediante una diferencia entre el peso húmedo y el peso seco de cada una de las muestras se determinó el contenido de materia orgánica en hojarasca (Ávila y Moreno, 2010).

$$MO: \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}}$$

3.5.8 Análisis de Correlación lineal r (Pearson)

Con el fin de comparar y relacionar los diferentes parámetros estimados en el presente proyecto se utilizó el programa estadístico coeficiente de correlación lineal de Pearson el mismo que nos permitió estimar el grado de relación lineal entre diferentes variables, sin embargo para realizar el análisis de correlación de variables, los parámetros que se determinaron en porcentajes mediante el programa estadístico IBM SPSS Statistics 22 Lavalle, *et al.*, (2006) en donde las variables que estaban consideradas en porcentaje (%) se hizo una transformación a través la función raíz cuadrada para que queden representados en valores reales.

3.5.9. Análisis de Varianza

En el programa estadístico InfoStat versión 2018, (Balzarini *et al.*, 2008), se colocaron diferentes valores de las variables en estudio, con el fin de estimar la variación que existen entre dos variables tanto dependiente como independiente, para poder determinar la variabilidad entre variables primeramente debemos hacer una categorización de datos.

Para la categorización los valores porcentuales de cada variable fueron transformadas a números reales mediante la función raíz cuadrada en el software Infostat, después se procedió a sacar el promedio de los datos obtenidos en cada parcela acorde a la variable,

posteriormente calculamos la desviación estándar de los datos de parcela y el valor que nos dio lo denominamos como límite inferior, luego se determinó el valor intermedio mediante la resta del promedio con el valor de desviación estándar, y el límite superior se calculó mediante la suma del promedio con el valor de desviación estándar y para realizar las comparaciones se lo hizo mediante las medias de Duncan. Según Chitarroni (2002), la variabilidad de distribución de un número, describiendo que a mayor dispersión mayor variabilidad y a menor valor más homogeneidad.

3.5.10. Medición de Caudal - Ecuación de Manning

Acorde a la forma del cauce de nuestra zona de recarga hídrica se aplica el método denominado Ecuación de Manning, el mismo que determina la cantidad de agua que fluye por el cauce, para ello se seleccionó los sitios en donde se midió el caudal, a la salida de la captación hídrica, se eligió un tramos uniforme, donde el agua fluya libremente, en el lugar se eligió un punto inicial (perfil de entrada) y punto final (perfil de salida), la distancia entre los puntos fue de 4 metros. En el punto de inicio y punto final se midió el ancho del río y la profundidad fue medida por cada 30 cm de distancia.

El perfil de entrada midió un ancho de 140 cm, cada 30 cm se procedió a medir la profundidad del cauce, dándonos un total de 5 mediciones, en cuanto se refiere al punto de salida del agua el ancho fue de 90cm y se realizó el mismo proceso. En el primer muestreo, se midió la pendiente, además en el transepto punto de inicio y punto final elegimos piedras al azar, se midió el diámetro de diez piedras dándonos como resultado todas medianas, esta medición tuvo como finalidad determinar el coeficiente de rugosidad.

Mediante ecuaciones matemáticas se determinó la profundidad promedio, diferencias de las profundidades, perímetro de mojado, área de mojado, radio hidráulico, pendiente, velocidad y caudal.

-Profundidad promedio del cauce: Es la sumatoria de todas las profundidades, dividido para el número de puntos tomados en el sitio.

$$(\text{Profundidad promedio}) h \bar{X} = \frac{h_1 + h_2 + h_3 \dots h_n}{\text{Ancho del río}}$$

-Perímetro de mojado: Corresponde a la longitud de la sumatoria de las paredes del lecho lo cual se estimó aplicando el teorema de Pitágoras:

$$C = \sqrt{((a)^2) + ((b)^2)}$$

Donde:

a = diferencia de profundidad por cada 30 cm

b = Diferencia entre el ancho en el que fueron tomados las profundidades.

-Área de mojado: Se calculó mediante la ecuación Área de mojado:

$$AM = \text{Profundidad promedio} * \text{Ancho del rio}$$

-Perímetro de mojado promedio: Es el promedio entre el perímetro de mojado en el punto inicial y punto final en cada sitio.

$$Pm (\text{Perímetro de mojado}) = \sum \text{lad os}$$

-Área de mojado promedio: Es el promedio entre el área de mojado en el punto inicial y punto final en cada sitio.

$$Am (\text{área de mojado}) = h \bar{X} * \text{Ancho del cauce}$$

-Radio hidráulico: Se calculó mediante la ecuación Radio hidráulico:

$$RH = \frac{\text{Area de mojado promedio}}{\text{Perimetro de mojado promedio}}$$

-Pendiente: Se calculó mediante la ecuación Pendiente:

$$S = \frac{\text{Pendiente tomada con el distanciometro}}{45}$$

-Velocidad: Se calculó mediante la ecuación Velocidad

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

Donde:

V = Velocidad media de la corriente (m/s)

R = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente media del canal (m/m)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning, este valor se obtiene de los valores del coeficiente de rugosidad. Con el diámetro de las piedras se obtuvo D50.

D50= promedio general del tamaño de las piedras que ocupan un porcentaje igual o mayor a 50% de área en el cauce

-Caudal m³/s: se calcula con la ecuación

$$Q = \frac{\text{Velocidad}}{\text{Area de mojado en el punto final}}$$

La medición de caudal se realizó en los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre, cada mes se hizo un muestreo con tres mediciones cada 30 minutos tanto en el punto de entrada como en el punto de salida del agua.

3.5.11. Volumen de Sedimentos

Para determinar la cantidad de volumen de sedimentos primeramente se dividió a la zona de captación hídrica en dos partes izquierda y derecha, posteriormente con una estaca de seis metros de longitud la introducimos en la captación con el fin de medir el volumen de sedimentos y el volumen de agua que contiene la zona, para el determinar el volumen de sedimentos se realizaron doce mediciones en diferentes puntos estratégico.

3.5.11.1 Cálculos y expresión de resultados

Para determinar el área de la zona de almacenamiento hídrico utilizamos el método cuadrícula, en una hoja de papel milimetrado dibujamos la zona de captación y procedemos a contar el número de cuadros grandes y posteriormente el número de cuadros pequeños. Se sumó los dos totales con el fin de obtener los cuadros enteros y se multiplico por la escala de distancia. Posteriormente en el Microsoft Excel se procedió a determinar los promedios del volumen de sedimentos y el volumen de agua estimándolos como alturas promedio, una vez determinado el área de la zona de captación hídrica, procedemos a estimar el volumen de sedimentos y volumen de agua y posteriormente se determina el porcentaje de sedimentos mediante las siguientes ecuaciones:

1. Volumen de sedimentos

$$V_s = \text{altura promedio de sedimento} * \text{área de zona de recarga}$$

2. Volumen de agua

$$V_a = \text{altura promedio del agua} * \text{área de zona de recarga}$$

3. Porcentaje de sedimentos

$$\% \text{ sedimentos} = \frac{V_s}{V_a}$$

3.5.12. Determinación de la calidad de Agua

Para determinar la calidad de agua de la captación hídrica San Jacinto, primeramente, se procede a tomar una muestra de agua en una botella de 5 litros, sumergimos la botella de una manera suave en la zona almacenamiento hídrico, llenándolo por completo para que no exista intervención del aire, posteriormente sellamos la botella con su tapa y cinta adhesiva. Se trasladó la muestra hasta el laboratorio de la Universidad Estatal Amazónica con el fin de determinar los diferentes parámetros físicos del agua, como son:

3.5.12.1 Oxígeno Disuelto y Conductividad

Los parámetros de oxígeno disuelto y conductividad se midieron con un multiparamétrico marca Hach, se procedió a colocar la muestra de agua en un vaso de precipitación de 1000 ml evitando en lo posible el burbujeo, se procedió a encender el medidor multiparamétrico y se colocó la sonda correspondiente al oxígeno disuelto y conductividad, posteriormente la sonda es introducida en el vaso de precipitación con el fin de determinar los valores correspondientes (Rivera, 1999).

3.5.12.2 Turbidez (Turbidímetro marca Hach)

Para estimar este parámetro, se tomó una pequeña cantidad de agua de la muestra tomada en la zona de captación y se trasladó al turbidímetro para determinar la turbidez del agua del cuerpo hídrico (Buelta y Martinez, 2011).

3.5.12.3 pH (Peachímetro)

Considerando lo que establece Hermann, (2011) para determinar el pH en el agua se utilizó un medidor electrónico específico peachímetro, se introdujo la sonda de pH en el recipiente de muestra de agua para la determinación del mismo (Anexo 4).

3.5.12.4 Sólidos Sedimentables (Cono Imhoff)

Para determinar la cantidad de Sólidos Sedimentables se aplicó el método volumétrico el cual tuvo como primer paso sacudir de forma suave y uniforme la muestra de agua, posteriormente se procedió a verter el agua en un vaso de precipitación de 1000ml y seguido verter en un cono Imhoff 1000 ml de muestra perfectamente mezclada, durante 45 minutos, dejar sedimentar y leer el volumen del sedimento; a los 10 minutos en la escala, con una frecuencia de cada 5 minutos dar vueltas con el agitador y leer el volumen del sedimento (Rubio *et al*, 2014).

En la expresión de resultados se el límite inferior prácticamente medible está generalmente en el rango de 0.1 a 1 mL/L, dependiendo del cono Imhoff utilizado.

3.5.12.5 Sólidos Suspendidos

Según American Public Health Association (1992), para determinar la cantidad de Sólidos Suspendidos se aplicó el método gravimétrico el cual tuvo como primer paso colocar un filtro en el embudo de filtración, se aplicó vacío y enjuagó con tres porciones de 20 mL de agua destilada, posteriormente se continuo con la succión hasta eliminar totalmente el agua, se puso a secar en estufa a 105°C por 1 hora en un soporte de porcelana (**Anexo 4**). Una vez que se obtuvo el peso constante del filtro, se pesó inmediatamente antes de usarlo, después se colocó el filtro en el embudo de filtración y se mojó el filtro con una pequeña cantidad de agua destilada. Luego se tomó un volumen de muestra homogeneizada que dé un residuo seco entre 2.5 y 200 mg., posteriormente se procedió a verter el volumen medido en el embudo de filtración, se comenzó nuevamente la succión y se procedió a lavar 3 veces sucesivas con 10 mL de agua destilada cada vez, permitiendo un completo drenaje en los lavados y se continuó la succión por 3 minutos hasta que la filtración sea completa. Se procedió a remover el filtro y colocarlo sobre un soporte de porcelana y secar por 1 hora a 105°C en estufa, se puso a enfriar en desecador hasta temperatura ambiente y para después pesar, los resultados se obtuvieron mediante la siguiente ecuación:

$$S_{susp} = \frac{(P2 - P1)X1000}{V}$$

Dónde:

P1 = peso de la cápsula preparada en mg.

P2 = peso de la cápsula más el residuo seco a 105°C en mg.

V = volumen de muestra tomado en ml.

3.5.12.6 Sólidos Disueltos

- Preparación de cápsulas: se colocó las cápsulas en mufla a $550 \pm 50^\circ\text{C}$ durante 1 hora. Y se dejó enfriar en desecador y pesar antes de su uso.

- Determinación: Se tomó un volumen de muestra homogeneizada que dé un residuo seco entre 2.5 y 200 mg., posteriormente se procedió a verter el volumen medido en la cápsula preparada y evaporar en el baño de agua a sequedad, evitando que la muestra se pierda por ebullición. Después se puso a secar la muestra en estufa a 105°C durante 1 hora, luego se enfrió la muestra en desecador y se procedió a pesar y se determinó mediante la siguiente ecuación (American Public Health Association, 1992).

$$S_{disueltos} = \frac{(P2 - P1)X1000}{V}$$

Dónde:

P1 = peso de la cápsula preparada en mg.

P2 = peso de la cápsula más el residuo seco a 105°C en mg.

V = volumen de muestra tomado en ml.

Posterior, al cálculo de los parámetros físicos debemos estimar el Índice de Calidad de Agua general “ICA”. Para ellos se utiliza el índice de la Fundación Nacional de Saneamiento (INSF) (1970), que consiste en promediar las curvas dependiendo del parámetro físico en estudio, los valores en estudio son representadas en las curvas de la NSF (Anexo 3) acorde al parámetro y los límites de confianza cercanos a la media representa un contaminante variable, pero si el límite de confianza es amplio representa desacuerdo entre las respuestas. Para el cálculo del ICA se hace la suma de los subíndices y el resultado debe ser un número entre 0 y 100, donde de 0 a 25 representa la calidad de agua pésima, de 26 a 50 de mala, de 51 a 70 regular, de 71 a 90 buena y de 91 a 100 representa la calidad de agua excelente; cómo se puede observar en la clasificar a la calidad del agua con base a la (Tabla 3), – Anexo 2.

Tabla 3. Clasificación general del índice de calidad del agua

Calidad del agua	Color	Valor
Excelente	Blue	91 a 100
Buena	Green	71 a 90
Regular	Yellow	51 a 70
Mala	Brown	26 a 50
Pésima	Grey	0 a 25

Fuente: (Brown, 1987)

Elaborado por: Jenny Castro y Pamela Morales

3.6. Recurso Humano y Materiales

Tabla 4. Recurso humano, materiales y equipos utilizados en el presente proyecto

Recursos Humanos	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ing. Ricardo Abril (Tutor del Proyecto de Investigación) ▪ Jenny Castro (Tesisista) ▪ Pamela Morales (Tesisista) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ing. Daisy Changoluisa (Laboratorista de suelos) ▪ Estudiantes de Vinculación de la Universidad Estatal Amazónica
Materiales	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ GPS ▪ Cámara Fotográfica ▪ Material de oficina ▪ Cinta métrica ▪ Cilindros de plástico ▪ Cilindro infiltrómetro ▪ Barreno ▪ Cronómetro ▪ Flexómetro ▪ Cilindros de metal ▪ Lupa ▪ Cuadro de madera 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Botellas plásticas ▪ Balde ▪ Fundas de papel ▪ Fundas plásticas ▪ Mandil ▪ Crisoles ▪ Capsulas
Equipo	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Computador ▪ Balanza analítica ▪ Balanza de precisión ▪ Mufla ▪ Estufa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Equipo multiparametrico ▪ Software ArcGis ▪ SPSS ▪ Google Earth pro

Elaborado por: Jenny Castro y Pamela Morales

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Velocidad de infiltración instantánea

En la comunidad San Jacinto la velocidad de infiltración varía acorde a las parcelas establecidas, en la zona de captación hídrica (Tabla 5) donde se observa que la parcela P7 refleja su mayor velocidad de infiltración instantánea con un valor de 2,87 cm/min, una media de 1,13 cm/min, y un valor mínimo de 0,07 cm/min en la parcela P2 como se puede evidenciar en el (Anexo 3).

Tabla 5. Velocidad de infiltración instantánea, velocidad a 1y2 horas e infiltración acumulada en 120 min en las diferentes parcelas de la zona de recarga hídrica.

PARCELA	VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN INSTANTÁNEA (cm/min)	VELOCIDAD 1h	VELOCIDAD 2h	INFILTRACIÓN ACUMULADA 120MIN
P1	0,19	27,2	18,7	37,4
P2	0,07	47	31,5	63
P3	2,23	49	34,5	69
P4	0,87	14	13	26
P5	0,54	7,25	5,75	11,5
P6	0,87	14,4	11,2	22,4
P7	2,87	10,5	7	14
P8	0,28	44,4	25,35	50,7
P9	1,5	35,2	24,35	48,7
P10	1,9	55,8	34,6	69,2
MEDIA	1,13	30,48	20,6	41,19

4.2. Velocidad de infiltración a una hora y dos horas.

En cuanto a la velocidad de infiltración a una hora se puede evidenciar que la parcela que mayor infiltración ha tenido es la P10 con 55,8 cm/h, la que menor infiltración presenta es la P5 con 7,25cm/h y una media de 30,48 cm/h (Tabla 5). Mientras que la velocidad de infiltración a dos horas se evidencia que en la parcela P10 es de 34,6 cm/h, dándonos como valor máximo, la parcela P5 es de 5,75 cm/h, como valor mínimo y la media entre las diferentes parcelas es de 20,60 cm/h.

4.3. Infiltración acumulada en 120 minutos

En cuanto a infiltración acumulada se puede evidenciar en la (Tabla 5), que la parcela con el valor más alto es la P10 con 69,2 cm/min, con un valor mínimo tenemos a la P5

con 11,5cm/min y una media de 41,19 cm/min. Estos resultados pueden estar dado haciendo relación a la tasa de infiltración que tiene estos suelos por sus características físicas. corroborando con Ibáñez (2003), un suelo seco tendrá una tasa de infiltración mayor que uno húmedo, y poros que están mejor conectados incrementan la tasa de infiltración, sin embargo también se manifiesta que mayor infiltración se da, por la mayor presencia de vegetación arbórea en el suelo de la zona de recarga hídrica, este resultado concuerda con lo manifestado por Abril, *et al.*, (2017) que las áreas de mayor infiltración son aquellas que presentan cobertura vegetal de tipo arbórea, recalando que el grado de infiltración aumenta por el turno radicular de los arboles evitando la degradación del suelo por escorrentía.

4.4. Densidad de Raíces

En relación a la densidad de raíces se puede evidenciar (Figura 3), que la parcela que más raíces posee es la P2 con 1,834 cm/cm², la de menor número de raíces es la P1 con 0,734 cm/cm² y en relación con las diferentes parcelas tenemos una media de 1,26 cm/cm². Con relación a lo analizado de la densidad de raíces, esto puede estar dado por el tipo de vegetación arbórea que presenta la zona de recarga hídrica, por lo tanto, Pire (1976), manifiesta que la longitud de las raíces que se pretende determinar está asociada con la capacidad que tiene las plantas para absorber agua y sales minerales del suelo.

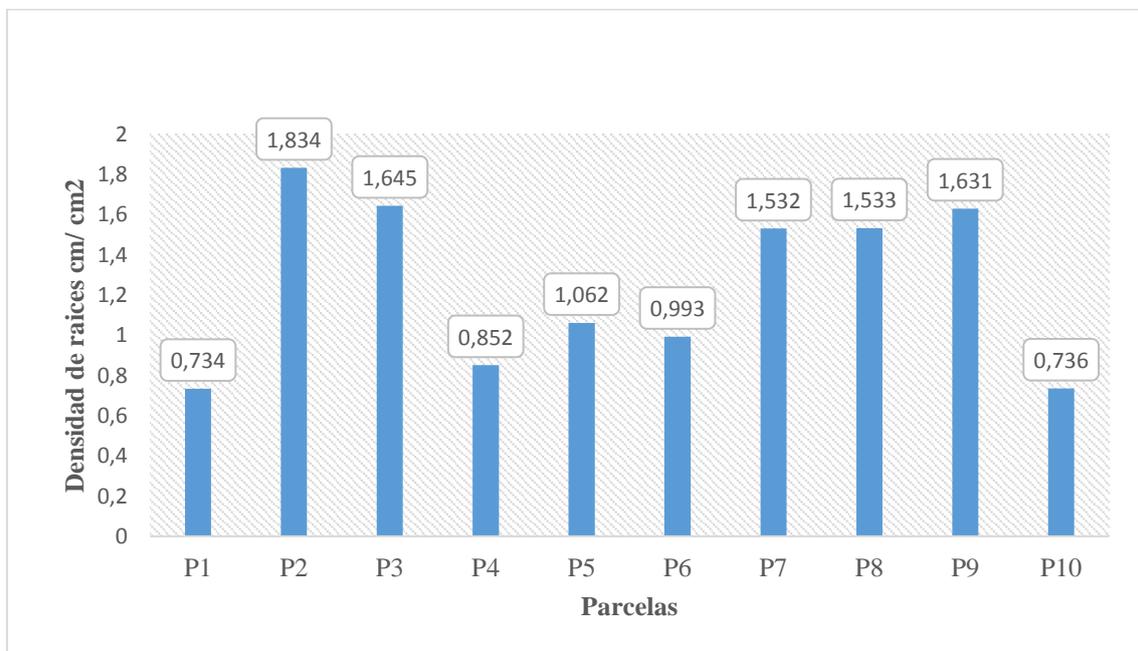


Figura 3. Densidad de raíces en el suelo de las diferentes parcelas de la zona de recarga hídrica de la Comunidad San Jacinto.

4.5. Contenido de humedad en el suelo

En cuanto a la humedad podemos apreciar un 76% de peso en la parcela P4 siendo el valor máximo (Figura 4), un 58% en las parcelas P1 y P3 dándonos como valor mínimo, los mismos que representa bajos contenidos de humedad debido a que no existe presencia de abundante vegetación arbórea; y una media de 68% en relación a las diferentes parcelas. Para Gil (2005), la vegetación arbórea al proporcionar sombra al suelo, hace que disminuya la pérdida de humedad. En los ambientes boscosos, los suelos desarrollan una mayor capacidad de infiltrar y almacenar agua, aportando niveles de biomasa y condiciones ambientales como es la humedad con el fin de obtener la estabilidad de la estructura, porosidad y aireación (Silva, 2014).

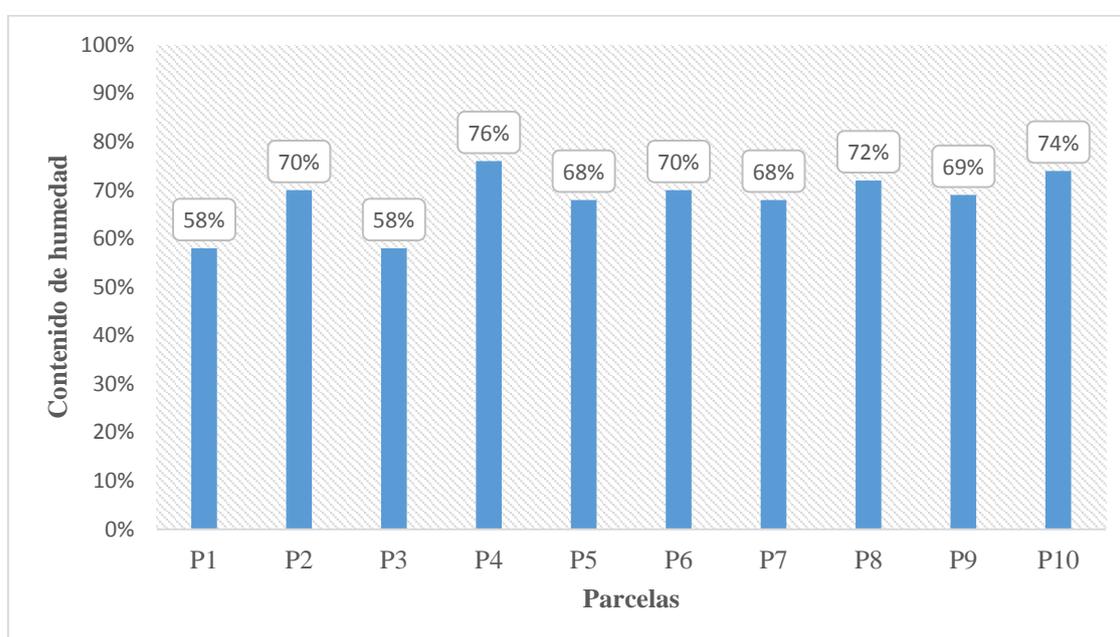


Figura 4. Contenido de humedad en el suelo de las diferentes parcelas de la zona de recarga hídrica de la Comunidad San Jacinto.

4.6. Contenido de Materia Orgánica en el suelo

En la Figura 5 se visualiza los valores de los contenidos de materia orgánica de las diferentes parcelas, la P5 tiene mayor materia orgánica con un 40 %, la P2 posee la menor cantidad de Materia orgánica en un 28%, y una media entre las parcelas de estudio de un 35%. Esto pudiera estar dado por el contenido de macronutrientes y micronutrientes del suelo, por ser un área boscosa, donde hay acumulación de materia orgánica a través de la descomposición de hojarasca producida por la formación vegetal del bosque. Según Gros y Domínguez (1992), es importante mencionar que la materia orgánica del suelo contiene cerca del 5% de N total, pero también contiene otros elementos

esenciales para las plantas, tales como fósforo, magnesio, calcio, azufre y micronutrientes. Los contenidos de materia orgánica incrementan la estabilidad del suelo y disminuye la densidad aparente ocasionada por endurecimiento de los suelos, provocados por actividades humanas es por eso que, Romanya *et al.* (2007), manifiesta que los suelos con vegetación boscosa se caracterizan por contener mayor cantidad de materia orgánica que los suelos de agrícolas.

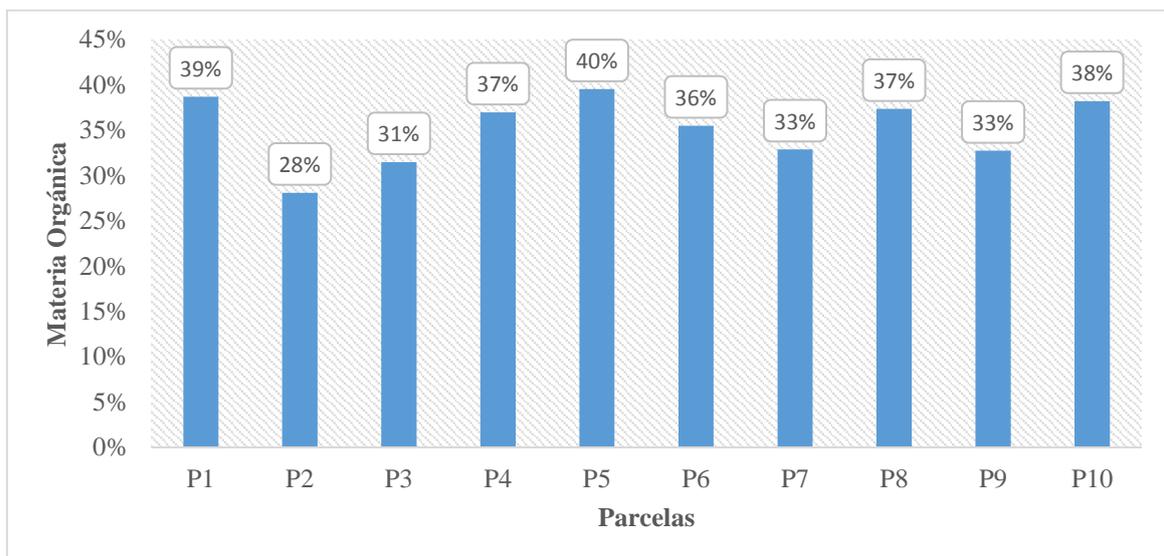


Figura 5. Contenido de materia orgánica en el suelo de las diferentes parcelas de la zona de recarga hídrica de la Comunidad San Jacinto.

4.7. Densidad Aparente

La densidad aparente se presenta en la Figura 6 en donde la parcela con mayor densidad es la P4 con $1,36 \text{ g/cm}^3$; la P9 con menor densidad con $0,94 \text{ g/cm}^3$ y una media entre las parcelas de $1,13 \text{ g/cm}^3$. La densidad aparente más baja se manifiesta en la zona más intervenida por los pobladores de la zona, siendo una de las posibles causas de la densidad aparente baja, coincidiendo con lo planteado por Reid y Goss (1982), que manifiesta, que los valores altos o bajos de la densidad aparente dependen del grado de compactación del suelo, debido a las prácticas de uso de suelo a mayor valor más 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. En el suelo se amplían los poros existentes y crean nuevos poros, de tal manera que incrementan la densidad aparente entre un 12 y 35% (Porta, 1994).

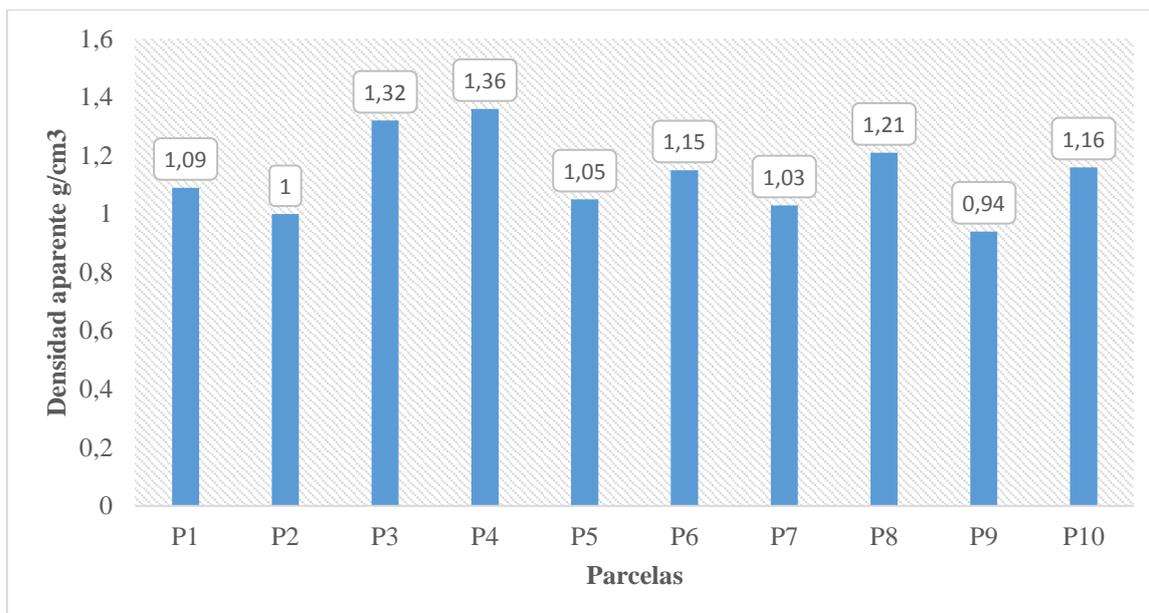


Figura 6. Densidad aparente en el suelo de las diferentes parcelas de la zona de recarga hídrica de la Comunidad San Jacinto.

4.8 Contenido de Carbono

En la Figura 7 se observa el contenido de carbono existente en las diferentes parcelas, encontrando un mayor número en la P5 con un 23 %, un menor contenido de carbono en la P2 de 16% y una media entre las diferentes parcelas en estudio de 20%. El contenido de carbono en el área de estudio puede estar dado por el uso de suelo que se le da a aquellas tierras. Baez (2012), atribuye a confirmar, que todos los cambios en el manejo de los ecosistemas inducen cambios importantes en la dinámica del contenido de carbono, los valores bajos de entre 23% inducen a suelos de uso agrícola que han sufrido roza, tumba y quema, la deforestación, la forestación y la agrosilvicultura, pero para suelos de bosque original tienen porcentajes mayor al 35% de contenido de carbono.

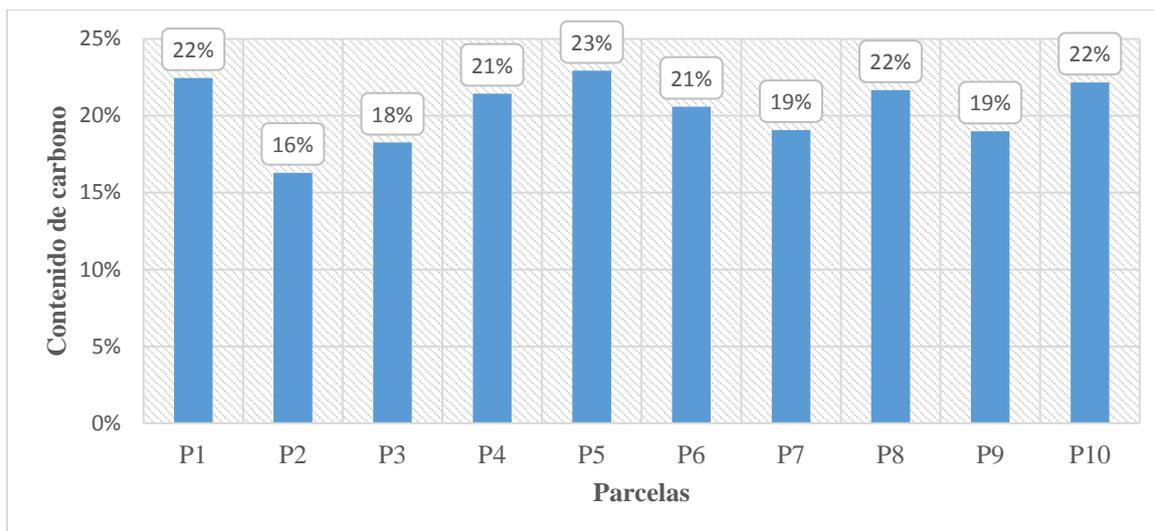


Figura 7. Contenido de carbono en el suelo de las diferentes parcelas de la zona de recarga hídrica.

4.9. Contenido de Materia Orgánica en Hojarasca

En lo que se refiere al contenido de materia orgánica en hojarasca podemos evidenciar en la Parcela 1 dirigida a la zona oeste de la zona de recarga hídrica un porcentaje promedio de 25% mientras en la Parcela 2 dirigida a la zona este se evidencia un promedio del 23%. Esto puede estar dado por la vegetación arbórea que se encuentra en las parcelas mismas que ayudan a mejora muchas propiedades químicas, físicas y microbiológicas del suelos. En comparación con otros estudios Sepúlveda *et al.* (2010) afirma que la hojarasca del bosque además de contribuir al crecimiento de las plantas, tiene un efecto importante sobre las propiedades físicas del suelo, ayuda a promover una buena estructura, mejorando la retención de humedad y la aireación. En el caso de una zona boscosa, la materia orgánica, generalmente se forma a partir de la hojarasca que se desprende de los árboles, es decir los suelos con mayor vegetación, una mayor cobertura del suelo y mayor materia orgánica podrían tener menor erosión y mejor conservación de su humedad (Waring y Running, 1998).

Tabla 6. Contenido de materia orgánica en hojarasca de la parcela 1 y 2 de la zona de estudio

	MUESTRA	HOJARASCA		MUESTRA	HOJARASCA
PARCELA 1 OESTE	IM1	27%	PARCELA 2 ESTE	DM1	30%
	IM2	21%		DM2	21%
	IM3	23%		DM3	25%
	IM4	25%		DM4	22%
	IM5	27%		DM5	19%
	MEDIA	25%		MEDIA	23%

4.10. Contenido de Humedad en perfiles de 0-50 y 50 -100

Tabla 7. Contenido de humedad en la parcela 1 y 2 de la zona de recarga hídrica en los diferentes perfiles de suelo de 0-50 y 50 -100.

	Muestra	Humedad 0-50	Humedad 50-100
PARCELA 2 ESTE	M1	54,7%	55,8%
	M2	56,7%	45,9%
	M3	52,9%	50,3%
	M4	49,9%	41,6%
	M5	54,4%	39,2%
	M6	51,3%	46,2%
	M7	50,1%	52,8%
	M8	58,6%	37,4%
	M9	57,8%	46,5%
	M10	44,3%	39,0%
	MEDIA	53,1%	45,4%
	DESV. ESTÁNDAR	0,002	0,004

En la **Tabla 7** se observa el porcentaje de humedad que presenta los diferentes perfiles de suelo como es el perfil de 0-50 de la parcela 2 tiene un 53,1% de humedad y una variación estándar de 0,002, mientras en el perfil de 50-100 se evidencia un promedio de 45,4% de humedad con una desviación de 0.004.

Tabla 8. Contenido de humedad de la parte izquierda de la zona de recarga hídrica en los diferentes perfiles de suelo de 0-50 y 50 -100.

	Muestra	Humedad 0-50	Humedad 50-100
PARCELA 1 OESTE	M1	56,1%	45,7%
	M2	55,4%	41,6%
	M3	54,5%	53,3%
	M4	59,6%	41,6%
	M5	62,0%	58,5%
	M6	56,7%	48,7%
	M7	58,9%	50,2%
	M8	60,5%	54,4%
	M9	51,7%	47,6%
	MEDIA	57,3%	49,1%
	DESV. ESTÁNDAR	0,001	0,003

En cuanto a la **Tabla 8** se evidencia el porcentaje de humedad que presenta los diferentes perfiles de suelo como es el perfil de 0-50 de la parcela 1, tiene un 57,3% de humedad y una variación estándar de 0,001, mientras en el perfil de 50-100 se evidencia un promedio de 49,1% de humedad con una desviación de 0.003 %. Esto puede estar dado principalmente por la vegetación presente la cual proporciona sombra al suelo ayudando a la retención y absorción de agua por un tiempo prolongado. El contenido de humedad en el suelo juega un papel muy importante, Honorato (2000), manifiesta que el agua transporta nutrientes para las plantas del suelo, 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, la densidad de arbórea son entes fundamentales para que ayuden a retener agua en su gran mayoría ya que ellos otorgan sombra es por eso que en nuestra área de estudio dio un valor de 45 % a 55% de contenido de humedad debido a que hay presencia de gran cantidad de vegetación arbórea.

4.11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

4.11.1. Correlación (Coeficiente De Pearson)

Con el análisis de correlación primeramente debemos saber que las variables son iguales, es decir no existen variable independiente ni dependiente, en la **Tabla 9** se evidencia que existe correlación entre dos series de datos o variables; el carbono existente en el suelo tiene un nivel de significancia de 0,05 con la humedad y la materia orgánica presente en el suelo. En lo que tiene que ver entre la humedad con el contenido de materia orgánica presenta una relación significativa de 0.05. Según lo expresado por Henao (2001), a medida que aumenta la materia orgánica y el espacio poroso, aumenta la retención de humedad en el suelo.

Tabla 9. Correlación entre las diferentes características hidro-edafológicas de la zona de recarga hídrica.

	Velocidad de Infiltración	Velocidad a 1 hora	Velocidad a 2 horas	Infiltración Acumulada En 120 Min	Densidad De Raíces	Carbono	Densidad Aparente	Humedad	Materia Orgánica
Velocidad De Infiltración	1	,017	,033	,033	,160	-,258	,065	-,123	-,366
Velocidad A 1hora		1	,985**	,985**	,303	,399	,100	-,041	,317
Velocidad A 2horas			1	1,000**	,306	,402	,147	-,088	,326
Infiltración Acumulada En 120 Min				1	,306	,402	,147	-,088	,326
Densidad De Raíces					1	,305	-,301	-,102	,195
Carbono						1	,001	-,733*	,985**
Densidad Aparente							1	,042	,067
Humedad								1	-,705*
Materia Orgánica									1

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).
 * . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

4.11.2 Análisis de Varianza

4.11.2.1 Varianza para el contenido de humedad y materia orgánica y contenido de carbono.

En el análisis de varianza (**Tabla 10**) se evidenció que para la materia orgánica y el contenido de carbono hubo valores significativos para $p < 0,05$; para el contenido de carbono se evidenció que tiene influencia sobre las diferentes concentraciones de materia orgánica y las mismas tienen influencia sobre el contenido de humedad en el suelo, sin embargo, mediante las pruebas de comparación de medias con Duncan se tuvo que hacer una categorización de datos de la materia orgánica, contenido de carbono y humedad (Tabla 11), entonces en referencia a la materia orgánica, la categoría uno y dos tiene una media de 0,85 es decir tiene diferencias significativas con la categoría tres que tiene una media de 0,76, entonces eso nos indica que la categoría tres tiene diferencias con la categoría uno y dos, pero la categoría uno y dos no tienen diferencias significativas. Pero en relación al contenido de carbono se evidenció que existen diferencias significativas para las tres categorías, dándonos valores en la categoría tres tuvo una media de 0.76, la categoría dos una media de 0.83 y la categoría uno la media de 0.86. Según Guerrero (2012), la heterogeneidad de un suelo se da, por asociarse a la actuación de diferentes condiciones ambientales como la pendiente, posición topográfica, el cambio climático, el régimen de humedad del suelo y tiempos de desarrollo diferenciales, que determinan los procesos de formación de los suelos, como la acumulación del suelo y la erosión.

Tabla 10. Análisis de varianza para el contenido de humedad y materia orgánica y contenido de carbono en la zona de estudio.

F.V.	SC	F	p-valor
Modelo	0,01	27,20	0,0007
MOc2	0,01	36,70	0,0004
CCC2	1,2E-03	8,20	0,0286
Error	8,8E-04		
Total	0,01		

Test: Duncan Alfa =0,05

Error: 0,001 gl:6

MOc2	Medias		
3	0,76	A	
1	0,85		B
2	0,85		B

Medias con una letra común no son significativamente diferente ($p > 0,05$)

Test: Duncan Alfa =0,05

Error: 0,001 gl:6

CCC2	Medias			
3	0,76	A		
2	0,83		B	
1	0,86			C

Medias con una letra común no son significativamente diferente ($p > 0,05$)

Tabla 11. Categorización de datos de materia orgánica, contenido de carbono y humedad

MATERIA ORGÁNICA		CONT. CARBONO		HUMEDAD	
< A 0,78	1	Menor a 0,56	1	Menor a 0.78	1
DE 0,79 A 0,82	2	de 0,57 a 0,58	2	de 0,79-0,86	2
> A 0,83	3	> a 0,59	3	> a 0.87	3

4.11.2.2 Análisis de varianza para el contenido de humedad y la densidad de raíces, materia orgánica y contenido de Carbono

En el análisis de varianza (Tabla 12) se observó que, mediante las pruebas de comparación de medias con Duncan, no existió diferencias significativas, sin embargo, se tuvo que realizar una categorización de variables y como resultado nos dio que la densidad de raíces, materia orgánica y contenido de Carbono no influye sobre el contenido de humedad en el suelo, es decir no existió diferencias significativas entre las diferentes variables.

Tabla 12. Análisis de varianza para el contenido de humedad y la Densidad de raíces, Materia orgánica y contenido de Carbono

Análisis de la Varianza				
Variable	N	R ^t	AJ	CV
raíz cuadrada humedad	10	0,27	0,06	4,44

F.V.	SC	F	p-valor
Modelo	3,4E-03	1,28	0,3348
Densidad de raíces	2,5E-04	0,19	0,6791
Materia Orgánica	3,2E-03	2,38	0,1666
Cont. Carbono	0,00	sd	sd
Error	0,01		
Total	0,01		

Test: Duncan Alfa =0,05

Error: 0,0013 gl:7

Densidad de raíces	Medias
1	0,82 A
2	0,82 A

Medias con una letra común no son significativamente diferente ($p > 0,05$)

4.11.2.3 Análisis de varianza entre velocidad de infiltración y el contenido de carbono, densidad aparente, humedad y densidad de raíces

En el análisis de varianza (Tabla 13) se observó que mediante las prueba de comparación de medias con Duncan, no existió diferencias significativas, sin embargo se tuvo que realizar una categorización de variables y como resultado nos dio que la velocidad de infiltración y el contenido de carbono, densidad aparente, humedad y densidad de raíces no influye sobre la velocidad de infiltración en el suelo, es decir no existió diferencias significativas entre las diferentes variables, la misma que puede estar dado por la fertilizada que posee el suelo. Cabe destacar que Wuest (2001), menciona que la infiltración de los suelos puede ser un buen indicador de la calidad de suelo, Sin embargo, Burbano (2001), menciona que existe una relación entre las variables, a medida que la materia orgánica aumenta hay una mejor retención de agua una disminución de compactación de suelos y una condición óptima para el desarrollo de raíces finas.

Según Silva (2014), un suelo boscoso evita la pérdida de agua por escorrentía y promueve la infiltración, disminuye notablemente la erosión y aporta y mantiene la materia orgánica; la sustitución del bosque por cultivos anuales puede aumentar la escorrentía en más tres veces, y al mismo tiempo, la erosión en más de 150 veces.

Tabla 13. Análisis de varianza entre velocidad de infiltración y el contenido de carbono, densidad aparente, humedad y densidad de raíces

Análisis de la Varianza

Variable	N	R ^t	AJ	CV
velocidad de infiltración	10	0,50	0,00	126.11

F.V.	SC	F	p-valor
Modelo	4,12	0,29	0,9097
carbono	0,06	0,02	0,9846
densidad aparente	0,63	0,15	0,8660
humedad	1,87	0,92	0,4389
densidad de raíces	1,56	0,38	0,7234
Error	4,07		
Total	8,19		

Test: Duncan Alfa =0,05

Error: 2,0344 gl:2

carbono	Medias	
3	0,93	A
2	1,21	A
1	1,21	A

Medias con una letra común no son significativamente diferente ($p > 0,05$)

4.12. Caudal

Con los datos obtenidos en la medición de Caudal de la comunidad San Jacinto, de los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre, en la (Figura 8) se observa que el mes que el mes de mayor caudal presento fue el mes de diciembre con 8,963l/s seguido del mes de septiembre con 6,49 l/s respectivamente, además que para los meses de octubre y noviembre se evidencia una menor caudal como es 6,19 l/s y 5,98 l/s respectivamente, todo ello relacionado con el tiempo climático que se presentó en el cantón Pastaza evidenciando que el mes que más precipitaciones presento es el mes de septiembre y diciembre. La variación de caudal entre los diferentes meses, coinciden con los estudios realizados por Rodríguez (2013), en el que menciona que el aumento de caudal se debe al aporte de afluentes naturales en épocas lluviosas y a la infiltración de aguas subterráneas.

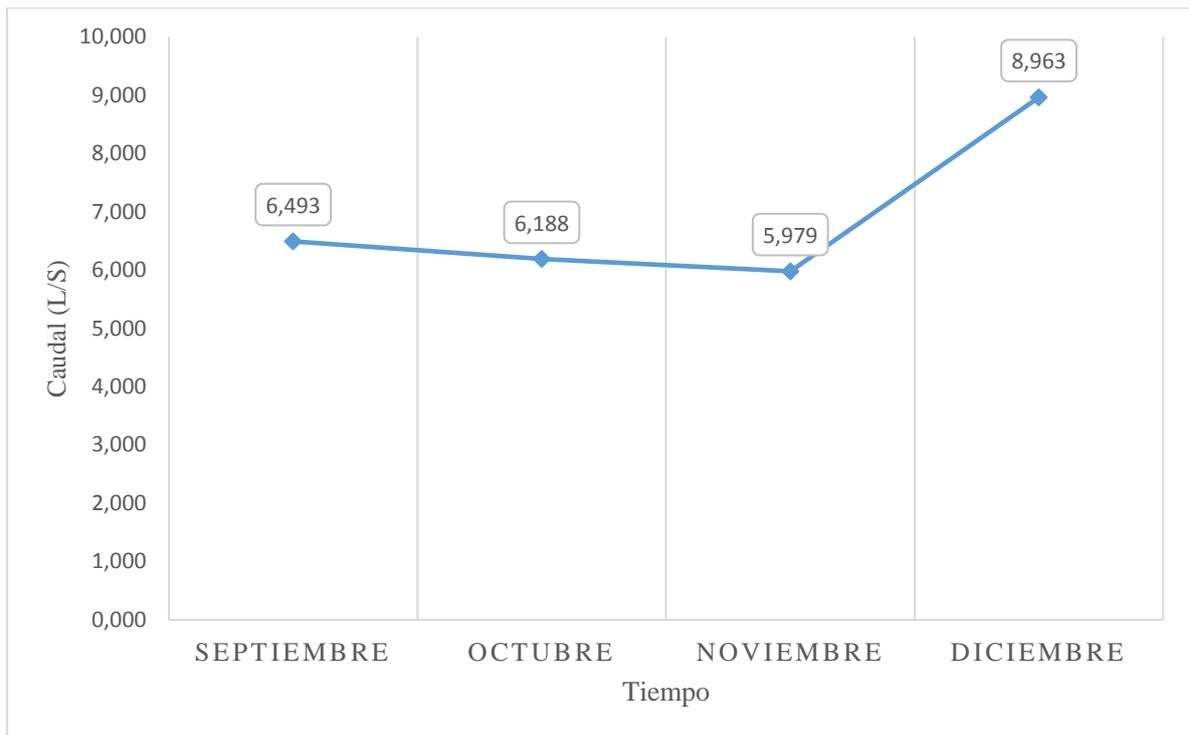


Figura 8. Cantidad de caudal de la zona de almacenamiento hídrico de la comunidad San Jacinto

4.13. Volumen de Sedimento

La zona de almacenamiento agua ubicada en el área de estudio de la comunidad San Jacinto (Figura 9), se puede evidenciar que el área total es de 63m^2 , la misma que posee un 28% de sedimentos. Esto pudiera estar dado la presencia de metano, por la existencia de restos verdosos de plantas. Por lo que Herrera *et al.* (2013), manifiesta que la presencia de metano se da porque al construir esta zona no hubo la eliminación suficiente de vegetación lo que hizo que exista la presencia de este componente. En la zona de recarga hídrica existe escorrentía y arrastre de sedimentos por la erosión del suelo.

El área de recarga hídrica tiene aproximadamente $\frac{1}{2}\text{ km}^2$, en esta zona existe la presencia de escorrentía y a la vez arrastre de sedimentos que se van acumulando de las nacientes del propio curso hídrico, de la cobertura arbórea, e incluso de las partes altas a la zona de recarga hídrica donde hay otro tipo de suelo ocupada en sembríos de caña de azúcar que generan mayor cantidad de escorrentía.

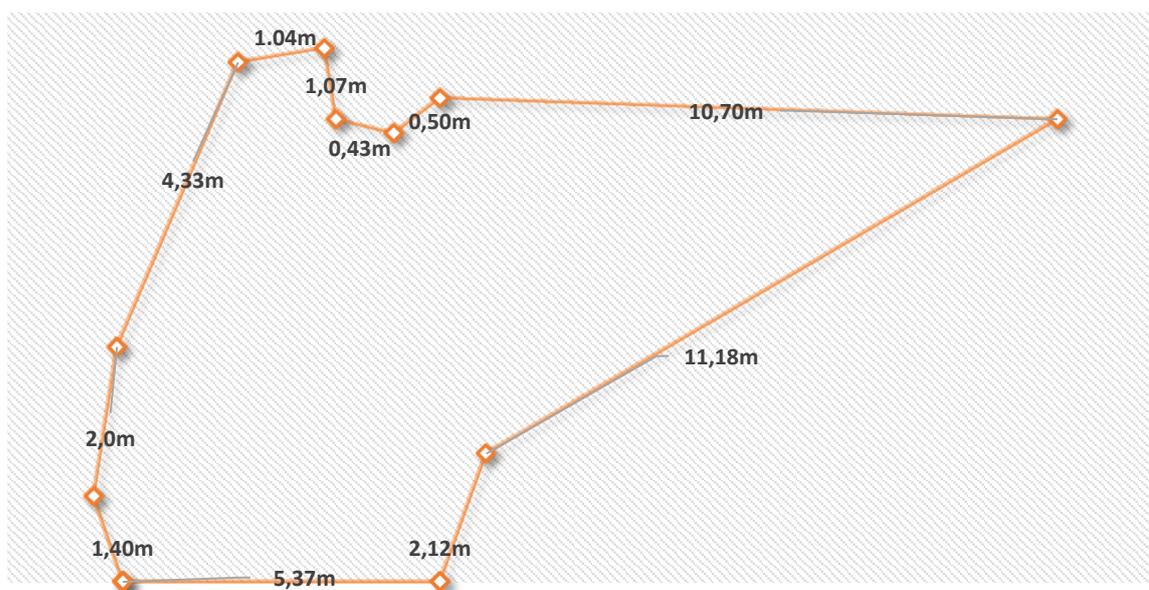


Figura 9. Zona de almacenamiento hídrica de la Comunidad San Jacinto.

4.14. Calidad de Agua

Al realizar un análisis comparativo de los parámetros físicos del agua, con los valores de la Normativa Nacional Acuerdo Ministerial N° 097A TULSMA (2015), para calidad de agua de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional en la Tabla 14, se observa que el oxígeno disuelto en el mes de septiembre fue de 9,85 mg/l, en octubre de 6,11 mg/l, noviembre de 6,48 mg/l y diciembre 5,84 mg/l según el AM 097A nos indica valores aceptables, ya que el valor no debe ser menor a 6 mg/l; en lo que se refiere a oxígeno disuelto (% saturación) en el mes de septiembre fue de 125,8 %, en octubre de 103,3%, noviembre de 98,9 % y diciembre 83,3% de saturación, valores aceptables al compararlos con el anexo 1 del AM N° 097A) que establece que la oxígeno disuelto (% saturación) no debe ser menor al 80% (Tabla 14). Al respecto Sierra (2016), manifiesta que la solubilidad en el agua depende de la temperatura, a mayor grado de temperatura menos oxígeno y se disuelve con facilidad, en este caso la presencia de sólidos disueltos totales, hace que la actividad respiratoria de los organismos acuáticos se acelere y disminuya el oxígeno disuelto.

Tabla 14. Parámetros físicos del agua en los diferentes meses de muestreo de la zona de almacenamiento hídrica.

Parámetro	Unidad	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	LMP TULSMA	Cumple
Oxígeno disuelto	mg/L	9,85	6,11	6,48	6,84	no menor a 6 mg/l	SI
Saturación de Oxígeno	%	125,8	103,3	98,9	83,3	no menor al 80%	SI
pH		7,49	7,15	7,17	7,51	6 – 9	SI
Temperatura	°C	22,9	20,8	20,6	20,3	-	-----
Conductividad	us/cm	31,7	26	25,4	20,4	-	-----
Turbidez	NTU	4,39	2,18	1,26	2,02	100	SI
Sólidos sedimentables	mg/l	menos de 0,1	menos de 0,1	menos de 0,1	menos de 0,1	-	-----
Sólidos suspendidos	mg/l	2,1	1,4	0,8	0,9	-	-----
Sólidos disueltos	mg/l	44	33	35	24	1000	SI

La temperatura alcanzó valores como 22,8°C en septiembre, 20,8°C octubre, 20,6°C noviembre y 20,3 diciembre. La probabilidad de encontrar en la naturaleza aguas que mantengan su temperatura constante durante todo el año es muy escasa, más aún en clima variables como lo es esta zona. Según Arizabalo y Díaz (2010), al aumentar la temperatura disminuye la solubilidad de gases y aumenta la de las sales. Considerando el requisito para aguas de consumo humano del AM 097 A el pH se encuentra en el rango de aceptabilidad correspondiente a calidad ambiental satisfactoria, disminuyendo al pasar de época lluviosa a seca, es decir de 7,49 en septiembre, 7,15 octubre, 7,17 noviembre y 7,51 diciembre valor que se ubica en los límites permisibles que va de 6,0 a 9,0. En cuanto se refiere a conductividad se expresa valores de 31,7 us/cm en septiembre, 26 us/cm en octubre, 25,4 us/cm en noviembre y 20,4 us/cm en diciembre, en la turbidez, se tuvo valores de 4,39 NTU, 2,18 NTU, 1,26 NTU y 2,02 NTU entre los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre respectivamente. Para los sólidos sedimentables tenemos valores menores a 0,1 mg/l entre los cuatro meses de muestreo; para los sólidos suspendidos, tenemos 2,1 mg/l en septiembre, 1,4 mg/l octubre, 0,8 de noviembre y 0,9 mg/l de diciembre; y para sólidos disueltos fue de 44mg/l, 33mg/l, 35mg/l y 24mg/l respectivamente en los cuatro meses de muestreo.

4.15 Índices de Calidad del Agua (ICA)

En cuanto se refiere al índice de calidad del agua, en el mes que presento un mayor valor fue el mes de noviembre con 78,96, seguido del mes de octubre con 77,79 y el mes de diciembre con 76,3, sin embargo, el mes que menor valor fue el mes con septiembre con 70,08, (**Figura 10**), **Anexo 3**. Esto puede estar dado por las precipitaciones presentes en los meses manifestados evaluando de esta manera el ICA de la zona de almacenamiento de agua. Para Torres, Cruz y Patiño (2010), el promedio de ICA mayor a 70 establece una buena calidad de agua, sin embargo, para Dinius (1987) el agua es de dudoso consumo sin tratamiento, pero la Fundación Nacional de Saneamiento ICA NSF establece que el agua es de buena calidad, debido a que se encuentra los límites de 71 a 90.

López y Palací (2014), manifiestan que el estudio de la calidad del agua es fundamental, especialmente para aquellas aguas destinadas al uso doméstico y consumo humano, no resulta importante para garantizar la seguridad de todas las personas que vayan a aprovecharla, de igual manera para mantener la biodiversidad de las especies que habitan en el entorno.

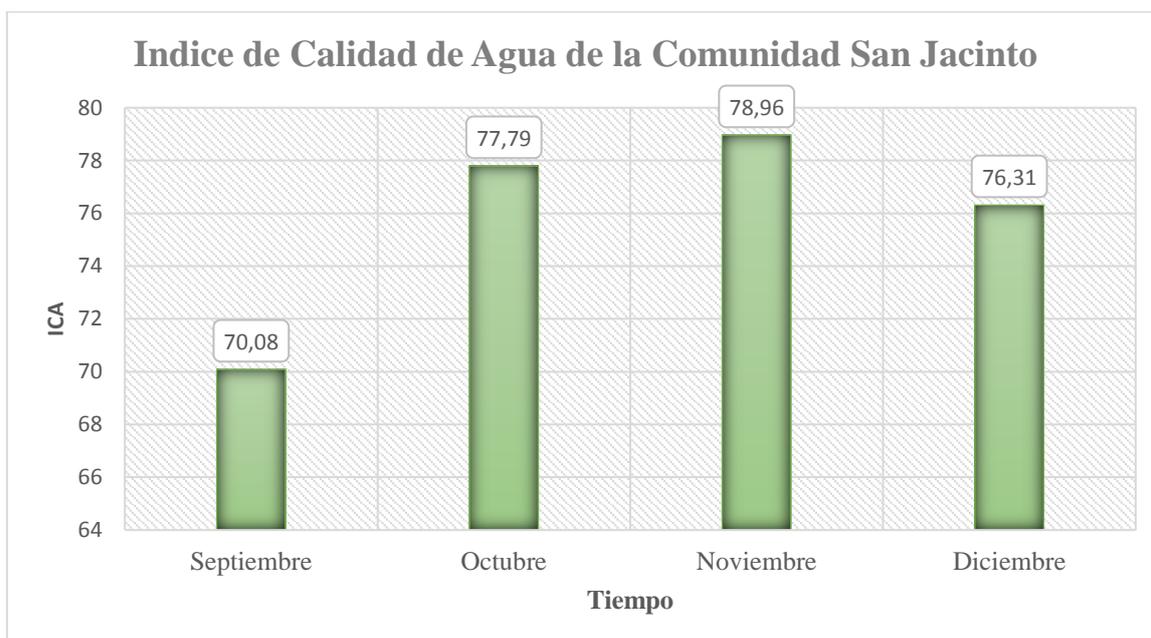


Figura 10. Índice de Calidad de Agua de la zona de almacenamiento hídrica de la Comunidad San Jacinto

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

A partir de los resultados de la presente investigación se llegan a las siguientes conclusiones:

- La zona de recarga hídrica tiene una extensión de $\frac{1}{2}$ kilómetro cuadrado, en la cual presenta una cobertura boscosa, dentro de esta la zona de almacenamiento hídrico comprende un área de 63m² y un volumen de sedimentos del 23%.
- Se presentó valores máximos de infiltración en la P10, con 55,8 cm/h en la velocidad de infiltración a una hora, 34,6 cm/h a dos horas y 69,2 cm/min en la infiltración acumulada a 120 min; mientras que la P5 presentó los valores mínimos de infiltración, 7,25 cm/h en la velocidad de infiltración a una hora, 5,75cm/h a dos horas y 11,5cm/min la infiltración acumulada a 120 min, esto se da debido a la mayor presencia de vegetación arbórea en el suelo de la zona de recarga hídrica.
- La mayor densidad aparente se presentó en la P4 con 1,36 g/cm³, ya que aquí el suelo tiene un mayor grado de compactación debido a penetración de raíces, mientras que la P9 con menor densidad con 0,94 g/cm³
- El mayor contenido de Materia Orgánica en el suelo se presentó en la P1 con un 40%, ya que en esta parcela el suelo presenta mayor vegetación boscosa, mientras que la P6 posee la menor cantidad de Materia orgánica en un 28%, es decir tiene menos presencia de vegetación.
- La parcela en la cual se determinó un mayor contenido de carbono es la P1 con un 42%, mientras que la P7 y P9 presentan un menor contenido de carbono con 37%, esto debido al uso de suelo que se le ha dado en el sector.
- La mayor densidad de raíces se presentó en P2 con 1,834 cm/cm², es decir que existe mayor presencia de plantas, la cual tienen mayor capacidad de absorción agua y sales minerales del suelo, la de menor número de raíces es la P1 con 0,734 cm/cm².
- El contenido de humedad, en el perfil de 0-50 es mayor en la P1 oeste con un 57,3% de humedad y una variación estándar de 0,001, mientras que en la P2 este es de 53,1% de humedad y una variación estándar de 0,002; sin embargo en el perfil de 50-100 la P1 oeste es mayor con 49,1% de humedad con una desviación de 0.003, mientras que la P2 este es 45,4% de humedad con una desviación de

0.004, es decir en la zona de recarga hídrica existe una gran cantidad de vegetación arbórea que ayudan a retener el agua.

- En lo que se refiere al contenido de materia orgánica en hojarasca la P1 oeste presentó un promedio del 25%, mientras que la P2 este tiene un promedio del 23%, es decir la parcela que mayor porcentaje presentó tiene una mejor retención de humedad.
- La correlación realizada con el Coeficiente de Pearson se presentó que el contenido de carbono existente en el suelo presentó una correlación significativa de 0,05 con la humedad y la materia orgánica presente en el suelo.
- La varianza realizada entre la humedad, la materia orgánica y el contenido de carbono, con la comparación de medias con Duncan, en lo que se refiere la materia orgánica, la categoría uno y dos tiene una media de 0,85 es decir tiene diferencias significativas con la categoría tres que tiene una media de 0,76, pero en relación al contenido de carbono se evidenció que existen diferencias significativas para las tres categorías, dándonos valores en la categoría tres tuvo una media de 0.76, la categoría dos una media de 0.83 y la categoría uno la media de 0.86.
- El mayor caudal obtenido en la zona de almacenamiento hídrico de la Comunidad San Jacinto fue en diciembre de 8,9631 l/s, debido a la precipitación que se presentó en este mes, sin embargo, en el de noviembre se presentó un caudal menor con 5,98 l/s.
- En cuanto a los parámetros de calidad de agua se verificó que los valores se encuentran dentro de los límites permisibles y el Índice de calidad de agua (ICA) para aguas su clasificación correspondió a BUENA CALIDAD, en el mes de septiembre de 70,08, octubre de 77,79, noviembre de 78,96 y diciembre de 76,31, está dentro de los límites que van de 71 a 90 manifestando que el agua necesita tan solo un tratamiento convencional.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar diagnósticos en otras zonas de recarga hídrica con el fin conocer las características hidro-edaforológicas que presentan el lugar
- Se recomienda realizar muestreos de agua en tiempos mayores a seis meses para obtener datos más exactos de acorde al clima presente.
- Se recomienda realizar estudios de infiltración para tiempos mayores tres meses que reflejen datos variables acorde al clima.

CAPÍTULO VI

6. BIBLIOGRAFIA

- Abril, R., López, A., & Reyes, J. (2017). Influencia del dosel y sotobosque en pérdida de suelo por escorrentía en bosque de realce. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38(2).
- Acosta, M., Etchevers, D., Monreal, C., Quednow, K. & Hidalgo, C. (2001). Un Método Para La Medición Del Carbono En Los Compartimientos Subterráneos (Raíces Y Suelo) De Sistemas Forestales Y Agrícolas En Terrenos De Ladera De México. Recuperado en 15 de septiembre de 2018, de https://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio_carbono/10_Acosta.PDF
- APHA (American Public Health Association) (1992). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th Edition. Washington. Pp 2-54.
- Aparicio, F. 1997. *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. Balderas, México: Limusa. 303 pp.
- Arellano G., Paolini, J., Vásquez, L. y Mora de Pinto, E. (2004). "Producción y descomposición de la hojarasca en tres agroecosistemas de café en el estado de Trujillo, Venezuela". *Revista Forestal Venezolana*, 1 (48) pp: 34-48.
- Arizabalo, R. y. (2010). La contaminación del agua subterránea y su transporte en medios porosos. UNAM, Ed. Madrid.
- Ávila Bello, Carlos H., & Zamora Moreno, Paulina. (2010). Producción de hojarasca y materia orgánica en agro ecosistemas cafetaleros marginales de Ocotil Chico, Veracruz, México. *Polibotánica*, (30), 69-87. Recuperado en 15 de septiembre de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682010000200006&lng=es&tlng=es.
- Báez, A., Hernández, M., Acosta M., y Bautista, M. (2012). Inventario de carbono en la microcuenca La Laborcita en Sierra de Lobos, Guanajuato. pp. 215-221.
- Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Casanoves F., Di Rienzo J.A y Robledo C.W. (2008). Infostat. Manual del Usuario, Editorial Brujas, Córdoba, Argentina
- Baver, J. (2001). Principios de Hidrogeografía: Estudio del ciclo hidrológico. *Infiltración y humedad del suelo*. México. Capitulo V.58-60pp.

- Bouwer, H. 1982. Intake Rate: Cylinder Infiltrometer. *In: Methods of Soil Analysis*. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Klute A. (ed.) American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA. Pp: 834-36.
- Bouyoucos, J. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. *Agronomy Journal*, 54: Pp: 464-465.
- Brown, R., McClelland, N., Deininger, R., & Tozer, R. (1970). A water Quality Index –Do We Dare? *Water and Sewage Works*. 339-343
- Blanco, O. (2010). Water management at the river basin level. Santiago, Chile: CEPAL.
- Burbano, H. (2001). Lo biogénico en el manejo productivo del suelo. In: MANEJO productivo de suelos para cultivos de alto rendimiento. Palmira. Sociedad Colombiana de la ciencias del suelo. Pp:109 – 128.
- Buelta, A. y Martínez, R. (2011). Guía Básica de control de Calidad de agua. 2(2). Pp: 11. Recuperado de <https://www.ongawa.org/wp-content/uploads/2015/09/Agua-CAS-revisar2.pdf>
- Calvo, J. (2010). Hidrómetro: Introducción a su tecnología. Madrid, España: Edutecne
- Cassel, DK y Nielsen, DR. (1986). *Methods of Soil Analysis Parte I. Métodos físicos y mineralógicos*. Soil Science Society of America, Madison, Pp: 901-926.
- CATIE, (2010). Hidrología. *Hidrología y Gestión de Cuencas Curso Internacional*. Turrialba, Costa Rica: Cartago.
- Cisterna, P. (2010). Determinación de la relación DQO/DBO5 en aguas residuales de comunas pobladas a 25.000 habitantes en la VIII región. Universidad Técnica Federico Santa María. Chile, Santiago, Pp: 6 -7.
- Chamorro, J y Rosales, H. (2012). Manual Llamas: “*Hidrología Subterránea*”. Barcelona. (España). Omega.
- Chitarroni, H. (2002). El análisis de correlación y regresión lineal entre variables cuantitativas. Instituto de Investigación en Ciencias Sociales. Universidad del Salvador. Buenos Aires. Pp: 58-59

- Díaz M. (2009). *Medición de profundidad de reservorios, ríos y lagos a través de telemetría para obtener la sección transversal*. Tesis de ingeniería en electrónica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú
- Dinius, S. (1987). Desigh of an Index Of Water Quality. *Water Res. Bull*, 23(5), 833-843
- Dourojeanni, A., Jouravlev, A. (2002). Agua Para las Américas en el Siglo XXI. *Gestión de Recursos a Nivel de Cuencas*. 1(1), 1-2. Recuperado de https://www.agua.org.mx/wp-content/uploads/2012/11/gestion_de_cuencas_y_rios_vinculados_a_centros_urbanos.pdf
- Etchevers, J., Prat, C. Balbontín, M. Bravo, y Martínez, M. (2006). Influence land use on carbon sequestration and erosion in Mexico: A review. *Agron. Sustain. Dev.* 26: Pp: 21-28.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura). (2013). Métodos directo e indirecto. *Principios Agrícolas*. (5). 13-17pp.
- FAO. (1997). *Medición sobre el Terreno de la Erosión del Suelo y de la Escorrentía*. (Boletín de Suelos de la FAO - 68)- Capítulo 4 - Caudal. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/T0848S/t0848s06.htm>
- García, M. (2013). Estimación de la Infiltración del Agua de Lluvia con Permeámetro de Guelph. *Revista Electrónica de Medio Ambiente UCM*. (14). 12-15. Recuperado de: <https://revistas.ucm.es/index.php/MARE/article/viewFile/42121/40100>
- Guerrero, J., Manco-Silva, D., Ocampo, A. (2012). Eficiencia en el uso del agua residencial. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, pp: 11, 23-38.
- Guerrero J. (2012). Estudio agrometeorológico de la subcuenca del río Shullcas. Huancayo: Proyecto de adaptación al impacto del retroceso acelerado de glaciales en los Andes Tropicales/ SENAMHI; 2 0 1 2. Contrato N°: 0 4 6 -2 0 1 2 -S G C A N.
- Gil. R. 2005. Disponibilidad de agua y crecimiento de raíces: algún aspecto del cultivo de soja. Centro Soja 2005. "...Hacia la sustentabilidad del negocio argentino, en la región..." Colegio de Ingenieros Agrónomos de la Provincia de Santa Fe IV Circunscripción. Venado Tuerto, Santa Fe, Argentina.

- Gómez, L. y Vidal, M. (2007). Identificación de las zonas potenciales para la recarga hídrica, en la microcuenca del Río Agua Caliente, Municipio de Camotan, Chiquimula. Chiquimula: Adosa.
- Gómez, G. (2014). Evaluación de la tasa de infiltración en tierras agrícolas, forestales y de pastoreo en la subcuenca del río Shullcas. *Evaluación de la Infiltración*. 04(1). 34-35 Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5124753.pdf>
- Gros, A. y Domínguez, A., (1992). *Abonos Guía Práctica De La Fertilización*. 8va. Edición. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa. 450 Pp.
- Heno T. (2001). Características de algunos suelos derivados de cenizas volcánicas de la zona cafetera central colombiana. In: SUELOS del eje cafetero. Pereira, UTP-GTZ, 1. PP.57-77.
- Heras, R. (1997) “Manual de Hidrología”. *Centro de Estudios Hidrográficos*. Madrid, España.
- Herrera, J., Rojas, J., Rodriguez, S., Rojas, A. y Beita, V. (2013). *Determinación De Emisiones De Metano En Tres Embalses Hidroeléctricos En Costa Rica*. Revista de Ciencias Ambientales. Vol. 42(2) Pp:27-36.
- Hermann, H. (2011). Agua. Saneamiento e higiene para las poblaciones en riesgo. ACF International. Buenos Aires – Argentina: ESISA. Pp: 16.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2003). Metodología de la investigación. Tercera edición. Mc. Graw – Hill. México.
- Honorato, P.R. (2000). *Manual de Edafología*. Cuarta edición. México, D.F.: Editorial Alfaomega. Pp. 75-105.
- IARNA (Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad). (2006). Hidrología Forestal. *Usos de suelo*. Guatemala. 74-73pp.
- Ibáñez, A., Moreno, H. y Gisbert J. (2003). Valores del N° de curva (Calculo de escorrentía). *Producción Vegetal*. Universidad Politécnica de Valencia, España. Pp: 25-26.
- INAB (Instituto Nacional de Bosques). (2003). Metodología para la determinación de áreas críticas. Guatemala, 15-16pp.

- INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). (2018). Precipitaciones. *Estación Meteorológica M008*. 24-25pp.
- Iroume, A. 1992. “Precipitación, escorrentía y producción de sedimentos en suspensión en una cuenca cercana a Valdivia, Chile”, *Bosque* 13(2). Pp: 15-23.
- Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la Ciencia del Suelo*. Colombia: Palmas.
- Julca, A., Meneses, L., Blas, R. y Bello, S. (2006). Materia Orgánica, Importancia y Experiencias de su uso en la agricultura. *Materia orgánica del suelo*. 24(01). Pp: 50-51. Recuperado de <https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/Julca-et-al-2006.pdf>
- Keller, T. y Hakansson, L. (2010). *Estimation of reference bulk density from soil particle size distribution and soil organic matter content*. *Geoderma*. (154): Pp 398-406.
- Lavalle, A., Micheli, E. y Rubio, N. (2006). Análisis didáctico de regresión y correlación para la enseñanza media. 2(9). Pp: 383-406.
- Lobo, D., Donald, G. y Soto, G. (2003). Hidrología del Suelo. *Evaluación de Parámetros Hidrológicos en el Suelo*. La Serena, Chile.13-19pp.
- López, M. y Palací, D (2014). “Estudio multivariante de la calidad del agua: aplicación al río Júcar en el periodo 1990-2013”, M+A. *Revista Electrónica de Medio Ambiente*, vol. 15, N. ° 1, pp. 37-52.
- Maldonado, O. (2016). Manual para la determinación de textura de suelos por método organoléptico. Recuperado de http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20R001_Gu%C3%ADa%20para%20la%20determinaci%C3%B3n%20de%20textura%20de%20suelos%20por%20m%C3%A9todo%20organol%C3%A9ptico.pdf
- Marín C. (1996). Evaluación técnica del Laboratorio de Análisis de Agua. Pereira. Pereira – Colombia: Corporación Autónoma Regional de Risaralda. Pp: 122 – 123.
- Matus, O. (2009). *Guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica*. Turrialba, Costa rica: INESA.
- Martínez, E., Fuentes, J. y Acevedo, E. (2008). Contenido de carbono *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*. 8(1), pp. 68-96.

- Martinez, J., y Lopez, F. (1996). Métodos para el estudio de las propiedades hídricas de suelo y formaciones superficiales. *Hidrología*. Lima – Perú. 16-16 pp.
- Méndez, E. (2016). Validación Del Método Analítico Walkley Y Black De Materia Orgánica En Suelos Arcillosos, Francos Y Arenosos Del Ecuador. (Tesis de pregrado). Universidad central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Monge, C. (2006). La naturaleza del agua como recurso. *Perspectiva social, económica e institucional de una gestión integral*, 11(2), pp: 21-22. Recuperado de <http://www.fusda.org/revista11pdf/Revista112>
- Moreno, J. (2015). *El Manejo de Cuencas desde un enfoque Socioecosistémico*. Cuenca Hidrográfica. Mexico - Veracruz. Pp: 24.
- Navarro, J., Moral, H., Gómez L. y Mataix B. (1995). *Residuos Orgánicos Y Agricultura*. Universidad De Alicante. Servicio De Publicaciones. Alicante. España, pp: 108.
- NSF, “WQI - National Sanitation Foundation, Consumer Information,” 2006.
- NEWMAN, E. A. (1965). Method of estimating the total length of roots in a sample. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/32908538_Densidad_Longitudinal_de_Raices_y_Absorcion_de_Humedad_por_Vides_en_la_zona_de_El_Tocuyo
- Novillo, M. (2003). Índices de calidad de agua. Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6167/3/%C3%8Dndice%20de%20Calidad%20del%20Agua.pdf>
- Núñez, S. J. (2006). Manual de Laboratorio de Edafología. Costa Rica: EUNED
- Núñez, S. (2001). Manejo y conservación de suelos. San José, Costa Rica: EUNED
- Olivares, O., Torrealba, J., Porras, F. y Chirinos, J. (2012). Promoción comunitaria del pluviómetro artesanal como alternativa para la medición de la precipitación en fincas agrícolas. *Procesos de Innovación Rural*. Recuperado de http://sian.inia.gob.ve/inia_divulga/divulga_23/rid23_olivares_40-43.pdf
- OMM (Organización Meteorología Mundial). (2010). Pluviómetro. *El Estado del Clima Mundial*. (1)11-12pp

- Pastora, D. (2010). “*Evaluación de la Fórmula de Manning en el Río Ostua*”. (Tesis de Pregrado). Ingeniería Sanitaria. Universidad de San Carlos Guatemala. Guatemala.
- Pire, R. (1976). La infiltración del suelo en el viñedo de la UCO en El Tocuyo. Universidad Centro Occidental. Instituto de la Uva. Pp: 36.
- Pabón, J.; Zea, J.; León, G.; González, O.; Montealegre, J. y Hurtado, G. 2000. La atmósfera, el tiempo y el clima. *El medio ambiente en Colombia, Bogotá*. IDEAM. Colombia, Bogotá, pp. 35-91.
- Porta, J; López., Acevedo, M y Roquero, C. 1994. Edafología para la agricultura y el Medio Ambiente. Ediciones Mundi Prensa. pp: 317 – 354.
- Posada L. y Montoya L. (2000). Estimación de la carga de sedimentos en suspensión y total en ríos de montaña. Memorias XIX Congreso Latinoamericano de Hidráulica. Tomo I. Córdoba. 22 al 27 de octubre. Argentina.
- POTT (Plan Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Tarqui – Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Tarqui). (2015). *Población de la Comunidad San Jacinto* (2). Recuperado de <https://docplayer.es/12956878-Plan-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial-de-la-parroquia-tarquil-2012-2025.html>
- Ponce, V. 1989. Engineering hydrology. *Principes and practices*. Ed. Continental. México D.F. pp: 98-100.
- Radulovich, R. (2009). Método gravimétrico para determinar in situ la humedad volumétrica del suelo. *Agronomía Costarricense*, 33 (1), pp: 121-124.
- Rodríguez, L. (2013). Análisis de la contaminación y modelamiento de parámetros físico químicos en el curso medioalto del río Puyo. *Proyecto de grado presentado como requisito parcial para la obtención del título de: magister en sistemas de gestión ambiental*. Puyo: Escuela Superior Politécnica del Ejército.
- Remon, M. (2011). Principios básicos de las mediciones atmosféricas. *Pluviometría*. Facultad de Ciencias atmosféricas. Caracas-Venezuela. Recuperado de http://meteo.fisica.edu.uy/Materias/PBMA/PBMA_teotico/Bolilla6-PLUVIOMETRIA.pdf

- Reid, J. B., Goss, M. y Robertson, P. 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.
- Romanyà, J., Rovira, P. y Vallejo, R. 2007. Análisis del carbono en los suelos agrícolas de España. Aspectos relevantes en relación a la reconversión a la agricultura ecológica en el ámbito mediterráneo. *Revista Ecosistemas*, 16(1): 50-57.
- Reyna. T., Reyna, S., Lábaque, M., Fulginiti, F., Riha, C y Linares, J. (2011). Importancia de la determinación de la humedad en estudios de infiltración y escorrentía superficial para períodos largos. *Ambi-Agua*, Taubaté. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional Córdoba. V6 (2). Pp: 91-110.
- Reynolds, W. (1993). Saturated hydraulic conductivity: Field measurement. *Soil Sampling and Methods of Analysis*. Florida Estados Unidos: USA.
- Rivera, N. (1999). Manual de Aseguramiento de Calidad para el laboratorio de Análisis de Aguas de la Corporación Autónoma de Risaralda. Pereira – Colombia. Pp: 125.
- Rodier, J. (1989) Análisis de la materia orgánica: aguas naturales, microorganismos, materia orgánica. Barcelona, España: Omega.
- Rojas, O. (2006). Manual Básico para Mediar Caudales. *Medición de Caudales*. Recuperado de <http://www.bivica.org/upload/medir-caudales-manual.pdf>
- Rodríguez J., Alejos R., Navarro A. y Ruíz G. (2003). Optimización de molinetes hidrométricos utilizando un sensor óptico. Memorias del XVIII Congreso de Instrumentación. Ingeniería Óptica. Sociedad Mexicana de Instrumentación. México D. F., 2003. CD-ROM.
- Rubio, O., Ortiz, R., Quintana, R., Saucedo, R., Ochoa, J. y Rey, N. (2014). Índice de la Calidad de Agua (ICA) en la presa la Boquilla en Chihuahua, México. 1 (2): Pp 139-150. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/era/v1n2/v1n2a5.pdf>
- Ruiz, H. y Becerra, F. (2016). Evaluación fisicoquímica del método de calcinación como alternativa ambiental. México – Veracruz. Pp: 46 -49.
- Sabogal, L. (2000). Guía para la Vigilancia y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano *El riesgo sanitario y la eficiencia de los sistemas de tratamiento en*

la selección de tecnologías para la potabilización del agua. Cali: Universidad del Valle. (3) Pp: 53-59

- Santa, J., Salazar, S., Leonardi, S. y Rapp, M., (2005). "Nutrient pools to the soil through organic matter in several *Castanea sativa* Mill coppices of Mountainous mediterranean climate areas". *Acta Horticulturae*. Honduras. 693 pp: 341-348.
- Schulte, E y Hopkins, G (1996) Estimación de materia orgánica por pérdida de peso en el encendido. En: Magdoff, FR, et al., Eds., *Materia Orgánica del Suelo: Análisis e Interpretación*, Número de Publicación Especial SSSA 46, SSSA, Madison, 21-31.
- Sierra, C. (2011). *Calidad del agua, Evaluación y Diagnostico*, Universidad de Medellín, Colombia, Pp: 457
- Sierra, C. (2016). *Calidad del Agua: Evaluación y diagnóstico*. Medellín, Colombia: Mc Graw-Hill.
- Silva, O. (2014). *El bosque y su suelo: Relación única e indispensable*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/268809732_El_bosque_y_su_suelo_relacion_unica_funciones_imprescindibles
- SPRINGALL, R. (1996). "Hidrología". Universidad Autónoma de México. México.
- Taboada, M. y Álvarez, C. (2008). *Fertilidad física de los suelos*. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. 2da Ed. Editorial pp: 75 -77.
- Torres, P., Cruz, C., & Patiño, P. (2010). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. *Revista ingenierías*, 8(15).
- Vallejo, R. (2013). *Caracterización de la calidad del agua de consumo humano del Recinto Jauneche, Cantón Palenque*, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. Pp 13.
- Vélez, M. y Vélez, J. (2002). *Infiltración. Unidad de Hidráulica*. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de www.scielo.org.co/pdf/rce/v29n1/v29n1a04.pdf
- Villavicencio, R., Martínez, B., Toledo, S., Guevara, R. y Ávila, R. (2014). Infiltración de agua y medición del caudal de arroyos en la Sierra de Quila. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 5(24), 184-201. Recuperado de

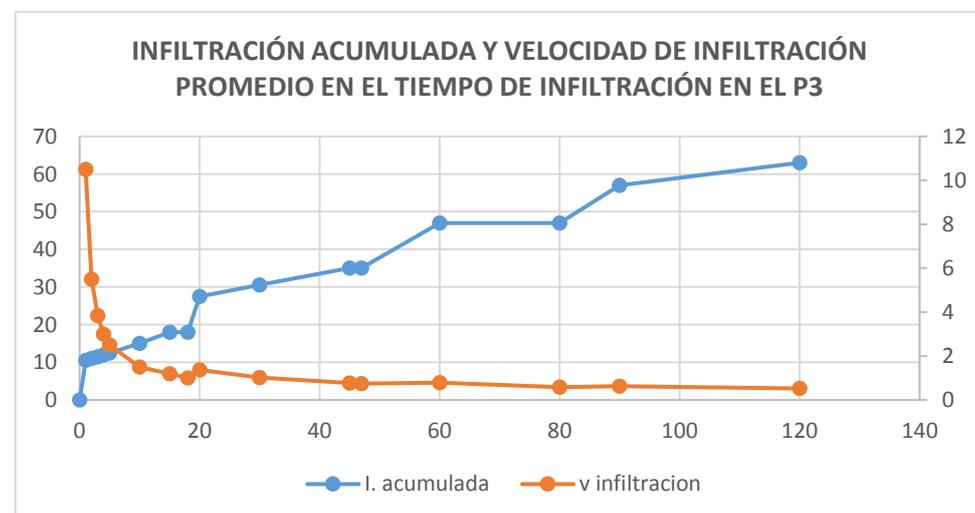
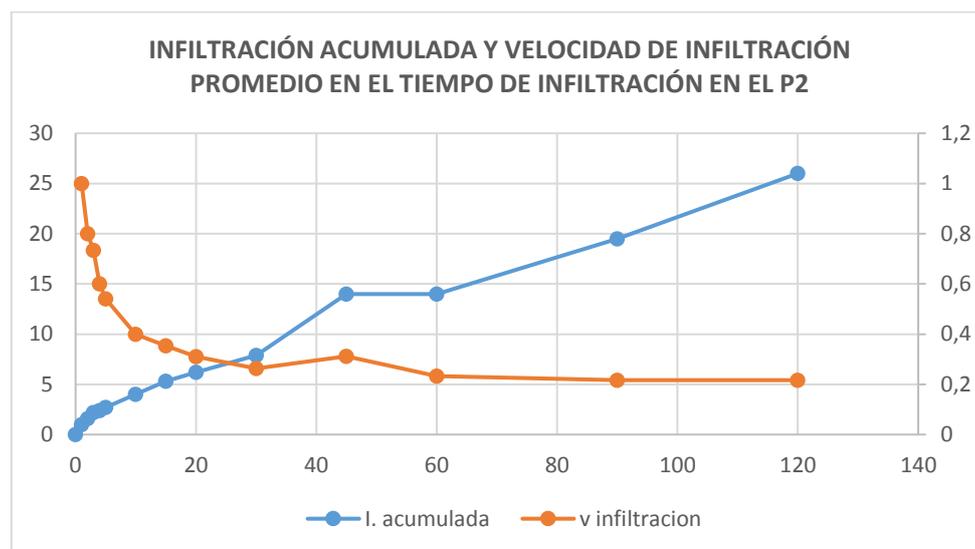
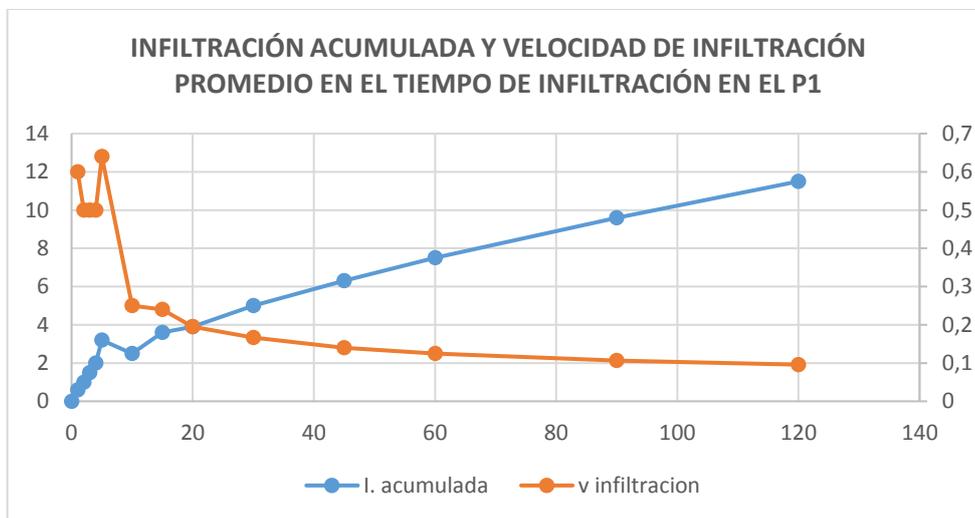
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322014000400014&lng=es&tlng=es.

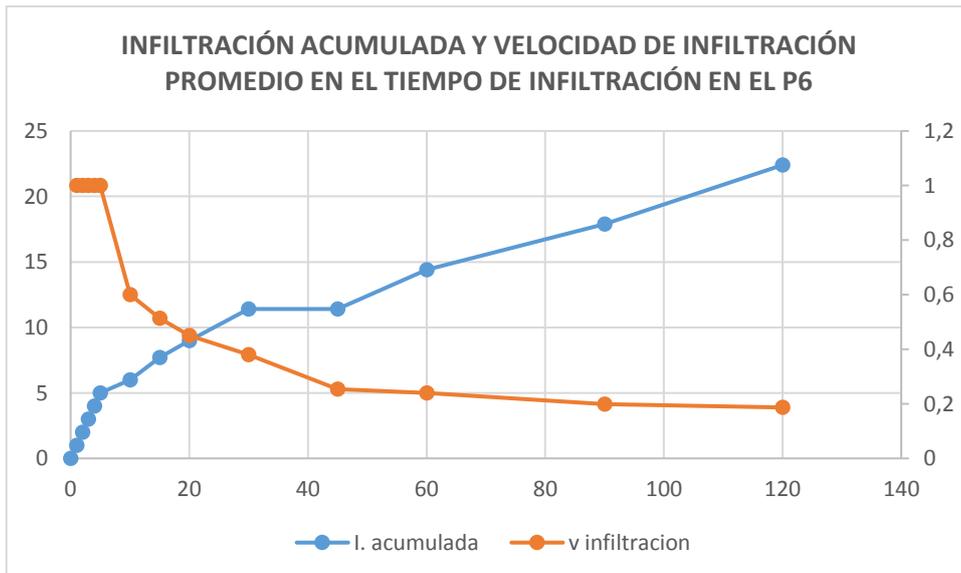
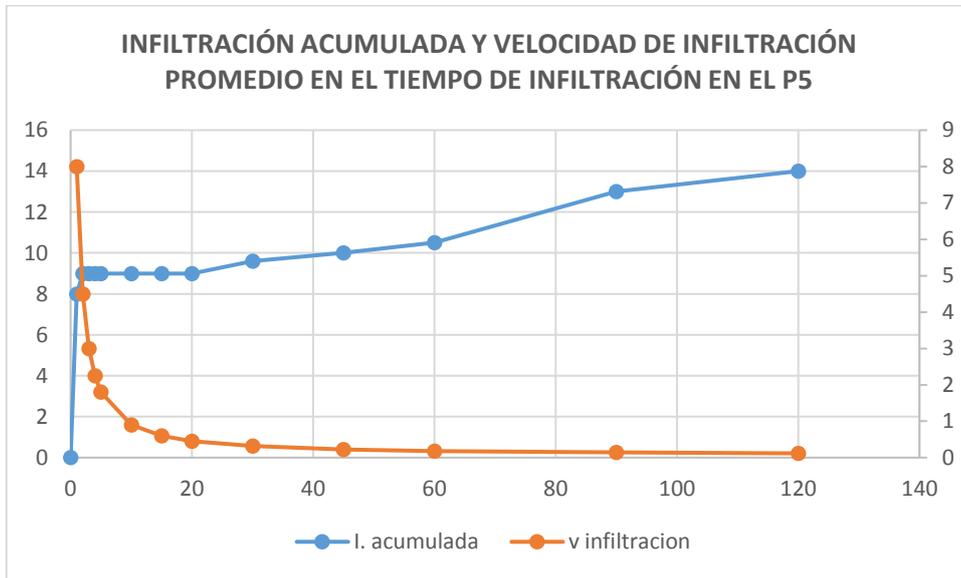
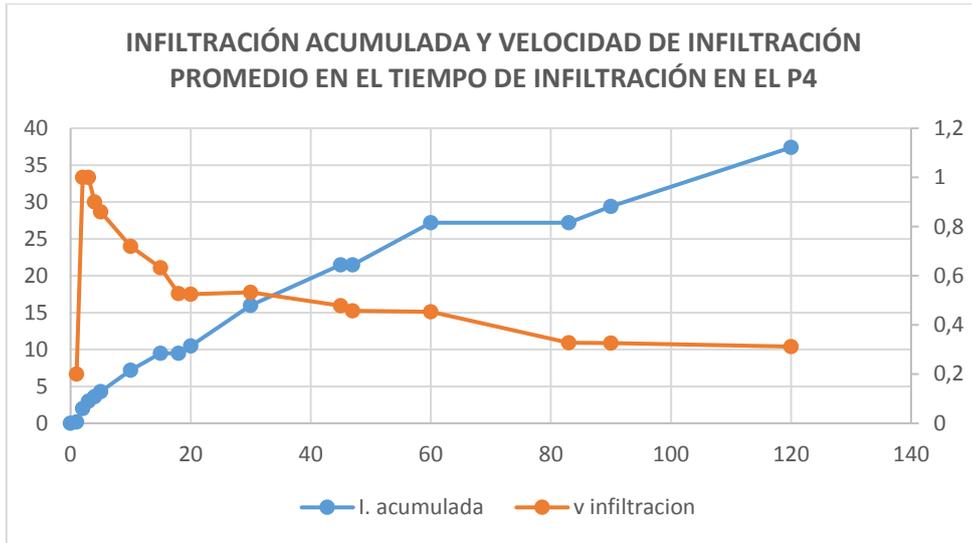
- Villegas, J. (2004). Análisis Del Conocimiento En La Relación Agua-Suelo-Vegetación Para El Departamento De Antioquia. *Revista EIA*, (1), 73-79.
- Vivar, O., Arne, M., Ruiz, S., Romero, J. y Romero, B. (1994). Características de la infiltración. *Velocidad de Infiltración.2* (1). Pp: 23-24. Recuperado de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/1686/1/TFM-L33.pdf>
- Waring, R.H. y Running, S.W. *Forest Ecosystems "Analysis at Multiple Scales"*. Second Edition. San Diego, USA: Academic Press, 1998, pp. 19-57.
- Wuest, B. (2001). Earthworm, infiltration, and tillage relationships in a dryland pea - wheat rotation. *Applied Soil Ecology*. 18(2): 187-192.

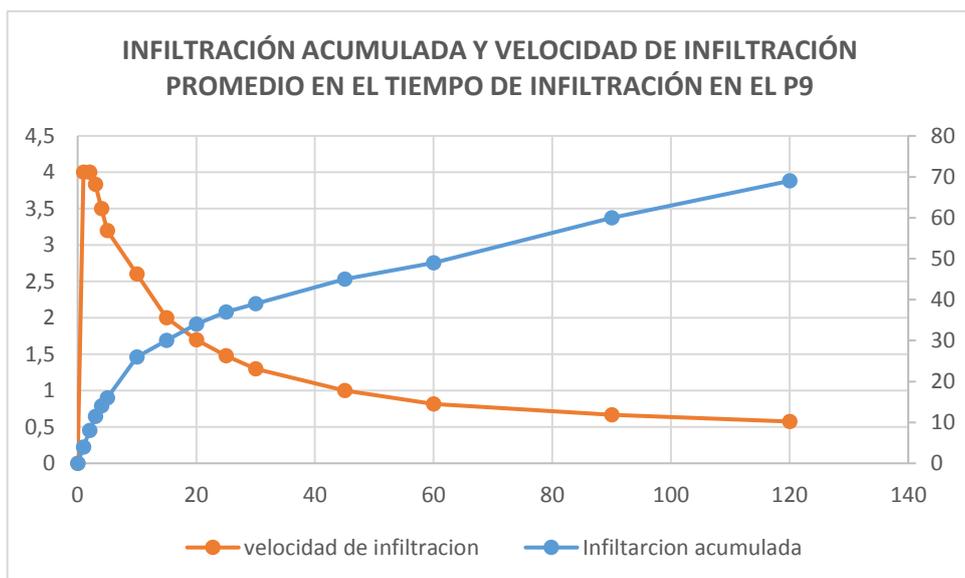
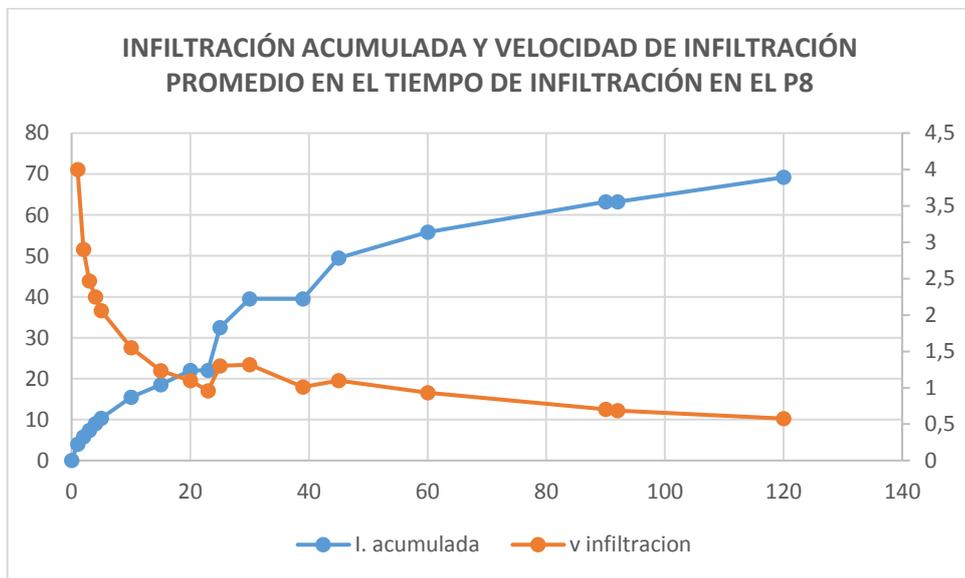
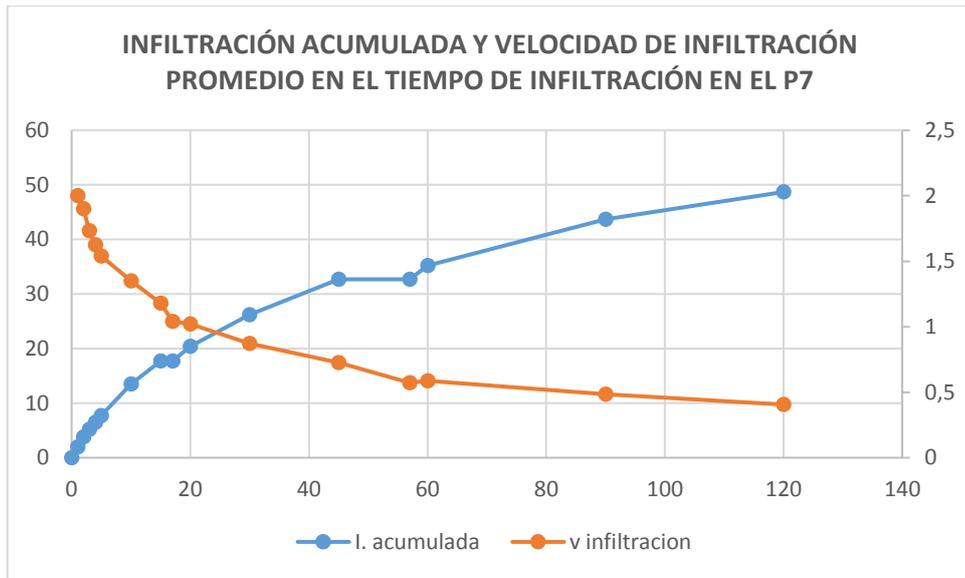
CAPÍTULO VII

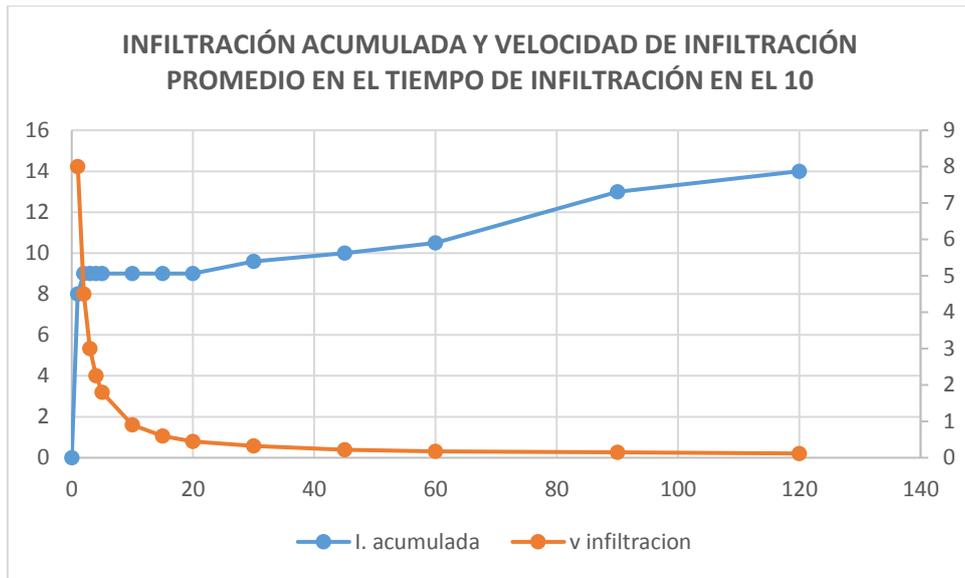
ANEXOS 1.

Resultado de la Velocidad de Infiltración e Infiltración Acumulada en la zona de recarga hídrica de la Comunidad San Jacinto









ANEXO 2.

Índices de Calidad del Agua en los cuatro meses de muestreo

MUESTRA 1- SEPTIEMBRE						
PARÁMETRO	Cantidad	Unidad	Peso Relativo	Peso Relativo corregido	Índice	ICA
OXÍGENO DISUELTO	9,85	mg/L	0,17			
SATURACIÓN DE OXIGENO	125,8	%		0,264	87	17,748
PH	7,49		0,11	0,204	90	18,36
TEMPERATURA	22,9	°C	0,1	0,194	20	3,88
CONDUCTIVIDAD	31,7	us/cm				
TURBIDEZ	4,39	NTU	0,08	0,174	90	15,66
SOLIDOS SEDIMENTABLES	menos de 0,1	mg/L				
SOLIDOS SUSPENDIDOS	2,1	mg/L				
SOLIDOS DISUELTOS	44	mg/L	0,07	0,164	88	14,432
ICA=70,08						
MUESTRA 2- OCTUBRE						
PARÁMETRO	Cantidad	Unidad	Peso Relativo	Peso Relativo corregido	Índice	ICA
OXÍGENO DISUELTO	6,11	mg/L	0,17			
SATURACIÓN DE OXIGENO	103,3	%		0,264	95	25,08
PH	7,15		0,11	0,204	90	18,36
TEMPERATURA	20,8	°C	0,1	0,194	20	3,88
CONDUCTIVIDAD	26	us/cm				
TURBIDEZ	2,18	NTU	0,08	0,174	95	16,53
SOLIDOS SEDIMENTABLES	menos de 0,1	mg/L				
SOLIDOS SUSPENDIDOS	1,4	mg/L				
SOLIDOS DISUELTOS	33	mg/L	0,07	0,164	85	13,94
ICA=77,79						

MUESTRA 3- NOVIEMBRE						
PARÁMETRO	Cantidad	Unidad	Peso Relativo	Peso Relativo corregido	Índice	ICA
OXÍGENO DISUELTO	6,48	mg/L	0,17			
SATURACIÓN DE OXIGENO	98,9	%		0,264	100	26,4
PH	7,17		0,11	0,204	90	18,36
TEMPERATURA	20,6	°C	0,1	0,194	20	3,88
CONDUCTIVIDAD	25,4	us/cm				
TURBIDEZ	1,26	NTU	0,08	0,174	96	16,704
SOLIDOS SEDIMENTABLES	menos de 0,1	mg/L				
SOLIDOS SUSPENDIDOS	0,8	mg/L				
SOLIDOS DISUELTOS	35	mg/L	0,07	0,164	83	13,612
ICA=78,96						

MUESTRA 4- DICIEMBRE						
PARÁMETRO	Cantidad	Unidad	Peso Relativo	Peso Relativo corregido	Índice	ICA
OXÍGENO DISUELTO	5,84	mg/L	0,17			
SATURACIÓN DE OXIGENO	83,3	%		0,264	90	23,76
PH	7,51		0,11	0,204	90	18,36
TEMPERATURA	20,3	°C	0,1	0,194	20	3,88
CONDUCTIVIDAD	20,4	us/cm				
TURBIDEZ	2,02	NTU	0,08	0,174	96	16,704
SOLIDOS SEDIMENTABLES	menos de 0,1	mg/L				
SOLIDOS SUSPENDIDOS	0,9	mg/L				
SOLIDOS DISUELTOS	24	mg/L	0,07	0,164	83	13,612
ICA=76,31						

ANEXO 3

Índice de Calidad del Agua de la Fundación Nacional de Saneamiento (NSF) - Curvas de función de los parámetros físicos del agua

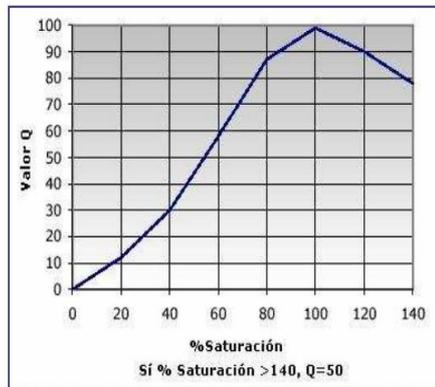


Figura 8. Función de calidad NSF Porcentaje de Saturación de Oxígeno Disuelto.

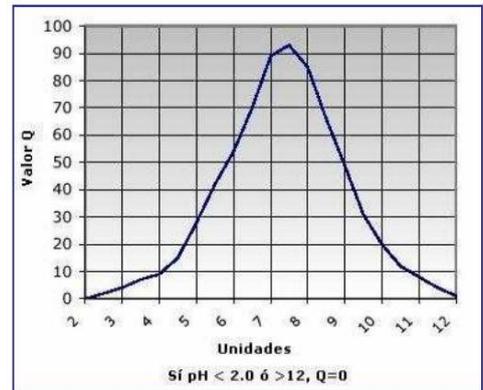


Figura 11. Función de calidad NSF Potencial de Hidrogeno (pH).

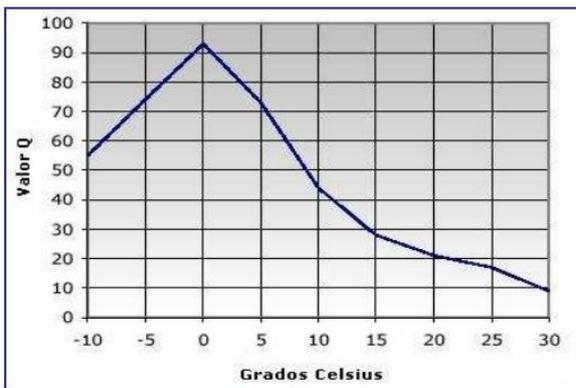


Figura 12. Función de calidad NSF Temperatura °C.

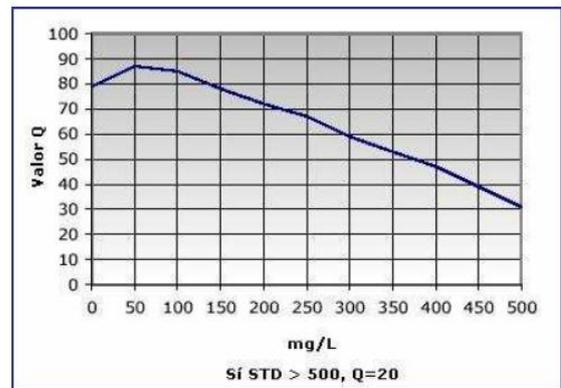


Figura 13. Función de calidad NSF Sólidos Disueltos.

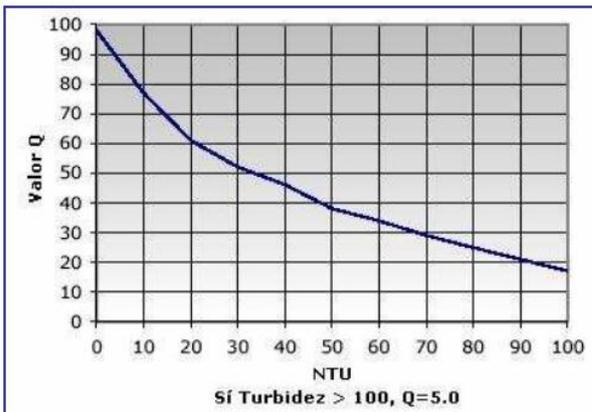


Figura 15. Función de calidad NSF Turbidez.

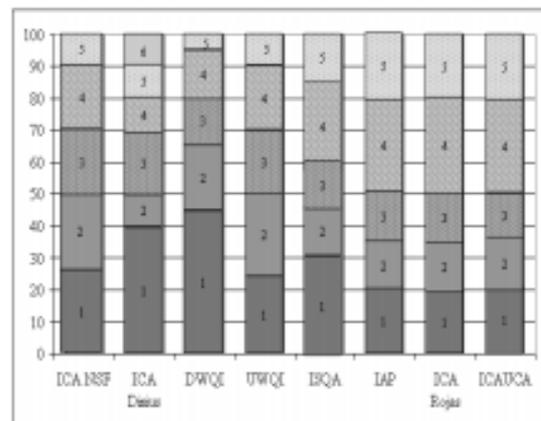


Figura 1. Rangos de clasificación de los ICA

ANEXO 5.

FOTOGRAFÍAS



Fotografía 1. Reconocimiento de la zona de estudio



Fotografía 2. Toma de las coordenadas geográficas en la zona de recarga hídrica



Fotografía 3. Estimación de la Velocidad de Infiltración en campo



Fotografía 4. Pruebas de infiltración en la zona de recarga hídrica



Fotografía 5. Pesaje de las muestras de suelo



Fotografía 6. Incineración de las muestras de suelo



Fotografía 7. Crisoles con muestras de suelo calcinado



Fotografía 8. Medición del diámetro de los cilindros de metal



Fotografía 9. Medición de cauce para la estimación de caudal



Fotografía 10. Medición del ancho del cauce para la estimación de caudal



Fotografía 11. Cauce de la Zona de Almacenamiento hídrico de la Comunidad San Jacinto



Fotografía 12. Zona de Almacenamiento hídrico de la Comunidad San Jacinto



Fotografía 13. Muestreo de agua en la zona de almacenamiento hídrico



Fotografía 14. Estimación del pH del agua de la zona de almacenamiento hídrico



Fotografía 15. Análisis de sólidos suspendidos en el laboratorio de la UEA



Fotografía 16. Zona de Almacenamiento hídrico de la Comunidad San Jacinto