



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TÍTULO A OBTENER:

INGENIERÍA AMBIENTAL

TÍTULO DEL PROYECTO:

CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE RECARGA HÍDRICA
APANGORA

AUTORES:

ESTHER MARIANELLA GILER JARAMILLO

MARÍA GABRIELA VARGAS ÁLVAREZ

DIRECTOR DEL PROYECTO:

MSC. RICARDO ABRIL

PUYO – ECUADOR

2019

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO (1).....	v
DEDICATORIA (1).....	vi
AGRADECIMIENTO (2).....	vii
DEDICATORIA (2).....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRAC.....	x
Palabras clave.....	x
1. JUSTIFICACIÓN	11
1.1. PROBLEMA	12
1.2. OBJETIVOS	12
1.2.1. Objetivo general.....	12
1.2.2. Objetivos específicos	12
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	13
2.1. Recarga y zonas de recarga	13
2.1.1. Delimitación.....	13
2.1.3. Características de Zona de Recarga Hídrica.....	13
2.2. Características hídricas.....	14
2.2.1. Aforo de Caudales.....	14
<input type="checkbox"/> Métodos de aforo directo.....	14
<input type="checkbox"/> Métodos de área-velocidad.....	14
<input type="checkbox"/> Métodos que utilizan contracciones	14
2.2.1.1. Métodos de aforo directo.....	14
<input type="checkbox"/> Aforo Volumétrico	14
<input type="checkbox"/> Aforo Gravimétrico.....	14
<input type="checkbox"/> Aforo Químico o del Trazador	14
2.2.1.2. Métodos de área-velocidad.....	14
2.2.3. Calidad de Agua.....	15
2.3. Caracterización del suelo	17
2.3.1. Estructura del suelo.....	17
2.3.2. Porosidad del Suelo.....	17
2.3.3. Color del Suelo.....	18
2.3.4. Capacidad de infiltración	18
2.3.5. Capacidad de retención	19
2.3.6. Cantidad de materia orgánica	19

2.3.7.	Humedad del suelo.....	19
2.3.8.	Contenido de carbono en el suelo.....	19
3.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
3.1.	Localización:.....	21
3.2.	Tipo de Investigación:.....	21
3.3.	Métodos de Investigación:.....	22
3.3.1.	Delimitación de la zona de Recarga Hídrica.....	22
3.3.2.	Aforo por ecuación de Manning.....	22
3.3.3.	Metodología Índice de calidad de Agua.....	24
3.3.4.	Fórmula establecida por la NSF para determinar la calidad el agua.....	25
3.3.5.	Densidad de raíces finas mediante el método de cernido de raíces.....	26
3.3.6.	Cantidad de carbono en el suelo.....	27
3.3.7.	Análisis de la Humedad en perfil (0-50) y (50 -100).....	28
3.3.8.	Velocidad de infiltración mediante el método de cilindro simple.....	28
3.3.9.	Análisis de la textura.....	29
3.3.10.	Análisis de correlación de Pearson.....	30
4.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	30
4.1.	Identificación del uso de suelo.....	30
4.2.	Análisis de caudales.....	31
4.3.	Análisis de Índice de Calidad del Agua.....	31
4.4.	Densidad de raíces finas.....	32
4.5.	Contenido de carbono.....	32
4.6.	Contenido de humedad 0-50.....	33
4.7.	Contenido de humedad 50-100.....	33
4.8.	Velocidad de infiltración 60 y 120 min.....	34
4.9.	Densidad de raíces finas.....	35
4.10.	Análisis de textura.....	36
4.11.	Análisis de la varianza.....	36
4.12.	Análisis de correlación de Pearson.....	36
5.	CONCLUSIONES.....	37
6.	RECOMENDACIONES.....	39
7.	CRONOGRAMA.....	40
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	41
9.	ANEXOS.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el porcentaje de cobertura vegetal.....	13
Tabla 2. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.....	16
Tabla 3. Parámetros del ICA.....	17
Tabla 4. Valores del coeficiente n de rugosidad de Manning.....	22
Tabla 5. Pesos relativos asignados a los parámetros que conforman el ICA.....	24
Tabla 6. Clasificación del “ICA” propuesto por BROWN.....	25
Tabla 7. Interpretación resultados de materia orgánica.....	27
Tabla 8. Uso de suelo según los puntos de infiltración.....	30
Tabla 9. Análisis de textura en muestra de pasto y mosaico.....	35
Tabla 10. Análisis de Correlación de Pearson.....	36
Tabla 11. Cronograma de Actividades.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de recarga hídrica Apangora.....	21
Figura 2. Clases de Textura.....	28
Figura 3. Mapa de los puntos de infiltración.....	30

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Comportamiento de caudales durante los meses de monitoreo: Octubre, noviembre, diciembre del afluente Apangora.....	31
Gráfico 2. Análisis del Índice de calidad de agua.....	32
Gráfico 3. Densidad de raíces finas.....	32
Gráfico 4. Contenido de carbono.....	33
Gráfico 5. Contenido de Humedad 0-50 cm de profundidad.....	33
Gráfico 6. Contenido de Humedad 50 – 100 cm de profundidad.....	34
Gráfico 7. Velocidad de infiltración 60 y 120 min.....	34
Gráfico 8. Densidad de raíces finas.....	35

ÍNDICE DE ECUACIONES

(1) Ecuación empírica velocidad de infiltración propuesta por Kostiakov, en 1962.....	18
(2) Infiltración acumulada.....	19
(3) Velocidad media de la corriente.....	22
(4) Fórmula establecida por la NSF para determinar la calidad el agua.....	24
(5) Densidad de raíces finas.....	26
(6) Ecuación de sedimentación de Fisher-Oden.....	28

AGRADECIMIENTO (1)

A Dios, al que lleva el primer lugar en mi vida, al que conoce mis pensamientos, y sabe todo de mí, a Él le debo todo lo que soy, porque ha estado conmigo desde el principio de mis días hasta el día de hoy y sin temor a equivocarme sé que estará conmigo hasta en fin de mis días complaciendo los deseos de mi corazón. Cuando alguien me dice ¡lo lograste! lo único que hago es alzar mis ojos y decir: ¡Gracias DIOS por tu inmenso e incomparable amor!

A mi esposo Carlos Llanos y a mi hija Isabella Llanos Giler por llegar a mi vida en el momento perfecto, donde mi lucha y esfuerzo se proyectan hacia ellos, por ser mi ayuda, mi motivación, mis compañeros de vida, el complemento en mi vida donde hubieron grandes sacrificios que fueron necesarios para llegar donde estamos en este momento. Sin duda ellos son regalo del cielo para mí.

A mi familia, mi padre Ramón Giler, mi mami Esther Jaramillo y mi hermana Evelyn Giler por ser parte de este reto, por ser ayuda en todos mis procesos de vida, por el amor, la motivación, el sacrificio y apoyo incondicional que he recibido de ellos.

A mis guías de conocimiento académico de la Universidad Estatal Amazónica que con paciencia y respeto han impartido sus saberes en sus designadas asignaturas.

A mi tutor de Tesis PhD. Ricardo Abril, por invertir su tiempo y conocimiento para la elaboración de este proyecto donde he visto reflejada su paciencia a lo largo de este tiempo.

Marianella Giler

DEDICATORIA (1)

Este logro está dedicado al motor principal de mi vida:

Dios,

Y sin duda alguna en esta tierra a los que me han acompañado a lo largo de este proceso de aprendizaje también está dedicado a mi esposo, mi hija y familia, que sin recibir nada a cambio me han brindado lo que he necesitado para lograr este triunfo.

Marianella Giler

AGRADECIMIENTOS (2)

A:

Dios por permitirme cumplir uno de mis sueños, por abrirme puertas y poder disfrutar de mi logro junto a mis seres queridos.

La Universidad Estatal Amazónica,
Por haber formado en mí una profesional a cabalidad con docentes sumamente capacitados.

Ing. Ricardo Abril Saltos Ms.G.A,
Por compartir su conocimiento técnico y científico para la realización de la investigación en recursos hídricos y sobre todo su paciencia.

Ma. Gabriela Vargas Álvarez

DEDICATORIA (2)

A

Mi hijo Jorgito Alejandro Jiménez Vargas,
Quien fue mi gran motivación de cada esfuerzo para
conseguir ésta meta.

Mi esposo Jorge Luis Jiménez Balarezo,
Por su paciencia y apoyo en el cuidado y educación de mi
hijo durante las largas jornadas académicas.

Madre Sandra Patricia Álvarez Iglesias,
Por ser ese pilar fundamental, que con sus palabras de
aliento nunca me dejo desmayar.

Mi hermano Mario Jácome Álvarez,
Quien nunca me dijo un No, al trabajo de campo durante mi
proyecto.

Y finalmente, este triunfo es para cada una de las personas
partícipes en este arduo camino, que durante estos 5 años de
formación académica me supieron brindar su apoyo.

Ma. Gabriela Vargas Álvarez

RESÚMEN

Esta investigación tuvo por objetivo caracterizar la zona de recarga hídrica Apangora, la cual se encuentra en la Parroquia Puyo, Cantón Pastaza, Provincia de Pastaza. En el cual se distribuyen en parcelas y dentro de ellas se tomaron nueve puntos de muestreo y para caracterizar dicha recarga se analizó la incidencia de las condiciones hidroedafológicas donde se caracterizó el suelo a través de la velocidad de infiltración que se lo realizó mediante el método de cilindro simple por cuanto se tomó como referencia a los 60 min y 120 min mediante el análisis estadístico no existe incidencia sobre el suelo. El contenido de Carbono se lo determinó por calcinación con un resultado máximo de 19,03% y en su mínima cantidad de 6,83% de contenido de carbono en las muestras. Así también a densidad de raíces finas mediante el método de cernido de raíces por lo tanto se obtuvo un máximo valor de 0,75 y en menor densidad de raíces con 0,19. Con respecto a características hídricas se determinó el Índice de Calidad de Agua demostrando así un recurso de calidad “Buena” en cada muestreo mensual. Por consiguiente se determinó el caudal mediante la ecuación de Manning resultando así un mayor caudal de $0,297\text{m}^3/\text{s}$ en el mes de diciembre. En el Análisis de cada uno de los factores que fueron caracterizados, se evidenció el potencial de recarga moderado, por lo que se ha establecido un equilibrio dentro de la zona de recarga hídrica Apangora, según todos los parámetros que se analizaron.

ABSTRAC

The objective of this research was to characterize the Apangora water recharge area, which is located in Puyo Parish, Pastaza Canton, Pastaza Province. In which they are distributed in plots and within them nine sampling points were taken and to characterize this recharge, the incidence of hydroedaphological conditions was analyzed, where the soil was characterized through the infiltration velocity that was carried out using the method of simple cylinder because it was taken as a reference at 60 min and 120 min by statistical analysis there is no incidence on the soil. The carbon content was determined by calcination with a maximum result of 19,03% and in its minimum amount of 6,83% of carbon content in the samples. Likewise, at the density of fine roots by means of the root sifting method, a maximum value of 0,75 was obtained and in a lower density of roots with 0,19. With regard to water characteristics, the WQI was determined, demonstrating a "Good" quality resource in each monthly sample. Therefore, the flow was determined by the Manning equation, resulting in a greater flow of 0,297m³ / s in the month of december. In the analysis of each of the factors that were characterized, the potential of moderate recharge was evidenced, for which reason a balance has been established within the Apangora water recharge zone, according to all the parameters that were analyzed.

Palabras clave: Recarga Hídrica, hidroedafología, infiltración, carbono, suelo.

1. JUSTIFICACIÓN

El agua es un elemento imprescindible para la vida, el elemento que más relacionado se encuentra con la posibilidad de que se desarrollen los distintos tipos de vida del planeta tierra; no solo sirve como medio de hidratación, ya sea en el ser humano, animales o vegetales, también sirve para limpiar y mantener una buena higiene, aporta energía, regula el clima o alojan vida, es decir, cumple funciones claves e importantes para que nuestro planeta se mantenga tal y como es (Cuadra, 2018).

La contaminación del agua provoca que parte de los ecosistemas acuáticos terminen desapareciendo por la rápida proliferación de algas invasoras que se nutren de todos los nutrientes que les proporcionan los residuos (Vazquez, 2017).

Asimismo, el crecimiento poblacional, las actividades productivas y diversos patrones de consumo que contribuyen vías hacia conflictos sobre su disponibilidad, inadecuada calidad del recurso hídrico y acentúan la competencia para el uso de los recursos hídricos.

En los últimos años la comunidad Apangora está enfrentando el deterioro acelerado de sus fuentes y cuerpos de agua tanto en calidad como en cantidad; así como también de sus suelos y parcelas productivas. El deterioro de la zona de recarga hídrica Apangora se produce por efecto de prácticas tales como la tala de árboles (deforestación), el sobrepastoreo, etc., que provocan la erosión de los suelos y la consiguiente pérdida de su fertilidad. Esto ocasiona grandes impactos negativos en los ecosistemas que posteriormente se manifiestan como desastres o fenómenos naturales (inundaciones, emisiones de gases de efecto invernadero y cambios de clima). Es por ello que la cuenca del Río Apangora se definió como área de estudio dentro de la práctica profesional debido a que cada uno de los factores biofísicos que determinan el potencial de recarga hídrica se presentan con características propicias para la infiltración del agua al suelo en comparación con otras áreas de incidencia. A su vez es importante conocer el estado la recarga hídrica Apangora ya que ésta abastece del líquido vital tanto a pobladores aledaños a la zona de estudio como a los habitantes del barrio Las Américas pertenecientes al cantón Pastaza.

1.1. PROBLEMA

El uso del suelo en la zona de recarga hídrica de la comunidad Apangora, influye sobre sus características hidroedafológicas, así como también en la calidad y cantidad de agua, debido principalmente al uso inadecuado de este recurso.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Determinar la incidencia del uso del suelo en las características hidroedafológicas en la zona de recarga hídrica Apangora.

1.2.2. Objetivos específicos

- Delimitar la zona de recarga hídrica Apangora.
- Determinar la influencia del uso del suelo en las características de infiltración en la zona de recarga hídrica.
- Evaluar el contenido de carbono en el suelo y su influencia en las características hidroedafológicas.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Recarga y zonas de recarga

En términos generales, se denomina recarga al proceso por el cual se incorpora a un acuífero el agua procedente de fuera del contorno que lo limita. Son varias las procedencias de esa recarga, desde la infiltración de la lluvia y de las aguas superficiales, hasta la transferencia de agua desde otro acuífero. El área o zona donde ocurre la recarga presenta una capacidad de infiltración alta (Matus O. , 2009).

2.1.1. Delimitación

La delimitación de zonas de recarga/descarga permite el apoyo al diseño de planes para la conservación de áreas prioritarias, como lo es el pago por servicio ambiental hidrológico; igualmente esta delimitación será una primera aproximación dentro del conocimiento de la dinámica general del agua subterránea (Arévalo, 2012).

2.1.2. Cobertura vegetal

Se entiende como cobertura vegetal al porcentaje del suelo ocupado por comunidades vegetales permanentes. La cobertura del suelo es otro elemento considerado en la metodología porque es un factor que influye en la infiltración del agua, ya que permite un mayor contacto con el suelo, disminuye la velocidad de la escorrentía, la erosión, el impacto de la gota de lluvia y la resequedad causada por los rayos del sol (Matus O. , 2009).

La cobertura vegetal puede facilitar la infiltración del agua aún en suelos duros y arcillosos.

Tabla 1. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el porcentaje de cobertura vegetal.

Cobertura vegetal permanente (porcentaje)	Posibilidad de recarga	Ponderación
>80	Muy alta	5
70 – 80	Alta	4
50 – 70	Moderada	3
30 – 50	Baja	2
<30	Muy baja	1

Fuente: (Matus, 2009).

2.1.3. Características de Zona de Recarga Hídrica

Son zonas con precipitación media anual alta, evaporación media o baja, humedad elevada.

- Son suelos permeables o medianamente permeables.
- son configuraciones planas o levemente onduladas

2.2. Características hídricas

2.2.1. Aforo de Caudales

El aforo es la operación de medición del volumen de agua en un tiempo determinado. Esto es, el caudal que pasa por una sección de un curso de agua (Arias, 2016). Los métodos de aforo para medir un caudal de agua se pueden clasificar en tres grupos que son:

- Métodos de aforo directo
- Métodos de área-velocidad
- Métodos que utilizan contracciones

2.2.1.1. Métodos de aforo directo

Expresan el caudal como una función de volumen sobre tiempo ($Q = V/t$). Entre ellos se tienen el aforo gravimétrico, volumétrico, químico y los medidores de hélice, fabricados de acuerdo con el mismo principio. Otro método de aforo directo consiste en medir el descenso en el nivel del agua y el tiempo de vaciado en un depósito con dimensiones conocidas (Arias, 2016).

- Aforo Volumétrico
- Aforo Gravimétrico
- Aforo Químico o del Trazador

2.2.1.2. Métodos de área-velocidad

Es importante medir la velocidad del caudal en puntos localizados de la sección transversal, donde la velocidad promedio ocurra con mayor probabilidad.

La velocidad máxima está entre 0,05 y 0,25 del tirante por debajo de la superficie del agua, y la velocidad mínima se desplaza sobre las paredes del ducto donde la rugosidad tiende a frenar el avance de la corriente. La velocidad media se localiza aproximadamente a 0,60 del tirante, y puede determinarse exactamente promediando las velocidades observadas a 0,2 y 0,8 del tirante (Arias, 2016).

2.2.2. Factores que afectan la recarga hídrica

La recarga hídrica depende del régimen de precipitación, de la escorrentía superficial y del caudal de los ríos, así como de la permeabilidad de los suelos, de su contenido de humedad, de la duración e intensidad de la lluvia y del patrón de drenaje de la cuenca. También la pendiente de la superficie constituye un factor importante, puesto que los terrenos muy inclinados favorecen la escorrentía superficial; por el contrario, los terrenos con poca pendiente retienen por más tiempo el agua, lo que favorece la infiltración. (INAB, 2003)

Según (INAB, 2003) los factores que afectan la recarga hídrica son:

- a) **El clima:** dentro de este, los factores que más afectan la recarga hídrica son la cantidad de lluvias y la evapotranspiración, debido a la pérdida de agua por la transpiración de las plantas y la evaporación del agua.
- b) **El suelo:** los suelos impermeables y compactados impiden o dificultan la infiltración, mientras que los suelos permeables facilitan la recarga. Las características del suelo que influyen en la recarga son la textura, la densidad aparente, el grado de saturación (contenido de humedad) y la capacidad de infiltración.
- c) **La topografía:** determina el tiempo de contacto entre el agua y la superficie; las pendientes fuertes favorecen la escorrentía superficial, disminuyen el tiempo de contacto y reducen la infiltración del agua.
- d) **Los estratos geológicos:** la disposición de los diferentes materiales geológicos en los distintos estratos o capas del suelo hasta llegar a la zona saturada (agua subterránea) pueden afectar grandemente la cantidad de recarga hídrica.
- e) **La cobertura vegetal:** esta disminuye la escorrentía superficial, ya que permite un mayor tiempo de contacto del agua con la superficie y facilita el proceso de infiltración; además, un porcentaje importante de la lluvia es interceptada por la cobertura vegetal. En este factor es necesario considerar la profundidad y densidad de las raíces y la capacidad de retención del dosel vegetal.

2.2.3. Calidad de Agua

La calidad del agua, es un estado de ésta, caracterizado por su composición físico-química y biológica. Este estado deberá permitir su empleo sin causar daño (Ecured, 2018).

Según el (TULSMA, 2017) libro VI anexo 1. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua

Tabla 2. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio	Al	mg/l	0,2
Amoniaco	N-Amoniacal	mg/l	1,0
Amonio	NH ₄	mg/l	0,05
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0
Cadmio Cianuro (total)	Cd CN ⁻	mg/l mg/l	0,01
Cloruro	Cl	mg/l	250
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Coliformes Totales	nmp/100 ml		3 000
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		600
Color	color real	Unidades de color	100
Compuestos fenólicos	Fenol Cr ⁺⁶	mg/l mg/l	0,002
Cromo hexavalente			0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	2,0
Bifenilo policlorados/PCBs	Concentración de PCBs totales	mg/l	0,0005
Fluoruro (total)	F	mg/l	1,5
Hierro (total)	Fe	mg/l	1,0
Materia flotante			Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1,0
Olor y sabor			Es permitido olor y sabor removible por tratamiento convencional.
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al oxígeno 80% desaturación y no menor a 6mg/l
Plata (total)	Ag	mg/l	0,05
Plomo (total)	Pb	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio (total)	Se	mg/l	0,01
Sodio	Na	mg/l	200
Sólidos disueltos totales Sulfatos		mg/l	1 000
Temperatura	SO ⁼ 4	mg/l °C	400 Condición Natural + o - 3 grados
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	100
Zinc	Zn	mg/l	5,0

Fuente: (TULSMA, 2017)

2.2.4. Carga contaminante

Cantidad de un contaminante aportado en una descarga de aguas residuales, expresada en unidades de masa por unidad de tiempo (TULSMA, 2017) .

Índice de Calidad del Agua

El índice de calidad de agua (ICA) es una herramienta que permite identificar la calidad de agua de un cuerpo superficial o subterráneo en un tiempo determinado (Puttaiah, 2007).

La estructura de cálculo de la mayoría de los ICA se basa en la normalización de los parámetros que los conforman de acuerdo con sus concentraciones, para su posterior ponderación en función de su importancia en la percepción general de la calidad del agua; se calcula mediante la integración de las ponderaciones de los parámetros a través de diferentes funciones matemáticas (Torres, 2009).

Tabla 3. *Parámetros del ICA: importancia relativa*

Parámetro	Peso (wi)	Parámetro	Peso(wi)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	5,0	Nitrógeno en nitratos(NO ₃ -1)	2,0
Oxígeno disuelto	5,0	Alcalinidad	1,0
Coliformes fecales	4,0	Color	1,0
Coliformes totales	3,0	Dureza total	1,0
Sustancias activas al azul de metileno (detergentes)	3,0	Potencial de Hidrógeno (pH)	1,0
Conductividad eléctrica (PO ₄ ⁻³)	2,0	Sólidos Suspendidos	1,0
Fosfatos totales	2,0	Cloruros (Cl ⁻¹)	0,5
Grasas y aceites	2,0	Sólidos disueltos	0,5
Nitrógeno amoniacal	2,0	Turbiedad	0,5

Fuente: (Torres, 2009).

2.3. Caracterización del suelo

2.3.1. Estructura del suelo.

La estructura del suelo afecta directamente la aireación, el movimiento del agua en el suelo, la conducción térmica, el crecimiento y resistencia a la erosión. El agua es el componente elemental que afecta la estructura del suelo con mayor importancia debido a su solución y precipitación de minerales y sus efectos en el crecimiento de las plantas (FAO, 2018).

2.3.2. Porosidad del Suelo

El espacio poroso del suelo se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos. En general el volumen del suelo está constituido por 50% de materiales sólidos (45%

minerales y 5% materia orgánica) y 50% de espacio poroso. Dentro del espacio poroso se pueden distinguir macro poros y micro poros donde agua, nutrientes, aire y gases pueden circular o retenerse. Los macro poros no retienen agua contra la fuerza de la gravedad, son responsables del drenaje, aireación del suelo y constituyen el espacio donde se forman las raíces. Los microporos retienen agua y parte de la cual es disponible para las plantas (FAO, 2018).

2.3.3. Color del Suelo

El color del suelo depende de sus componentes y varía con el contenido de humedad, materia orgánica presente y grado de oxidación de minerales presentes. Se puede evaluar como una medida indirecta ciertas propiedades del suelo. Se usa para distinguir las secuencias en un perfil del suelo, determinar el origen de materia parental, presencia de materia orgánica, estado de drenaje y la presencia de sales y carbonato (FAO, 2018).

2.3.4. Capacidad de infiltración

Es el movimiento del agua desde la superficie hacia el interior del suelo por efecto de la gravedad (Matus, 2009).

La capacidad de infiltración conocida también como “infiltrabilidad del suelo” es el flujo que el perfil del suelo puede absorber a través de su superficie, cuando es mantenido en contacto con el agua a la presión atmosférica. Mientras la velocidad de aporte de agua a la superficie del suelo sea menor que la infiltrabilidad, el agua se infiltra tan rápidamente como es aportada y la velocidad de aporte determina la velocidad de infiltración (o sea, el proceso es controlado por el flujo). Sin embargo, una vez que la velocidad de aporte excede la infiltrabilidad del suelo es ésta última la que determina la velocidad real de infiltración; de ese modo el proceso es controlado por las características del perfil (Pizarro, 2002).

En este contexto, la infiltración acumulada, es la integración en el tiempo de la velocidad de infiltración, con una dependencia curvilínea del tiempo y una pendiente que decrece gradualmente. La infiltrabilidad del suelo y su variación en el tiempo dependen del contenido de agua inicial y de la succión, así como de la textura, estructura y uniformidad (o secuencia de los estratos) del perfil del suelo (Pizarro, 2002).

Kostiakov, en 1962, fue el primero que propuso el uso de una ecuación empírica, para la velocidad de infiltración expresada normalmente en unidades de longitud por unidad de tiempo, a saber:

$$I = K \times T_{n-1} < n < 0 \quad (1)$$

Donde:

I = Velocidad de infiltración instantánea

T = Tiempo en minutos.

K = Constante que representa la velocidad de infiltración para $t = 1$.

n = Pendiente de la curva de velocidad de infiltración con respecto al tiempo.

La infiltración acumulada, se obtiene integrando:

$$D = \int_0^t dT \quad (2)$$

Donde, D es la infiltración acumulada o lámina de agua acumulada

2.3.5. Capacidad de retención

La capacidad de retención de agua del suelo para disponer de cantidades variables de agua, depende de su textura, de su estructura, de la profundidad de las raíces en dicho suelo y todo ello afectará a la frecuencia de riego y también a las cantidades de agua aplicadas (TRAXCO, 2014).

2.3.6. Cantidad de materia orgánica

Se considera a la materia orgánica del suelo (MOS) como un continuo de compuestos heterogéneos con base de carbono, que están formados por la acumulación de materiales de origen animal y vegetal parcial o completamente descompuestos en continuo estado de descomposición, de sustancias sintetizadas microbiológicamente y/o químicamente, del conjunto de microorganismos vivos y muertos y de animales pequeños que aún faltan descomponer (Melendez, 2003).

2.3.7. Humedad del suelo

La humedad del suelo puede evaluarse midiendo el contenido de agua, midiendo la fuerza con que ella está retenida o midiendo otras propiedades relacionadas con la humedad, como la capacidad de transmitir calor o de transmitir una corriente eléctrica (Lárraga, 2014).

2.3.8. Contenido de carbono en el suelo

El carbono orgánico del suelo (COS) es un componente importante del ciclo global del C, ocupando un 69,8% del C orgánico de la biosfera. El suelo puede actuar como fuente o reservorio de C dependiendo de su uso y manejo en el cual se estima que desde que se

incorporan nuevos suelos a la agricultura hasta establecer sistemas intensivos de cultivo se producen pérdidas de COS que fluctúan entre 30 y 50% del nivel inicial (Martínez, 2008).

2.3.9. Análisis de correlación de Pearson

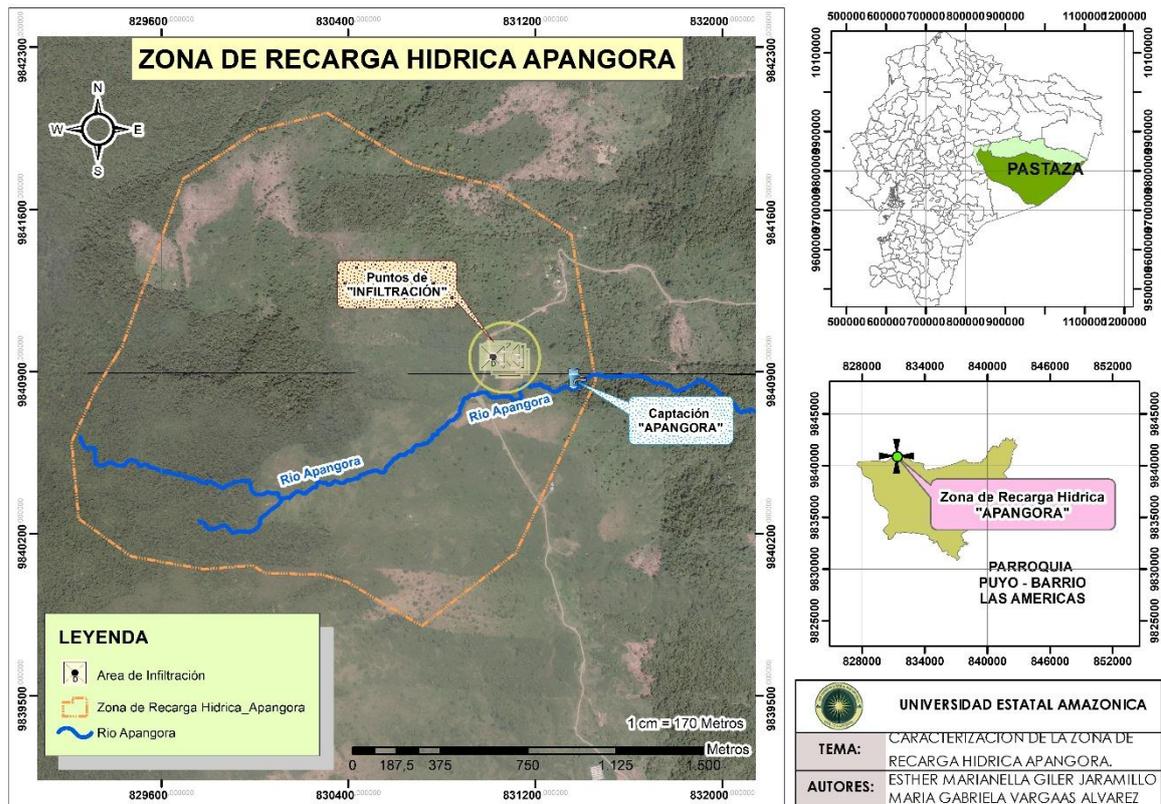
La correlación se refiere a que existe un vínculo entre varios eventos. Una de las herramientas que nos permite inferir si existe dicho vínculo es justamente el análisis de correlación. Este procedimiento tiene por objetivo indicarnos si existe relación entre dos eventos – es decir, variables–, un poco sobre la naturaleza de dicha relación, y su fuerza. Para poder realizar un análisis de correlación confiable, lo primero que se necesita es realizar muchas observaciones de dos variables (Martin, 2017).

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización:

Este proyecto se realizó en Apangora que se encuentra en la Parroquia Puyo, Cantón Pastaza, Provincia de Pastaza. La temperatura promedio fue de 21,1°C. La precipitación media aproximada fué de 4436 mm. Se encuentra en un área de aproximadamente 3,47 km² en toda su extensión. Su ubicación mediante coordenadas geográficas es 0831394 utm 9840858. Sistema de coordenadas planas con proyección UTM zona 17 Sur con Datum WGS84. A una altura de 1168 msnm.

El proyecto tuvo una durabilidad de tres meses aproximadamente.



Fuente: Sistema de Información Geográfica (SIG)

Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de Recarga hídrica Apangora

3.2. Tipo de Investigación:

El tipo de investigación a emplearse: investigación analítica- descriptiva, investigación de campo.

3.3. Métodos de Investigación:

3.3.1. Delimitación de la zona de Recarga Hídrica

La delimitación del área de la Recarga Hídrica Apangora se realizó con la ayuda del dispositivo GPS, los datos fueron procesados en el programa Google Earth y Arcgis, sobre un plano topográfico, con las herramientas de SIG (Ruiz, 2008).

3.3.2. Aforo por ecuación de Manning

Para llevar a cabo esta actividad se realizó durante tres mediciones, con repeticiones cada 30 minutos. Para determinar este proceso se midió el ancho total del río y las profundidades se realizaron con intervalos de 20 cm hasta llegar a su punto final, expresándose cada medida en metros (m); se determinó la rugosidad a través del coeficiente de Manning, posteriormente se realizó el cálculo de área de las secciones y el perímetro mojado del área de estudio para cada punto de aforo. La pendiente se estimó utilizando una cinta métrica, y el nivel de albañil, midiendo una sección de 2m a lo largo del río, nivelando la cinta con el nivel y posteriormente, procediendo a medir la diferencia de altura en el punto más bajo con respecto al punto más alto (Abril, 2012).

Para realizar los cálculos se empleó la siguiente ecuación (Hudson, 1997)

$$V = \frac{R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (3)$$

Donde:

V, es la velocidad media de la corriente en metros por segundo

R, es el radio hidráulico en metros.

S, es la pendiente media del canal en metros por metro.

n, es un coeficiente, conocido como n de Manning o coeficiente de rugosidad de Manning.

A continuación los valores del coeficiente **n** de rugosidad de Manning detalladamente en la tabla 4:

Tabla 4. Valores del coeficiente **n** de rugosidad de Manning

a) Canales sin vegetación	
Sección transversal uniforme, alineación regular sin guijarros ni vegetación, en suelos sedimentarios finos.	0,016

Sección transversal uniforme, alineación regular, sin guijarros ni vegetación, con suelos de arcilla duros u horizontes endurecidos	0,018
Sección transversal uniforme, alineación regular, con pocos guijarros, escasa vegetación, en tierra franca arcillosa.	0,020
Pequeñas variaciones en la sección transversal, alineación bastante regular, pocas piedras, hierba fina en las orillas, en suelos arenosos y arcillosos, y también en canales recién limpiados y rastrillados	0,0225
Alineación irregular, con ondulaciones en el fondo, en suelo de grava o esquistos arcillosos, con orillas irregulares o vegetación.	0,025
Sección transversal y alineación irregular, rocas dispersas y grava suelta en el fondo, o con considerable vegetación en los márgenes inclinados, o en un material de grava de hasta 150 mm de diámetro.	0,030
Canales irregulares erosionados, o canales abiertos en la roca.	0,030
(b) Canales con vegetación	
Gramíneas cortas (50-150 mm)	0,030-0,060
Gramíneas medias (150-250 mm)	0,030-0,085
Gramíneas largas (250-600 mm)	0,040-0,150
(c) Canales de corriente natural	
Limpios y rectos	0,025-0,030
Sinuosos, con embalses y bajos	0,033-0,040
Con muchas hierbas altas, sinuosos.	0,075-0,150

Fuente: (Hudson, 1997)

3.3.3. Metodología Índice de calidad de Agua

Procedimiento de toma de muestras:

- a) Llenar la botella de muestreo con una porción de agua de la captación.
- b) Registro de localización del punto de muestreo real con GPS.
- c) Identificación de la muestra.
- d) La toma de muestras se realizó sumergiendo la botella de forma contraria al flujo evitando que entre el aire por flujo turbulento del río.

La asignación de pesos (ponderación) de cada parámetro tiene mucho que ver con la importancia de los usos pretendidos y la incidencia de cada variable en el índice.

En la tabla 5, se presentan los pesos asignados a los parámetros que conforman los ICA, de acuerdo con el grado de importancia dentro de cada uno de estos, cabe destacar que el peso de los parámetros que no se tenían se distribuyeron equitativamente entre el resto de parámetros, donde se calculó bajo el parámetro de: Oxígeno Disuelto, pH. Temperatura, Turbiedad y Sólidos disueltos (Ver anexos 4,5 y 6). Estos datos se tomaron como referencia para calcular el ICA de la recarga hídrica Apangora y luego realizar un promedio general de estos parámetros antes mencionados para luego verificar en que rango de clasificación según, Brown, encuentra.

Tabla 5. Pesos relativos asignados a los parámetros que conforman los ICA

País	Estados Unidos
Índice	ICA NSF 1970
Parámetro	
OD	0.17
pH	0.11
DBO	0.11
Nitratos	0.10
Coliformes Fecales	0.16
Temperatura	0.10
Turbiedad	0.08
Sólidos Disueltos Totales	0.07
Fosfatos	0.10

Fuente: (Torres, 2009)

3.3.4. Fórmula establecida por la NSF para determinar la calidad el agua

$$ICA = \frac{(\sum Ci * Pi)}{(\sum Pi)} \quad (4)$$

Donde:

Ci: valores asignados de cada parámetro.

Pi: es el peso relativo asignado a cada parámetro (Ver anexos 7-15).

A mayor importancia mayor peso. Para clasificar la calidad de agua se empleó el ICA (Tabla 6), se utilizan nueve parámetros fisicoquímicos: OD, DBO5, pH, temperatura, sólidos totales, coliformes fecales, fosfatos, nitratos y turbiedad (Alvarez, 2006), que fueron

analizados en laboratorio; los valores promedio de cada punto de muestreo fueron ingresados al software determinado (Excel) para la determinación del ICA (Oram, 2012).

Mediante los valores que se obtuvieron de la formulación matemática, por medio de Excel se midió la influencia de cada uno de estos parámetros en el total del índice, lo que permitió determinar la calidad del agua en cada tramo entre puntos de muestreo (Brown, 1972). Posteriormente, se obtuvo el promedio de la totalidad de datos de cada parámetro para ser ingresados al Excel (NSF) y finalmente se obtuvo un índice de calidad general.

Los valores promedio de cada parámetro de los puntos de monitoreo fueron graficados en función del período de muestreo para observar la variabilidad en el comportamiento de las características físico-químicas y establecer la tendencia de calidad en las microcuencas.

Tabla 6. Clasificación del “ICA” propuesto por BROWN

CALIDAD DE AGUA	COLOR	VALOR
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

Fuente: (Brown, 1972)

3.3.5. Densidad de raíces finas mediante el método de cernido de raíces

La toma de muestras para los análisis de raíces se realizó de forma aleatoria dentro de cada uno de los sitios de estudio. Se seleccionaron nueve muestreos dentro de tipos de coberturas diferentes; en cada punto de muestreo se realizó una calicata de un metro de profundidad, Para la obtención de las muestras de raíces se procedió a la utilización de un anillo metálico de 5 cm de alto y 7,62 cm de diámetro; las muestras fueron empacadas en bolsas de polietileno para su transporte al laboratorio. En el laboratorio, las muestras de raíces fueron separadas por medio de un tamiz de 0,5 mm de apertura.

Se determinó el área y largo de las raíces utilizando papel milimetrado, por medio de estos valores se pudo estimar la biomasa (g/m^2), densidad lineal (m/m^2) y el índice de área radical (m^2/m^2) (Rodríguez, 2004).

Su fórmula general es:

$$R = \frac{\pi \cdot N \cdot A}{2H} \quad (5)$$

Donde:

N, Intersecciones de las raíces

A, área del diámetro interno

H, longitud total de las raíces por muestreo

3.3.6. Cantidad de carbono en el suelo

a) Toma de muestras en campo

Para medir el contenido de carbono en el suelo, el área donde se colectó la muestra debía estar limpia de materia orgánica. La toma de muestras del suelo se llevó a cabo de forma aleatoria dentro de la parcela menor, este procedimiento consistió en insertar un cilindro de volumen en el suelo, para extraer la muestra (Castellanos, 2010).

Las muestras se secaron al aire, lo más rápido posible. Este procedimiento se inició en el campo, abriendo las bolsas plásticas con muestras. No se debe exponer directamente a la luz solar. Después del secado, las muestras se limpiaron (con restos de piedras, raíces y restos de plantas) y se tamizaron a través de un tamiz de 2 mm. En donde se determinaron la proporción de piedras en la muestra caso ellas presentes.

La muestra se homogeneizó y se retiraron dos sub-muestras. Una de ellas fué utilizada para determinar el factor de humedad (%) siendo la misma en seco en horno a 105 °C, hasta que se obtuvo el peso constante permitiendo que esta se enfríará en el desecador. A la segunda sub-muestra fue molida en un molino de bolas hasta hacerse muy fina (8 micras) en donde fueron analizadas en auto-analizador de carbono y nitrógeno (Rainfor, 2016).

b) Determinación de materia orgánica por calcinación

Según (Hopkins, 1996) se determinó de la siguiente manera:

Se pesó 5g de muestra en crisoles de 15 ml.

Posteriormente se colocó en la estufa durante 24 horas a 105°C.

Se enfrió muestras en el desecador y luego se procedió a pesar.

Luego se colocó 2h en una mufla a 360 °C.

Posteriormente se transfirió a un desecador y luego se enfrió nuevamente donde se registró el peso. El cálculo de la MO se realizó por diferencia de peso en las distintas temperaturas (Ver anexo 3).

Cálculos:

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

$$\% \text{ CO} = \% \text{ MO} * 0,58$$

Tabla 7. Interpretación resultados de materia orgánica

Materia orgánica (%)		
Clase	Suelos volcánicos	Suelos no volcánicos
Muy bajo	<40	<0,5
Bajo	4,1 – 6,0	0,6 – 1,5
Medio	6,1 – 10,9	1,6 – 3,5
Alto	11,0 – 16,0	3,6 – 6,0
Muy alto	>16,0	>6,0

Fuente: (Hopkins, 1996).

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

Se realizó mediante el método gravimétrico, según (Radulcovich, 2009), consistió en la diferencia de pesos de la muestra, utilizando el criterio aceptado de secar la muestra durante 24 h a 105°C, lo cual rinde un valor para suelo seco con cero contenido de agua y cualquier diferencia de peso con una muestra será debida al contenido de agua (Ver anexo 2).

3.3.8. Velocidad de infiltración mediante el método de cilindro simple

Una vez determinados los puntos se procedió a realizar el muestreo para determinar la velocidad de infiltración e infiltración acumulada mediante el método del cilindro infiltrómetro, el cual consistió en un cilindro abierto de 7,62cm por 5cm, que se introdujo en el suelo cuidadosamente para no alterar la muestra. Se sometió a una carga de agua y se midió el volumen de este líquido que fue drenado por unidad de tiempo, lo que constituye el término de lo que se conoce como capacidad de infiltración. Es un método muy empleado en numerosas investigaciones, por su sencillez, bajo coste y manejo (Sepúlveda, 2015).

3.3.9. Análisis de la Textura

El análisis de textura se realizó mediante el método de Bouyoucos. Este método consistió en determinar humedad gravimétrica y sobre la base de suelo se secó pesar 50g de muestra tamizadas a 2mm, luego se pasó el suelo a la copa de dispersión donde se agregó el hexametafosfato con la cantidad de 10 ml y agua de la llave hasta un poco por encima de la mitad de la copa y se dejó en reposo por 24 horas, se procedió a someter el suelo a dispersión por 10 minutos o 15 si era de textura fina. Se vertió el contenido de la copa a una probeta de 1000 ml y se aforó con agua de la llave luego se agitó con el émbolo 10 veces verticalmente. Después de la agitación se puso en marcha el cronómetro y se sumergió cuidadosamente el hidrómetro en la suspensión. Se anotó la lectura del hidrómetro en la suspensión a los 40

segundos de haber cesado la agitación, sacando cuidadosamente el hidrómetro y tomar la temperatura por último se procedió a dejar en reposo por dos horas y se volvió a tomar lectura con el hidrómetro y la temperatura (Gómez, 2013).

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

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

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

$$\%Limo = 100 - (\% Arcilla + \%Arena) \tag{6}$$

Una vez obtenidos los resultados se realizó una triangulación en el gráfico de clases texturales.

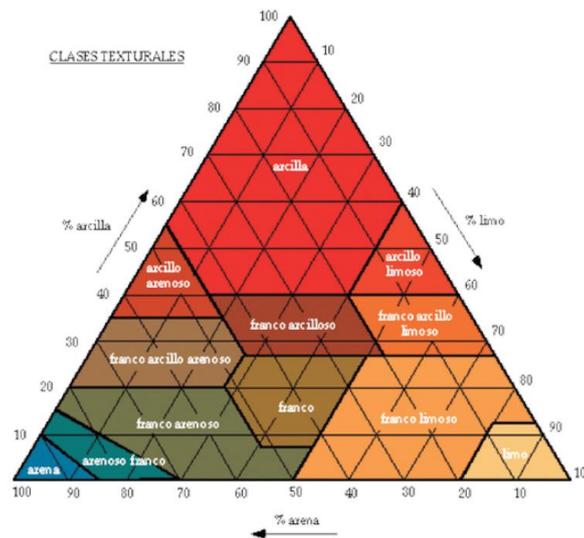


Figura 2. Clases texturales

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

Una vez obtenidos los resultados de los análisis (Ver anexo 1), se realizó la creación de una base de datos en el programa de Excel, de igual manera se utilizó el programa estadístico SPSS (International Busines Machine IBM, 2012) para el cálculo de coeficiente de correlación R, con el que se realizó el análisis de relación de variables. Finalmente se determinó la influencia del uso de suelo en la capacidad de retención del agua en la zona de recarga hídrica de la comunidad de Apangora, perteneciente a la Parroquia Puyo.

3.3.10. Análisis de correlación de Pearson

Para calcular este análisis se lo realizó con la herramienta de SPSS, para ello se configura la herramienta de la siguiente manera:

- a. Generar correlación para las variables seleccionadas: Seleccione dos o más campos de la secuencia de entrada para ejecutar la correlación. Los campos deben ser numéricos.

Las columnas que contienen identificadores únicos, como claves primarias sustitutas y claves primarias naturales, no deben utilizarse en análisis estadísticos. No tienen ningún valor predictivo y pueden causar excepciones en tiempo de ejecución.

- b. Especifique el tipo de cálculo que se debe ejecutar. Las opciones son:
 - Calcular correlación: mide la correlación de Pearson.
 - Calcular covarianza: mide la covarianza entre diferentes campos. El tipo de covarianza es la "covarianza de la muestra", que es la misma que la fórmula estadística de Excel (Alteryx, 2018).

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Identificación del uso de suelo

En la siguiente tabla se presenta la identificación del uso del suelo conforme a cada punto de infiltración en las parcelas ubicadas en la recarga hídrica Apangora, ubicados juntamente en la figura 3.

Tabla 8. *Uso de suelo según los puntos de infiltración (INFIL)*

Nº Muestra	Punto de Infiltración	Tipo de uso de suelo
M1	Infiltración 1	Pasto (gramalote)
M2	Infiltración 2	Mosaico (gramineas, melastomataceae)
M3	Infiltración 3	Mosaico (gramineas, melastomataceae)
M4	Infiltración 4	Pasto (gramalote)
M5	Infiltración 5	Pasto (gramalote)
M6	Infiltración 6	Pasto (gramalote)
M7	Infiltración 7	Mosaico (gramineas, melastomataceae)
M8	Infiltración 8	Mosaico (gramineas, melastomataceae)
M9	Infiltración 9	Mosaico (gramineas, melastomataceae)

Fuente: Trabajo de campo



Fuente: Sistema de Información Geográfica (SIG).

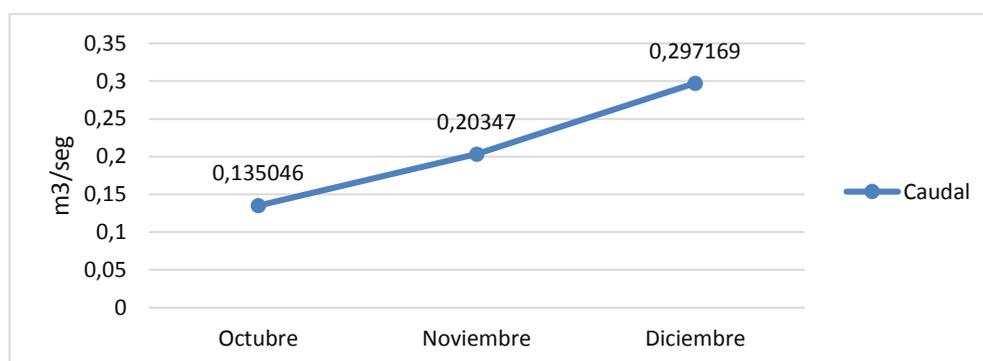
Figura 3. *Mapa de los puntos de infiltración*

4.2. Análisis de Caudales

En el gráfico 7, se puede observar el comportamiento de caudales que se presentaron durante los meses de monitoreo. El caudal más alto se presentó en el día 04 de diciembre; mientras que el caudal más bajo el día 15 de octubre con un valor a $0,135 \text{ m}^3/\text{seg}$. Debido a las fuertes precipitaciones que fueron ascendiendo en el mes de octubre con $19,4\text{mm}$, noviembre $69,2\text{mm}$ y diciembre 149mm , cabe recalcar que estos datos fueron tomados 5 días previos al muestreo. Añadiendo el tipo de uso de suelo que presenta, la velocidad de infiltración y la escorrentía provoca el aumento del caudal progresivamente.

Cabe indicar que para realizar el cálculo de caudales se utilizó una pendiente $S= 0,02$ con un coeficiente de rugosidad $n= 0,048319$.

Gráfico 1. Comportamiento de caudales durante los meses de monitoreo: octubre, noviembre, diciembre del afluente Apangora.



Fuente: Trabajo de campo

4.3. Análisis del Índice de Calidad de Agua

En el Gráfico 8, se presentan los análisis de calidad de agua en los tres muestreos donde se encuentran en un rango de “Buena”, demostrando así un respectivo color verde, donde en el muestreo uno en la fecha del 15 de octubre obtuvo una valor mínimo de $76,17$ y se presentó un mayor valor el muestreo tres en la fecha del 4 de diciembre. Tomando el criterio de (Torres, 2009) que de acuerdo con el valor final obtenido siempre consideran el tratamiento del agua cuya complejidad varía de acuerdo con el nivel de calidad, así aguas con altos valores de ICA ($90 - 100$) requieren tratamientos menores como sólo desinfección y aguas con valores entre 50 y 90 deben ser sometidas a tratamiento convencional y en algunos casos tratamientos especiales. En caso de la calidad de agua en Apangora es necesario realizar un tratamiento convencional antes de distribuirse para el consumo doméstico.

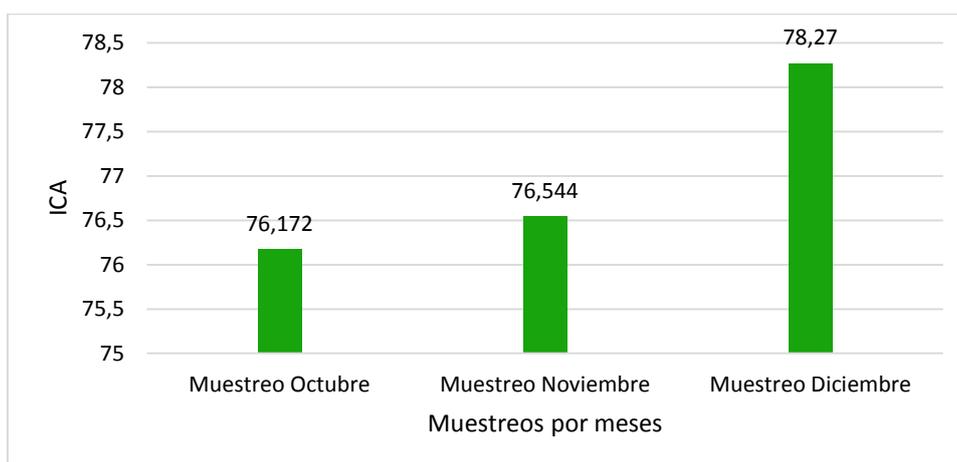


Gráfico 2. Análisis del Índice de calidad de agua.

4.4. Densidad de raíces finas

La mayor cantidad de densidad de raíces finas se concentra en la parcela nueve con un valor 0,75, la densidad menor se encuentra en la muestra uno dando como resultado un valor de 0,19, en proporción general presenta el 0,44 en densidad de raíces finas.

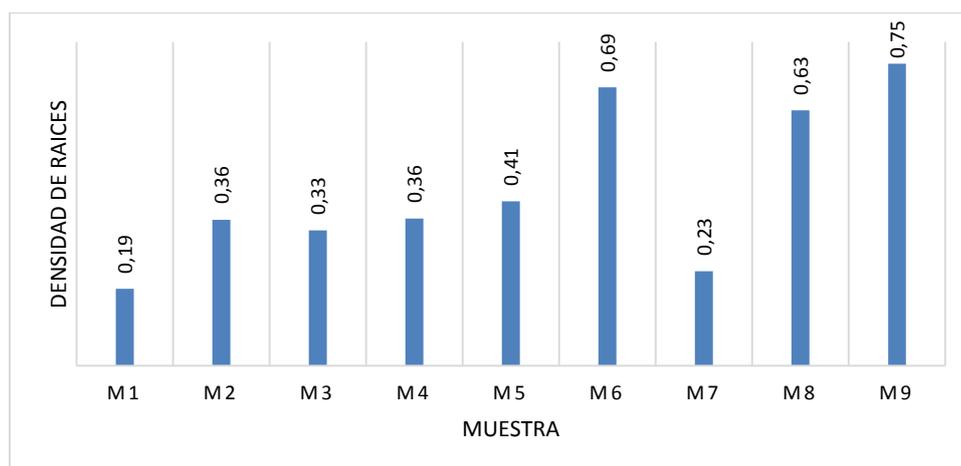


Gráfico 3. Densidad de raíces finas

4.5. Contenido de Carbono

Con respecto al contenido de Carbono se presentó una variabilidad en todas las muestras, como se observa en mayor cantidad la muestra siete con un valor de 19,03% a diferencia de la muestra un con 6,83% respectivamente. El contenido de carbono se relaciona con la cantidad y disponibilidad de nutrientes del suelo donde la cantidad de Carbono no solo depende de las condiciones ambientales locales, sino que es afectada fuertemente por el manejo del suelo, es por ello que en la muestra uno que pertenece a pasto (P) se encuentra en menor cantidad de carbono ya que existen espacios degradados en ese lugar en comparación con los demás puntos de muestreo que se ubican en zonas menos intervenidas.

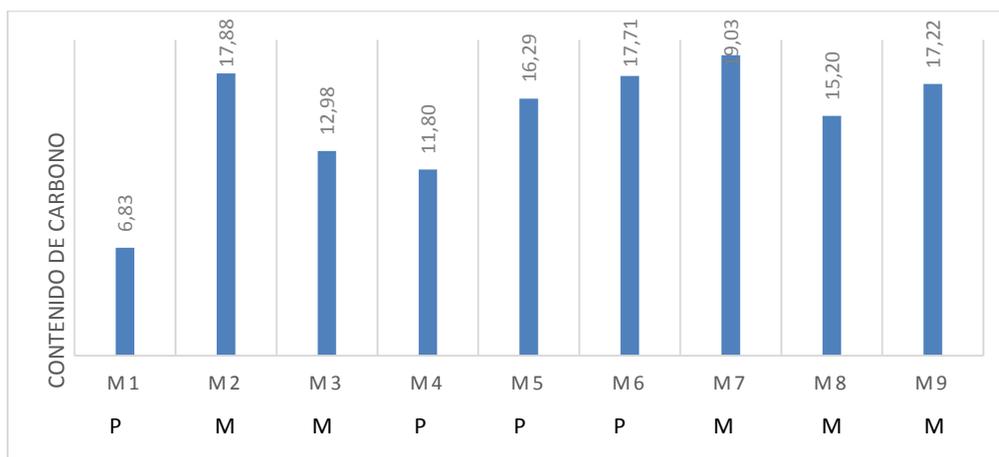


Gráfico 4. Contenido de carbono

4.6. Contenido de Humedad 0-50

Para el análisis de estos datos se debe mencionar que las muestras fueron extraídas a una profundidad de 0 – 50 cm en cada punto de muestreo. Según los resultados obtenidos de cada muestra se aprecia que la muestra cuatro presenta un mayor porcentaje con 63,88% y a su vez la muestra dos refleja el 48,99% de humedad, generando así un promedio en todas las muestras del 56,41%.

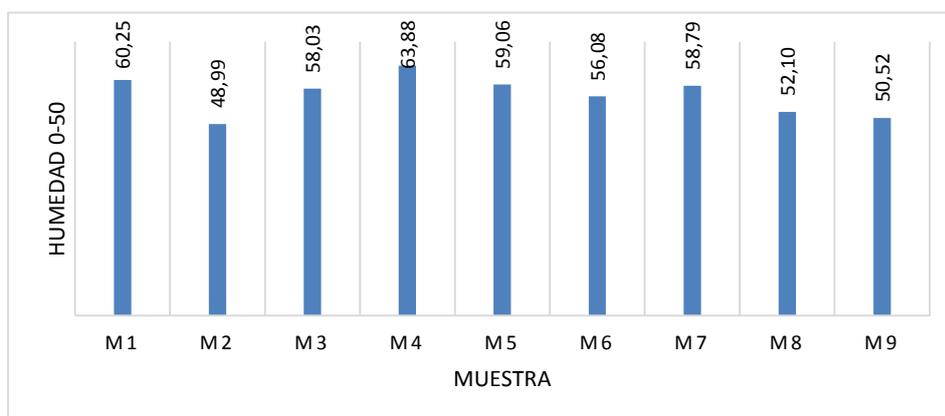


Gráfico 5. Contenido de Humedad 0-50 cm de profundidad

4.7. Humedad 50 – 100

Cabe mencionar que para el análisis de estos datos las muestras fueron extraídas a una profundidad de 50 - 100 cm en cada punto de muestreo. En los resultados obtenidos de cada muestra se aprecia gran uniformidad en su mayoría, sin embargo se aprecia un menor contenido en la muestra nueve con un 40,27% y en mayor contenido la muestra dos con 60,64% de humedad, obteniendo un promedio de 48,03% en todas las muestras.

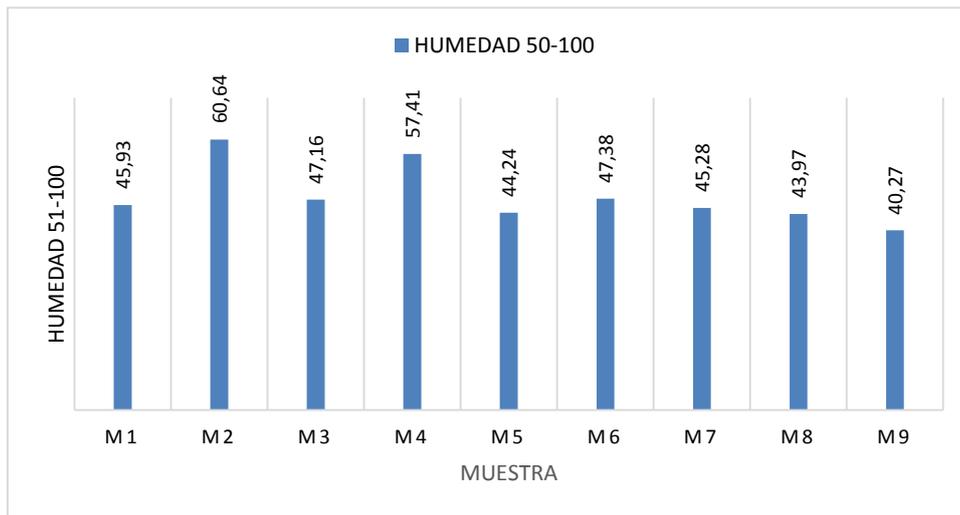


Gráfico 6. Contenido de Humedad 50 – 100 cm de profundidad

4.8. Velocidad de infiltración 60 y 120 min

Se observa en el gráfico 5, la velocidad de infiltración a los 60 min de la muestra dos presenta un mayor tiempo con un valor de 20,5 mm/h. Por lo tanto, la muestra cinco con una velocidad de 11,8 mm/h. En relación con la velocidad de infiltración a los 120 min se observa que la velocidad de la muestra dos se destaca con un valor superior a las demás muestras siendo éste 12,65 mm/h, mientras que la muestra ocho presenta el valor mínimo con 0,5 mm/h. Apangora se estima dos tipos de uso de suelo: pasto y mosaico, de los cuales se puede deducir que el uso de suelo pasto por el excesivo pisoteo genera una compactación de los microporos que contienen aire y esto da origen a una capa impermeable que impide la infiltración del agua lluvia, ocasionando el arrastre y acumulación de los sedimentos.

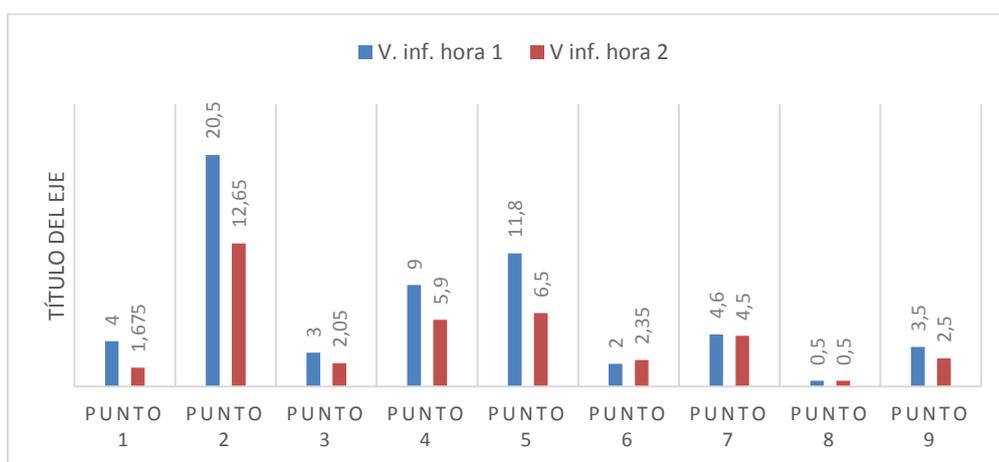


Gráfico 7. Velocidad de infiltración 60 y 120 min

4.9. Análisis de textura

En los puntos de muestreos se encuentran dos tipos de uso de suelo que son pasto (gramalote) y mosaico (gramíneas y melastomataceae), donde la clase textural de pasto es franco arenoso y de mosaico corresponde a arcillo limoso.

Tabla 9. Análisis de textura en muestra de pasto y mosaico

Muestra	peso	Porcentaje			Clase textural
		Arena	Limo	Arcilla	
Pasto	40	70	18	12	Franco arenoso
Mosaico	40	26	29	45	Arcillo limoso

4.10. Análisis de la varianza

En el Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan con relación a la velocidad de infiltración a 60 min, 120 minutos y la cobertura del suelo se demuestra que no existen diferencias significativas ya que el rango en que se encuentra son valores mayores de 0,5 en todos sus resultados (Ver anexos 17 y18).

4.11. Análisis de correlación de Pearson

En la tabla 9. Con respecto al análisis de correlación de Pearson muestra la relación que existe entre las variables que se encuentran en la tabla, es decir los valores que son positivos presentan una relación directa entre variables, mientras que si es negativa su relación es inversa, cuando la variable se encuentra marcado con un asterisco (*) es significativa al 0,05 que en este caso en las celdas respectivas no presentan significancia a dicho valor, más cuando se encuentran valores marcados con doble asterisco (**) se establece que existe significancia al 0,01, esto implica que las variables que coinciden en la celda de la tabla están relacionadas entre sí, como tenemos: densidad de raíces, la humedad de 0 – 50 con respecto a la longitud de raíces, al igual la velocidad de infiltración a una hora está relacionada con la velocidad de infiltración a dos horas.

Tabla 10. *Análisis de correlación de Pearson*

Correlaciones								
Correlación de Pearson	Longitud de raíces	Densidad raíces	velocidad inf 1h	velocidad inf 2h	humedad 0-50	humedad 50 a 100	contenido de carbono	humedad superficial
Longitud de raíces	1	,998**	-,349	-,318	,832**	,015	,446	,492
Densidad raíces		1	-,320	-,294	,815**	-,012	,442	,498
velocidad inf 1h			1	,979**	-,570	,319	,207	,109
velocidad inf 2h				1	-,517	,324	,347	,119
humedad 0 50					1	,015	,284	,084
humedad 50 a 100						1	-,016	,075
contenido de carbono							1	,564
humedad superficial								1

Fuente: Trabajo propio

5. CONCLUSIONES

Se logró delimitar la zona de recarga hídrica Apangora, cuya extensión es de 3,47 km².

El uso de suelo no influye en las características hidroedafológicas, ya que no se presentaron diferencias significativas.

La cuenca hídrica posee un porcentaje moderado de velocidad de infiltración.

En los suelos de uso para pasto en la muestra uno y en la muestra cuatro la cantidad de carbono es 6,83% y 11,79% respectivamente, lo que producen pérdidas de carbono al incorporar los suelos a la agricultura, ya que cuando los bosques se degradan o se talan, el carbono que almacenan se libera y se emite a la atmósfera. Mientras que en los suelos de uso mosaico la cantidad de carbono es alta como reflejan las muestras siete (19,02%) y la muestra dos (17,88).

El recurso hídrico que contiene la zona captación Apangora se encuentra en un rango de 71-90 según la clasificación del “ICA” propuesto por BROWN, en su óptimo resultado para declarar que es un cuerpo de agua de calidad “Buena”.

6. RECOMENDACIONES

Existen estrategias y métodos seguros para mitigar ciertos factores que resultan ser contaminantes al territorio que se ubica en un entorno natural como son los linderos del río Apangora en toda su extensión, como: el aprovechamiento de recursos naturales sin destrucción del mismo, desarrollando actividades que sean amigables con el medio ambiente, otra de las estrategias importantes es la aplicación de reglamentos y leyes de conservación a los ecosistemas naturales mediante capacitaciones de Educación ambiental que pueden ser dirigidos por entes reguladores y autoridades a nivel local y regional para evitar amenazas que destruyen suelos, recursos hídricos y todo entorno Natural debido a que este recurso es importante e imprescindible porque sustenta la necesidad de los habitantes de la comunidad Apangora.

Llevar a cabo tratamiento de agua para el abastecimiento a nivel local ya que los resultados en la calidad del agua reportan que necesita un tratamiento convencional para purificar este recurso en su totalidad. Debido a que el agua se encuentra en un ambiente natural esto hace que el agua no sea apto para el consumo humano directamente de la captación.

Evitar en su totalidad los vertidos de aceites, pesticidas, medicina entre otros agentes que descomponen y emiten alteración en el río Apangora.

Establecer responsabilidades para el mantenimiento y limpieza de toda la cuenca hídrica y sus alrededores para deshacer los residuos inorgánicos que alteran no solo a los ríos, sino a los organismos vivos de todo el sector y a su vez altera la belleza paisajística de Apangora.

Evitar en su totalidad las descargas de aguas residuales domésticas y aguas negras al río, esto sería el foco principal para la alteración progresiva de los ecosistemas acuáticos asimismo de olores que emiten y afectan a todo un entorno natural.

7. CRONOGRAMA

Tabla 12. *Cronograma de Actividades*

Actividades	Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Muestras
	Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Aprobación del tema	x																
Realización del perfil	x																
Aprobación del perfil			x														
Primer muestreo			x														1
Segundo muestreo						x											1
Tercer muestreo									x								1
Análisis de laboratorio			x			x			x								
Revisión del proyecto por parte del PhD. Ricardo Abril											x						
Entrega del proyecto de tesis												x					

8. BIBLIOGRAFÍA

- Abril, R. (2012). ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL EX POST EN DIQUE DEL RIO PINDO EN SHELL CANTÓN MERA. (*Tesis de Masterado*). ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO, Chimborazo.
- Alvarez, J. (2006). Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México. *Revista Internacional de Botánica Experimental*, 71-83.
- ANALAUQUA. (2016). *analaqua*. Obtenido de <https://www.analaqua.com/suelos-acuiferos-contaminados/>
- Arévalo, L. A. (23 de 07 de 2012). Definición de zonas de recarga y descarga de agua subterránea a partir de indicadores superficiales: centro-sur de la Mesa Central, México. *Geografía física*. Universidad Nacional Autónoma de México, Universitaria. Obtenido de SciELO: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112013000200003
- Arias, N. (29 de 02 de 2016). *TIPOS DE AFORAMIENTO PARA UNA DETERMINA SECCIÓN: Blogspot*. Obtenido de Blogspot: <http://jorge-tumbaco.blogspot.com/>
- Blanco, R. (01 de 1999). *Researchgate*. Obtenido de Researchgate: https://www.researchgate.net/publication/277264400_El_infiltrometro_de_cilindro_simple_como_metodo_de_calculo_de_la_cuductividad_hidraulica_de_los_suelos_Experiencias_d_e_campo_en_ambitos_de_montana_mediterranea
- Brown, R. M. (1972). Indicators of Environmental Quality. En *Environmental Science Research* (págs. 173-182).
- Cano, A. (2017). *utselva*. Obtenido de <http://www.utselva.edu.mx/pai/8/7/25.1.pdf>
- Castellanos, E. J. (2010). *Metodología para la Estimación del contenido de carbono en bosques y sistemas agroforestales en Guatemala*. Guatemala: Centro de Estudios Ambientales y de Biodiversidad de la Universidad del Valle de Guatemala.
- Castro, J. (2011). *cenida*. Obtenido de <http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENPI0C355c.pdf>
- CLIMATE-DATA.ORG. (2018). *CLIMATE-DATA.ORG*. Obtenido de <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-de-pastaza/fatima-178682/>
- Coello, J. (2013). Aplicación del ICA-NSF para determinar la calidad del agua de los ríos Ozogoché, Pichahuiña y Pomacocho-Parque Nacional Sangay-Ecuador. *Revista del Instituto de Investigaciones de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 1-6.
- Cruz, J. (03 de 09 de 2014). *prezi*. Obtenido de <https://prezi.com/thtukynlhk65/metodos-de-aforo-de-caudal/>
- Cuadra, J. (12 de 04 de 2018). *Ecología y Jardinería*. Obtenido de https://www.ecologiaverde.com/importancia-del-agua-para-el-planeta-y-el-ser-humano-179.html#anchor_1
- DSPACE. (1999). *dspace*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6147/5/Indice%20calidad%20del%20agua.pdf>

- Ecured. (26 de 09 de 2018). *Ecured*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Calidad_del_Agua
- Escobar, J. (2002). *CEPAL ECLAC*. Obtenido de <http://archivo.cepal.org/pdfs/Waterguide/LCL1799S.PDF>
- FAO. (2015). Obtenido de <http://www.fao.org/3/b-bc272s.pdf>
- FAO. (2017). *uni-sz*. Obtenido de [http://uni-sz.bg/truni11/wp-content/uploads/biblioteka/file/TUNI10042482\(1\).pdf](http://uni-sz.bg/truni11/wp-content/uploads/biblioteka/file/TUNI10042482(1).pdf)
- FAO. (2018). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de Portal de Suelos de la FAO: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
- fonag. (2018). *fonag*. Obtenido de http://www.fonag.org.ec/doc_pdf/aprobados.pdf
- Foster, S. (2007). Delimitación de Áreas de Protección de las Fuentes de Agua Potable. En S. Foster, *Protección de calidad de agua subterránea* (pág. 51). Washington: Groundwater Management Advisory Team.
- Gómez, J. C. (2013). *Manual de Prácticas de campo y del laboratorio de suelos*. Espinal Tolima.
- Gómez, M. (2014). *fonafifo*. Obtenido de http://www.fonafifo.go.cr/documentacion/biblioteca/consultorias_investigaciones/ce_psa_005.pdf
- González, A. (2014). *piraguacorantioquia*. Obtenido de http://www.piraguacorantioquia.com.co/wp-content/uploads/2016/11/3.Manual_Medici%C3%B3n_de_Caudal.pdf
- Gualán, E. (2014). *slideshare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/efrainmontano73/canal-hidraulica>
- Hopkins, S. &. (1996). Estimación de materia orgánica por pérdida de peso en el encendido. En Hopkins, *Materia orgánica del suelo* (págs. 21 - 31). Madison: Magdoff.
- Hudson. (1997). *fao*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/T0848S/t0848s06.htm#m%C3%A9todos%20volum%C3%A9tricos>
- Ibáñez, J. J. (2006). *madrimasd*. Obtenido de <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/09/28/43795>
- INAB. (2003). *Instituto Nacional de Bosques, mas bosques, mas vida*. Obtenido de SEINEF (Sistema Electronico de información de Empresas Forestales): <http://186.151.231.170/inab/index.php/component/content/article/45-servicios-inab/122-seinef>
- INIA. (2016). *inia*. Obtenido de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR40548.pdf>
- Lárraga, J. (2014). DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO HÍDRICO DEL SUELO. *CONTENIDO DE AGUA Y NUTRIENTES DEL SUELO*. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba. Obtenido de http://agro.unc.edu.ar/~ceryol/documentos/ecofisiologia/GUIA_AGUA.pdf
- Martínez, E. (2008). CARBONO ORGÁNICO Y PROPIEDADES DEL SUELO. (*Tesis de Ingeniería*). Universidad de Chile, Santiago de Chile.

- Matus. (2009). Guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica. Aplicación práctica en la subcuenca del río Jucuapa, Nicaragua. *CATIE*, 40.
- Melendez, G. (2003). *cia*. Obtenido de <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Taller%20Abonos%20Org%C3%A1nicos.pdf>
- Mintegui, J. (1994). *upcommons*. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/4190/article4.pdf>
- Oram, B. (2012). Cálculo del Índice de Calidad de Agua NSF. En *The Water Quality Index*.
- Pizarro, R. (2002). *MÓDULO 3 CURVAS DE INFILTRACIÓN*. Obtenido de SOCIEDAD ESTÁNDARES DE INGENIERÍA PARA AGUAS Y SUELOS LTDA. : <https://studylib.es/doc/5364880/m%C3%B3dulo-3-curvas-de-infiltraci%C3%B3n>
- Puttaiah, Y. K. (2007). Determination of water quality index and sustainability of an urban waterbody in Shimoga Town, Karnataka. En S. & Dalwani, *The 12th world lake conference* (págs. 342-346). India: Ministry of Environment and Forest, Government of India.
- Radulovich, R. (2009). Método gravimétrico para determinar in situ la humedad volumétrica del suelo. *Redalyc*, 121.
- Radulovich, R. (2009). Método gravimétrico para determinar in situ. *Redalyc*, 122-124.
- Rainfor. (2016). *Protocolo de colecta de muestras de suelo para el monitoreo de cambios en*. Obtenido de Rainfor: http://www.rainfor.org/upload/ManualsSpanish/Protocolo_colecta_intensiva_ESP.pdf
- Rodríguez, C. J. (2004). Distribución de la biomasa y densidad de raíces finas en una gradiente. *Kurú: Revista Forestal*, 1-20.
- Rubi, M. C. (01 de 09 de 2018). *Scribd*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/doc/105256387/Seccion-2-Medicion-de-Caudales>
- Rubio, A. M. (julio de 2010). Obtenido de La densidad aparente en suelos forestales del parque natural los Alcornocales: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/57951/1/La%20densidad%20aparente%20en%20suelos%20forestales%20.pdf>
- Ruiz, R. (2008). *MÉTODO SEMIAUTOMÁTICO PARA DELIMITACIÓN DE CUENCAS*. AMÉRICA DEL SUR: UICN SUR.
- SENAGUA. (02 de 2012). *Naciones Unidas Cepal*. Obtenido de DIAGNÓSTICO DE LAS ESTADÍSTICAS DEL AGUA EN ECUADOR: <http://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/archivos/download/Diagnostico%20de%20las%20Estadisticas%20del%20Agua%20Producto%20IIIc%202012-2.pdf>
- Sepúlveda, R. B. (2015). El infiltrómetro de cilindro simple como método de cálculo de la conductividad hidráulica de los suelos. *Uma*, 14.
- Torres, P. (2009). *ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA EN FUENTES SUPERFICIALES UTILIZADAS EN LA PRODUCCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA EN FUENTES SUPERFICIALES UTILIZADAS EN LA PRODUCCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO*. Universidad de Medellín, Medellín.

TRAXCO. (2014). *traxco*. Obtenido de <https://www.traxco.es/blog/tecnologia-del-riego/retencion-de-agua-del-suelo>

TULSMA. (2017). NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA. En FAO, *Ministerio del Ambiente del Ecuador Texto Unificado de Legislación Ambiental secundaria* (págs. 286-339).

Vazquez, E. (21 de 08 de 2017). *Contaminación del agua: causas, consecuencias y soluciones: Fondo para la comunicación y Educación Ambiental*. Obtenido de Fondo para la comunicación y Educación Ambiental: <https://agua.org.mx/contaminacion-del-agua-causas-consecuencias-soluciones/>

Wadner, R. (2014). *unap*. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5498>

9. ANEXOS

	LONGITUD	INTERSECCIONES	LONGITUD DE RAICES	DENSIDAD DE RAICES FINAS	V. inf. hora 1	V inf. hora 2	humedad 0-50	humedad 51-100	contenido de C
M1	274,9	170	36,31	0,19	4	1,675	0,60	0,46	0,07
M2	389,7	464	69,40	0,36	20,5	12,65	0,49	0,61	0,18
M3	102,1	112	64,72	0,33	3	2,05	0,58	0,47	0,13
M4	114,4	137	68,57	0,36	9	5,9	0,64	0,57	0,12
M5	197,3	258	76,57	0,41	11,8	6,5	0,59	0,44	0,16
M6	100,9	231	135,51	0,69	2	2,35	0,44	0,47	0,18
M7	236,1	184	46,84	0,23	4,6	4,5	0,56	0,45	0,19
M8	87,7	186	127,82	0,63	0,5	0,5	0,47	0,63	0,15
M9	95,2	236	144,49	0,75	3,5	2,5	0,59	0,40	0,17
M10	381,3	695	117,43	0,56	8,7	5,30	0,45	0,00	0,25

Anexo 1. Tabla de Cálculos principales

MUESTRA		INICIAL	FINAL	Contenido de agua	% humedad
P1M2	0-50	135,61	53,9	81,71	0,60
	50-100	132,67	71,73	60,94	0,45
P2M2	0-50	200,79	102,42	98,37	0,48
	50-100	183,14	72,09	111,05	0,60
P3M2	0-50	200,08	83,98	116,1	0,58
	50-100	169,68	89,66	80,02	0,47
P4M2	0-50	193,34	69,84	123,5	0,63
	50-100	182,62	77,78	104,84	0,57
P5M2	0-50	189,08	77,41	111,67	0,59
	50-100	206,42	115,09	91,33	0,44
P6M2	0-50	154,42	67,82	86,6	0,56
	50-100	136,63	71,9	64,73	0,47
P7M2	0-50	178,87	73,71	105,16	0,58
	50-100	185,2	101,35	83,85	0,45
P8M2	0-50	224,43	107,5	116,93	0,52
	50-100	316,19	117,12	199,07	0,63
P9M2	0-50	191,59	94,8	96,79	0,50
	50-100	241,73	144,38	97,35	0,40

N°	PCRISOL	Pcrisol + muestra	Peso m	Anexo 2. Determinación del porcentaje de Humedad				% M.O.	% C.O.
				muestra 105°C	105°C	Ceniza	ceniza		
1	25,8707	30,8706	4,9999	30,4495	4,5788	29,9101	4,0394	11,78	6,83
2	24,7963	29,7962	4,9999	29,2745	4,4782	27,8939	3,0976	30,83	17,88
3	25,6522	30,6523	5,0001	30,1878	4,5356	29,1731	3,5209	22,37	12,98
4	29,8439	34,8440	5,0001	34,3894	4,5455	33,4649	3,6210	20,34	11,80
5	25,9420	30,9420	5,0000	30,4626	4,5206	29,1933	3,2513	28,08	16,29
6	23,1483	28,1482	4,9999	27,6366	4,4883	26,2658	3,1175	30,54	17,71
7	23,3575	28,3575	5,0000	27,8512	4,4937	26,3770	3,0195	32,81	19,03
8	26,3522	31,3521	4,9999	30,8776	4,5254	29,6920	3,3398	26,20	15,20
9	22,6856	27,6857	5,0001	27,1874	4,5018	25,8505	3,1649	29,70	17,22
10	24,5383	29,5383	5,0000	28,9363	4,3980	27,0753	2,5370	42,31	24,54

Anexo 3. Determinación de Materia Orgánica por Calcinación

Muestra 1- octubre							
Parametro	Cantidad		Unidad	peso relativo	peso relativo corregido	I	IW
Oxígeno disuelto	6,24	5,45	mg/L	0,17	0,264	90	23,76
Saturación de Oxígeno	100,7	93,2	%				
pH	7,11			0,11	0,204	90	18,36
Temperatura	22,1		°C	0,1	0,194	20	3,88
Conductividad	24,8		ms/cm				
Turbidez	1,06		NTU	0,08	0,174	98	17,052
Solidos sedimentables	menos de 0,1		mg/L				
Solidos suspendidos	0,4		mg/L				
Solidos disueltos	138		mg/L	0,07	0,164	80	13,12
				0,53			76,172
				0,47			
				0,094			

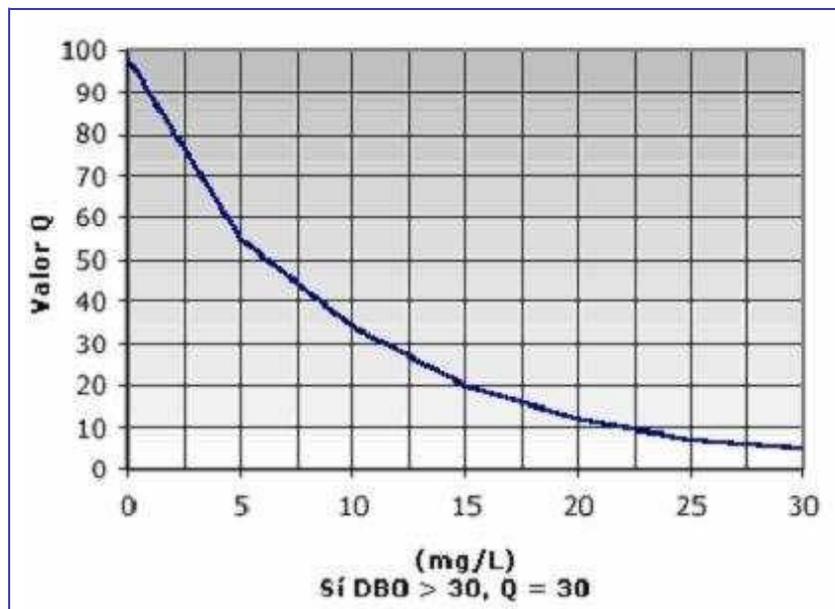
Anexo 4. Determinación del ICA en la fecha de 1 de octubre del 2018

Muestra 2- 15 Noviembre						
Parametro	Cantidad	Unidad	peso relativo	peso relativo corregido	I	IW
Oxígeno disuelto	8,52	mg/L	0,17	0,264	90	23,76
Saturación de Oxígeno	98	%				
pH	7,8		0,11	0,204	88	17,952
Temperatura	24,2	°C	0,1	0,194	18	3,492
Conductividad	170,4	ms/cm				
Turbidez	0,58	NTU	0,08	0,174	100	17,4
Solidos sedimentables	menos de 0,1	mg/L				
Solidos suspendidos	0,2	mg/L				
Solidos disueltos	89	mg/L	0,07	0,164	85	13,94
			0,53			76,544
			0,47			
			0,094			

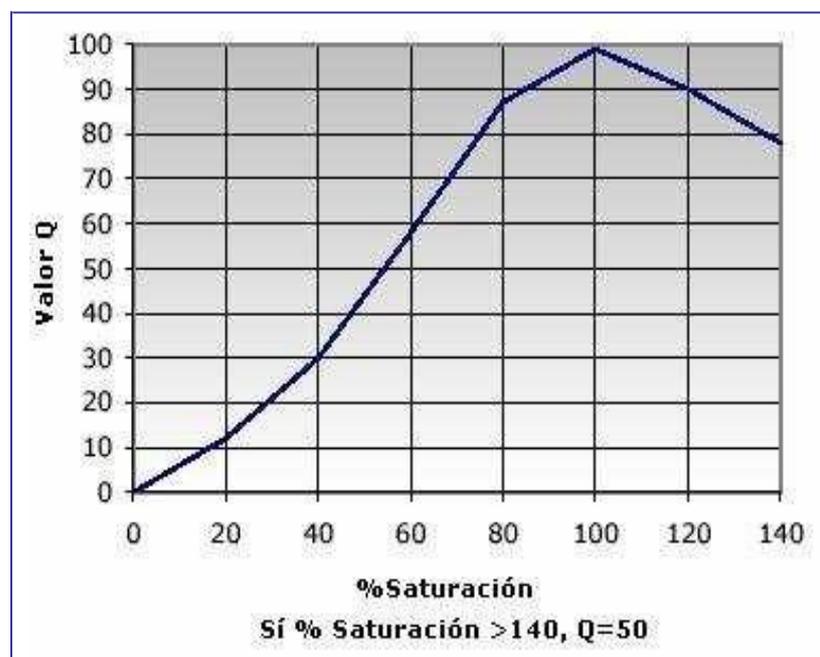
Anexo 5. Determinación del ICA en la fecha de 15 de noviembre del 2018

Muestra 2- 4 Diciembre						
Parámetro	Cantidad	Unidad	peso relativo	peso relativo corregido	I	IW
Oxígeno disuelto	6,35	mg/L	0,17	0,264	90	23,76
Saturación de Oxígeno	94	%				
pH	7,56		0,11	0,204	93	18,972
Temperatura	22	°C	0,1	0,194	20	3,88
Conductividad	83,8	ms/cm				
Turbidez	1,95	NTU	0,08	0,174	99	17,226
Solidos sedimentables	menos de 0,1	mg/L				
Solidos suspendidos	2,8	mg/L				
Solidos disueltos	67	mg/L	0,07	0,164	88	14,432
			0,53			78,27
			0,47			
			0,094			

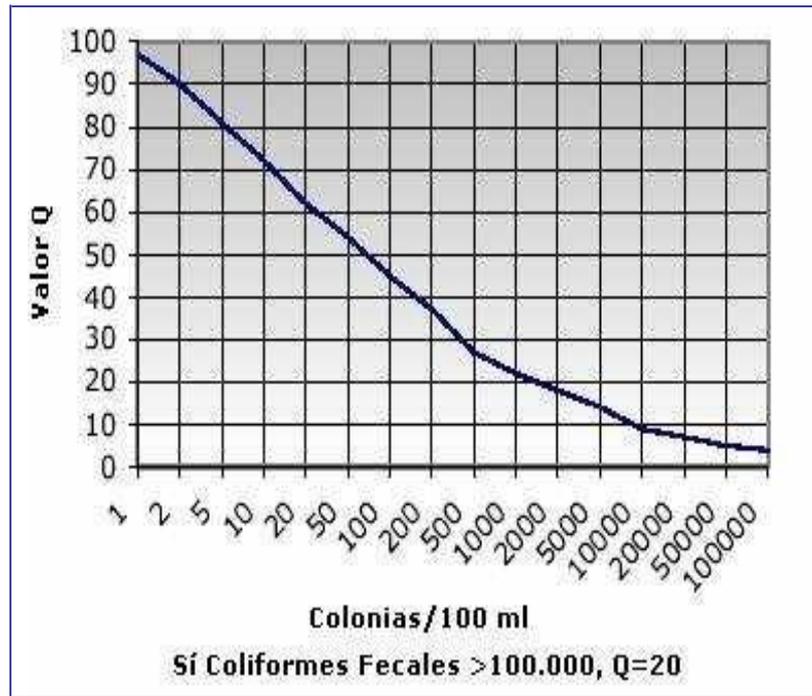
Anexo 6. Determinación del ICA en la fecha de 4 de Diciembre del 2018.



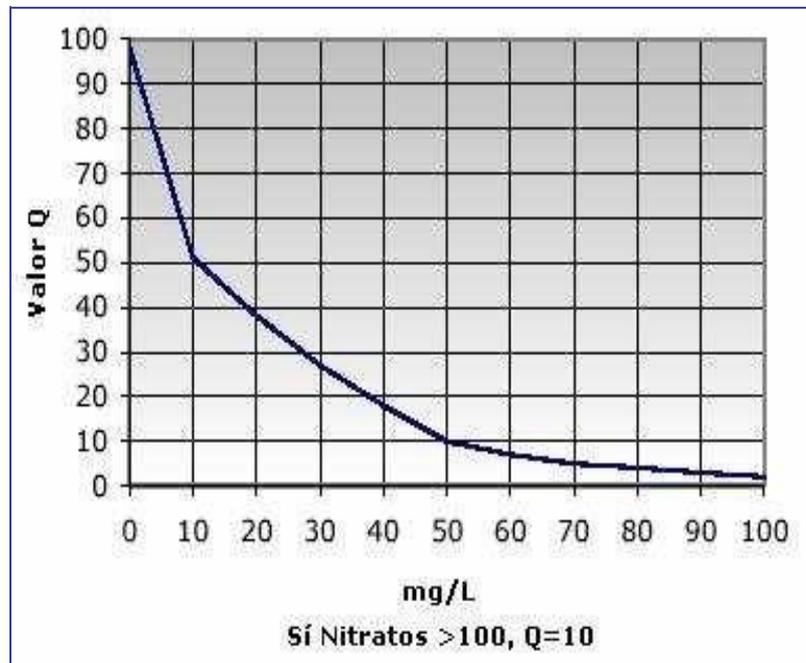
Anexo 8. Función de calidad NSF Demanda Bioquímica de Oxígeno.



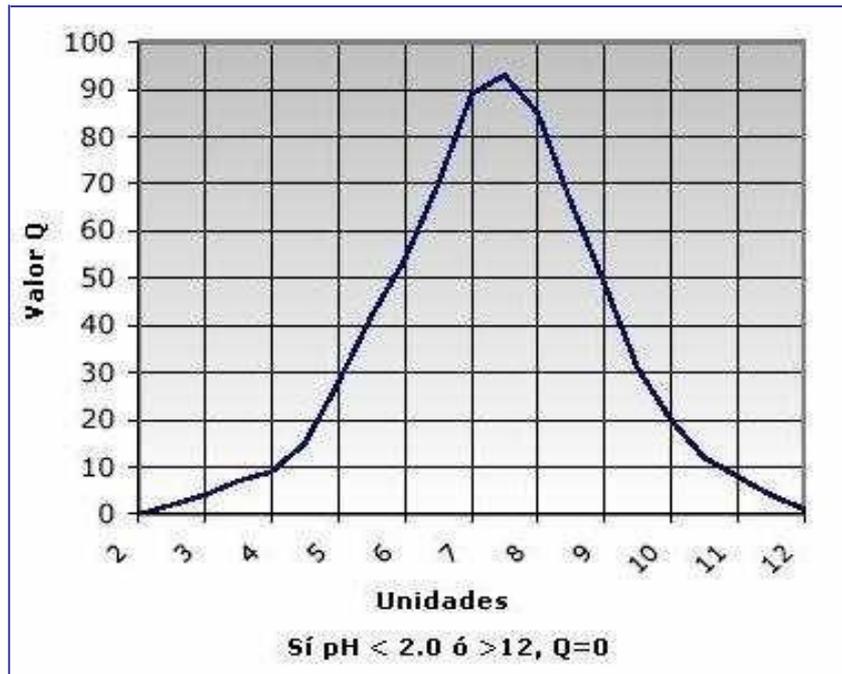
Anexo 9. Función de calidad NSF Porcentaje de Saturación de Oxígeno Disuelto.



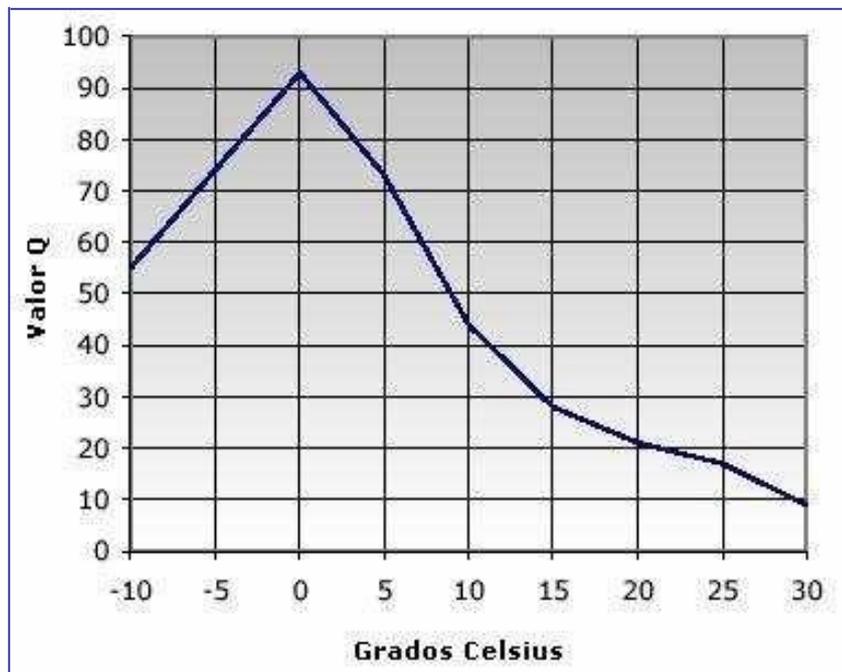
Anexo 10. Función de calidad NSF Doliformes Fecales.



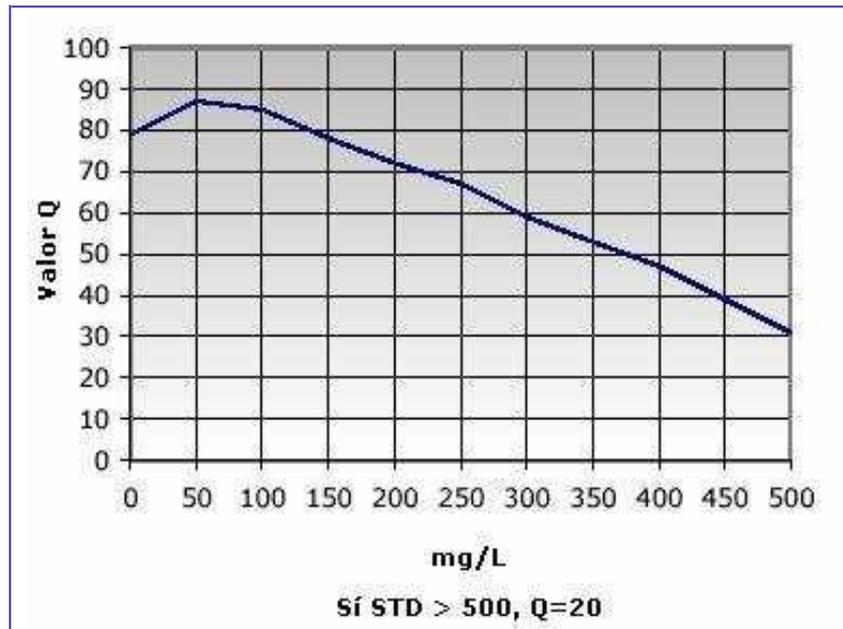
Anexo 11. Función de calidad NSF Nitratos.



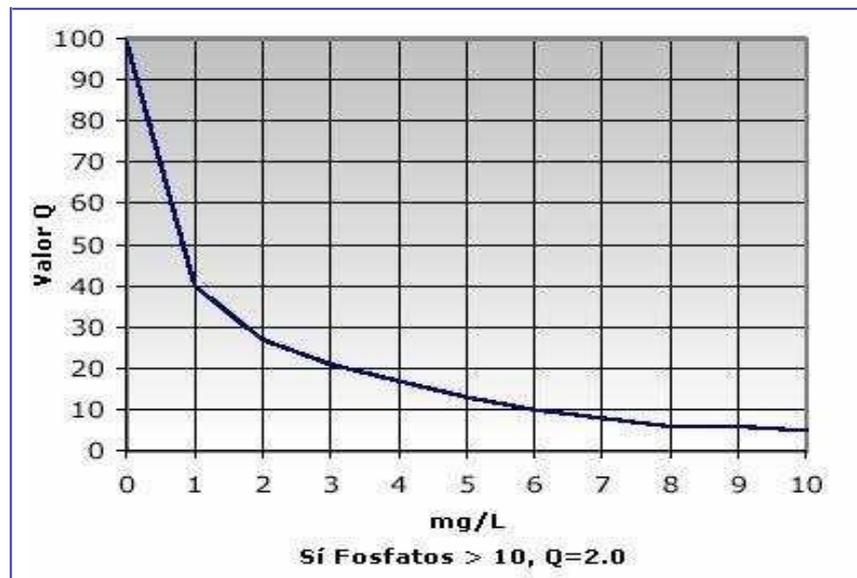
Anexo 12. Función de calidad NSF Potencial de Hidrogeno (pH)



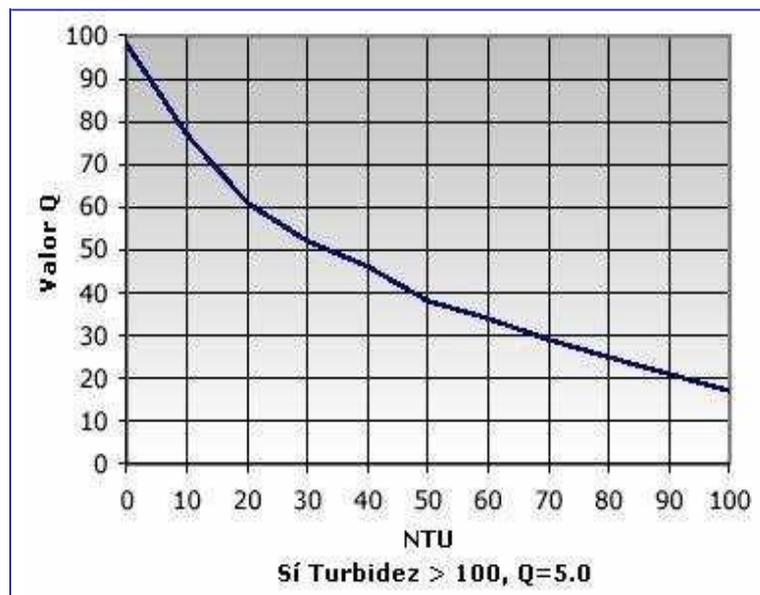
Anexo 13. Función de calidad NSF Temperatura °C.



Anexo 14. Función de calidad NSF Sólidos Disueltos.



Anexo 15. Función de calidad NSF Ortofosfatos.



Anexo 16. Función de calidad NSF Turbidez.

Velocidad de infiltración a 60 minutos					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
V. inf. hora	11	10	7,5E-05	0,00	93,83

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,02	1	0,02	6,0E-04	0,9811
COBERTURA	0,02	1	0,02	6,0E-04	0,9811
Error	321,84	8	40,23		
Total	321,86	9			

Test:Duncan Alfa=0,05
 Error: 40,2300 gl: 8

COBERTURA	Medias	n	E.E.
PASTO	6,70	6	3,17 A
MOSAICO	6,80	1	2,59 A

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

Anexo 17. Análisis de varianza respecto a la velocidad de infiltración a los 60 minutos y cobertura vegetal.

Velocidad de infiltración a 120 minutos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
V inf. hora	21	10	2,2E-03	0,00	92,72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,27	1	0,27	0,02	0,8978
COBERTURA	0,27	1	0,27	0,02	0,8978
Error	121,33	8	15,17		
Total	121,60	9			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 15,1667 gl: 8

COBERTURA Medias n E.E.

PASTO 4,00 6 1,95 A

MOSAICO 4,33 1 1,59 A

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

Anexo 18. Análisis de varianza respecto a la velocidad de infiltración a los 120 minutos y cobertura vegetal.



Anexo 19. Proceso de M.O. en la estufa del laboratorio.



Anexo 20. Análisis de Conductividad Eléctrica en el laboratorio



Anexo 19. Punto de entrada para el acceso a los puntos de muestreo y a la captación



Anexo 20. Área de laboratorio