

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE
CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN



**INFORME FINAL DEL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO,
REALIZADO EN LA PLANTA HIDROELÉCTRICA RENACE I Y EN LA
ALDEA SANTA MARÍA JULHA, SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA
VERAPAZ**

ANA LUCÍA SOTO PINEDA

COBÁN, ALTA VERAPAZ, OCTUBRE DE 2018

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**INFORME FINAL DEL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO,
REALIZADO EN LA PLANTA HIDROELÉCTRICA RENACE I Y EN LA
ALDEA SANTA MARÍA JULHA, SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA
VERAPAZ**

**PRESENTADO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO
UNIVERSITARIO DEL NORTE**

POR

**ANA LUCÍA SOTO PINEDA
CARNÉ 201245646**

**COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA EN
GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**

COBÁN, ALTA VERAPAZ, OCTUBRE 2018

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS
RECTOR MAGNÍFICO**

Ing. *MSc* Murphy Olympo Paiz Recinos

CONSEJO DIRECTIVO

PRESIDENTE: Lic. Zoot. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
SECRETARIO: Lcda. T.S. Floricelda Chiquin Yoj
REPRESENTANTE DE DOCENTES: Ing. Geól César Fernando Monterroso Rey
REPRESENTANTE DE EGRESADOS: Lic. Abg. Not. Edwin Alcides Barrios Sosa
REPRESENTANTE DE ESTUDIANTES: PEM Disraely Dárin Manfredy Jom Hernández
Br. Karla Vanessa Barrera Rivera

COORDINADOR ACADÉMICO

Ing. Ind. Francisco David Ruíz Herrera

COORDINADOR DE LA CARRERA

Ing. Agr. Julio Oswaldo Méndez Morales

COMISIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

COORDINADOR: Ing. Agr. M.A. Marcos Rafael Flores Delgado
SECRETARIO: Ing. Qco. Karen Elizabeth Vásquez Villeda
VOCAL: Ing. Agr. Julio Oswaldo Méndez Morales

REVISOR DE REDACCIÓN Y ESTILO

Lcda. T.S. Nadia Mariana Muñoz Castro

REVISOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Ing. Nery Alejandro Chocooj Barrientos

ASESOR

Ing. Agr. Julio Oswaldo Méndez Morales

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



CENTRO UNIVERSITARIO
DEL NORTE (CUNOR)
CARRERA IGAL

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz
PBX: 79 566600 Ext. 224
Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A.V.
Guatemala, C. A.
c. c.: igal_cunor@hotmail.com

Ref. No. 15-IGAL-077-2018

Cobán, 06 de agosto 2018

Señores Miembros
Comisión de Trabajos de Graduación
Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local
Centro Universitario del Norte –CUNOR-
Cobán Alta Verapaz

Respetables señores:

Atentamente hago de su conocimiento, que he revisado el Informe Final de graduación titulado: *INFORME FINAL DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO REALIZADO EN LA PLANTA HIDROELÉCTRICA RENACE I Y EN LA ALDEA SANTA MARÍA JULHA, SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ*, elaborado por la estudiante Ana Lucía Soto Pineda, carné número 201245646.

Tomando en cuenta que se cumplió con revisión; respetuosamente solicito darle el trámite correspondiente, para los efectos consiguientes.

Atentamente.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Julio Oswaldo Méndez Morales
Asesor principal



c. c. Archivo.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



CENTRO UNIVERSITARIO
DEL NORTE (CUNOR)
CARRERA IGAL

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz
PBX: 79 566600 Ext. 224
Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A.V.
Guatemala, C. A.
c. e.: igal_cunor@hotmail.com

Ref. No. 15-IGAL-119-2018

Cobán, 11 de octubre 2018

Señores Miembros
Comisión de Trabajos de Graduación
Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local
Centro Universitario del Norte –CUNOR-
Cobán Alta Verapaz

Respetables señores:

Atentamente hago de su conocimiento, que he revisado el Informe Final de graduación titulado: *INFORME FINAL DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO REALIZADO EN LA PLANTA HIDROELÉCTRICA RENACE I Y EN LA ALDEA SANTA MARÍA JULHA, SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ* elaborado por la estudiante Ana Lucía Soto Pineda, carné número 201245646.

Tomando en cuenta que se cumplió con revisión; respetuosamente solicito darle el trámite correspondiente, para los efectos consiguientes.

Atentamente.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Nery Alejandro Chocooj Barrientos
Revisor principal



c. c. Archivo.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



CENTRO UNIVERSITARIO
DEL NORTE (CUNOR)
CARRERA IGAL

Código Postal 10001 - Cobán, Alta Verapaz
PBX 79 566600 Ext. 224
Finca Sachamach, Km. 119.5 Ruta Cobán, A.V.
Guatemala, C. A.
e. e: igal_cunor@hotmail.com

Ref. No. 15-IGAL-133-2018

Cobán, 25 de octubre 2018

Señores Miembros
Comisión de Trabajos de Graduación
Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local
Centro Universitario del Norte -CUNOR-
Cobán Alta Verapaz

Respetables señores:

Atentamente hago de su conocimiento, que he finalizado la revisión en cuanto a redacción y estilo del trabajo de graduación titulado: *INFORME FINAL DEL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO, REALIZADO EN LA PLANTA HIDROELÉCTRICA RENACE I Y EN LA ALDEA SANTA MARÍA JULHA, SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ*, elaborado por la estudiante Ana Lucía Soto Pineda carné número 201245646.

El trabajo en mención cumple con los requisitos establecidos por el Centro Universitario del Norte de la Universidad de San Carlos de Guatemala; por tanto, se remite a esa instancia para que continúe con el trámite correspondiente.

Atentamente.

"Id y Enseñad a Todos"


Lcda. T. S. ~~Nadia Mariana~~ Muñoz Castro
Revisora de Redacción y Estilo

c. c. Archivo.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



CENTRO UNIVERSITARIO
DEL NORTE (CUNOR)
CARRERA IGAL

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz.
PBX: 79 566600 Ext. 224
Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A.V.
Guatemala, C. A.
e. c.: igal_cunor@hotmail.com

Ref. No. 15-IGAL-134-2018

Cobán, 25 de octubre 2018

Licenciado
Lic. Zoot. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
Director del CUNOR
Cobán Alta Verapaz

Licenciado Eskenasy:

Luego de conocer los dictámenes favorables del asesor, revisor de trabajos de graduación y de la revisora de redacción y estilo; esta Comisión da el visto bueno al trabajo de graduación titulado: *INFORME FINAL DEL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO, REALIZADO EN LA PLANTA HIDROELÉCTRICA RENACE I Y EN LA ALDEA SANTA MARÍA JULHA, SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ* elaborado por la estudiante Ana Lucía Soto Pineda, carné número 201245646, previo a optar al título de Ingeniero en Gestión Ambiental Local.

Atentamente.

“D y Enseñad a Todos”

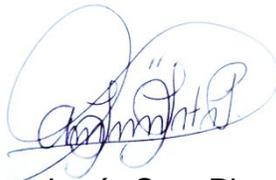

Ing. Agr. M. A. Marcos Rafael Flores Belgado
Coordinador Comisión de Trabajos de Graduación



c. c. archivo.

HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

En cumplimiento a lo establecido por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración de ustedes el trabajo de graduación titulado: informe final del ejercicio profesional supervisado, realizado en la planta hidroeléctrica Renace I y en la aldea Santa María Julha, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, como requisito previo a optar al título profesional de Ingeniera en Gestión Ambiental Local.



Ana Lucía Soto Pineda
Carné 201245646

RESPONSABILIDAD

“La responsabilidad del contenido de los trabajos de graduación es del estudiante que opta al título, del asesor y del revisor; la Comisión de Redacción y Estilo de cada carrera, es la responsable de la estructura y la forma”.

Aprobado en punto SEGUNDO, inciso 2.4, subinciso 2.4.1 del Acta No. 17-2012 de Sesión extraordinaria de Consejo Directivo de fecha 18 de julio del año 2012.

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Por darme la luz del saber, guiar siempre mí camino y fortalecerme en todo momento.

A MIS PADRES

Edmundo Soto y Ana Margarita Pineda, por todo su amor y apoyo incondicional, por constituirse en una fuente inagotable de motivación. Con infinito amor este trabajo está dedicado especialmente a ustedes porque los logros míos son también logros suyos.

A MI NOVIO

Jorge Enrique Vargas Ochoa, por su ayuda incondicional, su gran amor, comprensión, por ser mi compañero de fórmula y por compartir conmigo este triunfo.

AGRADECIMIENTOS

A:

DIOS

Por siempre acompañar y guiar mis pasos.

MIS PADRES

Gracias por todo su esfuerzo, dedicación y enseñanzas, para ayudarme a cumplir cada una de mis metas, son la luz y bendición en mi vida, los amo con todo mi corazón.

HERMANOS

José, Luis, Eunice, Carlos, Rayner, Jairo, Alejandra por enseñarme que todo sueño se puede alcanzar con empeño y dedicación.

MI NOVIO

Por su valioso apoyo durante mi etapa universitaria, por nunca dejarme vencer, por enseñarme que todo tiene solución y sobre todo por su amor. Te amo.

TÍOS Y PRIMOS

Por sus consejos, apoyo y cada uno de los momentos que llenan mi vida de alegría.

A MIS AMIGAS Y AMIGOS

Por siempre estar pendiente de mí, por su ayuda, por los momentos compartidos y su cariño.

FAMILIA VARGAS OCHOA

Por su cariño y ánimos para no darme por vencida.

A LA ALDEA

Santa María Julha, principalmente a la familia Cu Tux, por acompañarme y permitirme realizar mi trabajo de graduación con ustedes.

A LAS INSTITUCIONES

Renace y Ecofiltro, por abrirme las puertas y brindarme las facilidades para desarrollar mi trabajo de graduación.

**CATEDRÁTICOS
DE LA CARRERA**

Por compartir sus conocimientos con dedicación para mi formación profesional.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**

Por brindarme la oportunidad de formarme como profesional.

ÍNDICE

	Página	
LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS	vii	
RESUMEN	ix	
INTRODUCCIÓN	1	
ANTECEDENTES	3	
OBJETIVOS	5	
CAPÍTULO 1		
DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA UNIDAD DE PRÁCTICA		
1.1	Planta Hidroeléctrica Renace I	7
1.2	Aldea Santa María Julha	8
1.2.1	Recursos naturales	9
1.2.2	Situación ambiental	13
1.2.3	Situación socioeconómica	14
1.2.4	Organización social	15
1.2.5	Problemas ambientales identificados	16
CAPÍTULO 2		
DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS		
2.1	Educación ambiental de Santa María Julha	17
2.1.1	Objetivos	18
2.1.2	Metodología	18
2.1.3	Resultados	19
2.2	Implementación de buenas prácticas para el manejo integral de los residuos sólidos	24
2.2.1	Objetivos	24
2.2.2	Metodología	25
2.2.3	Resultados	26
2.3	Producción de abono orgánico utilizando la técnica de compostaje y Bocashi en la aldea Santa María Julha	28
2.3.1	Objetivos	28
2.3.2	Metodología	29
2.3.3	Resultados	31

2.4	Reforestación con especies nativas en la aldea Santa María Julha, para la protección de fuentes de agua	31
2.4.1	Objetivos	32
2.4.2	Metodología	32
2.4.3	Resultados	32
2.5	Generación de mapas temáticos sobre riesgos a desastres naturales y croquis de la comunidad por medio de Sistema de Información Geográfica	33
2.5.1	Objetivos	33
2.5.2	Metodología	34
2.5.3	Resultados	35
2.6	Sistema para desinfectar agua de consumo en la aldea Santa María Julha	36
2.6.1	Objetivos	36
2.6.2	Metodología	36
2.6.3	Resultados	37
2.7	Construcción de filtros lentos de arena	38
2.7.1	Objetivos	38
2.7.2	Metodología	38
2.7.3	Resultados	39
2.8	Actividades institucionales	39
2.8.1	Objetivos	40
2.8.2	Metodología	40
2.8.3	Resultados	41

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1	Educación ambiental en Santa María Julha	43
3.2	Implementación de buenas prácticas para el manejo integral de los residuos sólidos	43
3.3	Producción de abono orgánico utilizando la técnica de compostaje en la aldea Santa María Julha	44
3.4	Reforestación con especies nativas en la aldea Santa María Julha para la protección de fuentes de agua	45
3.5	Generación de mapas temáticos sobre riesgos a desastres naturales, y croquis de la aldea	45
3.6	Sistema para desinfectar agua de consumo en la aldea	46
3.7	Construcción de filtros lentos de arena	47
3.8	Actividades institucionales	47

CAPÍTULO 4 INVESTIGACIÓN INFERENCIAL

4.1	Aspectos específicos	49
4.1.1	Resumen	49
4.1.2	Planteamiento del problema	50
4.1.3	Justificación	51
4.1.4	Marco teórico	53
4.1.5	Objetivos	71
4.1.6	Hipótesis	72
4.1.7	Metodología	72
4.1.8	Resultados	87
4.2	Estrategias	121
4.2.1	Presupuesto y recursos	121
4.3	Análisis y discusión de resultados	122
4.3.1	Clasificación textural de suelos	122
4.3.2	Color de las muestras	123
4.3.3	Porosidad	123
4.3.4	Análisis geostadístico	124
4.3.5	Elaboración filtro de arcilla	125
4.4	Conclusiones de la investigación inferencial	128
4.5	Recomendaciones de la investigación inferencial	129
	CONCLUSIONES	131
	RECOMENDACIONES	133
	BIBLIOGRAFÍA	135
	ANEXOS	139

ÍNDICE DE CUADROS

1	Especies forestales	12
2	Tamaño de partículas de suelo	55
3	Porcentaje de porosidad según textura de suelo	80
4	Textura media por unidad de muestreo	89
5	Porcentaje medio de porosidad	96
6	Análisis exploratorio de datos del contenido de arcillas	97
7	Criterios de valoración para los modelos de kriging	111
8	Distribución de arcilla y aserrín	113
9	Tasa de infiltración por hora	114
10	Resultados calidad de agua filtro sin plata coloidal	116
11	Resultados calidad de agua filtro con plata coloidal	117

ÍNDICE DE IMÁGENES

1	Modelos geostadística	70
2	Modelo filtro cerámico	84
3	Ubicación de la media de unidades de muestreo	90

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

1	Fabricación de filtro cerámico	83
2	Análisis de las muestras de agua	85

ÍNDICE DE GRÁFICAS

1	Variación en porcentaje de arcilla	91
2	Variación en porcentaje de limo	91
3	Variación en porcentaje de arena	92
4	Colores dominantes en las muestras en estado húmedo	94
5	Colores dominantes en las muestras en estado seco	95
6	Variación de porosidad	96
7	Histograma contenido de arcillas sin transformación	98
8	Semivariograma del contenido de arcillas	99
9	Semivariograma modelo kriging ordinario, tipo gaussiano sin transformación de primer orden	100
10	Predicción del modelo kriging ordinario, tipo Gaussiano sin transformación de primer orden del contenido de arcillas	101
11	Semivariograma modelo kriging ordinario, tipo gaussiano sin transformación de segundo orden	103
12	Predicción del modelo kriging ordinario, tipo Gaussiano sin transformación de segundo orden del contenido de arcillas	104
13	Semivariograma modelo kriging ordinario, tipo gaussiano con transformación logarítmica de primer orden	106
14	Predicción del modelo kriging ordinario, tipo Gaussiano con transformación logarítmica de primer orden del contenido de arcillas	106
15	Semivariograma modelo kriging ordinario, tipo gaussiano con transformación logarítmica de segundo orden	108
16	Predicción del modelo kriging ordinario, tipo Gaussiano con transformación logarítmica de segundo orden del contenido de arcillas	109

ÍNDICE DE MAPAS

1	Mapa de ubicación, Santa María Julha	9
2	Área de interés para realizar muestreos	76
3	Predicción del modelo kriging ordinario, tipo Gaussiano sin transformación de primer orden del contenido de arcillas	102
4	Predicción del modelo kriging ordinario, tipo Gaussiano sin transformación de segundo orden del contenido de arcillas	105
5	Predicción modelo kriging ordinario, tipo Gaussiano con transformación logarítmica de primer orden del contenido de arcillas	107
6	Predicción modelo kriging ordinario, tipo Gaussiano con transformación logarítmica de segundo orden del contenido de arcillas	110

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

ACCN	<i>Asociattion Canadian Chemical News.</i>
A.V.	Alta Verapaz.
bmh-S (f)	Bosque muy húmedo subtropical frío.
cm	Centímetro.
CMI	Corporación Multi Inversiones.
COCODE	Consejo Comunitario de Desarrollo.
CUNOR	Centro Universitario del Norte.
E.O.R.M.	Escuela Oficial Rural Mixta.
EM	<i>Effective Microorganisms.</i>
EPS	Ejercicio Profesional Supervisado.
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
GPS	Sistema de Posicionamiento Global.
GTM	Guatemala <i>Transverse Mercator.</i>
Ha	Hectáreas.
IGAL	Ingeniería en Gestión Ambiental.
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
INE	Instituto Nacional de Estadística.
INEB	Instituto Nacional de Educación Básica.
Ing.	Ingeniero.
Kg	Kilogramo.
Km²	Kilómetro cuadrado.
m	Metro.
m²	Metros cuadrados.
MAGA	Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación.
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
mg/L	Miligramo por Litro.
mm	Milímetro.
MSNM	Metros Sobre el Nivel del Mar.

MSPAS	Ministerio de Salud y Asistencia Social.
MW	Megavatio.
No.	Número.
°C	Grados Centígrados.
pH	Potencial de hidrógeno.
RENACE	Recursos Naturales y Celulosa.
SIG	Sistemas de Información Geográfica.
USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala.
UTM	<i>Universal Transverse Mercator.</i>
WGS84'	<i>World Geodesic System 1984.</i>

RESUMEN

Las actividades ejecutadas dentro del ejercicio profesional supervisado se realizaron en la aldea Santa María Julha y en la planta hidroeléctrica Renace I, ambas se localizan en el noreste del municipio de San Pedro Carchá departamento de Alta Verapaz.

El normativo del ejercicio profesional supervisado establece dentro de sus objetivos que el estudiante debe integrar los conocimientos aprendidos, de esta manera se desarrollaron actividades de investigación, docencia y extensión relacionadas a la gestión ambiental.

Previo a la ejecución de las actividades en la aldea Santa María Julha, se realizó la planificación conforme a la identificación de los principales problemas ambientales en el área de trabajo, a partir de ello se implementaron actividades relacionadas al saneamiento ambiental, vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático, deforestación, contaminación por residuos sólidos y manejo de riesgo a desastres.

Para implementar las actividades se realizó una segmentación de los habitantes según edad, género y organización comunitaria; con el objetivo de involucrar a la mayor parte en las charlas, proyectos y programas desarrollados.

Se desarrolló una investigación inferencial para identificar las áreas con alto contenido de arcillas en la aldea Santa María Julha, para su aprovechamiento como elemento filtrante de agua contaminada, el estudio consistió en identificar en distintas muestras de suelo, su textura y porosidad; y posteriormente seleccionar el suelo ideal con el que se construyeron 5 filtros a base de arcilla, aserrín y plata coloidal.

Finalmente se genera una propuesta para la elaboración de un filtro de agua, al aprovechar los suelos arcillosos presentes en la aldea.

Las actividades institucionales llevadas a cabo en la planta hidroeléctrica Renace I, consistieron en dar seguimiento a los programas y monitoreos ambientales por medio de inspecciones generales y capacitaciones enfocadas a la educación ambiental con la finalidad de cumplir con los requerimientos del estudio de impacto ambiental y tener trascendencia ambiental.

INTRODUCCIÓN

La gestión ambiental es una herramienta que genera el desarrollo sostenible de una sociedad, por medio de la administración correcta de los recursos naturales y ayuda a mantener el equilibrio ecológico.

Las prácticas fueron realizadas en la planta hidroeléctrica Renace I y en la aldea Santa María Julha, ambas con jurisdicción en el municipio de San Pedro Carchá, departamento de Alta Verapaz, Guatemala.

Con la finalidad de promover y aplicar la gestión ambiental en la aldea, se realizó un plan de trabajo, con base a un diagnóstico sobre la situación socio ambiental del lugar. Todas las actividades realizadas estuvieron orientadas en los principales problemas ambientales identificados, refiriéndose a la educación ambiental, conservación del equilibrio ecológico, restauración del ecosistema, saneamiento ambiental, buenas prácticas ambientales y el manejo adecuado de residuos sólidos.

Las actividades se desarrollaron a partir de tres componentes enmarcados dentro del normativo del ejercicio profesional supervisado: docencia, extensión e investigación. Como parte de los programas de docencia se impartieron charlas enfocadas al manejo de recursos naturales, el manejo de residuos, saneamiento ambiental y la prevención de riesgos a desastres naturales. Como extensionismo se implementaron las siguientes actividades: producción de abono orgánico con diferentes técnicas, implementación de un manual para el manejo de residuos, programas de saneamiento ambiental, restauración con especies nativas, generación de un mapa de riesgos, entre otras.

En el componente de investigación se desarrolla el estudio, identificación de las áreas con alto contenido de arcillas en la aldea Santa María Julha para su aprovechamiento como elemento filtrante de aguas contaminadas. Dicho estudio se efectuó con la finalidad de identificar las zonas con alto porcentaje de arcillas; para ello se utilizó el método del hidrómetro. Posteriormente se identificó la porosidad de las muestras que presentaron más del 50% de arcilla.

A partir de ello, se genera una propuesta para la elaboración de un filtro de agua, con el uso de los suelos arcillosos presentes en la aldea. Para realizar la propuesta se fabricaron filtros con tres de las muestras que presentaron mejores características para su elaboración.

Dentro de la planta hidroeléctrica se realizaron actividades de seguimiento ambiental, inspecciones rutinarias, educación ambiental, acompañamiento para monitoreos de agua, aire y ruido; esto enfocado al cumplimiento legal según el estudio de impacto ambiental.

ANTECEDENTES

Las actividades correspondientes al ejercicio profesional supervisado se realizaron en un periodo de 8 meses, iniciando el 06 de febrero del 2017 y culminaron el 15 de octubre del mismo año.

Con base en los datos obtenidos de la oficina de estadística del centro de salud de Santa María Julha, durante el año 2017, el nombre de la aldea Santa María Julha a un inicio fue Xjulha' que en el idioma q'eqchi' significa: lugar en donde se recibe el agua, este nombre se estableció debido a que en la aldea se pueden observar 5 nacimientos de agua.

Al pasar los años, un padre dominico llevó la imagen de Santa María, y en conmemoración a ella en el año 1982 los comunitarios se organizaron para llamar a la aldea Santa María Julha. En 1986 fue inscrita oficialmente en la municipalidad de San Pedro Carchá.

La hidroeléctrica Renace I, según la revista energía limpia futuro mejor en su primera edición, está ubicada en San Pedro Carchá, tiene una capacidad de generación de 66 MW. Los trabajos de construcción iniciaron en 1994 y a partir del 2004 se puso en marcha. Para la generación de energía eléctrica se aprovecha una parte del caudal del río Cahabón. Las actividades institucionales se desarrollaron en el departamento de medio ambiente de la hidroeléctrica.

OBJETIVOS

General

Contribuir a la aldea Santa María Julha y a la planta hidroeléctrica Renace I, por medio de actividades de docencia, extensión, servicio e investigación que promuevan la gestión ambiental, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y las buenas prácticas ambientales.

Específicos

Desarrollar actividades que fortalezcan e impulsen el saneamiento ambiental en la aldea Santa María Julha.

Apoyar a la conservación del medioambiente, a través de la aplicación de buenas prácticas ambientales.

Realizar actividades que generen conciencia ambiental en los habitantes, por medio de charlas de educación ambiental.

Generar información y herramientas para el manejo y prevención de riesgos, con la finalidad que puedan ser utilizadas por los habitantes de la aldea.

Identificar las áreas donde existen suelos con alto contenido de arcillas en la aldea Santa María Julha para su aprovechamiento como elemento filtrante de aguas contaminadas.

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA UNIDAD DE PRÁCTICA

A continuación se describe la información general de la unidad de práctica, las actividades institucionales fueron realizadas en la planta hidroeléctrica Renace I y las actividades comunitarias en la aldea Santa María Julha, ambas sedes están ubicadas en el municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz, Guatemala.

1.1 Planta hidroeléctrica Renace I

Renace I es parte del complejo hidroeléctrico Renace, que genera energía limpia con la fuerza hidráulica, aprovechando la energía potencial de una parte del cauce del río Cahabón, para transformarla en energía eléctrica a partir de turbinas y un transformador de energía.

“La planta hidroeléctrica Renace I, genera 66 MW, suficiente para cubrir la demanda de una ciudad como Quetzaltenango. Está conformada por una presa de derivación de 7.5 metros de altura y 29 metros de largo”.³

Los trabajos iniciaron en 1994, la planta tiene incorporada una estructura de boca toma donde el agua pasa por un sistema de limpieza para extraer todos los residuos que arrastra la corriente del río Cahabón. El agua posteriormente pasa por un canal de concreto que tiene una longitud de 6.5 kilómetros, para después pasar por un túnel de 1.5 kilómetros de longitud.

³ Excelencia empresarial. *Complejo Hidroeléctrico Renace: energía limpia futuro mejor*. Corporación Litográfica S.A. Guatemala 2016.

Según la revista Excelencia empresarial 2016, el agua desemboca en un embalse de regulación diaria con capacidad de 475 000 metros cúbicos. A partir de ese punto es transportada por gravedad o por bombeo hacia un desarenador.

“Después de pasar por el desarenador el agua se dirige hacia casa de máquinas, para ello pasa por tres tuberías de alta presión donde se aprovecha una caída de 210 metros. En casa de máquinas se cuenta con tres turbinas tipo *Francis*, cada una tiene la capacidad de generar 22 megavatios. La energía generada en casa de máquinas es transportada a una subestación eléctrica que eleva el voltaje a 69 000 voltios que luego es transportada por una línea de transmisión de 36 kilómetros de longitud hasta llegar a la subestación de San Julián.”⁴

La construcción de Renace I se realizó en ocho años e inició operaciones en marzo del 2004.

1.2 Aldea Santa María Julha

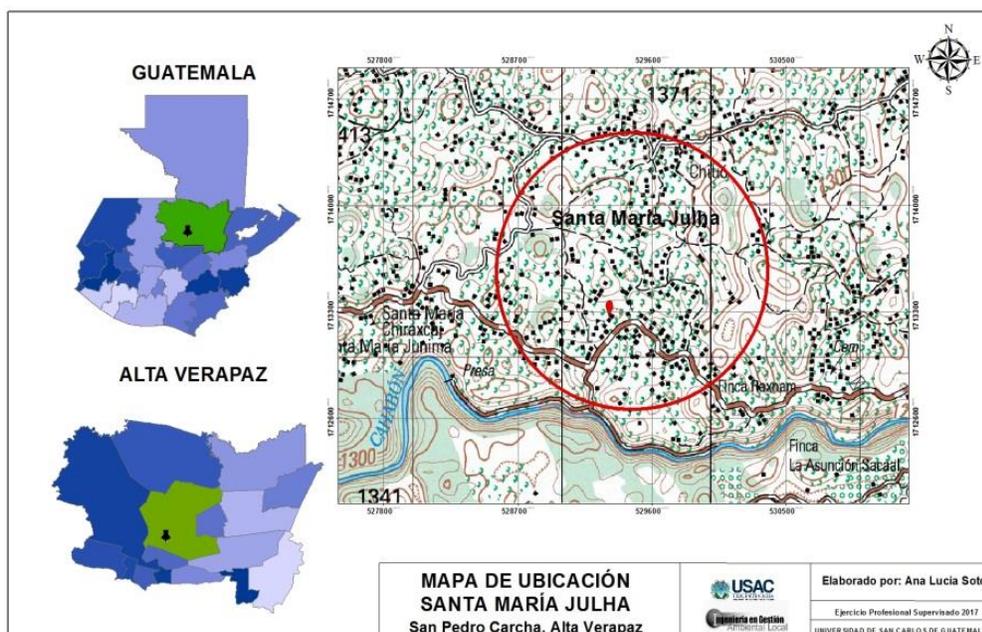
Santa María Julha está ubicada en la región 4 denominada Chio, perteneciente al municipio de San Pedro Carchá, del departamento de Alta Verapaz, Guatemala. Fue inscrita como aldea en el año 1986.

Se localiza en coordenadas GTM, N1712981 E529257, a una distancia de 234 km de la ciudad capital, a 21.2 km de la cabecera departamental de Alta Verapaz, Cobán y a 12.5 km del municipio San Pedro Carchá.

Según censo realizado en el año 2016, por el *Centro de Convergencia de Santa María Julha*, se tiene un total de 1 052 habitantes, distribuidos según el género en 534 mujeres y 518 hombres.

⁴ *Ibíd.*

MAPA 1 MAPA DE UBICACIÓN, SANTA MARÍA JULHA



Fuente: Elaboración propia. Año 2017.

1.2.1 Recursos naturales

De acuerdo a los datos obtenidos en el diagnóstico ambiental realizado en Santa María Julha en el año 2017, se presentan los siguientes datos.

a. Edáficos

Estos suelos presentan escasa evidencia del desarrollo de su perfil y horizontes genéticos, debido a las condiciones como el relieve cambiante que incide en la alta erosión de suelos, provocando la pérdida de los horizontes, principalmente el orgánico. Otro aspecto importante es el exceso de lluvia, que arrastra las partículas del suelo provocando el arrastre de nutrientes.

b. Geológicos

“Santa María Julha se ubica sobre la plataforma carbonatada del norte de Guatemala; se observa roca caliza cretácica perteneciente a la formación Cobán con un avanzado proceso kárstico que rige la geomorfología de la zona”.⁵

c. Geomorfología

“Según el *mapa geológico de la República de Guatemala*, elaborado por el Instituto Geográfico Nacional, la zona donde se localiza Santa María Julha presenta geoformas producto de avanzados procesos kársticos arrojando campos de dolinas, poljes, exposiciones de tipo lapiaz, simas y crestas; este conjunto de geoformas da como resultado un relieve accidentado diferenciando correctamente las zonas denudacionales de las agradacionales.”⁶

d. Hídricos

1) Cuenca

Santa María Julha pertenece a la cuenca del río Cahabón, el cual nace en la Sierra de las Minas y se une al río Polochic para desembocar en la vertiente del atlántico.

Al sur de la aldea, se encuentra el río Cahabón, el agua del mismo abastece a los habitantes únicamente en épocas secas.

⁵ Proyecto de Asistencia Técnica y Generación de Información –CATIE-. *Mapa Geológico de la República de Guatemala*. Instituto Geográfico Nacioneal -IGN- 2000.

⁶ Ibid.,5.

2) Nacimientos de agua

En todo el territorio de la aldea hay cinco nacimientos de agua, que utiliza la población para su consumo diario. El nacimiento que está ubicado al noreste, cuenta con galerías de captación y un tanque de almacenamiento.

f. Fauna

Según *Barrios Manuel* en el informe elaborado sobre monitoreo biológico en la hidroeléctrica Renace 1 en el año 2017, la diversidad de animales ha disminuido con el paso del tiempo, debido a malas prácticas como la cacería y la deforestación.

Los mamíferos tales como tepescuintle (*Agouti paca*), taltuza (*Orthogeomys grandis*), armadillo (*Dasyus novemcinctus*), y venado de cola blanca (*Dasyus novemcinctus*), son los que más han sido afectados.

g. Flora

En Santa María Julha hay variedad de especies que conforman la flora, las más características del área son la pacaya (*chamaedorea elegans*), izote (*yucca elephantipes*), platanares (*musa paradisiaca*), pino (*pinus maximinoi*) y el chochoc (*Anadenanthera peregrina*).

La vegetación es relativamente abundante, sin embargo hay áreas que están deforestadas. En el siguiente cuadro se presenta un listado con las especies forestales.

CUADRO 1 ESPECIES FORESTALES

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
Aguacate	<i>(Persea americana)</i>
Ciprés	<i>(Cupressus)</i>
Coyou	<i>(Persea schiedeana nees)</i>
Duraznos	<i>(Prunus pérsica)</i>
Guayabas	<i>(Psidium guajava)</i>
Injertos	<i>(Prunus americana)</i>
Liquidámbar	<i>(Liquidambar styraciflua)</i>
Naranjas	<i>(Citrus aurantium)</i>
Pino candelillo	<i>(Pinus maximinoi)</i>
Tasiscob	<i>(Perymeniun grande)</i>
Guarumo	<i>(Cecropia)</i>
Chochoc	<i>(Anadenanthera peregrina)</i>
Acacia	<i>(Acacia sensu lato)</i>
Zapotillo	<i>(Manilkara zapota)</i>
Aguacatillo	<i>(Persea caerulea)</i>
Pata de chunto	<i>(Hedyosmum mexicanum)</i>

Fuente: Diversidad florística de Guatemala. Año 2008.

h. Bosque

Se pueden encontrar especies coníferas, principalmente pino (*Pinus maximinoi*) y ciprés (*Cupressus*). Latifoliadas de hoja caduca como el Liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*). Sin embargo los bosques de coníferas son los más dominantes en el área de estudio. Renace ha implementado programas de reforestación para la restauración del ecosistema.

1.2.2 Situación ambiental

a. Saneamiento ambiental

Santa María Julha cuenta con un área llamada centro de convergencia para atender temas sobre saneamiento ambiental. En los últimos años ha organizado actividades como charlas sobre higiene y jornadas de recolección de residuos para garantizar la salubridad ambiental de los habitantes.

b. Contaminación

1) Contaminación al aire

Una de las actividades que genera contaminación al aire es la quema de residuos sólidos, según encuesta realizada por el centro de convergencia en el 2017, el 42% de la población quema sus residuos al aire libre.

2) Contaminación al agua

De acuerdo al diagnóstico ambiental realizado en el año 2017, la contaminación al agua es generada principalmente por el manejo inadecuado de los residuos sólidos y líquidos. La ubicación de las letrinas a una distancia de menos de 30 metros de los nacimientos de agua es una de las principales causas que genera la presencia de coliformes fecales en el agua.

3) Contaminación al suelo

Según encuesta realizada por el centro de convergencia en el 2017, las principales causas que generan contaminación al suelo son el uso de agroquímicos y el manejo inadecuado de los residuos sólidos.

1.2.3 Situación socioeconómica

La siguiente información se presenta con base a los resultados obtenidos en el diagnóstico ambiental realizado en el año 2017 por la epesista en la aldea Santa María Julha.

a. Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento en Santa María Julha en relación a datos estadísticos es de 2.89% anual.

b. Vivienda

Dentro de la aldea están establecidas 183 viviendas, en las que se distribuyen 246 familias.

a. Niveles de pobreza

“La aldea Santa María Julha se encuentra en los niveles de pobreza general: 97.37% y pobreza extrema de 2.63%.”⁷

⁷ Oficina de Estadística, Centro de Salud, San Pedro Carchá. 2016.

b. Educación

Cuenta con una Escuela Oficial Rural Mixta, Santa María Julha, la cual inició a impartir clases en el año 1993, pero fue hasta el 2009 cuando se oficializó. En el año 2017 se inscribieron 189 niños, 30 en nivel preprimario y 159 en el nivel primario. De los inscritos se registraron 94 niñas y 95 niños.

c. Salud

La causa principal de morbilidad en los habitantes de la aldea son enfermedades gastrointestinales, las cuales afectan principalmente a las mujeres y niños, esto podría deberse al consumo de agua contaminada a causa de la ausencia de saneamiento ambiental.

1.2.4 Organización social

Cada año en asamblea general la aldea elige al Consejo Comunitario de Desarrollo COCODE.

El COCODE forma parte del Sistema de Consejos de Desarrollo, su función principal es velar por el desarrollo de la aldea y realizar las gestiones pertinentes para que se desarrollen proyectos.

Para el año 2018 el COCODE se integró por el señor Roberto Ical, el vicepresidente Juan Ical Chu, secretario Mateo Cu Tux y el tesorero Sebastián Ical.

1.2.6 Problemas ambientales identificados

Por medio de las encuestas, entrevistas y talleres implementados para desarrollar el diagnóstico comunitario, se identificaron y jerarquizaron los problemas de razón socio ambiental. A continuación se enlistan:

1. Contaminación de agua para consumo de la comunidad.
2. Vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático.
3. Deforestación.
4. Contaminación por residuos sólidos.
5. Riesgo a hundimiento de suelos.

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS

En el siguiente apartado se describe las actividades ejecutadas en la unidad de práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, estas fueron establecidas en el plan de trabajo realizado anexo al diagnóstico ambiental comunitario.

Las actividades ejecutadas en la aldea Santa María Julha, son producto de la jerarquización de problemas ambientales identificados por medio de herramientas participativas, en donde se involucró a la población en general del área intervenida. En el departamento de medioambiente de la planta hidroeléctrica Renace I, se brindó apoyo en las actividades de seguimiento y cumplimiento ambiental.

2.1 Educación ambiental en Santa María Julha

La educación ambiental es una de las principales herramientas para crear conciencia en los pobladores sobre la importancia de proteger el medioambiente y principalmente promover el desarrollo sostenible, por tal razón se impartieron charlas enfocadas en dichos temas, que se realizaron de manera segmentada, abarcando a los siguientes grupos clave:

Líderes comunitarios.

Estudiantes y maestros de la escuela Santa María Julha.

Comité de jóvenes y mujeres.

Adultos y ancianos.

2.1.1 Objetivos

Generar conciencia sobre la problemática ambiental en los habitantes de la aldea Santa María Julha.

Enseñar la importancia del cuidado del medioambiente y como aprovechar los recursos naturales correctamente.

Ampliar los conocimientos sobre el entorno ambiental que rodea a la aldea.

2.1.2 Metodología

Para realizar las charlas de educación ambiental se cumplió con la siguiente metodología en cada uno de los temas impartidos:

Con anticipación se informó y programó la fecha para impartir la charla, así mismo se estableció el lugar de trabajo.

Preparación del material audiovisual, con imágenes y videos explicativos según el tema impartido y el grupo focal.

Solicitud de apoyo al facilitador comunitario y maestros (as) para la traducción del idioma español a q'eqchi' y viceversa, con la finalidad de lograr una mayor captación del tema impartido.

En cada charla se realizó una actividad o dinámica relacionada al cuidado del medioambiente.

Al final de las actividades se generó un ambiente de preguntas y respuestas con todos los participantes para aclarar dudas.

2.1.3 Resultados

A continuación se describen los resultados para cada una de las charlas impartidas:

a. El paisaje de Santa María Julha

Se capacitó a 64 estudiantes de la escuela Santa María Julha de cuarto, quinto y sexto grado sobre el paisaje de la aldea, con temas enfocados a los recursos naturales presentes en la aldea.

Exposición por parte de los alumnos divididos en 8 grupos, sobre el nombre común de las especies de flora y fauna que han observado en la aldea y la importancia de conservarlas.

Los estudiantes de manera grupal, generaron 8 dibujos de paisajes en pliegos de papel manila.

b. Charla en conmemoración al Día de la Tierra

Capacitación a 64 estudiantes de los grados de cuarto, quinto y sexto primaria de la escuela Santa María Julha, sobre la importancia del equilibrio ecológico y las principales actividades que generan contaminación al medioambiente.

Como dinámica se les entregó a los alumnos diferentes piezas de rompecabezas con imágenes del medioambiente degradado y conservado; los estudiantes armaron los rompecabezas en grupos.

c. Manejo adecuado de los residuos

Previo a la actividad sobre buenas prácticas para el manejo integral de los residuos sólidos, se impartió una charla sobre los mismos, en la que se obtuvo la participación de jóvenes y adultos de la aldea. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Se capacitó a 79 habitantes de la aldea Santa María Julha sobre el manejo y clasificación de residuos sólidos.

Se inició con la primera jornada de recolección de residuos en los alrededores de la aldea. Participaron 25 habitantes.

En total se recolectaron 107.5 kg de residuos, de los cuales 30.4 kg se clasificaron como plásticos reciclables para su venta a una recicladora y el resto se transportó hacia el botadero municipal de San Pedro Carchá.

d. Día mundial del reciclaje

Se capacitó a 17 alumnos representantes de los grados de tercero, cuarto, quinto y sexto primaria sobre la importancia de la reutilización con la finalidad de evitar la contaminación a causa de los residuos sólidos.

Como ejemplo de reutilización y con la ayuda de los alumnos, se construyeron 6 jardineras en forma de cisne, para ello se utilizaron botellas de plástico.

Las jardineras fueron instaladas en los alrededores de la escuela, en cada una se plantó 1 árbol de la especie Eugenia

(*Eugenia uniflora*), debido a que no desarrolla altura que pueda crear inconvenientes.

e. Día mundial sobre la desertificación y la sequía

Se impartió una charla sobre la desertificación y la sequía a 55 mujeres de la aldea. La charla se enfocó en las causas que genera dicha problemática y las medidas que se deben tomar para no ser vulnerable ante esa amenaza. Como medida de mitigación se les expuso por medio de imágenes la manera de construir reservorios de agua pluvial en sus viviendas.

f. Prevención ante desastres naturales

La capacitación programada para la prevención ante desastres naturales se realizó en dos sesiones con los maestros y una con todos los alumnos y maestros de la escuela Santa María Julha.

Primeros auxilios: maestros.

Tipos de amenazas naturales: maestros.

Simulacro de terremoto: alumnos y maestros.

1) Primeros auxilios

Para realizar dicha capacitación se contó con el apoyo de un brigadista, el ingeniero Allan Echeverría de la planta Hidroeléctrica Renace I. Con el apoyo del Ing. Allan Echeverría, se capacitó a 7 maestros de la escuela y a 2 representantes del COCODE.

Los maestros conocieron de manera práctica las técnicas básicas para atender y evaluar a una persona

accidentada, aplicando las principales atenciones para: inmovilizar, reanimación cardiopulmonar, respiración de salvamento y control de hemorragias.

Se entregó 1 manual de primeros auxilios a todos los participantes.

2) Tipos de amenazas naturales

Por medio de material audiovisual, se realizó una capacitación sobre amenazas naturales, en la cual asistieron todos los maestros de la escuela, el facilitador comunitario y un representante del COCODE.

Los temas abarcados en la capacitación fueron: sequías, huracanes, tormentas, incendios, sismos, deslizamientos e inundaciones.

3) Simulacro de terremoto

Se realizó un simulacro para que alumnos y maestros estuvieran al tanto de cómo actuar ante una situación de emergencia dentro de las condiciones físicas y ambientales que la escuela posee.

En la actividad se involucró a los padres de familia, para fomentar la participación e integridad de género, principalmente en dinámicas enfocadas a la gestión de riesgos a desastres.

Objetivos

Realizar simulacro de terremoto con los estudiantes de la Escuela de Santa María Julha.

Propiciar la toma de decisiones durante desastres.

Impartir prácticas de primeros auxilios.

Procedimiento

Planificación y socialización con los maestros del simulacro. Se asignaron responsabilidades a cada uno de los participantes.

Por medio de los maestros se les informó a los padres de familia que se iba a realizar un simulacro.

Capacitación a los maestros y niños sobre cómo actuar en caso de un desastre. A cada uno de ellos se les entregó una tarjeta con los números de emergencia: CONRED, Policía, Bomberos, Cruz Roja.

Para dar inicio al simulacro sonó una alarma y así se procedió a la evacuación de los alumnos.

Resultados

Señalización en toda la escuela con rutas de evacuación y punto de reunión en caso de una emergencia.

Participación de 189 alumnos de todos los grados en el simulacro, permitiéndoles conocer cómo actuar en caso de un terremoto.

El tiempo de respuesta entre la alarma de evacuación y la llegada de todos los estudiantes al punto de reunión fue de 1 minuto con 34 segundos. Se considera que los ocupantes asignados a una salida deben poder traspasarla en un tiempo máximo de 2.5 minutos.

2.2 Implementación de buenas prácticas para el manejo integral de los residuos sólidos

Las buenas prácticas ambientales son necesarias para mejorar el saneamiento y mantener condiciones de higiene ideales que favorezcan la protección de los recursos naturales y la salud de los habitantes en general.

Se realizaron actividades con el propósito de reducir el impacto ambiental negativo que causan los procesos del diario vivir de la población.

La contaminación provocada por los residuos sólidos es uno de los problemas principales dentro de Santa María Julha, por ello se implementaron actividades enfocadas a las buenas prácticas para mantener las áreas libres de residuos y a darles un manejo apropiado.

2.2.1 Objetivos

Generar un manual que contenga el procedimiento adecuado para el manejo de residuos sólidos.

Formar una comisión dentro de la aldea encargada de velar por el manejo adecuado de los residuos sólidos.

Realizar días de recolección de residuos sólidos en toda la aldea con niños, jóvenes y adultos.

2.2.2 Metodología

a. Comisión manejo integral de residuos sólidos

Dentro de la estructura organizacional de la aldea anteriormente no existía una comisión para el manejo integral de los residuos sólidos.

Para realizar la actividad, se convocó a una asamblea general a todos los habitantes con la finalidad de hacer la elección y definir a las personas que conformarían la comisión.

El objetivo principal de crear dicha comisión se enfocó en asignar a personas responsables que propicien el manejo adecuado de los residuos sólidos.

b. Manual sobre el procedimiento adecuado para el manejo de residuos

Para la generación del manual se utilizó la línea base sobre la disposición final de residuos sólidos obtenida en el diagnóstico comunitario, se adecuó a las condiciones de vida de los habitantes.

El contenido del manual se presentó de forma gráfica para facilitar su comprensión; este incluyó la definición de términos como parte de la formación del lector, así como la explicación detallada para la producción de abono orgánico.

Una vez concluido el manual, se hizo entrega de dos copias a la comisión para el manejo adecuado de los residuos sólidos. En asamblea general se expuso el contenido del manual y la manera de implementarlo correctamente.

c. Recolección de residuos sólidos

Se programó una reunión con el facilitador comunitario, la extensionista del Centro de Salud y la presidenta de la comisión para el manejo adecuado de los residuos sólidos, con la finalidad de establecer el día exacto de la recolección y el medio de transporte para trasladar los residuos al vertedero municipal de San Pedro Carchá y a la recicladora.

El día de la recolección a cada participante se le asignó un lugar para recolectar residuos y se le entregó una bolsa negra.

Se estableció un punto de reunión para dejar los residuos, posteriormente junto con todos los participantes se clasificaron como reciclables y no reciclables. Una vez clasificados se almacenaron en bolsas identificadas y se pesaron.

Al culminar la clasificación se procedió a cargar los residuos al vehículo y se transportaron los reciclables a la recicladora y el resto al botadero municipal de San Pedro Carchá.

2.2.3 Resultados

a. Comisión manejo integral de residuos sólidos

Se creó una comisión para el manejo integral de residuos sólidos bajo el acta No. 22-2017, folio 220 y 221; la comisión está conformada por:

Presidente: Irma Yolanda Chub Toy. Vocal I: Vicenta Choc.
Vicepresidente: Matilda Ical Ical. Vocal II: Estela Mucu.
Secretaria: Rosalina Ical Ical.

Una de las primeras actividades coordinadas por la comisión fue el seguimiento de las jornadas de recolección de residuos en los alrededores de la aldea.

Con el apoyo de las integrantes de la comisión se construyeron y pintaron 10 letreros con la frase “no tirar basura”, estos fueron instalados en todos los alrededores de la aldea.

b. Manual sobre el procedimiento adecuado para el manejo de residuos

Se generó un manual sobre el procedimiento adecuado para el manejo de residuos, el contenido fue orientado a la forma de vida de los habitantes, promoviendo las buenas prácticas y el aprovechamiento de los mismos. Su objetivo es ser una herramienta utilizada por los integrantes de la comisión de residuos sólidos para que puedan guiarse y planificar sus actividades.

En el manual se abarcaron los temas siguientes:

Residuos sólidos.

Programa comunitario para manejo de residuos.

Como hacer abono orgánico tipo composta.

Jornadas de limpieza en la aldea.

Se hizo entrega de 2 copias en físico y digital del manual a los integrantes de la comisión, estos son los encargados de replicarlos con el resto de los habitantes que estén interesados en conocer su contenido.

c. Recolección de residuos sólidos

Se coordinaron 2 jornadas de recolección de residuos sólidos en los alrededores de la aldea Santa María Julha.

En total se recolectaron 176 kg de residuos inorgánicos de los cuales 40.1 kg se entregaron a una recicladora para su aprovechamiento.

En la primera jornada de recolección programada se obtuvo una participación de 25 habitantes y en la segunda 27.

2.3 Producción de abono orgánico utilizando la técnica de compostaje y *Bocashi* en la aldea Santa María Julha

La actividad consistió en enseñarles a un grupo de familias de la aldea, maestros y estudiantes de la escuela Santa María Julha, a producir abono con el aprovechamiento de los residuos orgánicos que generan en sus viviendas.

La técnica aplicada para producir abono en la escuela fue el compostaje y con las familias el *Bocashi* con microorganismos eficaces activados EMA.

2.3.1 Objetivos

Realizar abono tipo compost con los maestros y estudiantes de la escuela Santa María Julha y entregar una compostera de niveles a la escuela.

Aplicar con las familias la técnica del *Bocashi* con microorganismos eficaces activados para realizar abono y promover una agricultura amigable con el medioambiente.

2.3.2 Metodología

a. Elaboración de abono orgánico tipo compost en la escuela Santa María Julha

Para cumplir con esta actividad fue necesario llevar a cabo las siguientes actividades:

Informar a los estudiantes y maestros sobre la actividad y solicitarles que lleven residuos orgánicos de su casa como: cascara de fruta y verdura, residuos de poda y rastrojo, estiércol avícola o cerdaza, aserrín y ceniza.

Capacitación relacionada al procedimiento y manejo de una compostera.

Preparación de residuos, cortarlos en pequeños trozos de 5 centímetros aproximadamente para favorecer su descomposición.

Buscar un área con techo y trazar un cuadrado de 1 m², posteriormente agregar una capa de cal en el suelo además agregar una capa de vegetación seca de 10 centímetros.

Agregar una capa de vegetación verde o desperdicio de comida de 10 centímetros, luego una capa de estiércol de 2 centímetros y por último adicionar una capa de suelo de 2 centímetros.

Alternar en capas la materia verde, estiércol y suelo hasta llegar a un metro de altura. Cubrir todos los materiales con un *nylon* negro.

Una vez a la semana se deberá aplicar agua y mezclar bien todos los materiales.

Los resultados se obtendrán a partir del tercer al cuarto mes después de haber iniciado el proceso.

b. Elaboración de abono orgánico tipo *Bocashi* con microorganismos eficaces

Para su elaboración se llevaron a cabo las siguientes actividades:

Adquisición de los microorganismos eficaces y melaza para su activación y capacitación a participantes sobre su uso y beneficio.

Activación de los microorganismos eficaces utilizando melaza. Monitoreo de los microorganismos hasta llegar a un pH menor a 4.

Preparación de los materiales para realizar el abono: estiércol de gallina, ceniza, restos de frutas y verdura. Inoculación de los materiales con EMA.

Para fabricar la compostera de tres niveles se utilizó madera de desperdicio y se forró por dentro con nailon, en la base de cada nivel se colocó una malla de 2 mm para el drenaje de los lixiviados y en la base se instaló un recipiente de plástico para almacenarlos.

2.3.3 Resultados

a. Elaboración de abono orgánico tipo compost en la escuela Santa María Julha

En esta actividad participaron 189 alumnos y 7 maestros.

Se asignaron grupos para realizar los cuidados respectivos del compost, el proceso culminó en 4 meses y en total se obtuvieron 29.5 kilogramos de abono orgánico producido en la escuela Santa María Julha.

Entrega de una compostera de tres niveles para realizar abono orgánico tipo compost.

b. Elaboración de abono orgánico tipo *Bocashi* con microorganismos eficaces

Se le enseñó a la comisión para el manejo integral de residuos sólidos a producir abono orgánico tipo *Bocashi* con microorganismos eficaces.

Se generó abono en un periodo de 30 días y se obtuvieron 25 kilogramos de abono orgánico.

2.4 Reforestación con especies nativas en la aldea Santa María Julha para la protección de fuentes de agua

Se realizó una jornada de reforestación en la parte alta de la aldea Santa María Julha, con la finalidad de proteger las fuentes hídricas. Se utilizaron únicamente especies nativas de la región para contribuir a la restauración ecológico.

2.4.1 Objetivos

Recuperar áreas deforestadas en la parte alta de la aldea para proteger las fuentes de agua y favorecer la recarga hídrica.

Restaurar el ecosistema con especies nativas de la región.

Involucrar a los niños, jóvenes, adultos y a los líderes comunitarios de la aldea, para incentivar la protección ambiental.

2.4.2. Metodología

Charla sobre la importancia de los árboles y la relación con la protección de fuentes de agua. Establecimiento de las áreas a reforestar y las personas encargadas de cada área.

Se realizó la gestión de los árboles a sembrar con el ingeniero Byron Hernández , especialista de proyectos ecosociales de la planta hidroeléctrica Renace.

Limpieza y desmalezado de las áreas a reforestar y apertura de agujeros para plantar los árboles. Siembra de árboles en las áreas asignadas.

2.4.3 Resultados

Se coordinó una jornada de reforestación en la aldea Santa María Julha, en la cual participaron 112 personas niños, maestros, jóvenes y líderes comunitarios.

En las áreas con pendiente mayor al 30° se aplicó la técnica de tresbolillo y en bajas pendientes se plantó en cuadrado, la distancia entre cada planta fue de 4 metros. En total se plantaron 600 árboles, de las siguientes especies:

50 Encinos (*Quercus*).

150 Pinos (*Pinus maximinoi*).

400 Liquidambar (*Liquidambar styraciflua*).

2.5 Generación de mapas temáticos sobre riesgos a desastres naturales y croquis de la comunidad por medio de Sistema de Información Geográfica

Un mapa es una herramienta de gran utilidad para la planificación territorial y administración de tierras, sobre todo para evitar que se vea afectada por un desastre natural.

Con un Sistema de Información Geográfica *ArcGIS* y un GPS, se levantó información geográfica relevante de la aldea Santa María Julha sobre los riesgos identificados, la distribución de la infraestructura y los recursos naturales.

2.5.1 Objetivos

Geo posicionar todos los linderos de la aldea para generar un croquis que contenga los elementos de infraestructura y los recursos naturales con los que cuenta Santa María Julha.

Generar un mapa de riesgos que evalúe las zonas con amenaza a remoción de masas, incendios e inundaciones.

Realizar un informe sobre la identificación de riesgos a desastres para entregarlo y exponer su contenido a los líderes comunitarios.

2.5.2 Metodología

Se posicionaron todos los linderos de la aldea con un GPS para generar el polígono del área de incidencia.

Con un GPS se tomaron las coordenadas de ubicación de los nacimientos de agua, iglesias, cementerios, centro de convergencia y escuela para representarlos en el croquis.

Una vez establecido el polígono de la aldea, se procedió a realizar un análisis de las condiciones del lugar por medio de fotografías aéreas, mapa de modelo de elevación digital y topografía.

En compañía del facilitador comunitario se efectuó un recorrido por la aldea para identificar los riesgos a desastres naturales: zonas de inundación, incendios y deslizamientos.

A cada uno de los deslizamientos identificados se les midió el largo, altura, profundidad, para poder llevar a cabo la caracterización y definición de los riesgos por movimiento de masas.

Los datos obtenidos fueron procesados y analizados en el Sistema de Información Geográfica *ArcGis* para generar los mapas temáticos.

2.5.3 Resultados

Se realizó un croquis de toda la aldea Santa María Julha con las principales infraestructuras: viviendas, escuela, tiendas, iglesias, centro de salud, mercado. Y los recursos naturales: nacimientos de agua, áreas boscosas y el río Cahabón. En reunión con los líderes comunitarios se hizo entrega de una manta vinílica con una dimensión de 1 metro cuadrado conteniendo el croquis impreso en alta definición.

Se generó un mapa de riesgo a desastres en donde se identificaron los puntos con riesgo a deslizamiento, incendios e inundaciones. Adicionalmente se elaboró un mapa con las zonas que presentan riesgo a movimiento de masas, estas últimas se clasificaron de la siguiente manera:

Erosión leve.

Erosión laminar.

Erosión lineal.

Erosión lineal intensa.

Inicio de movimiento de masas.

Derrumbes.

Derrumbes y desprendimientos.

Ambos mapas se imprimieron en una manta vinílica de 1 metro cuadrado y se colocaron en el salón comunal.

A partir de la generación de los mapas se realizó un informe explicativo de cada uno de los riesgos identificados. Se establecieron medidas de prevención y mitigación de desastres naturales.

Para la entrega del informe y mapa de riesgos se tuvo la participación de 15 representantes que integran las comisiones de la aldea.

2.6 Sistema para desinfectar agua de consumo en la aldea Santa María Julha

Con apoyo de un extensionista del Centro de Salud de San Pedro Carchá, se programó un taller sobre los métodos de desinfección convencionales de agua y las herramientas caseras que se pueden implementar para retirar los sólidos suspendidos en el agua.

2.6.1 Objetivos

Capacitar a las mujeres de la comunidad sobre el sistema de cloración de agua para consumo humano.

Enseñar el uso de filtros de tela en los sistemas de captación de agua pluvial.

2.6.2 Metodología

Se gestionó con el Centro de Salud, el apoyo de un extensionista para mostrarles a las mujeres de Santa María Julha, la manera correcta de desinfectar el agua para consumo.

Se convocó a reunión a todas las mujeres en el salón comunal, para impartir la charla de cloración, se le solicitó a cada participante llevar telas para realizar la actividad.

a. ¿Cómo clorar el agua?

En este apartado explicó de manera demostrativa la dosificación correcta del hipoclorito de sodio que se debe aplicar al agua: 1 gota por litro con una concentración de 3 a 4.7%.

b. Implementación de filtro de tela

Se les explicó a las participantes por medio de una práctica, como implementar filtros caseros de tela. El procedimiento consistió en los siguientes pasos:

Dejar que el agua se asiente en un recipiente, de tal forma que los sólidos se depositen en el fondo.

Doblar la tela 4 veces y estirla sobre la boca de otro recipiente o jarrón de agua.

Verter el agua lentamente del primer jarrón al segundo, pasando a través de la tela del segundo recipiente o jarrón.

2.6.3 Resultados

Diecisiete mujeres de la aldea Santa María Julha fueron capacitadas sobre el uso de cloro y su dosificación correcta para desinfectar el agua.

Se les enseñó a las participantes a utilizar filtros de tela en los sistemas de captación de agua pluvial para separar los sólidos presentes en el agua.

2.7 Construcción de filtros lentos de arena

En esta actividad se les enseñó a un grupo de mujeres de Santa María Julha, el proceso y materiales requeridos para realizar un filtro lento de arena por gravedad.

2.7.1 Objetivos

Enseñar a las mujeres de Santa María Julha como se elabora un filtro lento de arena.

Aplicar técnicas de reutilización de materiales para fabricar la base del filtro.

Construir filtros lentos de arena junto con las participantes para que conozcan el proceso de elaboración.

2.7.2 Metodología

El procedimiento para elaborar el filtro fue el siguiente:

Cortar la base de la botella, creando una tapa que se pueda abrir y cerrar. Colocar la boca de la botella con su tapa hacia abajo.

Colocar en el fondo de la botella una capa de algodón.

Agregar la grava, arena gruesa, arena fina, trozos de carbón y por último se colocará una gaza.

Dejar caer un litro de agua al filtro y esperar aproximadamente 15 minutos para obtener agua limpia.

2.7.3 Resultados

Capacitación a 19 mujeres sobre la fabricación de un filtro lento de arena.

Construcción de 8 filtros lentos de arena, se utilizaron botellas con un volumen de 3.3 litros.

Según Collins 1992, entre las principales ventajas de los filtros lentos de arena, se menciona la eliminación de turbidez, color, olor y trazas de hierro, el proceso se realiza por gravedad, por lo que no requiere energía eléctrica y se puede construir con materiales que se encuentran en la comunidad.

2.8 Actividades institucionales

Las actividades institucionales realizadas en planta hidroeléctrica Renace I fueron desarrolladas en el departamento de medioambiente en donde se brindó principal apoyo en verificar cumplimiento y control de la matriz ambiental.

Dichas actividades incluyeron inspecciones de campo, redacción de informes y acompañamiento a los proveedores que realizaban los monitoreos biológicos.

Se llevó el control de los residuos generados dentro de la planta como parte del manejo integral, igualmente se realizaron inspecciones de clasificación de residuos, para asegurar que los colaboradores de la hidroeléctrica cumplan con las especificaciones definidas en el procedimiento para su manejo.

2.8.1 Objetivos

Apoyar en temas de inspecciones ambientales rutinarias en todas las áreas de trabajo de Renace 1.

Dar seguimiento a los monitoreos en los medios bióticos y abióticos para asegurar el cumplimiento legal ambiental.

Desarrollar charlas de educación ambiental dirigidas a todos los colaboradores del proyecto hidroeléctrico.

2.8.2 Metodología

Respecto a las inspecciones rutinarias ambientales se cumplió con una planificación anual en la cual se establecieron las áreas objeto de supervisión así como los medios a inspeccionar con la finalidad de asegurar el cumplimiento ambiental.

En los monitoreos de los elementos bióticos y abióticos se dio acompañamiento a los técnicos en campo.

Se planificaron charlas de educación ambiental anual, se desarrolló el contenido de cada uno de los temas y se preparó el material audiovisual.

2.8.3 Resultados

Elaboración de 1 informe diario con los aspectos físicos del río Cahabón en la entrada y salida de Semuc Champey durante la época de verano.

Una vez por semana se realizaron inspecciones de rutina ambiental en las áreas de trabajo, para asegurar que todos los procesos se cumplan sin generar impactos negativos.

Acompañamiento a los técnicos que realizaron los monitoreos de calidad de agua, aire, ruido, aguas residuales y monitoreos sobre eco toxicidad en los tejidos de peces.

Control de los residuos generados en la planta, desde su clasificación *in situ*, transporte al centro de acopio y disposición final.

Participación en el *stand* representando al departamento de medioambiente de Renace en el congreso del Centro Guatemalteco de Producción más Limpia CGP+L.

Se preparó un manual de capacitaciones ambientales el cuál sirvió de herramienta para impartir charlas de educación ambiental.

Como seguimiento al programa de educación ambiental, se brindó apoyo para capacitar a los colaboradores de la hidroeléctrica sobre los siguientes temas:

Los residuos sólidos y su impacto al medioambiente.

Uso eficiente de los recursos naturales.

Huella de carbono.

CAPÍTULO 3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 Educación ambiental en Santa María Julha

Para impartir las charlas de educación ambiental se realizó una planificación según el tema a desarrollar y el grupo focal con el que se trabajó. Con la finalidad de tener un mejor resultado, al finalizar las charlas, se realizó una actividad práctica para que todos los participantes comprendieran de una mejor manera el tema tratado.

Como indicador determinante de la aceptación de las charlas impartidas en la aldea, se observó a los maestros replicando con sus alumnos los aprendizajes adquiridos durante las charlas sobre amenazas naturales, reciclaje y recursos naturales.

3.2 Implementación de buenas prácticas para el manejo integral de los residuos sólidos

La contaminación generada por el manejo inadecuado de los residuos sólidos es un problema que afecta a la mayor parte de aldeas y comunidades de Alta Verapaz. Santa María Julha es una aldea que ha tenido un aumento poblacional constante y proporcional a ello se ha generado una mayor contaminación a causa de los residuos.

El establecimiento de una comisión para el manejo integral de residuos dio inicio a la implementación de mejores prácticas para disminuir la contaminación, propiciando así la producción de abono orgánico utilizando los residuos generados en las viviendas y agricultura.

Fue de suma importancia comunicar a la población de Santa María Julha que los residuos no se deben considerar como algo que ya no tiene utilidad, se les explicó y demostró por medio de la generación de abono orgánico, recolección y separación de residuos para su venta a una recicladora, que estos recursos proveen beneficios tanto ambientales como económicos si son manejados adecuadamente.

3.3 Producción de abono orgánico utilizando la técnica por compostaje en la aldea Santa María Julha

La producción de abono orgánico es una técnica fácil de aplicar que genera beneficios a los cultivos y disminuye la contaminación ambiental causada por el uso de fertilizantes químicos.

Enseñarles a los estudiantes de la escuela a producir abono orgánico por medio de la técnica del compostaje fue una actividad estratégica, es importante crear una cultura ecológica desde edades tempranas, más aun cuando la principal actividad económica de la aldea es la agricultura.

A los integrantes de la comisión para el manejo integral de residuos se les demostró el proceso para realizar abono orgánico tipo *Bocashi* con microorganismos eficaces activados, esta técnica permite obtener abono en un periodo de 30 días, y durante el proceso de la degradación de materia orgánica se disminuyen los malos olores. Anteriormente no se había implementado esta técnica por lo que se efectuó una nueva práctica que permite producir abono en un menor periodo de tiempo.

3.4 Reforestación con especies nativas en la Aldea Santa María Julha para la protección de fuentes de agua

La jornada de reforestación se realizó con especies nativas de la región colaborando a la restauración del ecosistema y lograr un equilibrio ecológico que permita una buena interacción entre el hombre y la naturaleza.

Se plantaron 3 tipos de especies arbóreas: pino (*Pinus maximinoi*), liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*) y encino (*Quercus*), todas las anteriores son indicadoras de la región. La reforestación se realizó con especies diferentes para generar mayor biodiversidad en los bosques de la aldea y proteger las fuentes de agua.

Para asegurar el desarrollo correcto de los árboles se asignó a una persona encargada de cuidarlos y realizar el plateo correspondiente, adicional a ello se realizaron inspecciones de campo para observar el desempeño de las plantas.

3.5 Generación de mapas temáticos sobre riesgos a desastres naturales y croquis de la aldea por medio de Sistema de Información Geográfica

Realizar un croquis de la aldea generó una nueva herramienta para la planificación territorial y la implementación de nuevos proyectos, se identificaron las áreas con infraestructura, nacimientos de agua, carreteras, caminos y los afloramientos de agua.

El área de Santa María Julha presenta amenazas comunes asociadas a un relieve de naturaleza kárstica, entre las cuales se mencionan: secciones de acumulación de agua, hundimientos y movimientos de masa. Entre las amenazas antropogénicas la principal es la provocada por incendios a causa de las rozas agrícolas.

La mayoría de movimientos de masa están ubicados a la orilla de la carretera de terracería, estos son de tipo rotacional con flujo de lodos. En el interior de la aldea no se observaron deslizamientos activos.

Los puntos donde se generan inundaciones se ubican en las áreas que presentan depresión en su topografía, estas estructuras en la región son conocidas como siguanes y técnicamente se les denomina dolinas. La razón por la cual se genera inundación es porque las dolinas funcionan como un drenaje natural de las aguas superficiales y el suelo al estar saturado provoca que la infiltración sea aún más lenta lo que desencadena una acumulación de agua en el terreno.

Fue importante comunicarles el tipo de amenazas naturales y antropogénicas identificadas en Santa María Julha a los habitantes, ya que se les explicó que factores las desencadenan y que acciones se pueden implementar para disminuir el riesgo.

3.6 Sistema para desinfectar agua de consumo en la aldea Santa María Julha

El taller sobre sistemas para desinfectar agua de consumo, se impartió a un grupo focal integrado solo por mujeres, son quienes manejan y administran el recurso hídrico en la comunidad.

El consumo de agua contaminada es uno de los principales problemas de saneamiento ambiental identificado en la aldea, por dicha razón se les enseñó a las participantes como implementar filtros de tela para retirar los materiales en suspensión y la manera correcta de utilizar hipoclorito de sodio para eliminar la actividad microbiológica en el agua.

Para cada uno de los procesos se realizó una demostración con una muestra de agua turbia la cual se tomó del tanque de abastecimiento ubicado en el salón comunal.

Al implementar un filtro de tela las participantes observaron como la materia en suspensión se quedó retenida en el filtro, obteniendo como resultado una muestra de agua con menor turbidez.

3.7 Construcción de filtros lentos de arena

La construcción de filtros lentos de arena se realizó como seguimiento de los sistemas para desinfectar agua de consumo humano en la aldea. En esta actividad se reutilizaron botellas de plástico y partículas de arena con diferentes dimensiones que oscilaban de 2 a 10 milímetros de diámetro.

Para comprobar la funcionalidad del filtro se tomó una muestra de agua turbia del tanque de abastecimiento ubicado en el salón comunal, como resultado se obtuvo agua incolora e inodora, lo que indicó que el filtro funcionó correctamente. Esta clase de filtros de agua no se aplican como un método para purificar el agua, pero si puede retirar características físicas del agua como olor, color y sabor.

3.8 Actividades institucionales

Dentro de las actividades institucionales realizadas se logró cumplir con los monitoreos e inspecciones ambientales indicadas en el plan de trabajo de la hidroeléctrica, por medio de las inspecciones se logró identificar y prevenir fuentes que pudiesen generar alguna afección al medioambiente.

Impartir charlas sobre la clasificación de residuos y realizar inspecciones *insitu* para verificar que esta misma se cumpliera, mejoró el sistema para el manejo de los residuos generados en la planta.

CAPÍTULO 4 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN INFERENCIAL

IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS CON ALTO CONTENIDO DE ARCILLAS EN LA ALDEA SANTA MARÍA JULHA PARA SU APROVECHAMIENTO COMO ELEMENTO FILTRANTE DE AGUAS CONTAMINADAS

4.1. Aspectos específicos

4.1.1. Resumen

Guatemala cuenta con distintas fuentes para abastecimiento de agua, sin embargo según el Perfil Ambiental de Guatemala 2010 2012, debido al cambio climático y la contaminación, el acceso al agua se ha limitado; este es el caso de la aldea Santa María Julha, ubicada en el municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz, que cuenta con un limitado acceso al agua, generalmente obtiene este recurso por abastecimiento pluvial y nacimientos de agua que no cumplen con la calidad necesaria de agua potable.

El suelo puede considerarse como un sistema depurador de agentes contaminantes presentes en el agua, capaz de inmovilizarlos o degradarlos. En el medio natural se encuentran tres clasificaciones generales de textura del suelo, según el tamaño de su partícula se clasifican en: arenas, limos y arcillas, estas últimas se consideran las más efectivas como elemento filtrante de aguas contaminadas.

Por lo que se realizó un estudio para identificar la textura de las muestras obtenidas en campo y posteriormente se evaluó la porosidad de las muestras que presentaron más del 50% de fracción arcillosa en los suelos de la aldea Santa María Julha, ubicada en el municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz.

Dicho estudio se efectuó con la finalidad de identificar las zonas con alto contenido de arcilla dentro de la aldea, para ello se realizó un análisis geostadístico, el cual consistió en hacer una predicción del contenido de arcillas en las áreas no muestreadas.

Finalmente se generó una propuesta para la elaboración de un filtro de agua, al aprovechar los suelos arcillosos presentes en la aldea.

Para realizar la propuesta se tomaron 5 de las muestras de suelo, que presentaron las mejores características para la construcción de un filtro, a partir de ello se realizaron pruebas de infiltración y se eligió la muestra que filtro una tasa entre 1 a 2 litros por hora, el último proceso consistió en verificar su efectividad mediante un análisis físico, químico y bacteriológico de una muestra de agua después de pasar por la unidad filtrante.

4.1.2 Planteamiento del problema

El consumo de agua contaminada es uno de los problemas más usuales en las zonas rurales de Alta Verapaz. La principal causa es la mala calidad debido a la ausencia de un sistema de saneamiento ambiental, lo cual es un factor muy importante para mantener en buenas condiciones los recursos naturales; tal es el caso del agua, que es utilizada diariamente tanto para consumo como para actividades cotidianas.

“La enfermedad más común en los habitantes de Santa María Julha es la diarrea, equivalente al 31% de los casos, debido al consumo de agua contaminada”.⁸

Según diagnóstico ambiental realizado en el 2017, los sistemas de almacenamiento de agua pluvial utilizados en la aldea, la mayor parte no cumplen con las características adecuadas para evitar la proliferación de algas y bacterias. Las láminas de las viviendas son utilizadas para recolectar el agua pluvial, sin embargo estas en su mayoría se encuentran oxidadas, y expuestas a partículas de polvo que pueden contener excretas.

Con relación a la contaminación de surgencias de agua, es importante tomar en cuenta que las rocas calizas kárstificadas que subyacen bajo Santa María Julha, pueden servir como medio de transporte directo de contaminantes superficiales, debido a que este tipo de roca, presenta estructuras como cavernas y grietas de considerable espesor que facilitan el transporte de fluidos.

4.1.3 Justificación

Santa María Julha es una aldea ubicada en el área rural de San Pedro Carchá, cuenta con 1 052 habitantes. Dentro de los principales problemas ambientales presentes en la aldea, se menciona el acceso al agua potable, debido a que no se cuenta con dicho servicio.

Los habitantes utilizan el agua pluvial y de cinco nacimientos ubicados dentro de la aldea, para sus actividades cotidianas, sin

⁸ Centro de Salud. Memoria de labores 2 016 Santa María Julha. San Pedro Carchá. (24 de marzo de 2 017)

embargo, esta no cumple con las características básicas para el consumo humano, lo cual genera enfermedades gastrointestinales.

Con la finalidad de mitigar esta problemática de acceso al agua potable, se realizó un estudio técnico que tuvo como finalidad identificar las zonas con mayor presencia de arcilla dentro de la aldea, para su aprovechamiento como material en la construcción de un filtro de agua.

Basados en la investigación del inventor guatemalteco Fernando Mazariegos, en donde descubre que la construcción de un dispositivo fabricado con arcilla, una porción de aserrín y un baño de plata coloidal tiene la capacidad de retener el 99% de las bacterias y restos fecales presentes en el agua; se realizó esta investigación que determinó si la utilización de las arcillas localizadas en zonas específicas dentro del área de estudio tienen el potencial para su aprovechamiento como elemento filtrante.

El aprovechar las arcillas como elemento filtrante, genera un impacto positivo tanto ambiental, social y económico en la población.

En el ámbito ambiental el impacto positivo radica en que la investigación genera una propuesta de aprovechamiento de arcillas como elemento filtrante, para los comunitarios de la zona; debido a que la elaboración de filtros comerciales conllevan procesos de industria química y metalurgia de forma intensiva, por lo que alternativas de bajo impacto ambiental como el filtro de arcillas resultan en similar efectividad a razón de un proceso de elaboración convencional.

De igual manera el volumen de residuos generados en el proceso de purificación de agua es nulo ya que no es necesario agregar constantemente otro producto desinfectante como el hipoclorito de sodio, que al final este puede causar daños al ambiente

y a la salud, si la cantidad de cloro residual presente en el agua rebasa el límite máximo permisible.

En el ámbito social el filtro ayuda a mejorar la calidad de vida de los habitantes, al prevenir el consumo de agua contaminada que es causante de enfermedades gastrointestinales, y en el ámbito económico, usar las arcillas para construir filtros de agua puede ser una fuente de ingreso para la comunidad, estos filtros pueden ser comercializados.

4.1.4 Marco teórico

a. Antecedentes

Las investigaciones sobre textura de suelo, más cercanas al área de estudio, se localizan en la región sur oeste.

Según la clasificación de la serie de suelos de *Simmons* en Guatemala, el área de estudio se localiza en una sección con suelos francos a franco arcillosos, con una textura moderadamente fina y alta pedregosidad.

Molineros Anny en el año 2013, en su propuesta de uso de suelo para un *ordenamiento territorial de la aldea Sehubub, San Pedro Carchá*, llevó a cabo un análisis de textura en diferentes muestras de suelo, los resultados que obtuvo al extraer una media arrojaron suelos limo arcillosos. Lo que indica que en la zona se pueden encontrar suelos con dichas características.

Vargas Ochoa en el año 2015, en su investigación *capacidades geotecnicas de los suelos localizados en la escuela de la colonia Chailpec*, localizada en San Pedro Carchá en el lado sur oeste del área de estudio, identifica al aplicar el método de Bouyucus, que los suelos de la colonia Chailpec contienen más del 55% de arcillas, por lo que concluye que los suelos son arcillosos.

b. Marco referencial

La aldea Santa María Julha, se encuentra ubicada en el municipio de San Pedro Carchá, departamento de Alta Verapaz, situado en la región norte de la República de Guatemala.

Se localiza en latitud N 15°29'30.6" y longitud O 90°13'21", a una distancia de 234 km de la ciudad capital, a 21.2 km de la cabecera departamental de Alta Verapaz, Cobán y a 12.5 km de la cabecera municipal San Pedro Carchá.

Se localiza en coordenadas GTM, N1712981 E529257, a una distancia de 234 km de la ciudad capital, a 21.2 km de la cabecera departamental de Alta Verapaz, Cobán y a 12.5 km del municipio San Pedro Carchá,

De San Pedro Carchá hacia el cruce de la aldea Bancab la carretera es asfaltada (RN-5), posteriormente se deben recorrer 8.5 km de carretera de terracería hasta llegar a Santa María Julha.

c. Marco conceptual

c.1 Textura de suelo

Según el artículo sobre el tamaño de las partículas de suelo 2017 la textura es una característica derivada del tamaño de las partículas del suelo, es decir, de las proporciones relativas de las diferentes partes o fracciones del mismo.

“Estas fracciones están agrupadas de acuerdo a su tamaño en arena, limo y arcilla.”⁹

CUADRO 2 TAMAÑO DE PARTÍCULAS DE SUELO

Tamaño de partículas en mm		
Arena	Limo	Arcilla
2 a 0.06	0.06 a 0.002	<0.002

Fuente: *Sistema de clasificación de partículas*, Instituto Tecnológico de Masschusetts. Año 2007.

c.2 Arena

“La arena está compuesta por las partículas de mayor tamaño, estas pueden ser visualizadas sin necesidad de utilizar lupa o microscopios.”¹⁰

⁹ *Tamaño de las partículas del suelo*. <https://matdeconstruccion.wordpress.com/2009/08/29/tamano-de-las-particulas-de-suelo/> (24 de mayo de 2017).

¹⁰ *Textura del suelo*. ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/general/x6706s/x6706s06.htm, (24 de mayo de 2017).

“Tienen un mayor espacio entre ellas, una de las principales características es que el agua drena rápidamente cuando atraviesa este tipo de material.”¹¹

c.3 Limo

“Está conformado por partículas con una dimensión situada entre la arcilla y arena; como característica este material en estado húmedo es difícil de trabajar, a diferencia de la arcilla, la cual en estado carente de humedad se comporta de forma elástica y granulosa.”¹²

c.4 Arcilla

Según *Liberato Pablo*, las arcillas son consideradas partículas microscópicas, conocidas como las de menor tamaño. Una de las características más importantes es su capacidad para retener agua y agentes microscópicos presentes en el agua. Para muchos la arcilla se caracteriza por ser un material cerámico y por ende, constituyente básico de las piezas cerámicas, una antigua forma de expresión de la humanidad.

“La arcilla proviene de una roca sedimentaria y agregados de silicatos de aluminio hidratados, que proceden de la descomposición de rocas las cuales contienen feldespato, como el granito.”¹³

¹¹ *Ibíd.*,4

¹² *Ibíd.*,5

¹³ *Ibíd.*,7

Las arcillas se pueden observar en diferentes colores, que van de rojizo-anaranjado hasta tonalidades blancas.

c.5 Hidrómetro Bouyucus

Medina Gonzáles Hanoi 2012, en su revista de ciencias técnicas agropecuarias, indica que el método del hidrómetro Bouyucus, se basa en la ley de Stokes, quien menciona que existe una relación entre la velocidad de caída y el diámetro de la partícula de suelo, para ello se utiliza un análisis mecánico para clasificar las partículas de suelo.

“Este método es considerado mundialmente para el análisis textural de suelos, tiene como objetivo la evaluación de la influencia de los tiempos en la lectura del hidrómetro, con lo que se busca determinar la distribución del tamaño de partículas de suelo en la muestra sujeta al estudio”.¹⁴

c.6 Porosidad

Según el portal de suelos de la FAO, la porosidad se establece del producto de la textura y estructura de los suelos, refiriéndose a los espacios vacíos entre las partículas sólidas que conforman el suelo.

¹⁴ Ibid.,14

Los poros se pueden clasificar según su dimensión en dos grandes grupos: macroscópicos y microscópicos respectivamente.

“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% 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 micro poros retienen agua y parte de la cual es disponible para las plantas”.¹⁵

Según el portal de suelos de la FAO, mientras la muestra de suelo contenga más porcentaje de arcilla mayor será su porosidad sin embargo al tener alto porcentaje de arcilla el tamaño de poro es menor y genera baja permeabilidad.

1) Densidad aparente

Según el artículo sobre densidad aparente, 2017, es la masa contenida en la unidad de volumen que ocupa la muestra de suelo.

¹⁵Portal de suelos de la FAO. <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/> (22 de julio de 2017).

Esta densidad toma en cuenta el espacio poroso y el material sólido, lo que significa que calcula el peso total de la muestra de suelo.

2) Densidad real

“Es la relación que existe entre la masa de las partículas secas y el volumen real de la fase sólida.”¹⁶

3) Picnómetro

Atares Lorena, en su investigación sobre la determinación de la densidad de un líquido con el método del picnómetro, define a este instrumento como un recipiente de vidrio con tapadera del cual se conoce su volumen. Cuenta con un tubo capilar vertical abierto a la atmósfera que permitirá que el llenado se haga siempre del mismo modo. Permite conocer la densidad de una muestra de suelo.

c.7 Color del suelo

¹⁶ *Densidad real, aparente y porosidad.* https://www.academia.edu/7716432/DENSIDAD_REAL_APARENTE_Y_POROSIDAD_DEL_SUELO (23 de mayo de 2017).

“Es una de las características más comunes cuando se observa un perfil de suelo, de hecho es utilizada para diferenciar cada uno de los horizontes.”¹⁷

El color del suelo lo utilizan los edafólogos para obtener información sobre la génesis del suelo y sobre sus propiedades físicas y químicas.

El sistema mayormente empleado para la clasificación de colores de suelos es denominado Munsell, se basa en tres factores principales: matiz, intensidad y croma.

c.8 Litología

“La litología juega un papel esencial para entender cómo es el relieve. En el área de estudio se tiene un paisaje tipo kárstico, lo que incide que se tenga un relieve muy variado con alta presencia de dolinas comúnmente conocidas como siguanes.”¹⁸

c.9 Filtración

Según Julio Ludeña 2010, en su investigación sobre la formulación de un filtro con arcilla roja, la filtración consiste en separar de un líquido todos los sólidos presentes en el, como sustancias que se hallan en suspensión de origen orgánico, inorgánico o mineral.

¹⁷ Color del suelo Torrent. <http://www.ujaen.es/huesped/pidoceps/telav/fundespec/color.htm>. (23 de mayo de 2017).

¹⁸ *Tipos de litología*. <http://geografia.laguia2000.com/relieve/la-litologia#ixzz4iGrdJZAX>. (23 de mayo de 2017).

1) Filtración de agua por medio de estructuras construidas con arcilla

Las partículas de arcilla por su tamaño microscópico permiten ser utilizadas como lecho filtrante, para la purificación de agua contaminada.

“Investigaciones anteriores en Latinoamérica han demostrado que la fabricación de un filtro utilizando una mezcla de arcilla con aserrín y un baño de plata coloidal es altamente efectivo para eliminar cualquier impureza presente en el agua.”¹⁹

Los filtros elaborados a base de arcilla pueden proporcionar agua cristalina eliminando la turbidez, así como microorganismos imposibilitados de cruzar por sus poros.

“La plata coloidal impregnada en el filtro de arcilla, provoca una reacción química que desactiva agentes dañinos que pueden atravesar el filtro, siendo completamente inofensiva para el ser humano.”²⁰

2) Aserrín

El aserrín es considerado como un residuo proveniente del serrado de la madera, en el medio es fácil encontrar este producto.

¹⁹ Vidal Henao, Sandra Marcela. *Evaluación de la efectividad del filtro a base de arcilla y plata coloidal en la potabilización de agua, medida por pruebas fisicoquímicas y microbiológicas.* (Colombia 2010) 27.

²⁰ Ibid.

“El aserrín al mezclarlo con arcilla y agua, es capaz de formar poros sumamente diminutos, cuando la pieza haya salido del proceso de cocción a elevadas temperaturas.”²¹

3) Plata coloidal

La plata coloidal es el resultado de un proceso electrolítico, el cual consiste en sumergir en agua destilada una barra de plata pura, a la que se le transmite corriente eléctrica.

“Es útil contra todas las especies de hongos, bacterias, protozoarios, parásitos y virus. Este componente ayuda en gran medida a la esterilización de los filtros, antes de su aplicación, el pH debe ser de 6.5 y el rango de seguridad de su concentración de 3 a 5 partes por millón.”²²

c.10 Agua potable

Según la Organización Mundial para la Salud OMS, el agua potable es aquella que puede ser consumida sin restricción debido a que, gracias a un proceso de potabilización, no representa un riesgo para la salud.

²¹ Félix Singer y Sonja Singer. *Enciclopedia De La Química Industrial – Tomo II – Cerámica Industrial, Volumen III*. Ediciones URMO S.A. España, 1979.

²² Ludeña, Julio y Tinoco Freddy. *Formulación de pasta roja para la elaboración de un filtro cerámico purificador de agua y verificación de su efectividad filtrante*. Universidad Técnica Particular de Loja. Ecuador. Escuela de Ingeniería Química. 2010. 8

1) Límite máximo aceptable LMA

“Es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba del cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores, desde un punto de vista sensorial pero sin que implique un daño a la salud del consumidor.”²³

2) Límite máximo permisible LMP

“Es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad de agua, arriba del cual, no es apta para consumo humano.”²⁴

c.11 Variables de respuesta en calidad de agua potable

1) Cloro residual

Se refiere a la cantidad de cloro, en cualquier forma, que permanece en el agua después de haber sido sometida a un tratamiento.

2) Cloruros

“El ion cloruro es uno de los principales aniones de las aguas. En concentraciones altas, el cloruro puede impartir al agua un sabor salino.”²⁵

²³ COGUANOR NGO 29 001:99 1era. Revisión. *Agua Potable. Especificaciones.* 5

²⁴ *Ibíd.*

²⁵ Severiche Carlos. *Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros físicoquímicos en agua.* Cartagena de Indias, Colombia: 2013. 41

3) Color

Este parámetro se le atribuye a la presencia de materia orgánica en el agua. Forma parte de las características físicas del agua.

4) Conductividad

“Está relacionada con la presencia de sales en solución, cuya disociación genera iones positivos y negativos capaces de transportar la energía eléctrica si se somete el líquido a un campo eléctrico.”²⁶

5) Nitratos

Proviene de un derivado del nitrógeno, se conocen como sales químicas, en concentraciones bajas se pueden encontrar en el suelo y en el agua.

6) Nitritos

“Su presencia puede deberse a una oxidación incompleta del NH_3 o a la reducción NO_3^- existentes en el agua.”²⁷

²⁶ Vidal Henao, Sandra Marcela. *Evaluación de la efectividad del filtro a base de arcilla y plata coloidal en la potabilización de agua, medida por pruebas fisicoquímicas y microbiológicas.* (Colombia 2010) 33.

²⁷ *Ibíd.*

7) Olor

El olor en el agua normalmente es atribuido a la presencia de materia orgánica, sin embargo también puede deberse a sustancias inorgánicas como el sulfuro de hidrógeno.

8) Potencial de hidrógeno

Comúnmente conocido como pH, es un parámetro que mide la acidez o alcalinidad de una solución.

9) Sulfatos

“Los sulfatos son las sales o los ésteres del ácido sulfúrico. Suelen ser solubles en agua, por lo que se distribuyen ampliamente en la naturaleza y pueden presentarse en las aguas naturales en un amplio intervalo de concentraciones. El origen de los sulfatos se debe fundamentalmente a los procesos de disolución de las tizas, existentes en el terreno, en el agua subterránea”.²⁸

10) Turbiedad

Se genera por la presencia de material coloidal en suspensión, como materia orgánica e inorgánica.

²⁸ Sulfatos. <https://www.caib.es/sites/salutambiental/es/sulfats-26202/>. (24 de abril de 2018).

11) Coliformes totales

“Son bacterias en forma de bacilos, aerobicos y anaeróbicos facultativos, Gram negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y de gas a $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ en un periodo de 24 h – 48 h.”²⁹

“Los microorganismos que conforman el grupo de Coliformes totales son: *Scherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Edwarsiella* y *Citrobacter*, viven como saprófitos independientes o como bacterias intestinales.”³⁰

Las Coliformes fecales se utilizan como indicadores de contaminación fecal en el agua.

12) *Escherichia coli*

“Pertenece a las bacterias Coliformes fecales que fermentan la lactosa y otros sustratos adecuados como el manitol a 44°C ó 44.5°C con producción de gas”.³¹

13) Calcio

El calcio, como elemento presente en el agua, surge de la acción meteorizante del CO_2 disuelto en las lluvias; al entrar en contacto con las rocas carbonatadas, se produce un ácido carbónico que diluye el

²⁹ COGUANOR NGO 29 001:99 1era. Revisión. *Agua Potable. Especificaciones.*

³⁰ *Ibid.*,2

³¹ *Ibid.*

carbonato presente en la roca, transportándolo como ion.

Este efecto incide en las aguas presentes en los acuíferos de la región, dándoles la denominación de aguas duras, por su alto contenido de calcio.

14) Hierro

“El hierro es uno de los metales más abundantes de la corteza terrestre. Está presente en aguas dulces en concentraciones de 0,5 a 50 mg/L”.³²

15) Magnesio

El magnesio es el elemento número 12 de la tabla periódica, se considera uno de los más abundantes en la corteza terrestre, por lo que es común su presencia como ion en los acuíferos de la región de las verapaces.

16) Manganeso

“Su presencia suele estar asociada a la del hierro. En contacto con el oxígeno precipita lentamente como dióxido de manganeso, de color gris, depositándose en los conductos de agua y ocasionando su coloración”.³³

17) Dureza

³² Hierro. <http://www.quimicadelagua.com/Quimico.Hierro.html>. (24 de abril de 2018).

³³ *Ibíd.*

La dureza según el investigador Carlos Severiche 2013, es conocida como la suma de las concentraciones de iones calcio y magnesio expresado como carbonato de calcio en mg/L.

c.12 Geostatística

“Es un conjunto de técnicas usadas para analizar y predecir valores de una propiedad distribuida en espacio o tiempo.”³⁴

Según Días Viera en su libro sobre Geostatística aplicada, la geostatística en contraposición con la estadística clásica o convencional, tales valores no se consideran independientes, por el contrario se suponen de manera implícita que están correlacionados unos con otros, es decir que existe una dependencia espacial.

1) Variable regionalizada

Es una variable distribuida en el espacio, de tal manera que presenta una estructura espacial de correlación.

³⁴ Días Viera, Martín. *Geostatística aplicada*. Universidad Nacional Autónoma de México. Mexico: Instituto de Geofísica, 2002. 1

2) Semivarianza

“La semivarianza es una medida de la similitud que existe entre observaciones situadas a una determinada distancia.”³⁵

Se estima mediante la siguiente relación:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2,$$

3) Variograma

“El variograma o semivariograma es una herramienta que permite analizar el comportamiento espacial de una variable sobre un área definida, obteniendo como resultado un variograma experimental que refleja la distancia máxima y la forma en que un punto tiene influencia sobre otro punto a diferentes distancias”.³⁶

4) Modelos utilizados en geoestadística

En Geostatística es necesario ajustar una función para cuantificar el grado y escala de variación espacial.

“Para ello existen numerosos modelos que se utilizan, siendo los más comúnmente usados el esférico, el

³⁵ Jaramillo, Daniel. *Variabilidad espacial del suelo*. Universidad Nacional de Colombia. Colombia: Revista de la Facultad de Ciencias. 2012. 80

³⁶ Ibid. 80

modelo exponencial y el modelo gaussiano.”³⁷

Modelo esférico

Tiene un crecimiento rápido cerca al origen, pero los incrementos marginales van decreciendo para distancias grandes.

Modelo exponencial

Se aplica cuando la dependencia espacial tiene un crecimiento exponencial respecto a la distancia entre las observaciones.

Modelo gaussiano

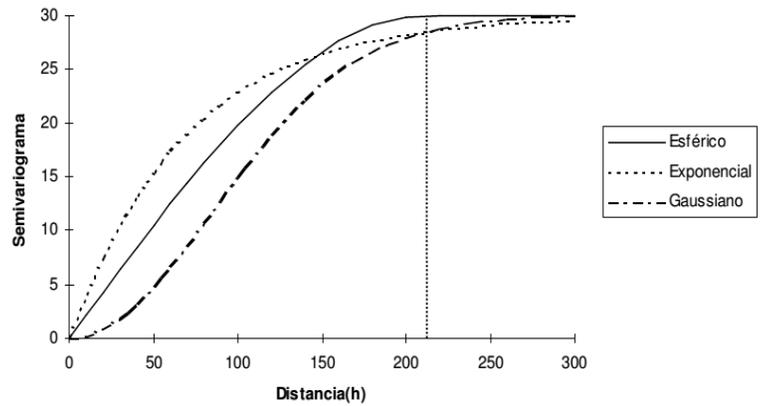
Al igual que en el modelo exponencial, la dependencia espacial se desvanece solo en una distancia que tiende a infinito. El principal distintivo de este modelo es su forma parabólica cerca al origen.³⁸

IMAGEN 1

³⁷ Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza –CATIE-. *Introducción al análisis espacial y geostatística*. Costa Rica: CATIE., 2017.

³⁸ Henao, Ramón Giraldo. *Introducción a la geoestadística*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Estadística, 2010. 16

MODELOS GEOSTADÍSTICA



Fuente: Henao, 2010.

5) Kriging

Es un método estadístico que permite hacer interpolaciones para conocer determinado valor en áreas no muestreadas.

Utiliza las propiedades estructurales de un semivariograma y un conjunto de datos iniciales.

4.1.5 Objetivos

a. General

Identificar las áreas donde existen suelos con alto contenido de arcillas en la aldea Santa María Julha para su

aprovechamiento como elemento filtrante de aguas contaminadas.

b. Específico

Determinar la clasificación textural de los suelos pertenecientes a la aldea Santa María Julha.

Conocer la porosidad de las muestras de suelo, que presenten más del 50% de porcentaje de arcilla.

Elaborar el modelamiento de las arcillas presentes en la aldea para conocer su relación y distribución geoespacial.

Generar una propuesta para la elaboración de un filtro de agua que contenga un manual sobre su uso y mantenimiento.

4.1.6. Hipótesis

Los suelos de Santa María Julha presentan una textura que varía entre arcillosa a franca arcillosa, lo cual refleja una disminución de los porcentajes de porosidad en la muestra, lo que indica una baja capacidad de transmisibilidad que genera retención de elementos en suspensión dentro del medio acuoso que lo atraviese, por lo que se mejoran las características físicas, químicas y biológicas del agua a ser filtrada.

a. Variables

1) Variable independiente

Textura del suelo.

2) Variables dependientes

Color del suelo.

Porosidad.

Tasa de infiltración.

4.1.7 Metodología

a. Tipo de estudio

Con la finalidad de efectuar la identificación de las áreas con alto contenido de arcillas en la aldea Santa María Julha, para su aprovechamiento como elemento filtrante de aguas contaminadas, se realizó un estudio descriptivo que caracterizó las zonas con alto porcentaje de arcilla y porosidad. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, los procesos a implementar para generar información llevaron una secuencia lógica, fundamentada en las variables y con muestras significativas.

b. Fuentes de investigación primaria

b.1 Etapa de campo

1) Reconocimiento de área

Se realizó un recorrido por toda el área de trabajo para identificar los límites laterales de incidencia en la investigación.

2) Generación de línea base

Encuestas

Para conocer las principales fuentes utilizadas para el consumo de agua y su relación con la gestión ambiental en Santa María Julha, se realizó una encuesta en todas las viviendas del área de estudio, las cuales son en total 183.

Entrevistas con informantes clave

Se realizaron entrevistas a los miembros del COCODE, facilitador comunitario e informantes clave, para socializar la investigación y conocer los sistemas de saneamiento ambiental.

3) Determinación de zonas de muestreo de suelos

Para determinar el número de muestras a extraer se utilizó la guía para el muestreo de suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas ICTA y la Guía para el Muestreo de Suelos del Ministerio de Ambiente de Perú. Al aplicar las guías para la determinación de las zonas de muestreo se ejecutaron los siguientes pasos:

Análisis del terreno

Se llevó a cabo un relevamiento del terreno, de manera que se dividió el lote en áreas uniformes en relación a la topografía. Para ello se elaboró un mapa base con las curvas de nivel cada 20 metros, obtenidas de la base de datos generada por el Ministerio de

Agricultura Ganadería y Alimentación MAGA, del área de intervención.

Identificación de zonas de interés

Se hizo un recorrido sistemático por toda el área a intervenir, para identificar aspectos como litología, topografía, coloración, textura del suelo y el uso actual; con la finalidad de identificar áreas de interés en donde haya presencia de suelos arcillosos.

El recorrido se realizó de forma sinuosa; para efectos de estudio el área fué dividida en cuatro secciones: norte, sur, este y oeste. Se aplicó esta metodología ya que los depósitos de arcilla se encuentran ubicados en los puntos medios de altura sobre el nivel del mar.

Se implementaron ensayos *insitu*, por lo que se aplicó el método de compresión de la muestra para observar su comportamiento e identificar de manera preliminar la textura aparente.

Criterios para la selección del área de interés

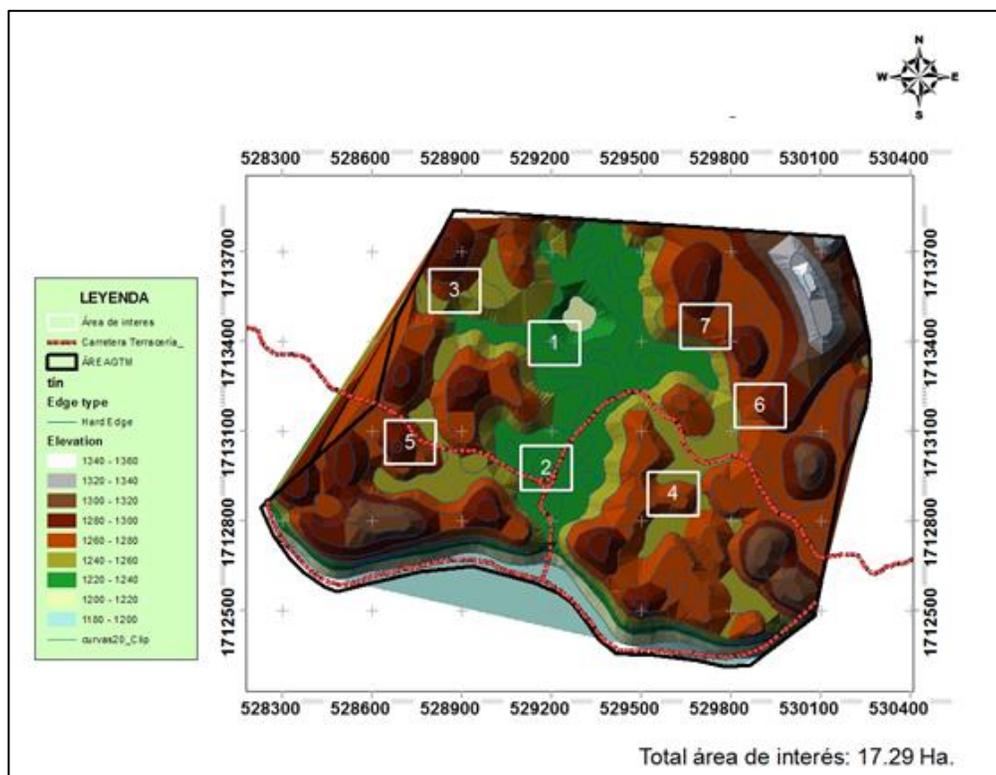
1. Área libre de afloramientos de roca.
2. Alta presencia de suelos arcillosos.
3. Ubicación en diferentes cotas de altura, principalmente en las cotas medias 1240 y 1320 msnm.

Muestreo

Se realizó un muestreo de tipo sistemático para establecer la cantidad de muestras a extraer.

Según el recorrido en el área de intervención, se tomaron en cuenta aspectos como litología, topografía, coloración, textura del suelo y el uso actual. La zona de interés equivale a 17.29 hectáreas, dividida en 7 áreas de 2.57 ha, todos de igual tamaño.

MAPA 2 ÁREA DE INTERES PARA REALIZAR MUESTREOS



Fuente: Elaboración propia. Año 2017.

La muestra se determinó eligiendo en cada área un número representativo de muestras. La

elección se realiza mediante el método de muestreo sistemático.

Se elige al azar una población de 20 puntos por cada estrato, dichos estratos están ordenados del 1 al 7.

Para realizar el muestreo se tomaron 7 puntos de cada estrato y se determinó el intervalo fijo entre las muestras mediante la siguiente ecuación:

$$K = N/n$$

Dónde:

K: Intervalo fijo.

N: Número total de puntos por estrato.

n: Número de puntos elegidos.

$$K = 20/7 = 2.86$$

Llevando el resultado al entero más próximo, $K=3$.

Posteriormente se elige al azar un número entre 1 y 3, para este caso de estudio se utilizó $i=2$. La muestra resultado mediante el muestreo sistemático será:

Sumando todos los elementos de la muestra:

$$n = n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5 + n_6 + n_7$$

Dónde:

n= elementos de la muestra.

$$n = 7 + 7 + 7 + 7 + 7 + 7 + 7 = 49$$

En cada área se tomaron siete muestras representativas, haciendo un total de 49 muestras, que servirán para identificar la clasificación textural predominante del suelo perteneciente a Santa María Julha.

4) Extracción de muestras

Para la extracción de muestras se aprovecharon los perfiles de taludes y en las demás áreas se procedió con la apertura de calicatas con una profundidad de uno a dos metros.

5) Análisis de color

Se determinó el color de las muestras de suelo, ya que es un buen indicador de la naturaleza de los materiales que componen cada uno de los horizontes.

Por ejemplo las tonalidades rojizas nos indican presencia de hierro en el suelo.

Se aplicó la metodología de Munsell, ya que es una forma precisa de especificar y mostrar las relaciones entre los colores. En la tabla de Munsell cada color dispone de tres cualidades o atributos: tono, valor y croma o saturación.

6) Extracción de muestras

Las muestras se almacenaron en bolsas plásticas debidamente identificadas, con las coordenadas, código asignado, pedregosidad, color y profundidad en la que se obtuvo.

7) Materiales y equipo

Apertura de calicatas, análisis *insitu* y recolección de muestras

Cinta métrica.

Pala.

Sistema de Geoposicionamiento Global GPS.

Bolsas plásticas.

Marcador.

Etiquetas.

Cámara fotográfica.

Libreta de apuntes.

Lapiceros.

Humano

Perforadores de calicatas.

Supervisor.

b.2 Etapa de laboratorio

Cada uno de los procedimientos para análisis de las muestras de suelo, correspondientes a textura, color y porosidad, se realizaron en el laboratorio de agronomía, geología y química del Centro Universitario del Norte, CUNOR.

1) Clasificación textural de suelos

Para el estudio en Santa María Julha, se aplicó el método de Hidrómetro Bouyucus, el cual utiliza un análisis mecánico para clasificar por tamaño las partículas del suelo, se basa en la ley de Stokes, que menciona la existencia de una relación entre la velocidad de asentamiento y el diámetro de la partícula.

2) Determinación de la porosidad de las muestras

La porosidad se obtuvo únicamente de las muestras que presentaron más del 50% de arcilla. Para obtener el resultado del volumen de aire de las muestras se determinó la densidad aparente y la densidad real con el método del picnómetro. El cálculo de la porosidad se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\varepsilon = \frac{\rho_{\text{real}} - \rho_{\text{aparente}}}{\rho_{\text{real}}}$$

CUADRO 3 PORCENTAJE DE POROSIDAD SEGÚN TEXTURA DE SUELO

Suelo	Porosidad (P) (%)	Densidad aparente (pa) (g/cm ³)
Arenoso	36-56	1.16-1.70
Franco	30-55	1.20-1.80
Arcilloso	35-70	0.88 – 1.72

Fuente: Intervalo típico de valores de P en distintos suelos adaptado de Kutilek y Nielsen año 1994.

c. Modelo estadístico

Para el análisis de los resultados obtenidos en laboratorio y la elaboración de un modelamiento de las arcillas presentes en el área de estudio se aplicó la geoestadística. El modelo estadístico que se implementó en la investigación hace referencia al semivariograma, establecido por la siguiente ecuación:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{Nh} [Z(x_i) - Z(x_i - h)]^2$$

En donde $N(h)$ es el número de pares de valores medidos $Z(x_i)$, $Z(x_i+h)$ separados por un vector h . El gráfico de $\gamma(h)$ contra los valores correspondientes de h , se denomina variograma, y es una función del vector h , razón por la cual dependen de ambos en magnitud y dirección de h .

c.1 Tamaño de la unidad experimental

Se tomaron 49 puntos de muestreo, los cuales fueron distribuidos de acuerdo a la demarcación de zonas con alta presencia de arcillas.

c.2 Análisis de la información

Se efectuó el análisis de datos obtenidos por medio de los programas de sistemas de información geográfica: *ArcGIS*, *GS+ R*.

c.3 Manejo del experimento

1) Geoposicionamiento del lugar

Por medio de la herramienta *GPS*, se ubicó la coordenada previamente grillada del lugar. Dicho proceso se repitió en los cuarenta y nueve puntos a evaluar, para luego determinar si existe una relación entre el porcentaje de arcilla y la porosidad.

d. Propuesta para la elaboración de filtro para agua

Para verificar si la arcilla ubicada en Santa María Julha se puede utilizar como elemento filtrante de agua se construyeron 5 filtros, cada uno con muestras diferentes.

Se utilizaron los siguientes criterios para la selección de muestras:

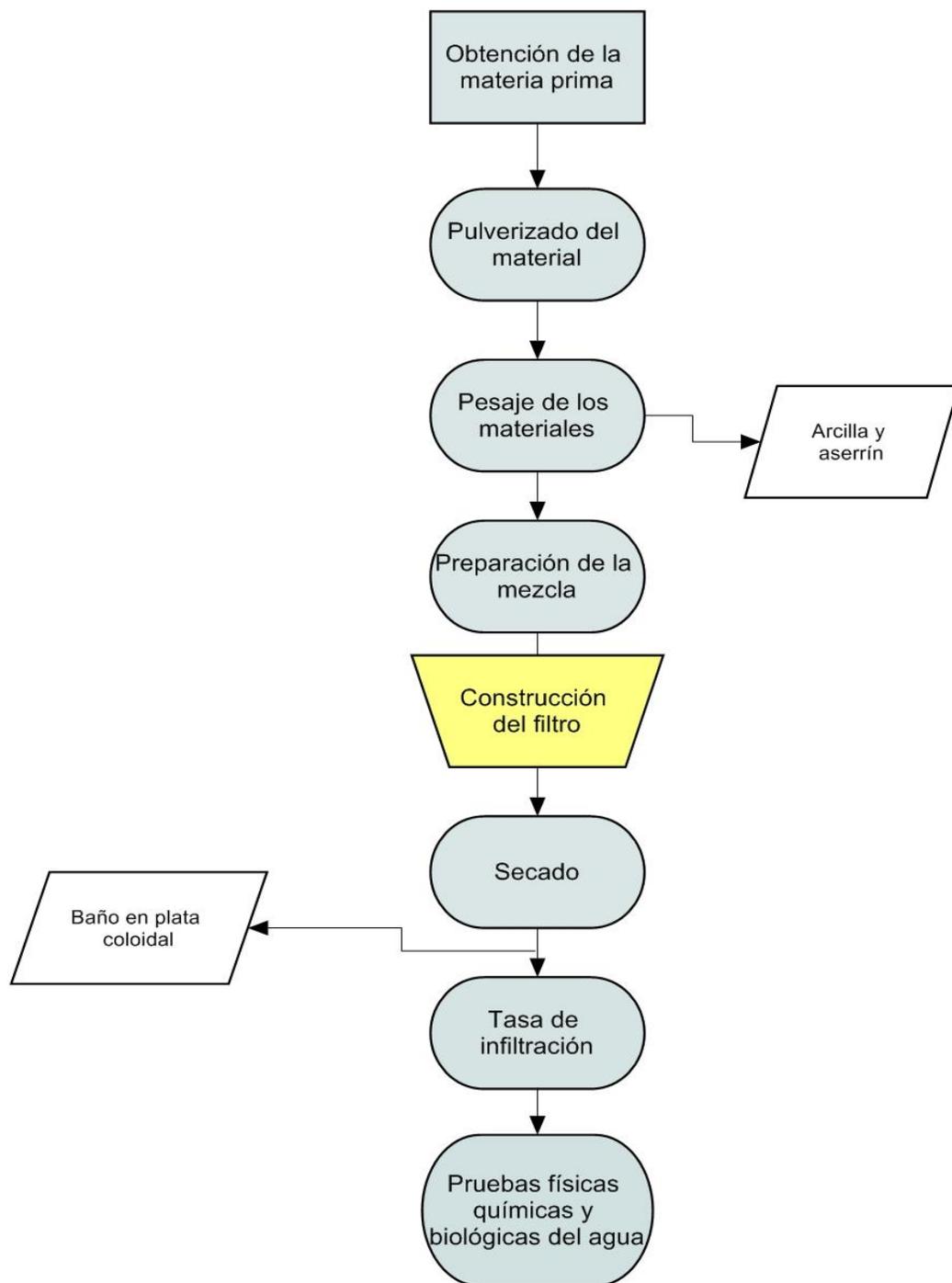
Muestra con textura arcillosa.

Mejor plasticidad.

Mayor representatividad en el tipo de suelo.

Los procesos para la etapa de construcción de los filtros, se realizaron con el asesoramiento y apoyo de Ecofiltro.

DIAGRAMA 1 FABRICACIÓN DE FILTRO CERÁMICO



Fuente: Elaboración propia. Año 2017.

IMAGEN 2

MODELO FILTRO CERÁMICO



Fuente: El filtron. http://www.ideassonline.org/pdf/br_28_59.pdf.
(08 de agosto 2017)

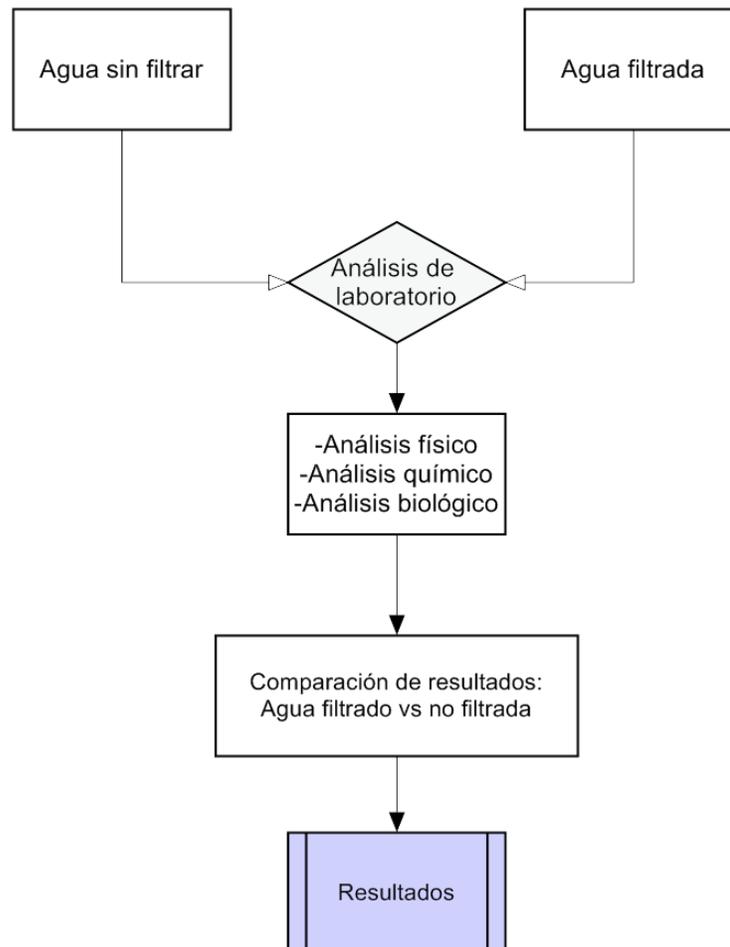
d.1 Pruebas físicas, químicas y biológicas del agua

Para conocer el funcionamiento del filtro se tomó una muestra de agua directamente del grifo del tanque comunal, del cual la mayoría de habitantes hacen uso para consumir agua en la época de sequía.

Se realizó un análisis comparativo de la calidad de agua antes y después de ser filtrada, para ello se utilizaron las especificaciones de agua potable de las normas COGUANOR NGO 290001.

Las muestras de agua se enviaron al laboratorio de Ecoquimsa y Contro Lab, ambos están certificados para efectuar los análisis correspondientes según lo indica la norma.

DIAGRAMA 2 ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA



Fuente: Adaptado de la investigación: *Formulación de pasta roja para la elaboración de un filtro cerámico purificador de agua y verificación de su efectividad filtrante*. Año 2010.

Finalmente al obtener los resultados de la calidad del agua filtrada, se determinó si las arcillas ubicadas en la aldea Santa María Julha, fungen como elemento filtrante de agua para consumo. Por medio de ello se realizó la propuesta describiendo los pasos anteriormente mencionados para fabricar un filtro artesanal.

1. Materiales y equipo

Fabricación del filtro

Arcilla.

Aserrín.

Plata coloidal (Se comprará en un laboratorio)

Brocha para aplicar la plata coloidal.

Balanza.

Recipiente para mezclar los materiales.

Paleta para mezclar.

Torno para moldear arcilla.

Horno.

Para realizar el filtro piloto se utilizaron los instrumentos de una fábrica de cerámica ya establecida.

Muestreo de agua

Para microbiología bolsas estériles *Whirl-park*.

Recipientes de plástico y vidrio estériles.

Hielo para preservar las muestras a 5°C.

Hielera y etiquetas.

4.1.8 Resultados obtenidos

a. Generación de línea base

En el proceso de generación de la línea base se aplicaron encuestas relacionadas a la gestión y acceso a agua potable, para ello se encuestó a un representante de cada una de las 183 viviendas que se ubican en la aldea.

Los resultados de las encuestas indican que más del 65% de las personas encuestadas han participado en charlas sobre el medioambiente, de los cuales la mayoría ha recibido capacitaciones enfocadas a la protección de fuentes de agua, ya que la disponibilidad de la misma es uno de los principales problemas.

Las enfermedades generadas por el consumo de agua contaminada, se pueden asociar a la ausencia de un saneamiento ambiental y manejo de aguas residuales ordinarias;

se hace mención que el 71% de las viviendas tienen ubicada su letrina a una distancia menor de 15 metros, cuando lo que se recomienda es tenerlas a más de 15 metros de distancia.

La disponibilidad del recurso hídrico en las viviendas es reducido, el 87% de las viviendas utilizan el agua pluvial para su consumo, de ellos el 57% utilizan tanques de plástico para almacenarla, el 18% tanque fabricados de concreto y el resto son fabricados por ellos mismos. El 97% de los encuestados, indicaron que hierven el agua antes de consumirla y únicamente el 3% utiliza hipoclorito de sodio para desinfectarla. Sin embargo hervir el agua o clorarla únicamente elimina los microorganismos.

b. Muestreo

Para realizar la investigación se tomaron 49 muestras de suelo en los alrededores de la aldea, dicho muestreo se realizó en compañía del facilitador comunitario.

Las muestras se tomaron a una profundidad media de 1.5 metros. Algunas de las muestras se obtuvieron de los taludes o cortes ya realizados en el suelo, y también se realizó la apertura de calicatas.

Para diferenciar las muestras a cada una se les asignó un código en base al número de unidad de muestreo al que pertenecían, a partir de ello se enumeraron del 1 al 7.

c. Etapa de laboratorio

La etapa de laboratorio correspondiente al análisis de textura, color y porosidad del suelo, se realizó en los laboratorios del Centro Universitario del Norte, CUNOR.

c.1 Clasificación textural de suelos

Para obtener la clasificación textural de las muestras de suelo, se utilizó el método del hidrómetro, con el objetivo de identificar las muestras con mayor porcentaje de arcilla.

Es importante hacer mención que la selección de las zonas para extracción de muestras, tuvo como base la presencia de suelos arcillosos, así como una distribución espacial que tuviera mayor representatividad en la zona de intervención.

A continuación se presentan la textura media obtenida por unidad de muestreo.

**CUADRO 4
TEXTURA MEDIA POR UNIDAD DE MUESTREO**

Unidad de muestreo	% Arcilla	%Arena	%Limo
1	68.92	24.66	6.42
2	62.64	19.69	17.67
3	68.20	19.10	12.70
4	71.70	21.58	6.73
5	87.32	10.32	2.36
6	78.72	13.82	7.46
7	66.51	18.46	15.03

Fuente: Trabajo de laboratorio. Año 2018.

La textura en todas las unidades de muestreo analizadas, es arcillosa.

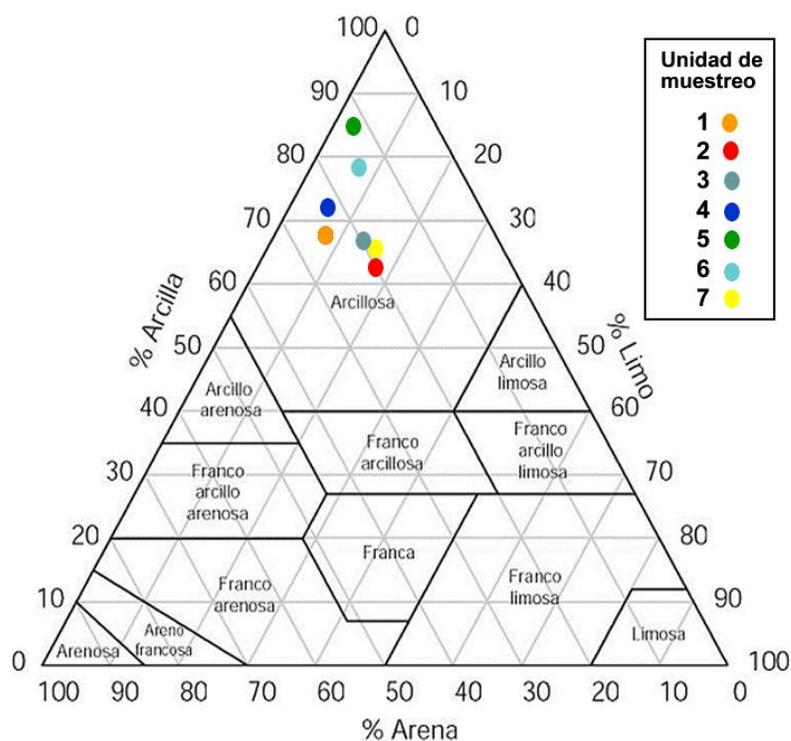
Únicamente se obtuvo una muestra con textura limo arcillosa, perteneciente a la unidad de muestreo 1, por lo que las 48 muestras restantes son arcillas.

La textura arcillosa en los suelos, favorece al momento de fabricar los filtros, ya que su plasticidad permite que sea manipulable y funcione para filtrar agua contaminada.

1) Diagrama ternario

En el siguiente diagrama ternario sobre texturas de suelo, se observa la tendencia media para cada unidad de muestreo.

IMAGEN 3
UBICACIÓN DE LA MEDIA DE UNIDADES DE MUESTREO EN
TRIÁNGULO TEXTURAL

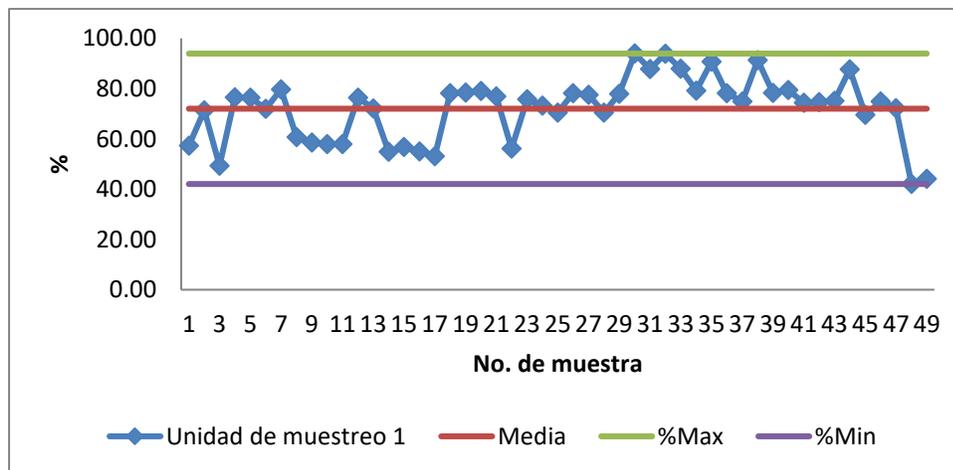


Fuente: Trabajo de laboratorio. Año 2018.

Como se observa en el triángulo textural también llamado diagrama ternario, todas las muestras presentan una textura arcillosa, correspondiente a un diámetro de partículas $<0.002\text{mm}$.

En la siguiente gráfica, se representan los datos en función de los resultados obtenidos, según el porcentaje de arcilla por cada una de las muestras analizadas. El resultado máximo de contenido de arcilla fue del 93.93% ubicado en la unidad de muestreo 5, y el mínimo 42.05% ubicado en la unidad de muestreo 7. El porcentaje medio es de 72% y la desviación estándar de 12.6.

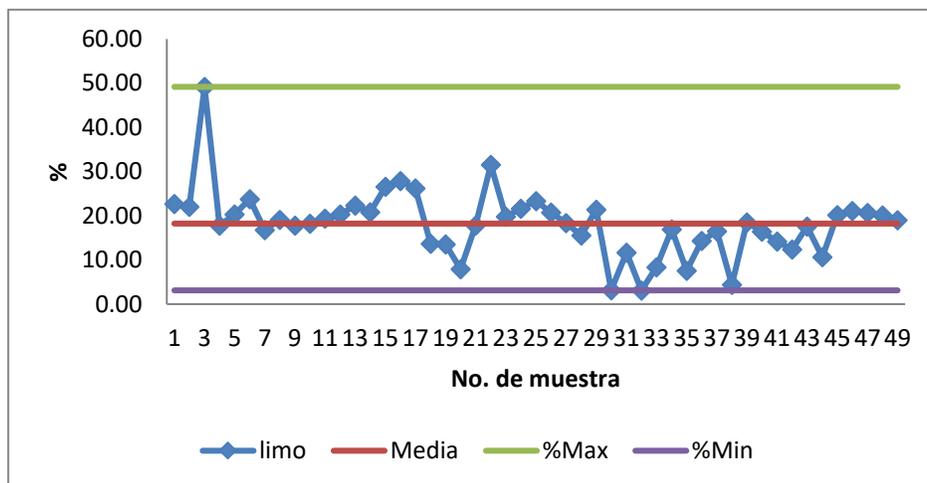
GRÁFICA 1
VARIACIÓN EN PORCENTAJES DE ARCILLA



Fuente: Elaboración propia. Año 2018.

En la gráfica 1, se representan los datos en función de los resultados obtenidos, según el porcentaje de arcilla por cada una de las muestras analizadas, el resultado máximo de contenido de arcilla fue del 93.93% y el mínimo 42.05%.

GRÁFICA 2 VARIACIÓN EN PORCENTAJES DE LIMO

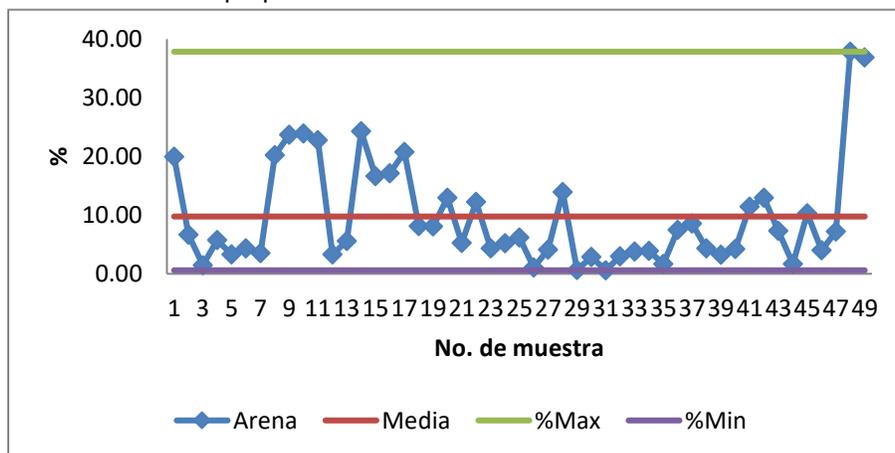


Fuente: Elaboración propia. Año 2018.

En la gráfica 2, se representan los datos en función de los resultados obtenidos, según el porcentaje de limo por cada una de las muestras analizadas, el resultado máximo en contenido de limo fue del 49.18% y el mínimo 3.11%. El porcentaje medio es de 18.23% y la desviación estándar de 7.

GRÁFICA 3 VARIACIÓN EN PORCENTAJES DE ARENA

Fuente: Elaboración propia. Año 2018.



En la gráfica 3, se representan los datos en función de los resultados obtenidos, según el porcentaje de limo por cada una de las muestras analizadas, el resultado máximo en contenido de arena fue del 37.86% y el mínimo 0.60%. El porcentaje medio es de 9.77% y la desviación estándar de 8.96%.

c.2 Color

Se identificó el color de las muestras de suelo, ya que permite hacer una asociación de su composición química, como por ejemplo las tonalidades rojizas corresponden a materiales férricos.

Para cada una de las muestras se determinó el color por medio de la tabla de Munsell, los resultados se presentan según tono, valor y croma en los que se ubican los colores de la muestra según su estado húmedo y seco. (Ver anexo).

1) Colores dominantes

Es importante evaluar los colores de las muestras en dos estados: húmedo y seco ya que a mayor contenido de humedad el color se intensifica, mientras que en estado seco las tonalidades tienden a ser más claras.

El análisis de color se realizó a cada una de las muestras obtenidas, a continuación se describen los resultados según la unidad de muestreo.

El color en estado húmedo y seco dominante en la unidad 1 y 3 corresponden a suelos marrón amarillento

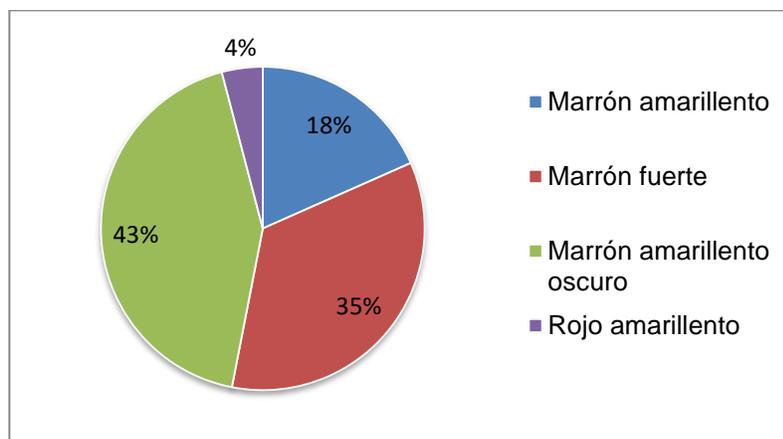
oscuro a marrón amarillento; estos son atribuidos a la roca madre que los originó la cual se denomina caliza, compuesta principalmente por carbonato de calcio y magnesio.

La unidad de muestreo 2 presenta suelos que van de marrón fuerte a marrón claro, debido a la presencia de óxidos en la roca madre que los generó. El color de las muestras presentes en la unidad 4 varía de marrón fuerte en estado húmedo y marrón muy pálido en estado seco.

Los suelos de color marrón muy pálido pueden asociarse a un contenido elevado de carbonatos (calcio y magnesio).

La unidad de muestreo 5, 6 y 7 presentan suelos de color marrón amarillento oscuro y colores rojizos a marrones muy pálidos, por lo que se atribuye un área con mayores oxidaciones.

GRÁFICA 4 COLORES DOMINANTES EN LAS MUESTRAS EN ESTADO HÚMEDO

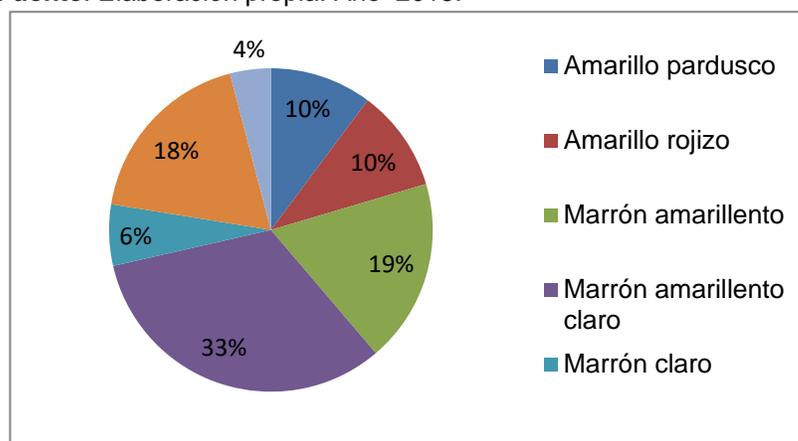


Fuente: Elaboración propia. Año 2018.

En estado húmedo el color dominante de las muestras es marrón amarillento oscuro, lo cual puede asociarse a la presencia de carbonato de calcio y magnesio.

GRÁFICA 5 COLORES DOMINANTES EN LAS MUESTRAS EN ESTADO SECO

Fuente: Elaboración propia. Año 2018.



En estado seco el color dominante en las muestras es: marrón amarillento claro.

c.3 Porosidad de las muestras

Se determinó la porosidad de las muestras de suelo con la finalidad de conocer el volumen de espacios vacíos contenidos dentro de la materia, ya que los poros permiten que los agentes contaminantes del agua sean retenidos.

La porosidad se obtuvo de las muestras que contenían más del 50% de porcentaje de arcilla. A continuación se presentan los resultados por unidad de muestreo.

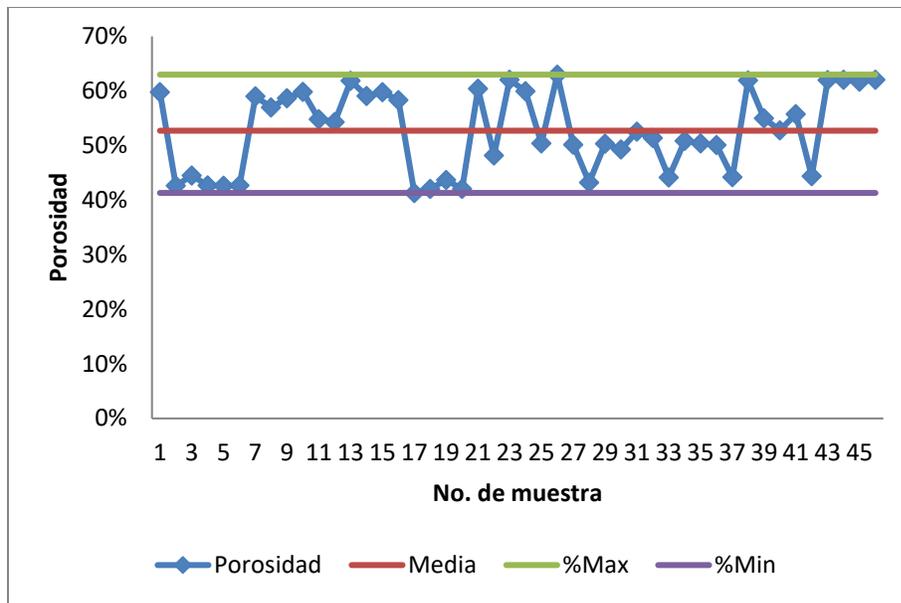
CUADRO 5 PORCENTAJE MEDIO DE POROSIDAD

Unidad de muestreo	Porosidad
1	46%
2	58%
3	49%
4	56%
5	49%
6	53%
7	50%

Fuente: Trabajo de laboratorio. Año 2018.

Únicamente se identificó la porosidad de las muestras, en aquellas que presentaron más del 50% de arcillas; lo que redujo a 46 de las 49 muestras. Los valores medios de porosidad, son característicos de suelos con textura arcillosa.

GRÁFICA 6 VARIACIÓN EN POROSIDAD



Fuente: Elaboración propia. Año 2018.

El valor máximo registrado de porosidad en las muestras fue del 63% correspondiente a la unidad de muestreo 4, y el mínimo del 41% que pertenece a la unidad de muestreo 3. La media de las muestras es del 53%, tomando en cuenta todas las muestras analizadas.

d. Análisis geostatístico

Con el objetivo de interpretar los resultados obtenidos en laboratorio, sobre el porcentaje de arcillas en cada una de las muestras evaluadas, se realizó un análisis geostatístico. Para ajustar las funciones y cuantificar el grado y escala de variación espacial, se realizó una evaluación implementando el modelo Gaussiano con y sin transformación logarítmica de primer y segundo orden.

La variable analizada fue el contenido de arcillas en las muestras de suelo en función al par de coordenadas a las que pertenece cada muestra (ver anexo). A continuación se presentan los resultados obtenidos en el análisis exploratorio de datos:

CUADRO 6 ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS DEL CONTENIDO DE ARCILLAS

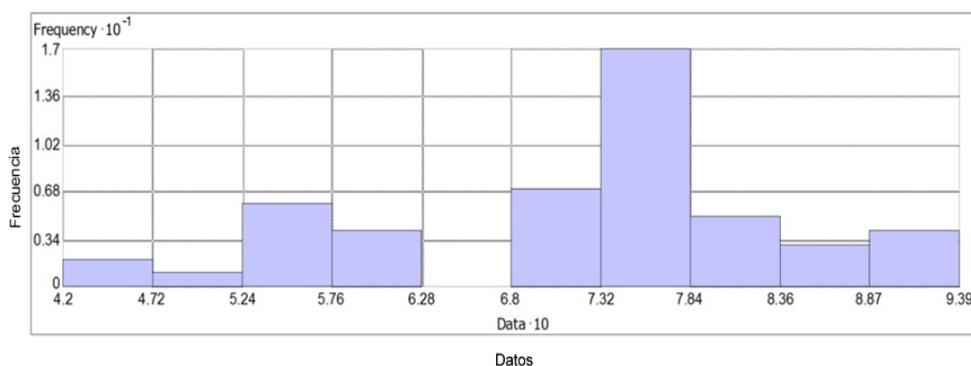
Análisis estadístico	Resultado
Media	0.72
Mediana	0.75
Desv. Estándar	0.13
Coficiente de curtosis	2.72
Sesgo o Asimetría	-0.49
Mínimo	0.42
Máximo	0.94

Fuente: Elaboración propio. Año 2018.

De acuerdo al coeficiente de curtosis, la distribución es leptocúrtica ya que el resultado es mayor a cero. Según el coeficiente de sesgo o asimetría, los datos son negativos (CS= -0.51).

Por lo tanto los datos presentan una distribución asimétrica sesgada hacia la izquierda, ya que están más dispersos a la izquierda que a la derecha; lo que significa que la distribución de datos no es normal.

GRÁFICA 7 HISTOGRAMA CONTENIDO DE ARCILLAS SIN TRANSFORMACIÓN



Fuente: Elaboración propia. Año 2018.

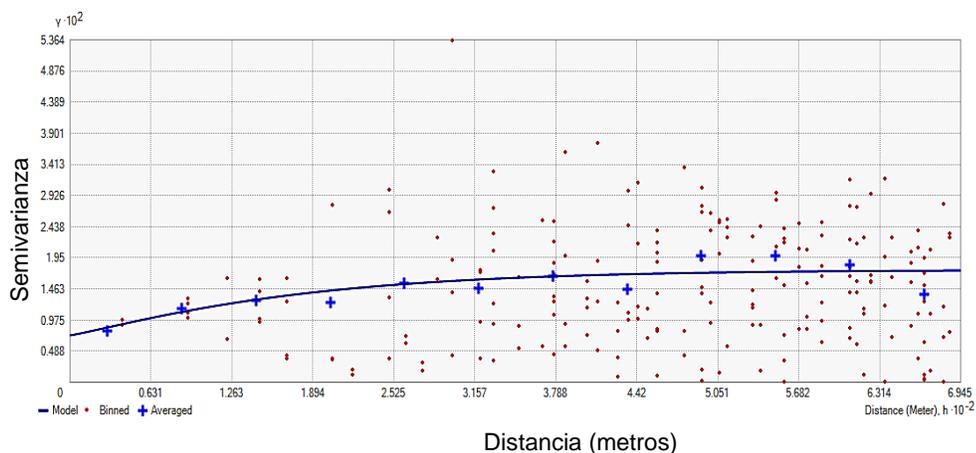
De acuerdo al coeficiente de curtosis, la distribución es leptocúrtica ya que el resultado es mayor a cero.

Según el coeficiente de sesgo o asimetría, los datos son negativos (CS= -0.51).

Por lo tanto los datos presentan una distribución asimétrica sesgada hacia la izquierda, ya que están más dispersos a la izquierda que a la derecha; lo que significa que la distribución de datos no es normal.

El semivariograma resultante del contenido de arcillas, es un gráfico que parte de la ecuación descrita anteriormente en el apartado de la metodología, donde el eje “y” muestra la semivarianza del contenido de arcillas y el eje “x” la distancia creciente que separa las muestras.

GRÁFICA 8 SEMIVARIOGRAMA DEL CONTENIDO DE ARCILLAS



Fuente: Elaboración propia. Año 2018.

El semivariograma resultante del contenido de arcillas, es un gráfico que parte de la ecuación descrita anteriormente en el apartado de la metodología, donde el eje “y” muestra la semivarianza del contenido de arcillas y el eje “x” la distancia creciente que separa las muestras.

d.1 Modelo para mapas de predicción

Según la forma de tendencia de la curva, el modelo que mejor se ajusta al semivariograma es el Gaussiano, refleja de mejor manera la continuidad espacial de los datos.

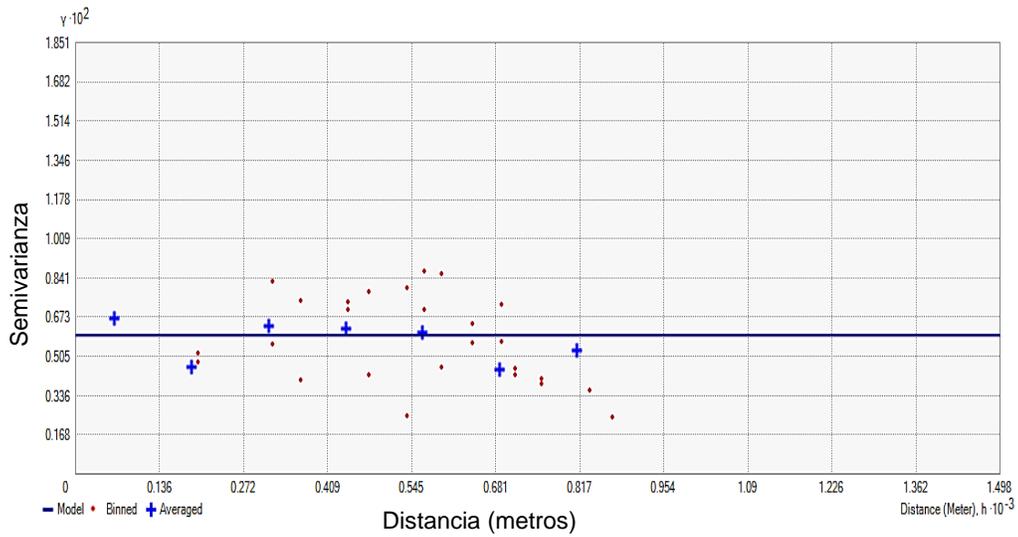
De acuerdo a los expertos la dependencia espacial en este modelo, desaparece a una distancia que tiende al infinito.

Se realizaron modelos para los datos sin transformación y con transformación logarítmica.

1. Modelo Gaussiano sin transformación de primer orden

A continuación se presentan los resultados de predicción al utilizar el modelo Gaussiano sin transformación de primer orden.

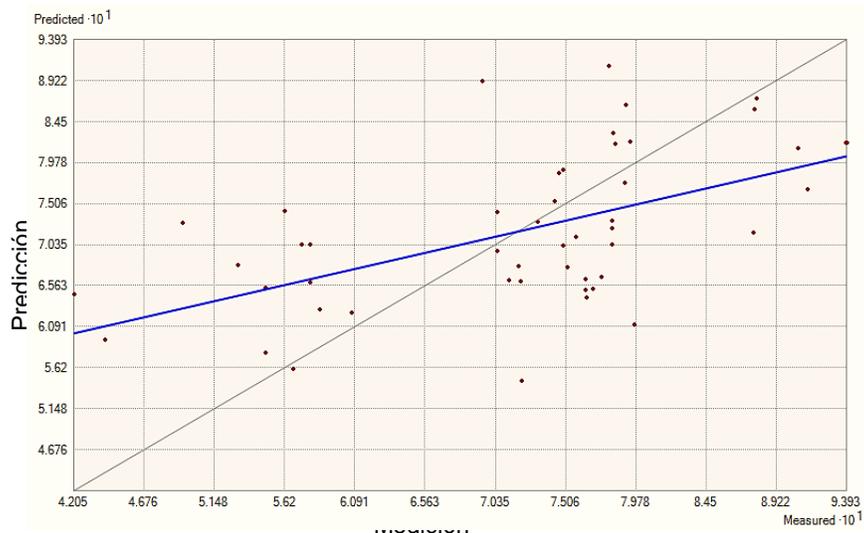
GRÁFICA 9 SEMIVARIOGRAMA MODELO *KRIGING* ORDINARIO, TIPO GAUSSIANO SIN TRANSFORMACIÓN DE PRIMER ORDEN



Fuente: Elaboración propia. Año 2018.

La tendencia lineal del modelo generado indica la independencia espacial de los valores procesados, esto significa que los datos no dependen unos con otros.

GRÁFICA 10 PREDICCIÓN DEL MODELO *KRIGING* ORDINARIO, TIPO GAUSSIANO SIN TRANSFORMACIÓN DE PRIMER ORDEN DEL CONTENIDO DE ARCILLAS

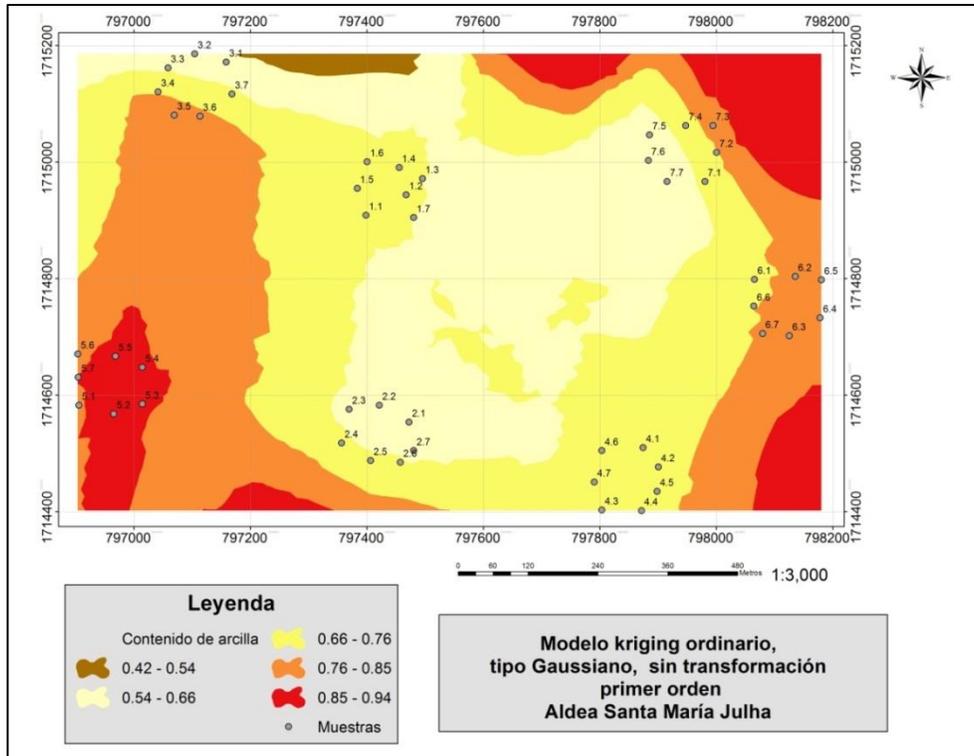


Fuente: Elaboración propia. Año 2018.

En la gráfica anterior se visualizan dos líneas; la azul representa la ecuación de regresión del modelo, que predice el comportamiento del porcentaje de arcillas en función de la medición en campo efectuada en la investigación y la gris, el modelo teórico de comportamiento óptimo de la interacción de las variables

Estas mismas se intersectan en un pequeño espacio, ya que ambas presentan distintas pendientes por lo que solamente en el punto de intersección, el error de los datos medidos contra la predicción es mínimo.

MAPA 3
PREDICCIÓN MODELO *KRIGING* ORDINARIO, TIPO
GAUSSIANO SIN TRANSFORMACIÓN DE PRIMER ORDEN
DEL CONTENIDO DE ARCILLAS



Fuente: Elaboración propia. Año 2018.

Con los datos obtenidos a partir del modelo de predicción se genera un mapa, el cual muestra un modelamiento de la distribución de las arcillas con base a las áreas muestreadas, el mismo se obtiene con la interpolación de la variable en sitios no muestreados.

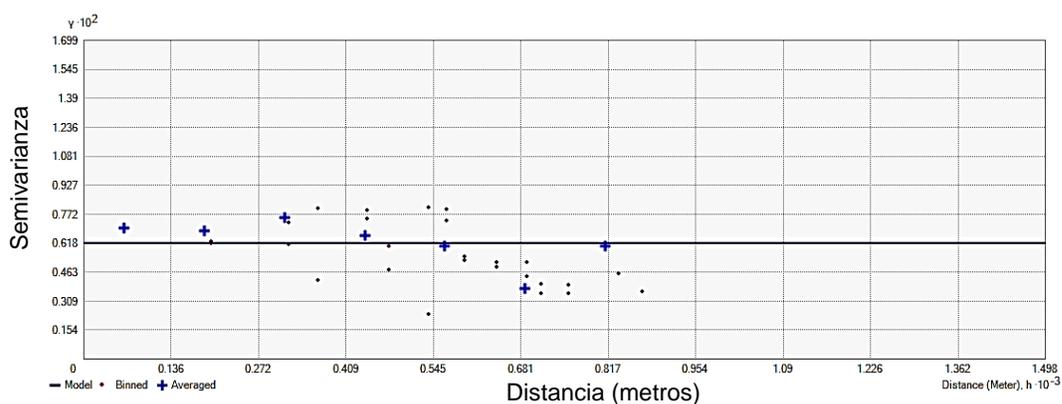
Sin embargo el mapa no predice correctamente los datos en las áreas no medidas, ya que el error de predicción es elevado.

Esto se debe a que en la gráfica de predicción anteriormente descrita la línea de predicción y la línea que representa la medición en campo están separadas una con otra.

2. Modelo Gaussiano sin transformación de segundo orden

Se presentan los resultados empleando el modelo Gaussiano sin transformación de segundo orden:

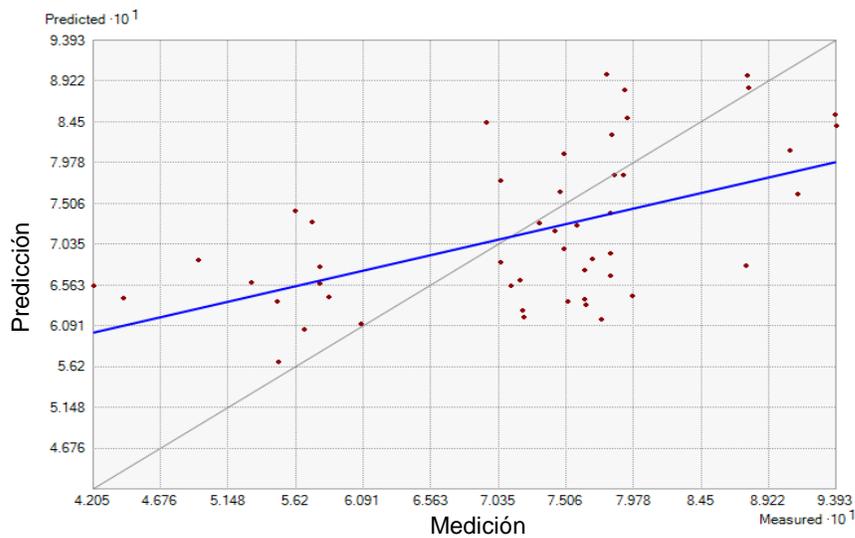
GRÁFICA 11 SEMIVARIOGRAMA MODELO *KRIGING* ORDINARIO, TIPO GAUSSIANO SIN TRANSFORMACIÓN DE SEGUNDO ORDEN



Fuente: Elaboración propia con el programa *Arcgis*. Año 2018

El semivariograma del modelo Gaussiano sin transformación de segundo orden, difiere mínimamente en comparación con el Gaussiano sin transformación de primer orden, a razón de que el rango es el mismo, con un valor de 1,498.46 m así como la distribución de los datos es muy parecida.

GRÁFICA 12 PREDICCIÓN DEL MODELO *KRIGING* ORDINARIO, TIPO GAUSSIANO SIN TRANSFORMACIÓN DE SEGUNDO ORDEN DEL CONTENIDO DE ARCILLAS

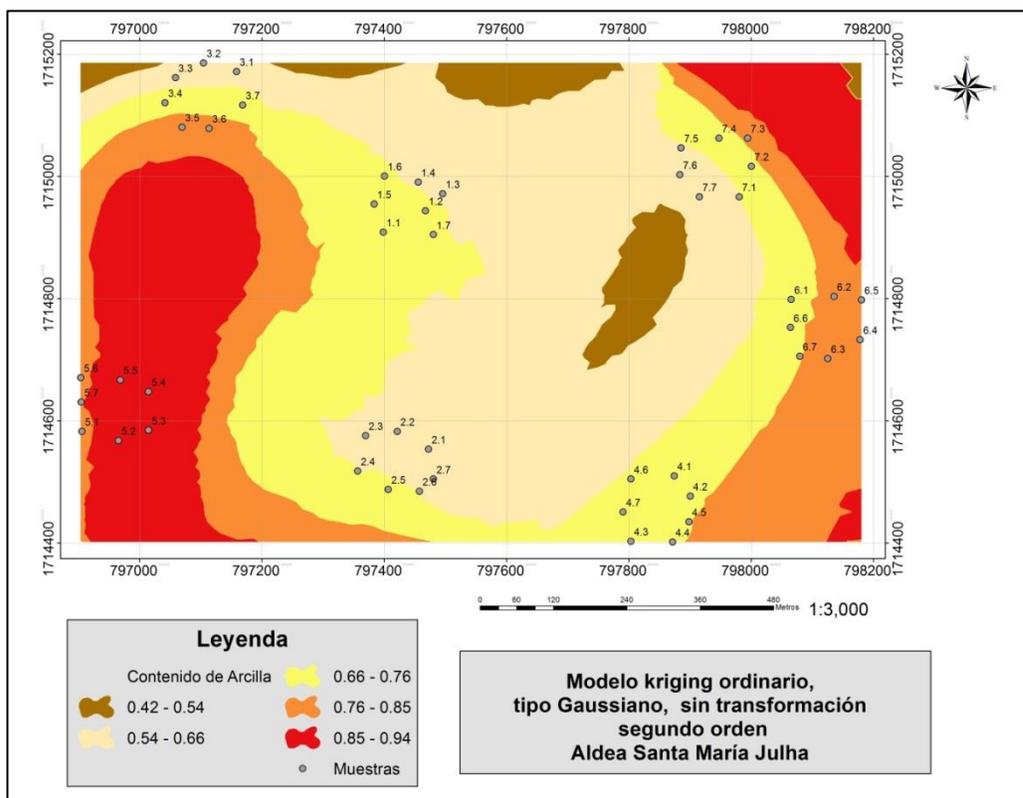


Fuente: Elaboración propia. Año 2018.

El gráfico de valores predichos frente a los medidos sigue mostrando un modelo poco exacto, ya que el resultado alcanzado es similar al modelo anterior, ambas líneas se encuentran separadas y solamente se genera un punto de intersección en las líneas.

MAPA 4

PREDICCIÓN MODELO *KRIGING* ORDINARIO, TIPO GAUSSIANO SIN TRANSFORMACIÓN DE SEGUNDO ORDEN DEL CONTENIDO DE ARCILLAS



Fuente: Elaboración propia. Año 2018.

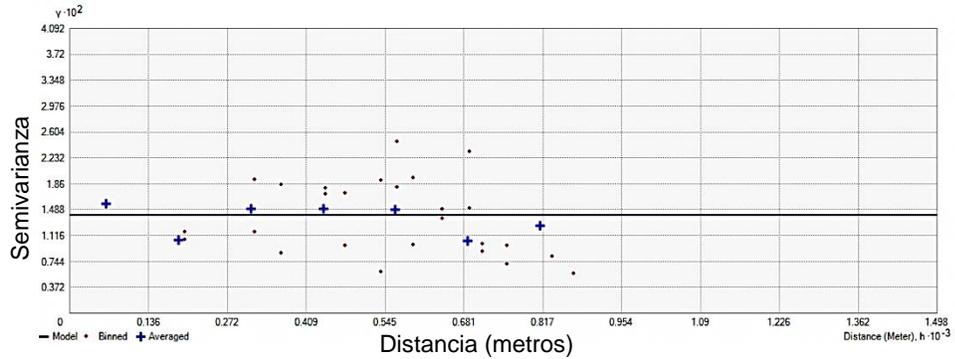
El mapa de predicción, distribuye las arcillas en concentraciones distintas en comparación al primer modelo. El error sigue siendo elevado por lo que la predicción no es confiable en comparación a los datos obtenidos en campo.

3. Modelo Gaussiano transformación logarítmica de primer orden

Se presentan los resultados empleando el modelo Gaussiano con transformación logarítmica de primer orden.

GRÁFICA 13

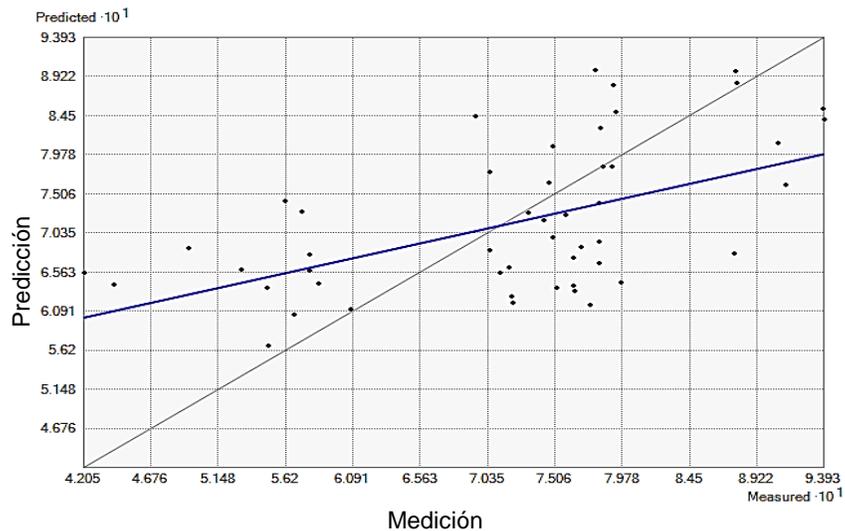
SEMIVARIOGRAMA *KRIGING* ORDINARIO, TIPO GAUSSIANO CON TRANSFORMACIÓN LOGARÍTMICA DE PRIMER ORDEN



Fuente: Elaboración propia. Año 2018.

Se presenta el semivariograma con transformación logarítmica de primer orden, el rango continúa siendo el mismo: 1,498.46 metros, es considerablemente alto para una predicción certera.

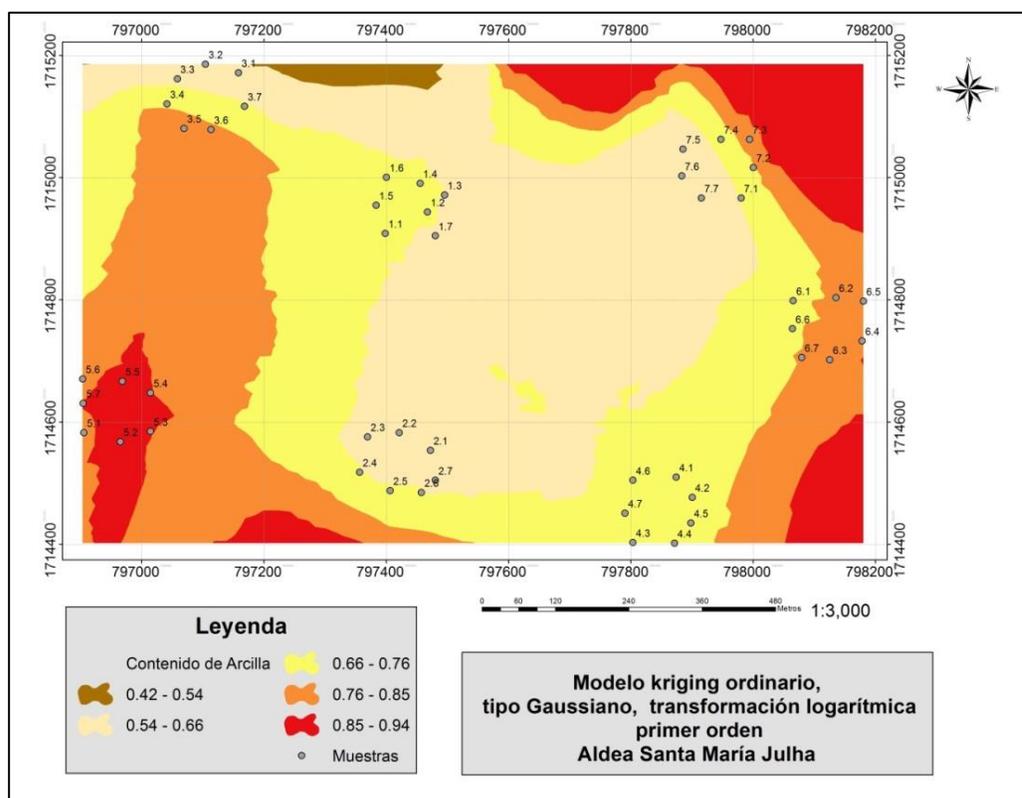
GRÁFICA 14 PREDICCIÓN DEL MODELO *KRIGING* ORDINARIO, TIPO GAUSSIANO CON TRANSFORMACIÓN LOGARÍTMICA DE 1er. ORDEN DEL CONTENIDO DE ARCILLAS



Fuente: Elaboración propia. Año 2018.

Al aplicar una transformación logarítmica a los datos, estos mismos no cambian mucho en el sentido de distribución y predicción en comparación a los modelos anteriores en donde no se aplica ninguna transformación.

MAPA 5 MODELO *KRIGING* ORDINARIO, TIPO GAUSSIANO TRANSFORMACIÓN LOGARÍTMICA DE 1er. ORDEN DEL CONTENIDO DE ARCILLAS



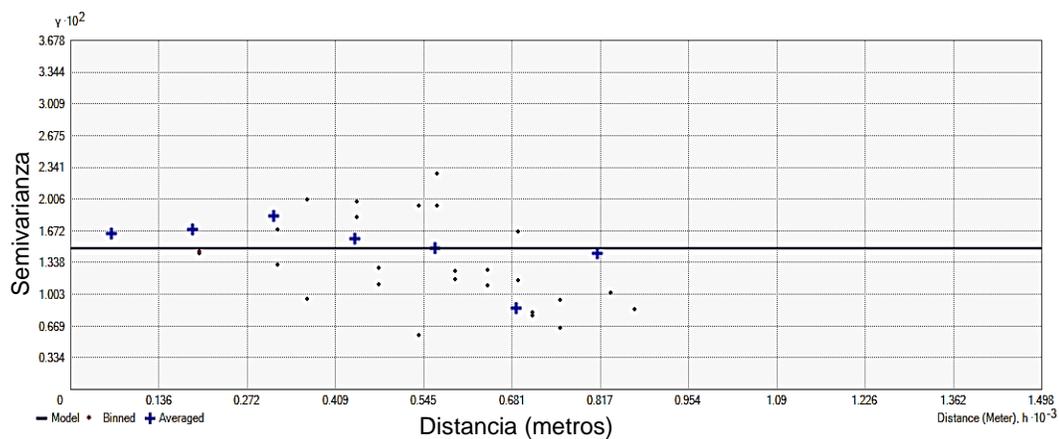
Fuente: Elaboración propia. Año 2018.

El mapa de predicción generado con transformación logarítmica de 1er orden, es semejante al mapa sin transformación de 1er. Orden ya que la distribución de arcillas guarda el mismo patrón.

4. Modelo Gaussiano transformación logarítmica de segundo orden

Se presentan los resultados empleando el modelo Gaussiano con transformación logarítmica de segundo orden.

GRÁFICA 15
SEMIVARIOGRAMA KRIGING ORDINARIO, TIPO GAUSSIANO CON TRANSFORMACIÓN LOGARÍTMICA DE SEGUNDO ORDEN DEL CONTENIDO DE ARCILLAS

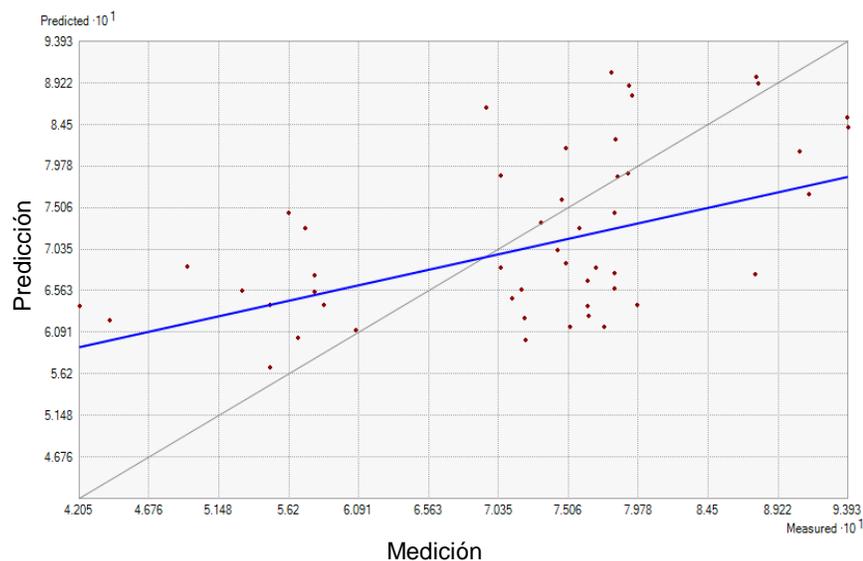


Fuente: Elaboración propia. Año 2018.

El modelo del semivariograma es muy parecido a los anteriores, se presenta un semivariograma con una línea horizontal y con el mismo rango 1 498.46 metros.

GRÁFICA 16

PREDICCIÓN DEL MODELO *KRIGING* ORDINARIO, TIPO GAUSSIANO CON TRANSFORMACIÓN LOGARÍTMICA DE SEGUNDO ORDEN DEL CONTENIDO DE ARCILLAS

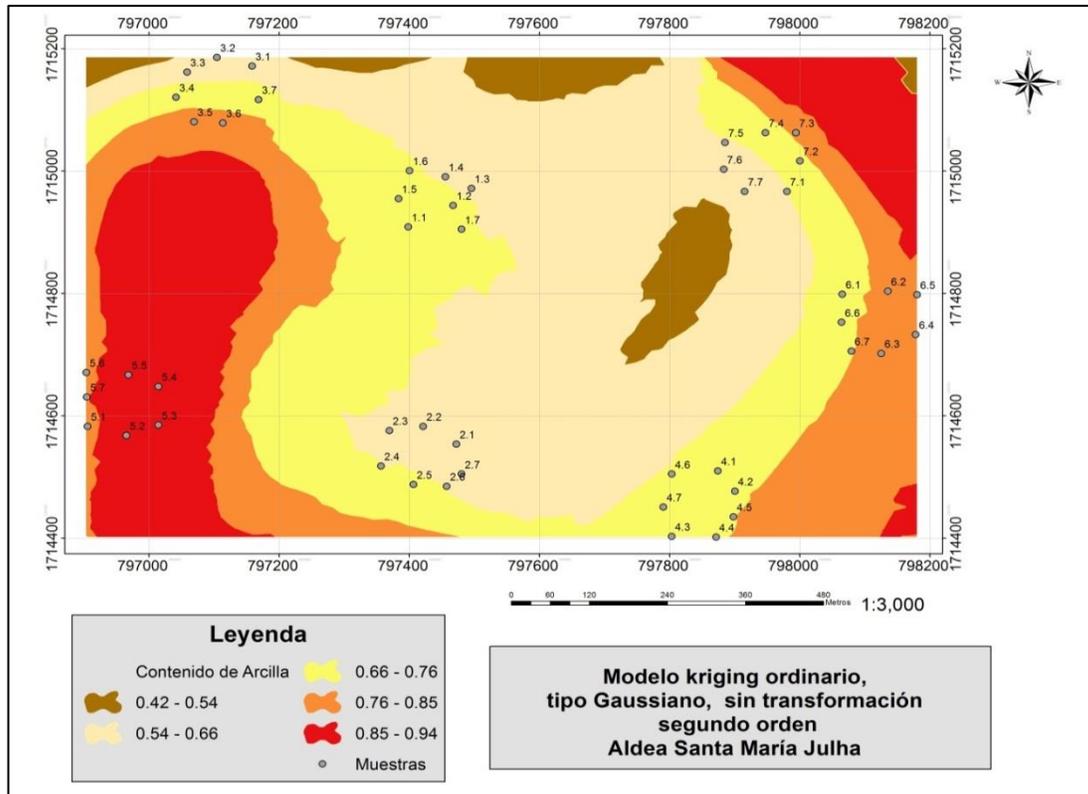


Fuente: Elaboración propia. Año 2018.

Los valores medidos contra los predichos mantienen una diferencia considerable para una predicción adecuada. La dispersión de los puntos es parecida al modelo Gaussiano sin transformación de segundo orden.

MAPA 6

PREDICCIÓN MODELO *KRIGING* ORDINARIO, TIPO GAUSSIANO TRANSFORMACIÓN LOGARÍTMICA DE 2do. ORDEN DEL CONTENIDO DE ARCILLAS



Fuente: Elaboración propia. Año 2018.

En el mapa anterior se presentan los valores estimados del contenido de arcillas a partir del modelo Gaussiano con transformación logarítmica de segundo orden presenta los valores estimados.

5. Criterios de valoración para los modelos de *kriging*

Para cada una de las gráficas se generan los criterios de valoración de los datos de predicción obtenidos en las ecuaciones de Kriging. Se presentan en el siguiente cuadro.

CUADRO 7 CRITERIOS DE VALORACIÓN PARA LOS MODELOS DE *KRIGING*

Error de predicción	Gaussiano sin transformación de 1er. Orden	Gaussiano sin transformación de 2do. Orden	Gaussiano transformación log. de 1er. Orden	Gaussiano transformación log. de 2do. Orden
Media	-0.0001828	-0.001589	-0.001146	-0.002930
Raíz del error cuadrático medio	0.1057919	0.105435	0.108324	0.107508
Media estandarizada	-0.0026572	0.019720	-0.050101	-0.067804
Raíz del error cuadrático medio estandarizado	1.3248409	1.295663	1.268210	1.238994
Error estándar medio	0.0798599	0.081428	0.089668	0.091822

Fuente: Elaboración propia. Año 2018.

La media se obtuvo del valor promedio de los errores de predicción, esta misma resultó con valores cercanos a cero debido a que el tipo de escala con el que se trabajó el contenido de arcillas, fue menor a cero. El modelo Gaussiano sin transformación de primer orden presentó el valor medio más bajo, lo que significa que es el que mejor se ajustó a la gráfica de predicción.

e. Propuesta para elaboración del filtro de agua

Con base en los resultados obtenidos mediante la generación de la línea base en la aldea Santa María Julha, se observó que los problemas asociados a la disposición y baja

calidad del agua, corresponden a la carencia de un saneamiento ambiental, asociado al manejo inadecuado de aguas negras y la incorrecta disposición final de los residuos sólidos y líquidos.

De igual forma el cambio climático, es una problemática que altera tanto la disponibilidad como calidad del agua, lo que afecta principalmente al sector rural del país; de esa cuenta para mitigar dicho problema, se hace una propuesta para elaborar un filtro artesanal a base de arcilla, el cual en su mayoría es construido con materiales disponibles en la aldea Santa María Julha y el proceso de construcción no genera impactos significativos al medioambiente.

Para generar la propuesta de elaboración de un filtro a base de arcilla, se realizaron filtros piloto. Con la finalidad de conocer la proporción ideal entre la arcilla y el aserrín, los filtros se fabricaron con el apoyo técnico de Ecofiltro, quienes actualmente realizan filtros empleando la metodología del Dr. Fernando Mazariegos.

e.1 Ensayos piloto

1) Selección de las muestras

Para la elaboración de los filtros de prueba, se utilizaron 05 muestras distintas. La discriminación de las zonas para utilizar los suelos en los elementos filtrantes, se fundamentó según el contenido de arcilla de las muestras y semejanza en los ambientes en donde se encuentran; por lo que se estableció como zona de interés la unidad de muestreo 1, 3 y 6.

Cabe recalcar que aparte de las propiedades físicas de los suelos, la situación social en la comunidad es un factor importante a considerar durante la discriminación de zonas de muestreo, ya que existen zonas de conflicto social.

Para la elaboración de los filtros, se contó con el apoyo de un ceramista experto en la construcción de los mismos.

2) Pesaje

Para cada muestra de suelo se aplicó una cantidad diferente de aserrín según la plasticidad de las arcillas, mientras más plástica se agrega más aserrín.

**CUADRO 8
DISTRIBUCIÓN DE ARCILLA Y ASERRÍN**

Código muestra	Código filtro	Porcentaje de arcilla en la muestra	Cantidad de arcilla (lb)	Cantidad de aserrín (lb)
1.4	1	76%	8 lb	0.87 lb
1.5	2	76%	12 lb	1.5 lb
3.7	3	77%	8 lb	1.5 lb
3.4	4	78%	8 lb	1.4 lb
6.4	5	78%	12 lb	1.5 lb

i.

Fuente: Elaboración propia. Año 2018.

3) Construcción del filtro

Se construyeron 5 filtros con las muestras de arcilla obtenidas en Santa María Julha. Para asegurarse que los filtros se fabricaran correctamente se contó con el apoyo de un ceramista experto. Todo el proceso de fabricación y secado del filtro se realizó en 25 días.

4) Tasa de infiltración

Según las investigaciones realizadas por Dr. Fernando Mazariegos el inventor de Ecofiltro, la tasa de infiltración correcta para asegurar que todas las impurezas presentes en el agua sean eliminadas, es de 1 a 2 litros por hora.

En el siguiente cuadro se presenta la tasa de infiltración obtenida para cada una de los filtros fabricados:

CUADRO 9
TASA DE INFILTRACIÓN POR HORA

Código filtro	Cantidad de agua filtrada
1	1.5 l/h
2	1.6 l/h
3	4 l/h
4	5 l/h
5	1.7 l/h

Fuente: Elaboración propia. Año 2018.

La tasa de infiltración indica que los filtros 1, 2 y 5 cumplen con el rango establecido por el Dr. Mazariegos el cual es de 1 a 2 litros por hora. Los filtros 3 y 4 aumentaron su porosidad al momento de ser horneados por lo que su tasa de infiltración es mayor, motivo por el cual fueron descartados.

Sin embargo el material del filtro 1 y 5 resultó muy frágil por lo que se fracturó durante su manipulación. Con fines de estudio se elige la mezcla del filtro No. 2 para realizar las pruebas físicas, químicas y biológicas del agua filtrada por el mismo.

5) Pruebas físicas, químicas y biológicas

Un filtro de cerámica se compone de tres materiales principales: arcilla, aserrín y plata coloidal, esta última es la encargada de eliminar microorganismos presentes en el agua, sin embargo para evaluar la eficacia de un filtro sin plata coloidal, se realizó el análisis de calidad de agua con un filtro sin plata coloidal y otro con plata coloidal.

Para cada filtro se tomó una muestra antes y después de pasar por la unidad filtrante. Dichas muestras fueron enviadas a laboratorios certificados para su análisis.

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos en laboratorio:

CUADRO 10 RESULTADOS CALIDAD DE AGUA FILTRO SIN PLATA COLOIDAL

Parámetro	Dimensionales	Antes del filtro	Después del filtro	Límite máximo aceptable	Límite máximo permisible
Temperatura	°C	19.1	18.7	-	-
Cloro residual	mg/L	<0.10	<0.10	0.5	1
Apariencia	NR/R	No rechazable	Rechazable	-	NR
Olor	NR/R	No rechazable	Rechazable	NR	NR
Color	UPC	1	1	5	35
Turbiedad	UNT	<0.5	<0.5	5	15
Conductividad	uS/cm	230	112.3	750	1500
pH	Unidades de pH	8.34	8	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5
Calcio	mg/L	40.88	0.841	75	150
Dureza total	mg/L	104.1	4	100	500
Hierro total	mg/L	<0.070	<0.070	0.3	-
Manganeso	mg/L	<0.020	<0.020	0.1	0.4
Nitritos	mg/L	<0.030	0.033	-	3
Nitratos	mg/L	9.3	4.4	-	50
Cloruro	mg/L	<1.50	8	100	250
Sulfato	mg/L	<25	36	100	250
Magnesio	mg/L	0.489	0.469	50	100
Coliformes Totales	NMP/100 MI	240	1,100	Negativo	Negativo
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 MI	3.6	<1.1 Negativo	Negativo	Negativo

Fuente: Resultados de laboratorio Ecofiltro. Año 2018.

Los resultados obtenidos en el filtro sin plata coloidal, indican que algunas características físicas, como la apariencia y olor de la muestra posterior a ser filtrada, son rechazables debido a que en la misma, aún se percibía olor asociado con arcilla.

En las Coliformes Totales, se obtuvo crecimiento exponencial durante el proceso de filtrado, esto debido a que la unidad filtrante no contaba con el tratamiento bactericida, por lo que las condiciones se consideraron ideales para el crecimiento de los microorganismos dentro de la misma. Sin embargo la *Escherichia Coli* se redujo al 100%. De esta manera se comprueba que el filtro sin plata coloidal no elimina completamente los microorganismos.

CUADRO 11 RESULTADOS CALIDAD DE AGUA FILTRO CON PLANTA COLOIDAL

Parámetro	Dimensionales	Antes del filtro	Después de filtro	Límite máximo aceptable	Límite máximo permisible
Temperatura	°C	23	23	-	-
Cloro residual	mg/L	-	-	0.5	1
Apariencia	NR/R	No rechazable	Rechazable	-	NR
Olor	NR/R	No rechazable	Rechazable	NR	NR
Color	UPC	No detectable	6	5	35
Turbiedad	UNT	No detectable	3	5	15
Conductividad	uS/cm	357	375	750	1500
pH	Unidades de pH	6.79	6.66	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5
Calcio	mg/L	66	35	75	150
Dureza total	mg/L	154	86	100	500
Hierro total	mg/L	0.1	0.8	0.3	-
Manganeso	mg/L	<0.1	<0.01	0.1	0.4
Nitritos	mg/L	<0.07	<0.07	-	3
Nitratos	mg/L	3.1	5	-	50
Cloruro	mg/L	2.8	4.1	100	250
Sulfato	mg/L	66	88	100	250
Magnesio	mg/L	<5	<5	50	100

Coliformes Totales	NMP/100 MI	>1,600	<1.8 Negativo	Negativo	Negativo
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 MI	>1,600	<1.8 Negativo	Negativo	Negativo

Fuente: Resultados de laboratorio Contro-Lab. Año 2018.

En la tabla anterior se observan los resultados de la muestra antes y después de haber pasado por el filtro con plata coloidal, de igual forma la apariencia y olor de la muestra resultante es rechazable, ya que el filtro aún tenía pequeñas partículas de arcilla, por lo que la misma generó que la apariencia física de la muestra de agua cambiara.

Los resultados microbiológicos si cumplen con los requisitos de la NORMA COGUANOR NTG 29001 AGUA POTABLE; por lo que se demuestra que la plata coloidal hace su efecto bactericida según lo esperado.

Estudios realizados por el Laboratorio Nacional De Salud Pública de México demuestran que la aplicación directa de plata coloidal en aguas contaminadas reduce en 100% el contenido de Mesofilicos Aeróbicos y de Coliformes Totales.

6) Elaboración del filtro

A continuación se presentan los pasos a seguir para elaborar un filtro de arcilla, aserrín y plata coloidal. La explicación se basa en la experiencia adquirida durante la fabricación de los filtros piloto con el apoyo de Ecofiltro.

7) Consideraciones ambientales para la construcción del filtro

Para la obtención del suelo arcilloso, inicialmente se elabora un pozo a cielo abierto, con una profundidad de 1.5 metros y un diámetro de 1 metro, dicha actividad no genera un impacto visual considerable al paisaje, ya que el volumen requerido de suelo para construir un filtro es mínimo, aproximadamente 0.004 metros cúbicos.

En relación al uso de aserrín, el mismo se puede obtener de los residuos resultantes de las maderas de pino, trabajadas en las carpinterías, siempre y cuando no tengan ningún agregado químico.

Los instrumentos para construir la unidad filtrante no requieren electricidad, ya que en este caso se propone secar la arcilla al aire libre, pulverizarla con un martillo a mano y moldearla con un torno artesanal. De esta manera se reduce cualquier impacto ambiental generado por el uso de energía eléctrica.

Una vez la unidad filtrante esté construida, se debe someter a un proceso de cocción, para lo cual se propone utilizar un horno artesanal de forma circular, a base de arcilla, arena y ladrillos, estos materiales poseen la cualidad de retener por horas el calor dentro del horno, disminuyendo así el uso de la biomasa.

La materia prima para elaborar la base del filtro, se puede obtener en la comunidad y así se evita el uso de plásticos, de esta manera se minimiza la generación de residuos sólidos

El uso directamente del filtro, no provoca afección al medioambiente, ya que no genera residuos, no consume energía ni agota los recursos, por lo que es una opción ambientalmente viable.

La limpieza del filtro únicamente requiere agua limpia y un cepillo, no se utiliza jabón ni detergentes, los cuales alteran la calidad del agua.

Cuando la unidad filtrante se deba cambiar, la misma puede reutilizarse como macetero o se le puede dar algún otro tipo de uso, evitando así que sea considerada como desecho. Sin embargo por la naturaleza de sus materiales, estos no generan contaminación al estar expuestos a la intemperie.

4.2 Estrategias

4.2.1 Presupuesto y recursos

Extracción de muestras			
Cantidad	Descripción	Valor unitario	Total
50	Bolsas para almacenar muestras	Q 1.00	Q 50.00
Sub total			Q 50.00
Análisis de laboratorio			
Cantidad	Descripción	Valor unitario	Total
4	Garrafrones de agua destilada	Q 15.00	Q 60.00
1	Uso de laboratorio	Q 100.00	Q 100.00
Sub total			Q 160.00
Precio para construir 5 unidades filtrantes			
Cantidad	Descripción	Valor unitario	Total
0.20 m3	Leña	Q 7.00	Q 35.00
7.5 lb	Aserrín	Q 0.50	Q 2.50
1	Baño de plata coloidal	Q 22.00	Q 110.00
1	Trituración de arcilla	Q 0.50	Q 2.50
1	Arcilla	Q 15.00	Q 75.00
1	Mano de obra	Q 77.00	Q 385.00
Precio unitario por filtro		Q 122.00	
Sub total 5 filtros			Q 610.00
Pruebas calidad de agua			
Cantidad	Descripción	Valor unitario	Total
4	Pruebas físicas, químicas y biológicas de agua	Q 1 070.00	Q 4 280.00
Sub total			Q 4 280.00
Transporte			
Cantidad	Descripción	Valor unitario	Total

5	Visita a la aldea para la extracción de muestras	Q 50.00	Q 250.00
3	Visitas técnicas a la fábrica de Ecofiltro	Q 300.00	Q 900.00
Sub total			Q 1 150.00
Recurso humano			
Días de trabajo	Descripción	Valor unitario	Total
2	Personal de apoyo en campo para la extracción de muestras	Q 50.00	Q 100.00
22	Profesional de laboratorio	Q 150.00	Q 3 300.00
3	Elaboración filtros	Q 100.00	Q 300.00
50	Interpretación de datos	Q 250.00	Q 12 500.00
Sub total			Q 16 200.00
TOTAL INVERSIÓN			Q 22 450.00

Fuente: Elaboración propia. Año 2018.

4.3 Análisis y discusión de resultados

4.3.1 Clasificación textural de suelos

El objetivo principal de la investigación es identificar las áreas donde existen suelos con alto contenido de arcillas en la aldea Santa María Julha. Según los resultados obtenidos de las zonas de muestreo en el área de investigación, el 94% de las muestras de suelo presentaron más del 50% de contenido de arcilla, lo que significa que la textura predominante para la zona es arcillosa.

La zona con características idóneas para el aprovechamiento de suelos arcillosos como elemento filtrante, pertenece a la unidad de muestreo 1, localizada en la sección central noreste del área de investigación y topográficamente en una zona baja de la comunidad.

De igual forma, se prioriza la unidad de muestreo 1 debido a que fuera de las características topográficas mencionadas, el lugar carece de afloramientos rocosos, el horizonte orgánico es de menor espesor y la presencia de suelos arcillosos se considera masivo en el lugar; un factor relevante considerado es la baja presencia de actividades agrícolas y ausencia de hogares, por lo que la incidencia de contaminantes antropogénicos para dicho lugar se considera baja.

4.3.2 Color de las muestras

La variación de colores en las muestras obtenidas es producto del tipo de roca madre que generó los suelos por descomposición físico química, a este tipo de roca se le denomina caliza. Por ello el color predominante en estado húmedo es marrón amarillento oscuro y en estado seco es marrón amarillento claro.

Las tonalidades oscuras en las muestras húmedas corresponden a una saturación de color debido a la presencia del agua en su estructura mientras que en la ausencia de la misma los tonos tienden a clarificarse.

Los principales elementos que generan esta coloración son: hierro (Fe), calcio (Ca) y magnesio (Mg). El color de la muestra que se utilizó para realizar el filtro de arcilla es marrón amarillento oscuro en estado húmedo y marrón amarillento en estado seco.

4.3.3 Porosidad

La porosidad corresponde al volumen de espacios contenidos dentro de la materia en relación al volumen total de la misma. Estos

espacios pueden estar llenos de aire o fluidos acuosos y se considera una característica intrínseca de los materiales.

La porosidad media de las muestras evaluadas es del 52%, lo que indica un rango común en los suelos de textura arcillosa, sin embargo esto no es sinónimo de alta capacidad de transmisibilidad de agua, ya que la porosidad efectiva es baja lo que significa que la interconexión entre los poros es de menor porcentaje..

Las arcillas tienen la capacidad de adsorber agua a nivel molecular debido a la presencia de microporos, lo que genera una tasa de transmisión baja, esta característica permite que la mayor parte de los contaminantes presentes en el agua sean retenidos por la misma.

4.3.4 Análisis geostadístico

La variable de estudio para generar el modelado geostadístico fue el contenido de arcillas en los suelos de la aldea Santa María Julha, sin embargo debido a la distribución de las viviendas y afloramiento de rocas, la toma de muestras no se logró realizar con una *grid* de igual distancia. Para un modelado estadístico se recomienda que las muestras guarden la misma distancia.

El suelo varía de manera continua en la superficie, este mismo cambia constantemente según sus propiedades físicas, biológicas, químicas, mineralógicas etc. (Jaramillo, 2011). La variabilidad de las propiedades del suelo es una característica inherente al mismo, ya que en su formación se involucran varios factores como el material que lo genera y el tiempo.

En geostatística una situación idónea en la gráfica de predicción, es que la línea azul que representa la predicción y la línea negra que representa los valores medidos en campo, deben estar superpuestas una con la otra, o lo más cerca posible. Sin embargo en todos los modelos empleados, estas líneas se encontraron separadas y únicamente se interceptaron en una zona que abarca el mínimo de puntos, por lo que mientras más se alejan las líneas el error aumenta.

Lo anterior mencionado es una de las razones por la cual ninguno de los modelos se acopló a los datos medidos, por lo tanto el contenido de arcilla obedece a la ubicación puntual de las muestras en donde se extrajo y no a su distribución espacial.

4.3.5 Elaboración filtro de arcilla

Se realiza un filtro con la arcilla de la muestra "1.5"; la formulación ideal para hacer el filtro fue 12 libras de arcilla y 1.5 libras de aserrín; de esta manera se logró que el filtro tuviera la porosidad adecuada para que se filtrasen 1.5 litros por hora, condición ideal para que los contaminantes presentes en el agua queden retenidos en las paredes del filtro.

Las pruebas físicas de calidad que se realizaron al agua obtenida de la unidad filtrante, indican que el olor y la apariencia son rechazables, esta condición es asociada al reducido tiempo que se utilizó el filtro previo a realizar las pruebas, en este caso únicamente se realizaron 6 filtraciones durante 1 día.

Uno de los factores indispensables para eliminar las bacterias en las muestras de agua filtrada, es la plata coloidal, situación que se confirmó al evaluar un filtro sin plata coloidal, ya que el crecimiento de

Coliformes aumentó durante el proceso de filtración, puesto que las condiciones fueron idóneas para el crecimiento de microorganismos.

El filtro que se encontraba impregnado con plata coloidal, si logró eliminar los microorganismos presentes en la muestra de agua.

La plata coloidal ataca los procesos enzimáticos de las membranas de los microorganismos, reaccionando directamente con el azufre presente en la misma logrando finalmente eliminarlos.

a. Aumento de sulfatos, cloruros y nitratos

a.1 Sulfatos

Los sulfatos se asocian a contaminantes externos producto de agroquímicos, los cuales por medio de un intercambio iónico se adhieren molecularmente a la estructura de las arcillas, por lo tanto se observa el incremento en la muestra de agua al pasar por la unidad filtrante con y sin plata coloidal

a.2 Cloruros

En la naturaleza, las aguas poseen elementos químicos con la capacidad de realizar intercambios iónicos basados en la presencia de aniones y cationes, obtenidos por el comportamiento meteórico de las aguas.

Estos fluidos al entrar en contacto con unidades ricas en arcillas, generan un intercambio iónico con la estructura molecular interna de las mismas, quedando colgados dichos iones y cationes.

Durante el proceso de elaboración de las unidades filtrantes, se seca la arcilla y posteriormente se hornea, llevándola a un estado de deshidratación, por lo que al momento en que se rehidratan, los cloruros se liberan en un nuevo intercambio iónico con el fluido que entra en contacto, tal es el caso de lo ocurrido con las unidades filtrantes elaboradas con la arcilla de la aldea Santa María Julha.

a.3 Nitratos

La presencia resultante de nitratos en ambas pruebas realizadas a las unidades filtrantes, con y sin plata coloidal, muestran una variabilidad en el comportamiento de los mismos. Para el caso de la unidad filtrante sin plata coloidal, se observó un descenso de casi el 50% de los miligramos/litro, mientras que para la unidad con plata coloidal se observa un incremento de casi el 62%. Este comportamiento va en respuesta del material utilizado para la elaboración de dichas unidades filtrantes.

Comúnmente los nitratos se encuentran en los suelos cercanos a las zonas donde la frontera agrícola ha pasado, sin embargo, la descomposición de los desechos generados por el humano, tanto como el de los animales, puede dar como resultado la presencia de los mismos.

Bajo este punto, la acción de intercambio iónico de las arcillas puede realizar capturas a nivel molecular de algunos nitratos, situación que se observa en la unidad filtrante sin plata coloidal, mientras que ante la presencia de coloides de plata, los nitratos obtienen una mayor estabilidad con la misma, pudiendo generar nitratos de plata, por la mayor disponibilidad

de aniones de plata, resultando en un incremento de los nitratos.

4.3.6 Discusión de hipótesis

La hipótesis establecida para la investigación inferencial se aprueba parcialmente, debido a que en efecto los suelos ubicados en la aldea Santa María Julha, son arcillosos, condición que refleja una disminución en los porcentajes de porosidad efectiva en las muestras analizadas, lo que indica una baja transmisibilidad que genera la retención de elementos en suspensión contenidos en un fluido que atraviese las arcillas.

Sin embargo las arcillas por si solas no poseen las condiciones de eliminación total de microorganismos, debido a que, pueden generar ambientes idóneos para la reproducción de los mismos, por lo que es necesario aplicar a la unidad filtrante, plata coloidal, la cual puede erradicar completamente cualquier tipo de microorganismo.

4.4 Conclusiones de la investigación inferencial

Se determina que la clasificación textural dominante en las muestras de suelo, obtenidas en la aldea Santa María Julha y evaluadas en laboratorio corresponde a una textura arcillosa.

El 94% de las muestras de suelo, presentaron más del 50% de contenido de arcilla y a la vez una porosidad media correspondiente al 52%, valor asociado directamente a suelos de textura arcillosa.

Al realizar el análisis geostadístico del modelo Gaussiano con y sin transformación logarítmica de primer y segundo orden, se determina que no existe correlación espacial entre los datos, ya que la predicción no genera un modelo predictivo idóneo para los mismos; por lo tanto el contenido de arcillas únicamente obedece a los resultados obtenidos en laboratorio y no a los generados con el modelo predictivo.

Se genera una propuesta con la arcilla correspondiente a la unidad de muestreo 1, bajo una formulación de 12 libras de arcilla y 1.5 libras de aserrín para cada unidad filtrante; dicha medida generó una tasa de infiltración dentro del rango indicado por el Dr. Mazariegos. Según resultados obtenidos se ratifica que para remover bacterias presentes en el agua es necesaria la aplicación de plata coloidal.

Elaborar un filtro a base de arcilla, es una opción ecológica, debido a que su proceso de fabricación es artesanal, el volumen de residuos generados es mínimo, no requiere el uso de combustibles fósiles y durante la etapa de uso, no contamina, así mismo es una herramienta para mitigar los problemas asociados al saneamiento ambiental, principal problema identificado en la aldea Santa María Julha.

4.5 Recomendaciones de la investigación inferencial

Incrementar el muestreo de suelos en la zona, para identificar áreas potenciales de aprovechamiento de arcillas, que puedan utilizarse como elemento filtrante de aguas contaminadas y así mejorar el modelo de predicción geostadístico realizado en la zona.

Hacer análisis repetitivos de la calidad de agua tanto antes como después del filtrado, para asegurar el funcionamiento de los filtros fabricados con las arcillas de la aldea Santa María Julha.

A los estudiantes de la carrera de ingeniería en gestión ambiental, continuar con el estudio de arcillas en diferentes zonas de la región para evaluar otro tipo de suelos y su comportamiento como elemento filtrante, que permita ser aprovechado por otras comunidades.

Antes de tomar las muestras para hacer el análisis de calidad de agua, se dejará pasar agua por el filtro durante 48 horas, para eliminar los materiales en suspensión que generen color, olor y sabor a arcilla.

CONCLUSIONES

Para contribuir con la aldea Santa María Julha y la planta hidroeléctrica Renace, se realizaron diferentes actividades enfocadas a la docencia, extensión, servicio e investigación, enfocadas a promover la gestión ambiental y la implementación de buenas prácticas ambientales.

Las actividades correspondientes al saneamiento ambiental, se enfocaron en la implementación de sistemas para purificar agua contaminada, por medio de herramientas y materiales de fácil acceso para los comunitarios, que permitan mejorar la calidad de vida sin perjudicar al medioambiente.

Para la implementación de buenas prácticas, se ejecutaron actividades que promovieron el manejo integral de residuos en conjunto de capacitaciones de educación ambiental.

La ejecución de actividades enfocadas a la educación ambiental fue un factor muy importante para empoderar a los niños, jóvenes y adultos de Santa María Julha, para que sean personas capaces de entender como las acciones cotidianas pueden impactar de forma positiva o negativa al medioambiente.

La reforestación en la parte alta de la aldea Santa María Julha, se realizó con una visión a largo plazo, que permita proteger las fuentes hídricas para mantener un equilibrio ecológico.

Se elaboró un mapa de riesgos en el cuál se ubicaron los puntos que presentan riesgo a deslizamientos, inundaciones e incendios, con lo que se generó una herramienta para que los habitantes puedan utilizarla en la planificación de proyectos y programas enfocados a disminuir la vulnerabilidad en la aldea Santa María Julha.

Según datos obtenidos en la investigación inferencial, en todas las unidades de muestreo se obtuvieron suelos con alto contenido de arcillas, sin embargo la unidad 1, presentó condiciones y características adecuadas para la construcción de la unidad filtrante, que posteriormente fue sometida a evaluación física, química y bacteriológica del agua filtrada. La mezcla de arcilla, aserrín y plata coloidal resulta ser efectiva para mejorar la calidad química y bacteriológica del agua, sin embargo por la naturaleza de las arcillas en Santa María Julha, el agua no cumple con los parámetros físicos correspondientes al olor y apariencia, por lo que no se considera apta para consumo.

RECOMENDACIONES

Implementar anualmente programas de educación ambiental enfocados al saneamiento, que refuercen y generen conocimientos diversos sobre el desarrollo sostenible, que promuevan la implementación de buenas prácticas ambientales, para disminuir la vulnerabilidad causada ante los efectos del cambio climático.

A la planta hidroeléctrica Renace, continuar con los proyectos eco sociales implementados en la aldea, porque han permitido a los comunitarios involucrarse y empoderarse en temas relacionados a la gestión ambiental y a la agricultura ecológica.

En la escuela se recomienda a los maestros que motiven a los niños y niñas, para que desde edades tempranas tengan una cultura amigable con el medioambiente, que les permita desarrollarse personal y económicamente sin generar impactos negativos.

Continuar con la comisión para el manejo integral de residuos sólidos y hacer la elección de los integrantes que la conforman anualmente, para que toda la población se pueda involucrar en las iniciativas y programas que busquen disminuir la contaminación generada por los residuos sólidos.

Dar seguimiento a los proyectos de reforestación y restauración ecológica para recuperar los ecosistemas perturbados e impulsar la protección de fuentes de agua que abastecen a los habitantes de la aldea Santa María Julha.

Para la construcción de filtros a base de arcilla, se deben someter a evaluación más zonas de muestreo, con la finalidad que se determine su efectividad mediante muestreos periódicos, que aseguren la calidad física, química y microbiológica del agua filtrada.

BIBLIOGRAFÍA

- Atares Huerta, Lorena. *Determinación de la densidad con el método del picnómetro*. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España: Departamento de Tecnología, 2017.
- Características del río Cahabón*. https://es.wikipedia.org/wiki/R%C3%ADo_Cahab%C3%B3n (16 de marzo de 2017).
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza -CATIE-. *Introducción al análisis espacial y geostadística*. Costa Rica: CATIE., 2017.
- Clasificación climática de Köppen*. <http://meteo.fisica.edu.uy/Materias/climatologia/practico%20climatologia%202012/Practico%207/Clasificacion%20Koppen.pdf> (14 de marzo de 2017).
- Color del suelo*. <http://www.ujaen.es/huesped/pidoceps/telav/fundespec/color.htm>. (23 de mayo de 2017).
- Comisión Guatemalteca de Normas -COGUANOR-. *Agua para consumo humano especificaciones agua potable* (NTG 290001). Guatemala: COGUANOR., 2013.
- Conant, Jeff y Fadem Pam. *Guía comunitaria para la salud ambiental*. Estados Unidos de América: Hesperian, 2008.
- Demografía de Guatemala*. <http://www.ccp.ucr.ac.cr/cursos/demografia/materia/sesion1.doc> (11 de marzo de 2017).
- Densidad real, aparente y porosidad*. https://www.academia.edu/7716432/DENSIDAD_REAL_APARENTE_Y_POROSIDAD_DEL_SUELO. (23 de mayo de 2017).
- Días Viera, Martín. *Geostadística aplicada*. Universidad Nacional Autónoma de México. México: Instituto de Geofísica, 2002.

- Dirección del Área de Salud de Alta Verapaz –DASAV-. *Memoria de labores 2016 Santa María Julha*. San Pedro Carchá, Alta Verapaz, Guatemala: Centro de Salud San Pedro Carchá, 2016.
- Distribución de agua en el planeta*. <http://jumapam.gob.mx/cultura-del-agua/distribucion-de-agua-en-el-planeta/> (18 de abril de 2017).
- Ecofiltro descripción técnica*. Guatemala: Ecofiltro, 2017.
- Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres -EIRDA-. *Aprendamos a prevenir los desastres*. Costa Rica: Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, 2015.
- Recursos Naturales y Celulosa -RENACE-. *Energía limpia futuro mejor*. San Pedro Carchá, Alta Verapaz, Guatemala: Corporación litográfica, 2016.
- Geilfus, Frans. *80 herramientas para el desarrollo participativo: Diagnóstico, Planificación, monitoreo, evaluación*. Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2009.
- Henao, Ramón Giraldo. *Introducción a la geoestadística*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Estadística, 2010.
- Jaramillo, Daniel. *Variabilidad espacial del suelo*. Universidad Nacional de Colombia. Colombia: Facultad de Ciencias, 2012.
- Liberto, Pablo. *Las arcillas, clasificación, identificación, usos y especificaciones industriales*. México: Sociedad Geológica Mexicana, 1964.
- Ludeña, Julio y Tinoco Freddy. *Formulación de pasta roja para la elaboración de un filtro cerámico purificador de agua y verificación de su efectividad filtrante*. Universidad Técnica Particular de Loja. Ecuador: Escuela de Ingeniería Química, 2010.
- Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación -MAGA-. *Primera aproximación al mapa de clasificación taxonómica de los suelos de la República de Guatemala*. Guatemala: MAGA., 2000.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN-. *Contaminación de agua en Guatemala*. <http://www.soy502.com/articulo/el-90-de-las-fuentes-de-agua-en-guatemala-estan-contaminadas> (18 de abril de 2017).

Molineros, Anny. *Propuesta de uso de suelo para un ordenamiento territorial de la aldea Sehubub, San Pedro Carchá, Alta Verapaz*. Trabajo final de campo. Técnico en Geología. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Geología, 2013.

Nitratos. <http://www.caib.es/sites/salutambiental/es/nitrats-26197/>. (24 de abril de 2018).

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO-. *Propiedades del suelo*. <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/> (22 de julio de 2017).

------. *Textura del suelo*. ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/general/x6706s/x6706s06.htm. (24 de mayo de 2017).

Singer Félix y Sonja Singer. *Enciclopedia de la química industrial cerámica industrial*. España: Ediciones URMO., 1979.

Tamaño de las partículas del suelo. <https://matdeconstruccion.wordpress.com/2009/08/29/tamano-de-las-particulas-de-suelo/> (24 de mayo de 2017).

Vargas Ochoa, Jorge. *Capacidades geotecnicas de los suelos localizados en la escuela de la colonia Chailpec, San Pedro Carchá, Alta Verapaz*. Ejercicio Profesional Supervisado, Carrera Ingeniero Geólogo. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Geología, 2015.

Vidal Henao, Sandra Marcela. *Evaluación de la efectividad del filtro a base de arcilla y plata coloidal en la potabilización de agua, medida por pruebas fisicoquímicas y microbiológicas*. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia: Facultad de Tecnología Química, 2010.



V.º B.º

Adan García Véliz
 Licenciado en Pedagogía e Investigación Educativa
 Bibliotecario

ANEXOS

INSTRUCTIVO COMO ELABORAR UN FILTRO CON ARCILLA

Objetivo

Proporcionar los lineamientos específicos para elaborar un filtro con arcilla, aserrín y plata coloidal.

Explicar la forma de uso y mantenimiento del filtro.

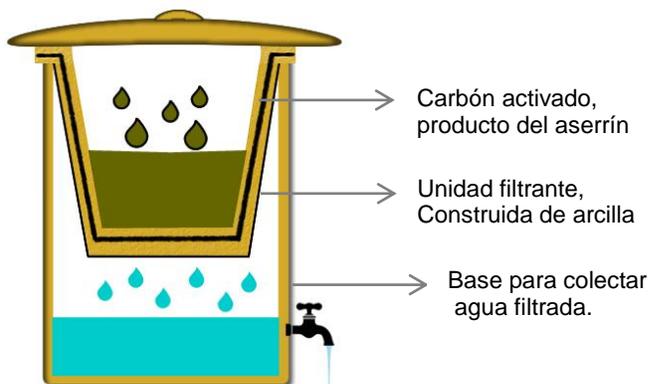
Detallar la proporción exacta de arcilla y aserrín que se debe utilizar para fabricar un filtro con los materiales ubicados en la aldea Santa María Julha.

Descripción del filtro

El presente instructivo, describe de forma detallada el procedimiento para elaborar un filtro que purifique agua contaminada, con arcilla de la aldea Santa María Julha, aserrín y plata coloidal.

El filtro de arcilla es una herramienta que promueve el desarrollo sostenible en la aldea Santa María Julha, con una propuesta amigable para el medio ambiente, debido a que no genera impactos adversos, siendo económicamente viable ya que no requiere mayor inversión y socialmente aceptable porque mejora la calidad de vida de los habitantes.

IMAGEN 1 ESTRUCTURA DEL FILTRO DE ARCILLA



Fuente: Elaboración propia. Año 2018.

3) Primera fase elaboración del filtro

DIAGRAMA 1 PRIMERA FASE ELABORACIÓN DE FILTRO



1. Obtención de la materia prima

- 12 libras de arcilla.
- 1.5 libras de aserrín de *Pinus maximinoi*.

2. Secado de la arcilla

- La arcilla se deja secar al aire libre hasta eliminar la humedad.



3. Pulverizado de la arcilla

- Se pulveriza con el apoyo de un martillo y luego se pasa por un tamiz No. 30, el cual tiene una abertura de 0.60 mm.

4. Preparación de la mezcla
El aserrín y la arcilla se mezclan a mano mientras se agrega agua lentamente hasta lograr una mezcla homogénea.



5. Construcción

Una vez obtenida la mezcla se moldea el material con la ayuda de un torno (máquina equilibrada utilizada por los alfareros, fabricada con hierro y una base de madera).

6. Secado

La unidad filtrante se deja secar por un periodo de 5 a 21 días según las condiciones climáticas, el filtro estará listo cuando no tenga humedad.



Fuente: Elaboración propia con base en metodología de Ecofiltro. Año 2018.

4) Segunda fase elaboración del filtro

DIAGRAMA 2 SEGUNDA FASE ELABORACIÓN DE FILTRO



7. Cocimiento

Cuando el filtro esté seco se debe introducir a un horno fabricado de adobe y base de ladrillos, para que el aserrín se convierta en carbón activado; el filtro se debe hornear durante 10 horas a una temperatura de 800 °C. Al concluir el horneado, el filtro debe permanecer por 10 horas dentro del horno, para finalizar el proceso de enfriamiento y evitar que se fracture.

8. Saturación del filtro

Una vez los filtros esten completamente fríos, se sumergen en un balde con agua durante 24 horas, para que el agua penetre todos los poros que han sido formados por la combustión del aserrín.



9. Tasa de infiltración

Al extraer los filtros del balde con agua, se debe medir la tasa de infiltración. Se coloca el filtro en un recipiente vacío, se aplica un volumen conocido de agua al filtro, con ayuda de un cronómetro se mide cuanto agua se filtra en una hora, si se obtiene entre 1 a 2 litros por hora significa que el filtro funciona bien, de lo contrario el mismo se debe descartar.

10. Baño en plata coloidal

Se procede a preparar una mezcla de agua con plata coloidal. En un recipiente se agregan 250 mililitros de agua y 2 mililitros de plata coloidal al 3.2% de concentración. Cuando el elemento filtrante este completamente seco, se deberán hacer dos aplicaciones de esta mezcla utilizando una brocha. Posterior a la aplicación, se deja reposar durante 48 horas para que la mezcla se adhiera en su totalidad.

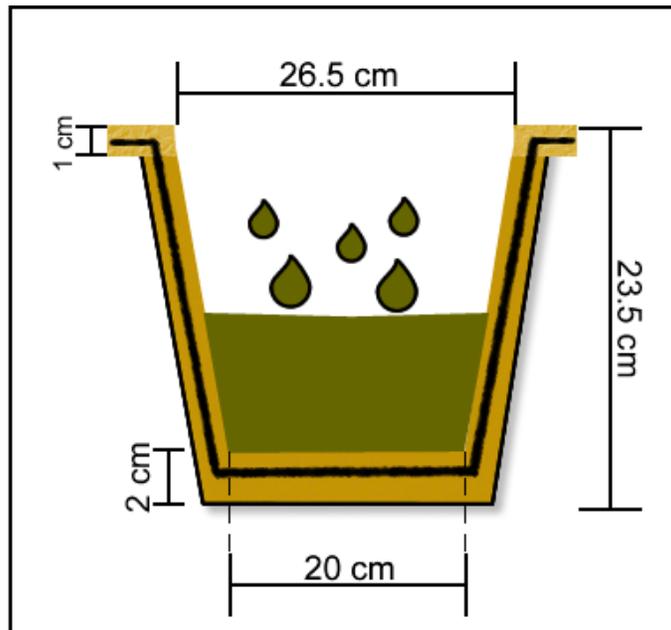


Fuente: Elaboración propia con base en metodología de Ecofiltro. Año 2018.

5) Dimensiones de la unidad filtrante

Para las formulaciones anteriormente mencionadas, la unidad filtrante debe poseer las dimensiones que se presentan en la imagen 2.

IMAGEN 2
DIMENSIONES UNIDAD FILTRANTE



Fuente: Elaboración propia. Año 2018.

La unidad filtrante tiene una capacidad de volumen de 10 litros con las dimensiones siguientes:

Altura total: 23.5 cm.

Espesor de pared: 1 cm.

Espesor de base: 2 cm.

Diámetro superior: 26.5 cm.

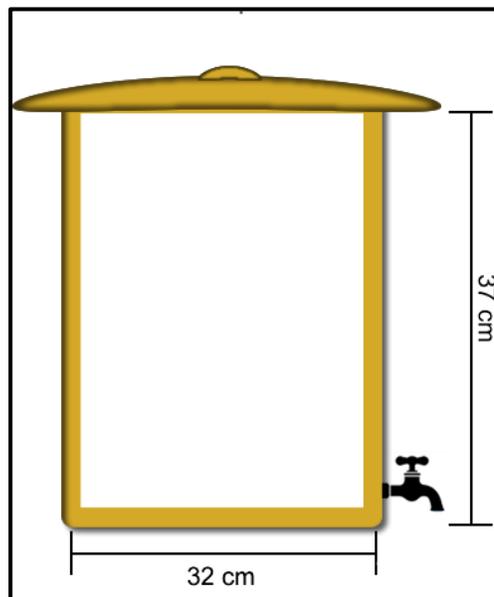
Diámetro inferior: 20 cm.

6) Tercera fase elaboración base para filtro

La unidad filtrante debe colocarse en una base que almacene de manera segura el agua tratada. Ecofiltro ha manejado la opción de utilizar un recipiente fabricado con arcilla, por lo que se propone el uso del mismo.

La base se debe construir con la forma de una cubeta común, dejando en la parte inferior un agujero en el cual se instalará un grifo que servirá para servir el agua filtrada. En la imagen 8, se presenta el diseño de la base para filtro.

IMAGEN 3
DISEÑO BASE PARA FILTRO



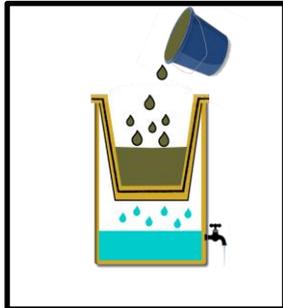
Fuente: Elaboración propia. Año 2018.

Es importante que el filtro siempre cuente con una tapadera o cubierta, para evitar que el mismo se contamine con materiales externos.

-Uso y mantenimiento del filtro

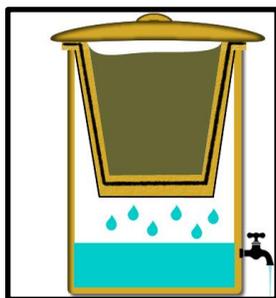
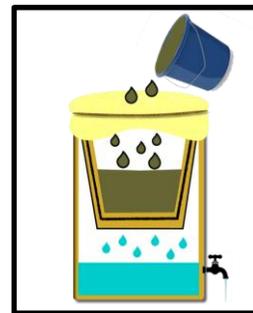
El uso y mantenimiento del filtro es un proceso sencillo, que no requiere mayor procedimiento. A continuación se describen los pasos:

DIAGRAMA 6 USO DEL FILTRO



1. Verter el agua dentro de la unidad filtrante hasta llenarla por completo.

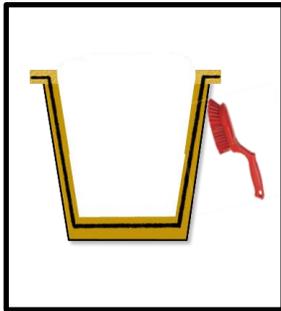
2. Si el agua es demasiado turbia, previamente se debe pasar por una manta para retener los materiales en suspensión, de esta manera se evita saturar los poros rápidamente.



3. Es importante mantener la unidad filtrante llena, ya que el agua descende por gravedad.

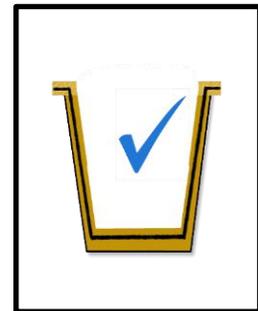
Fuente: Elaboración propia. Año 2018.

DIAGRAMA 7 MANTENIMIENTO DEL FILTRO



1. Para evitar que los poros se saturen y el proceso de filtración no funcione correctamente, el filtro se debe limpiar con un cepillo limpio sin jabón y cloro cada tres meses.

2. Según estudios previos, la unidad filtrante se debe cambiar cada dos años, ya que la plata coloidal pierde efectividad y los poros se saturan.



Fuente: Elaboración propia con base en metodología de Ecofiltro. Año 2018.

Modelo de encuesta

Ingeniería en Gestión Ambiental Local Centro Universitario del Norte Universidad San Carlos de Guatemala

Investigación inferencial

Objetivo: Generar una línea base que contenga los datos sobre el uso, tratamiento, cuidados, almacenamiento y medios de obtención del agua que utilizan los habitantes de la aldea Santa María Julha.

Instrucciones: Por cada pregunta planteada, responda con una X la respuesta que considere correcta.

1. ¿Ha participado en charlas sobre el medio ambiente?
() Sí () No

*Si la respuesta es No avanzar a la pregunta 3.

2. ¿Qué temas han sido explicados en las charlas a las que ha participado
() Protección de fuentes de agua
() Manejo de desechos
() Contaminación del agua
() Otros

3. ¿A qué distancia se encuentra la letrina de su vivienda?
() Menos de 15 metros () 15 metros o más

4. ¿Qué cantidad promedio de agua utiliza al día?
() Menos de 1 pila () 1 a 2 pilas () más de 3 pilas

5. ¿De dónde obtiene el agua que utiliza para sus actividades cotidianas?
() Lluvia () Río () tanque comunal

6. ¿Cuenta con toneles o tanques para almacenar el agua de lluvia?
() Sí () No

*Si la respuesta es No avanzar a la pregunta 8.

7. ¿Cómo almacena el agua de lluvia?
() Tanque de plástico
() Tanque de concreto
() Tanque convencional de naylon
() Otros

8. ¿Clora o hierve el agua antes de consumirla?
() Si () No

*Si la respuesta es No contestar la pregunta 10.

9. ¿Qué tipo de tratamiento utiliza?
() Clora () Hierve

10. ¿Ha recibido capacitaciones sobre saneamiento ambiental en su comunidad?
() Si () No

Modelo entrevista

Entrevista al COCODE

Presentación previa con los integrantes del COCODE e informantes clave para generar un ambiente de confianza.

1. ¿Cuáles son los principales problemas de saneamiento ambiental presentes en la aldea?
2. ¿Cuántas viviendas tiene la aldea?
3. ¿Cuántas personas viven en la aldea?
4. ¿Cuáles son las principales enfermedades que sufre la población?
5. ¿Utilizan algún sistema para potabilizar el agua?
6. ¿En la aldea han utilizado anteriormente algún sistema de filtros para potabilizar el agua?

FOTOGRAFÍA 1 REUTILIZACIÓN DE BOTELLAS DE PLÁSTICO



Tomada por: Ana Lucía Soto Pineda. Año 2017.

FOTOGRAFÍA 2 SIMULACRO DE TERREMOTO



Tomada por: Ana Lucía Soto Pineda. Año 2017.

FOTOGRAFÍA 3 RECOLECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS Y DESECHOS

Tomada por: Ana Lucía Soto Pineda. Año 2017.



FOTOGRAFÍA 4 PREPARACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA PARA EL COMPOST

Tomada por: Ana Lucía Soto. Año 2017.



FOTOGRAFÍA 5 REFORESTACIÓN EN LA PARTE ALTA DE SANTA MARÍA JULHA



Tomada por: Ana Lucía Soto. Año 2017.

FOTOGRAFÍA 6 TOMA DE MUESTRAS DE SUELO



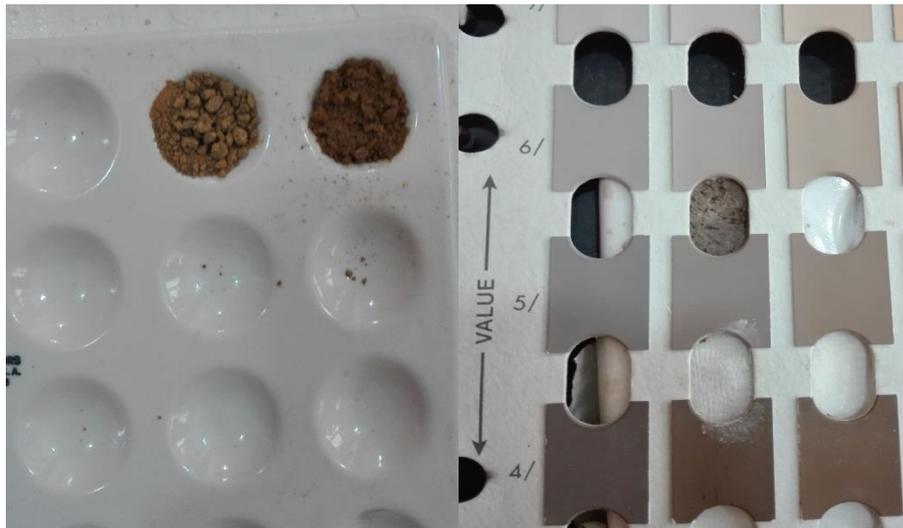
Tomada por: Ana Lucía Soto. Año 2017.

FOTOGRAFÍA 7 MUESTRAS EN SUSPENSIÓN PARA HIDRÓMETRO



Tomada por: Ana Lucía Soto. Año 2017.

FOTOGRAFÍA 8 COLOR DEL SUELO, TABLA MUNSELL



Tomada por: Ana Lucía Soto. Año 2017.

**FOTOGRAFÍA 9
ELABORACIÓN DE LOS FILTROS**



Tomada por: Ana Lucía Soto. Año 2017.

**FOTOGRAFÍA 10
SECADO DE LOS FILTROS**



Tomada por: Ana Lucía Soto. Año 2017.

FOTOGRAFÍA 11 PRUEBA DE INFILTRACIÓN



Tomada por: Ana Lucía Soto. Año 2017.

Datos extracción de muestras

Muestra	Coordenadas			Profundidad (m)	Modo de extracción
	X	Y	Z		
1.1	797398	1714909	1290	1.6	Corte
1.2	797467	1714944	1235	1.5	Corte
1.3	797495	1714972	1292	2.3	Corte
1.4	797455	1714991	1259	2.1	Corte
1.5	797383	1714955	1274	1.4	Corte
1.6	797400	1715001	1418	1.35	Corte
1.7	797480	1714905	1111	1.5	Calicata
2.1	797472	1714554	1201	1.4	Corte
2.2	797421	1714583	1260	1.6	Corte
2.3	797369	1714576	1234	1.5	Corte
2.4	797356	1714518	1226	2.2	Corte
2.5	797406	1714488	1261	1	Corte
2.6	797457	1714485	1268	1.2	Corte
2.7	797480	1714505	1229	1.5	Calicata
3.1	797158	1715172	1280	1.2	Corte
3.2	797104	1715186	1294	1.35	Corte
3.3	797058	1715162	1286	1.3	Corte
3.4	797041	1715121	1272	1.5	Calicata
3.5	797069	1715081	1245	1.5	Calicata
3.6	797113	1715079	1249	1.5	Calicata
3.7	797168	1715117	1254	1.5	Calicata
4.1	797874	1714510	1245	3	Corte
4.2	797900	1714477	1284	2.4	Corte
4.3	797803	1714403	1271	1.2	Corte
4.4	797871	1714402	1291	1.5	Corte
4.5	797898	1714435	1258	1	Corte
4.6	797803	1714505	1238	2.2	Corte
4.7	797790	1714451	1250	1.7	Corte
5.1	796905	1714583	1221	1	Corte
5.2	796965	1714568	1328	1.1	Corte
5.3	797014	1714585	1240	1.04	Corte
5.4	797014	1714648	1215	1.03	Corte
5.5	796968	1714667	1179	1.42	Corte
5.6	796903	1714671	1257	1.3	Corte
5.7	796904	1714631	1225	1.07	Corte
6.1	798065	1714799	1356	2.1	Corte
6.2	798135	1714804	1267	1.35	Corte

6.3	798125	1714702	1265	1.5	Corte
6.4	798178	1714733	1283	1.9	Corte
6.5	798180	1714798	1284	2.4	Corte
6.6	798064	1714753	1299	1.45	Corte
6.7	798079	1714706	1254	1.5	Corte
7.1	797980	1714967	1274	1.1	Corte
7.2	798000	1715017	1260	1.4	Calicata
7.3	797994	1715063	1293	1.2	Corte
7.4	797947	1715063	1291	1.6	Corte
7.5	797885	1715047	1262	1	Corte
7.6	797883	1715003	1243	1.5	Corte
7.7	797915	1714967	1249	1.4	Corte

Datos laboratorio color Munsell

Muestra	Color Munsell	
	(humedo)	(seco)
1.1	Marrón amarillento oscuro	Marrón amarillento claro
1.2	Marrón amarillento oscuro	Marrón amarillento claro
1.3	Marrón fuerte	Amarillo rojizo
1.4	Rojo amarillento	Rojo amarillento
1.5	Marrón amarillento oscuro	Marrón amarillento
1.6	Marrón amarillento oscuro	Marrón amarillento
1.7	Marrón amarillento oscuro	Marrón amarillento
2.1	Marrón fuerte	Marrón claro
2.2	Marrón fuerte	Marrón claro
2.3	Marrón fuerte	Marrón muy pálido
2.4	Marrón fuerte	Marrón claro
2.5	Marrón amarillento	Marrón amarillento claro
2.6	Marrón amarillento oscuro	Marrón amarillento
2.7	Marrón amarillento oscuro	Marrón amarillento claro
3.1	Marrón amarillento oscuro	Marrón amarillento claro
3.2	Marrón amarillento oscuro	Marrón amarillento claro
3.3	Marrón amarillento oscuro	Marrón amarillento claro
3.4	Marrón amarillento oscuro	Marrón amarillento claro
3.5	Marrón amarillento oscuro	Marrón amarillento claro
3.6	Marrón amarillento oscuro	Marrón amarillento claro

3.7	Marrón amarillento oscuro	Marrón amarillento claro
4.1	Marrón fuerte	Marrón muy pálido
4.2	Marrón amarillento	Marrón amarillento claro
4.3	Marrón fuerte	Marrón muy pálido
4.4	Marrón fuerte	Marrón muy pálido
4.5	Marrón amarillento	Marrón amarillento claro
4.6	Marrón fuerte	Marrón muy pálido
4.7	Marrón amarillento oscuro	Marrón amarillento claro
5.1	Marrón amarillento oscuro	Marrón amarillento claro
5.2	Marrón amarillento	Amarillo pardusco
5.3	Marrón amarillento	Amarillo pardusco
5.4	Marrón amarillento	Amarillo pardusco
5.5	Marrón amarillento	Amarillo pardusco
5.6	Marrón amarillento oscuro	Marrón amarillento claro
5.7	Marrón amarillento	Amarillo pardusco
6.1	Marrón amarillento	Marrón amarillento claro
6.2	Marrón amarillento oscuro	Marrón amarillento claro
6.3	Marrón fuerte	Amarillo rojizo
6.4	Marrón fuerte	Marrón muy pálido
6.5	Marrón fuerte	Amarillo rojizo
6.6	Marrón fuerte	Amarillo rojizo
6.7	Marrón fuerte	Amarillo rojizo
7.1	Rojo amarillento	Rojo amarillento
7.2	Marrón amarillento oscuro	Marrón amarillento claro
7.3	Marrón fuerte	Marrón muy pálido
7.4	Marrón fuerte	Marrón muy pálido
7.5	Marrón fuerte	Marrón muy pálido
7.6	Marrón amarillento oscuro	Marrón amarillento claro
7.7	Marrón amarillento oscuro	Marrón amarillento claro

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Datos del Cliente

Cliente: Renace, S.A.
Responsable: Ing. Carlos Mérida
Dirección: 18 calle 24-69 zona 10, edificio Empresarial Zona Pradera, torre I, 8o. nivel, oficina 802

Datos de la muestra

Lugar de muestreo:	Renace I	Muestra simple o compuesta:	Simple
Referencia cliente:	Agua reservario antes del filtro	Responsable del muestreo:	MAURICIO CIFUENTES
Fecha de monitoreo:	12 de abril de 2018	Temperatura de almacenaje:	5 °C
Hora de monitoreo:	10:10	Recipiente utilizado:	Plástico y bolsa estéril
Tipo de muestra:	Agua para consumo humano	Método de muestreo:	PRO40-MUE
Código de muestra:	18-1072-1	Método de preservación:	INS04-MUE
Lote:	18-1072		

Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 12 de abril de 2018
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 19:15
Fecha de informe: 18 de abril de 2018

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Cloro Residual (in-situ)	mg/L - Cl ₂	0.10	< 0.10	0.5	1.0	Spectroquant® Merck 14576
Cloruros ⁽⁴⁾	mg/L - Cl ⁻	1.50	< 1.50	100	250	Spectroquant® Merck 14697
Color	u Pt-Co	1	1	5.0	35.0	STM 2120 C
Conductividad	uS/cm @ 25°C	0.1	230.0	750	1,500	STM 2510 B
Nitratos	mg/L - NO ₃ ⁻	0.9	9.3	---	50.0	Spectroquant® Merck 14773
Nitritos ⁽⁴⁾	mg/L - NO ₂ ⁻	0.030	< 0.030	---	3.0	Spectroquant® Merck 14776
Olor	---	---	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Organoléptico
pH	---	0.01	8.34	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	STM 4500 H ⁺ B
Sulfatos	mg/L - SO ₄ ²⁻	25	< 25	100	250	Spectroquant® Merck 14769
Turbiedad	UNT	0.5	< 0.5	5.0	15.0	EN ISO 7027
Coliformes totales	NMP/100 mL	1.1	240.0	---	< 1.1	STM 9221 B
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	1.1	3.6	---	< 1.1	STM 9221 F

(1) mg/L = ppm, u Pt-Co = unidades Platino Cobalto, uS/cm = micro siemens por centímetro, UNT = unidades de turbiedad
NMP/100mL = Número más probable por 100 mililitros

(2) LMA Límite Máximo Aceptable, LMP: Límite Máximo Permissible (Coganor NTG 29 001)

(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012

(4) Análisis acreditado COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025 2005 según OGA-LE-051-13

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.
El agua es apta para consumo humano si los resultados son menores que el LMP de la norma Coganor.



Laboratorio ECOQUIMSA

Ing. Erick López Estrada
Ingeniero Químico Industrial
Colegiado No. 2152

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Datos del Cliente

Cliente: Renace, S.A.
Responsable: Ing. Carlos Mérida
Dirección: 18 calle 24-69 zona 10, edificio Empresarial Zona Pradera, torre I, 8o. nivel, oficina 802

Datos de la muestra

Lugar de muestreo:	Renace I	Muestra simple o compuesta:	Simple
Referencia cliente:	Agua reservario antes del filtro	Responsable del muestreo:	MAURICIO CIFUENTES
Fecha de monitoreo:	12 de abril de 2018	Temperatura de almacenaje:	5 °C
Hora de monitoreo:	10:10	Recipiente utilizado:	Plástico
Tipo de muestra:	Agua para consumo humano	Método de muestreo:	PRO40-MUE
Código de muestra:	18-1072-1	Método de preservación:	INS04-MUE
Lote:	18-1072		

Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 12 de abril de 2018
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 19:15
Fecha de informe: 18 de abril de 2018

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Calcio	mg/L - Ca	0.600	40.88	75	150	STM 3111 B
Hierro	mg/L - Fe	0.070	< 0.070	0.3	---	STM 3111 B
Magnesio	mg/L - Mg	0.040	0.489	50	100	STM 3111 B
Manganeso	mg/L - Mn	0.020	< 0.020	0.1	0.4	STM 3111 B
Dureza	mg/L - CaCO ₃	3.15	104.1	100	500	STM 2340 B

(1) mg/L = ppm

(2) LMA: Límite Máximo Aceptable, LMP: Límite Máximo Permisible (Coguanor NTG 29 001)

(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012

Los análisis de este informe son acreditados COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2005 según OGA-LE-051-13

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.

El agua es apta para consumo humano si los resultados son menores que el LMP de la norma Coguanor.



Laboratorio ECOQUIMSA

Ing. Erick López Estrada
Ingeniero Químico Industrial
Colegiado No. 2152

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Datos del Cliente

Cliente: Renace, S.A.
Responsable: Ing. Carlos Mérida
Dirección: 18 calle 24-69 zona 10, edificio Empresarial Zona Pradera, torre I, 8o. nivel, oficina 802

Datos de la muestra

Lugar de muestreo:	Renace I	Muestra simple o compuesta:	Simple
Referencia cliente:	Agua después de filtro	Responsable del muestreo:	MAURICIO CIFUENTES
Fecha de monitoreo:	12 de abril de 2018	Temperatura de almacenaje:	5 °C
Hora de monitoreo:	10:38	Recipiente utilizado:	Plástico y bolsa estéril
Tipo de muestra:	Agua para consumo humano	Método de muestreo:	PRO40-MUE
Código de muestra:	18-1072-2	Método de preservación:	INS04-MUE
Lote:	18-1072		

Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 12 de abril de 2018
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 19:15
Fecha de informe: 18 de abril de 2018

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Cloro Residual (in-situ)	mg/L - Cl ₂	0.10	< 0.10	0.5	1.0	Spectroquant® Merck 14978
Cloruros ⁽⁴⁾	mg/L - Cl	1.50	8.00	100	250	Spectroquant® Merck 14697
Color	u Pt.Co	1	1	5.0	35.0	STM 2120 C
Conductividad	uS/cm @ 25°C	0.1	112.3	750	1,500	STM 2510 B
Nitratos	mg/L - NO ₃ ⁻	0.9	4.4	---	50.0	Spectroquant® Merck 14773
Nitritos ⁽⁴⁾	mg/L - NO ₂ ⁻	0.030	0.033	---	3.0	Spectroquant® Merck 14776
Olor	---	---	Rechazable	No rechazable	No rechazable	Organoléptico
pH	---	0.01	8.00	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	STM 4500 H ⁺ B
Sulfatos	mg/L - SO ₄ ²⁻	25	36	100	250	Spectroquant® Merck 14789
Turbiedad	UNT	0.5	< 0.5	5.0	15.0	EN ISO 7027
Coliformes totales	NMP/100 mL	1.1	1,100	---	< 1.1	STM 9221 B
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	1.1	< 1.1	---	< 1.1	STM 9221 F

(1) mg/L = ppm, u Pt.Co = unidades Platino Cobalto, uS/cm = micro siemens por centímetro, Unt = unidades de turbiedad NMP/100mL = Número más probable por 100 mililitros.

(2) LMA: Límite Máximo Aceptable, LMP: Límite Máximo Permisible (Coguanor NTG 29 001)

(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012.

(4) Análisis acreditado COGUAANOR NTG/ISO/IEC 17025 2005 según OGA-LE-651-13

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada. El agua es apta para consumo humano si los resultados son menores que el LMP de la norma Coguanor.



Laboratorio ECOQUIMSA

Ing. Erick López Estrada
Ingeniero Químico Industrial
Colegiado No. 2152

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Datos del Cliente

Cliente: Renace, S.A.
Responsable: Ing. Carlos Mérida
Dirección: 18 calle 24-69 zona 10, edificio Empresarial Zona Pradera, torre I, 8o. nivel, oficina 802

Datos de la muestra

Lugar de muestreo:	Renace I	Muestra simple o compuesta:	Simple
Referencia cliente:	Agua después de filtro	Responsable del muestreo:	MAURICIO CIFUENTES
Fecha de monitoreo:	12 de abril de 2018	Temperatura de almacenaje:	5 °C
Hora de monitoreo:	10:38	Recipiente utilizado:	Plástico
Tipo de muestra:	Agua para consumo humano	Método de muestreo:	PRO40-MUE
Código de muestra:	18-1072-2	Método de preservación:	INS04-MUE
Lote:	18-1072		

Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 12 de abril de 2018
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 19:15
Fecha de informe: 18 de abril de 2018

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Calcio	mg/L - Ca	0.600	0.841	75	150	STM 3111 B
Hierro	mg/L - Fe	0.070	< 0.070	0.3	—	STM 3111 B
Magnesio	mg/L - Mg	0.040	0.469	50	100	STM 3111 B
Manganeso	mg/L - Mn	0.020	< 0.020	0.1	0.4	STM 3111 B
Dureza	mg/L - CaCO ₃	3.15	4.00	100	500	STM 2340 B

(1) mg/L = ppm

(2) LMA: Límite Máximo Aceptable, LMP: Límite Máximo Permissible (Coguanor NTG 29 001)

(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012

Los análisis de este informe son acreditados COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2005 según OGA-LE-051-13

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.

El agua es apta para consumo humano si los resultados son menores que el LMP de la norma Coguanor.



Laboratorio ECOQUIMSA

Ing. Erick López Estrada
Ingeniero Químico Industrial
Colegiado No. 2152

INFORME DE ANÁLISIS

 Empresa: ECOFILTRO, S.A.
 Dirección: Kilómetro 77 San Lorenzo El Cubo Ciudad Vieja Sacatepéquez.
 Remitido por: LICDA. KENIA QUAN

Muestras analizadas: CONTROL DE EFECTIVIDAD DE ECOFILTRO AGUA	Lugar de toma de muestras: Contro-Lab
Fecha de toma de muestras: 11/05/2018	Muestras tomadas por: Cliente
Fecha de ingreso: 11/05/2018	Muestras recibidas por: Henry Alonzo
Fecha de análisis: 14/05/2018	Temperatura(durante el muestreo): Cliente
Lugar de análisis: Contro-Lab (excepto donde se especifique)	Temperatura de ingreso: 23.0 ° C
Plan de muestreo: Sugerido por el cliente	

CONTROL DE EFECTIVIDAD DE FILTRO: AGUA ANTES Y DESPUÉS DE ECOFILTRO

Muestras	Análisis			
	Recuento aeróbico Total	Coliformes totales	Coliformes fecales	<i>E.coli</i>
Agua Contaminada en el Laboratorio Antes de Ecofiltro Barro de Alta Verapaz	11	>1,600	>1,600	>1,600

Muestras	Recuento aeróbico Total Bacterias aportadas por el filtro	Análisis			
		Recuento aeróbico Total	Coliformes totales	Coliformes fecales	<i>E.coli</i>
Agua Después de Ecofiltro Barro de Alta Verapaz	7	RE: < 1	< 1.8 (Negativo)	< 1.8 (Negativo)	< 1.8 (Negativo)
	Unidades:	UFC/mL	NMP/100mL	NMP/100mL	NMP/100mL
	Método:	MAG1	MAG2	MAG3	MAG4

MAG1: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters 23rd Edition 2017
 MAG2: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters 23rd Edition 2017
 MAG3: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters 23rd Edition 2017
 MAG4: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters 23rd Edition 2017
 Recuento aeróbico total: Método vertido en placa, 35°C/48h Plate Count Agar: 9215 P. 9-34
 RE: Recuento estimado
 UFC/mL: unidades formadoras de colonia por mililitro
 NMP/100mL: número más probable por cien mililitros

OBSERVACIONES:

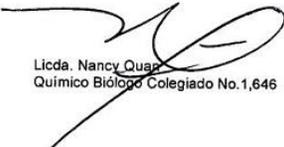
La muestra de Agua Después de Ecofiltro Barro de Alta Verapaz

Si cumple con los requisitos Microbiológicos de la NORMA COGUANOR NTG 29001 AGUA POTABLE ya que no presenta contaminación por el grupo coliforme.

LIMITES DE LA NORMA COGUANOR NTG 29001 AGUA POTABLE

RECUENTO DE COLIFORMES: < 1.1 NMP/100mL (Negativo)

Nota: El resultado de este informe se refiere a la muestra tal y como fue recibida en el laboratorio. La reproducción parcial o total de la misma deberá ser aprobada por Contro-Lab. Muestra no captada por personal de Contro-Lab.



Licda. Nancy Quan
 Químico Biólogo Colegiado No. 1,646

LICDA. NANCY QUAN
 Químico Biólogo
 Colegiado No. 1,646

INFORME DE ANÁLISIS

Empresa: ECOFILTRO, S.A.
 Dirección: Kilómetro 77 San Lorenzo El Cubo Ciudad Vieja Sacatepéquez.
 Remitido por: LICDA. KENIA QUAN

Muestras analizadas: CONTROL ANTES DE ECOFILTRO
 (BARRO DE ALTA VERAPAZ)
 Fecha de toma de muestras: 11/05/2018
 Fecha de ingreso: 11/05/2018
 Fecha de análisis: 14/05/2018
 Lugar de análisis: Contro-Lab (excepto donde se especifique)
 Plan de muestreo: Sugerido por el cliente

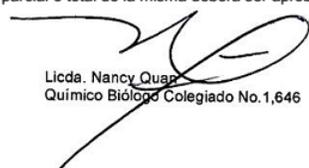
Lugar de toma de muestras: Contro-Lab
 Muestras tomadas por: Cliente
 Muestras recibidas por: Henry Alonzo
 Temperatura (durante el muestreo): Cliente
 Temperatura de ingreso: 23.0 °C

Parámetro	Dimensionales	Método	Límite de detección	Resultado	*Agua Potable	
					LMA	LMP
Temperatura	°C	SMWW 2550 B, digital	-50.0 – 300	23.0	--	--
Cloro residual	mg/L	Rainbow test OTO1	0.3 – 3.0	--	0,5	1,0
Apariencia	NR/R	Visual	--	NR	--	NR
Olor	NR/R	Organoléptico	--	NR	NR	NR
Color	UPC	Hach DR 2400 Análogo APHA/ASTM D1209	0.2 – 500	ND	5,0	35,0
Turbiedad	UNT	Merck SQ NOVA 60 Análogo SMWW2130B	1 – 400	ND	5,0	15,0
Conductividad	µSiemens/cm	WTW LF 330 Análogo SMWW 2510B	0.01 – 500000	357	750	1500
pH	Unidades de pH	WTW INOLAB PH 7110 Análogo SMWW 4500-H ⁺ B	0.001 – 14	6.79	7,0 – 7,5	6,5 – 8,5
Salinidad	--	WTW LF 330 analogo a SMWW 2520 B	0.0 – 70.0	0.0	-	-
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	WTW LF 330 analogo a SMWW 2510	0.01 – 1999	334	500,0	1000,0
Calcio	mg/L	Merck SQ NOVA 60 Análogo SMWW14815	5 – 160	66	75,0	150,0
Dureza Total	mg/L	Hach 5B 1453-00	Desde 17.1	154	100,0	500,0
Hierro Total	mg/L	Hanna Ferrover 2105769	0.01 – 3.00	0.10	0,3	--
Manganeso	mg/L	Merck SQ NOVA 60, 14770 Análogo DIN 38406-2	0.010 – 10.00	<0.01	0,1	0,4
Nitritos	mg/L	Merck SQ NOVA 60, 14776 Análogo EPA 354.1, APHA 4500 – NO ₂ – B, DIN EN 26777	0.007 – 3.28	<0.07	--	3,0
Nitratos (cómo N)	mg/L	Hach Nitrover 5, 2106169	0.1 – 30.0	3.1	--	50,0
Fluoruro	mg/L	Hach SPADNS 444-49	0.01 – 200	<0.01	--	1,50
Cloruro	mg/L	Merck SQ NOVA 60, 14897 Análogo EPA 325.1 y APHA 4500- Cl ⁻ E	2.5 – 250.0	2.8	100,0	250,0
Sulfato	mg/L	Merck SQ NOVA 60, 14791	25 – 300	66	100,0	250,0
Magnesio	mg/L	Merck SQ NOVA 60, 14815, Hach 5B 1453-00	Desde 5	<5	50,0	100,0

mg/L: Miligramos por litro (partes por millón)
 NR/R: No rechazable/rechazable
 UPC: Unidades platino-cobalto
 UNT: Unidades nefelométricas de turbidez
 LMA: Límite máximo admisible
 LMP: Límite máximo permisible
 ND: No detectable

* NORMA COGUANOR NTG 29001 AGUA POTABLE

Nota: Los resultados de este informe se refiere a la muestra tal y como fue recibida en el laboratorio. La reproducción parcial o total de la misma deberá ser aprobada por Contro-Lab. Muestra captada por personal de Contro-Lab.


 Licda. Nancy Quan
 Químico Biólogo Colegiado No. 1,646

LICDA. NANCY QUAN
 Químico Biólogo
 Colegiado No. 1,646

INFORME DE ANÁLISIS

Empresa: ECOFILTRO, S.A.
 Dirección: Kilómetro 77 San Lorenzo El Cubo Ciudad Vieja Sacatepéquez.
 Remitido por: LICDA. KENIA QUAN

Muestras analizadas: CONTROL DESPUES DE ECOFILTRO
 (BARRO DE ALTA VERAPAZ)
 Fecha de toma de muestras: 11/05/2018
 Fecha de ingreso: 11/05/2018
 Fecha de análisis: 14/05/2018
 Lugar de análisis: Contro-Lab (excepto donde se especifique)
 Plan de muestreo: Sugerido por el cliente

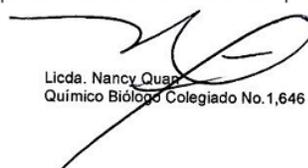
Lugar de toma de muestras: Contro-Lab
 Muestras tomadas por: Cliente
 Muestras recibidas por: Henry Alonzo
 Temperatura(durante el muestreo): Cliente
 Temperatura de ingreso: 23.0 °C

Parámetro	Dimensionales	Método	Límite de detección	Resultado	*Agua Potable	
					LMA	LMP
Temperatura	°C	SMWW 2550 B, digital	-50.0 – 300	23.0	–	–
Cloro residual	mg/L	Rainbow test OT01	0.3 – 3.0	–	0.5	1.0
Apariencia	NR/R	Visual	–	R	–	NR
Olor	NR/R	Organoléptico	–	R	NR	NR
Color	UPC	Hach DR 2400 Análogo APHA/ASTM D1209	0.2 – 500	6	5.0	35.0
Turbiedad	UNT	Merck SQ NOVA 60 Análogo SMWW2130B	1 – 400	3	5.0	15.0
Conductividad	µSiemens/cm	WTW LF 330 Análogo SMWW 2510B	0.01 – 500000	375	750	1500
pH	Unidades de pH	WTW INOLAB PH 7110 Análogo SMWW 4500-H'B	0.001 – 14	6.66	7.0 – 7.5	6.5 – 8.5
Salinidad	–	WTW LF 330 análogo a SMWW 2520 B	0.0 – 70.0	0.0	–	–
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	WTW LF 330 análogo a SMWW 2510	0.01 – 1999	352	500.0	1000.0
Calcio	mg/L	Merck SQ NOVA 60 Análogo SMWW14815	5 – 160	35	75.0	150.0
Dureza Total	mg/L	Hach SB 1453-00	Desde 17.1	86	100.0	500.0
Hierro Total	mg/L	Hanna Ferrover 2105769	0.01 – 3.00	0.8	0.3	–
Manganeso	mg/L	Merck SQ NOVA 60, 14770 Análogo DIN 38406-2	0.010 – 10.00	<0.01	0.1	0.4
Nitritos	mg/L	Merck SQ NOVA 60, 14776 Análogo EPA 354.1, APHA 4500 – NO ₂ – B, DIN EN 26777	0.007 – 3.28	<0.07	–	3.0
Nitratos (cómo N)	mg/L	Hach Nitratver 5, 2106169	0.1 – 30.0	5.0	–	50.0
Fluoruro	mg/L	Hach SPADNS 444-49	0.01 – 200	<0.01	–	1.50
Cloruro	mg/L	Merck SQ NOVA 60, 14897 Análogo EPA 325.1 y APHA 4500- Cl ⁻ E	2.5 – 250.0	4.1	100.0	250.0
Sulfato	mg/L	Merck SQ NOVA 60, 14791	25 – 300	88	100.0	250.0
Magnesio	mg/L	Merck SQ NOVA 60, 14815, Hach SB 1453-00	Desde 5	<5	50.0	100.0

mg/L: Miligramos por litro (partes por millón)
 NR/R: No rechazable/rechazable
 UPC: Unidades platino-cobalto
 UNT: Unidades nefelométricas de turbidez
 LMA: Límite máximo admisible
 LMP: Límite máximo permisible
 ND: No detectable

* NORMA COGUANOR NTG 29001 AGUA POTABLE

Nota: Los resultados de este informe se refiere a la muestra tal y como fue recibida en el laboratorio. La reproducción parcial o total de la misma deberá ser aprobada por Contro-Lab. Muestra captada por personal de Contro-Lab.


 Licda. Nancy Quan
 Químico Biólogo Colegiado No. 1,646

LICDA. NANCY QUAN
 Químico Biólogo
 Colegiado No. 1,646

**USAC
CUNOR**
Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario del Norte



No. 273-2018

El Director del Centro Universitario del Norte de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer los dictámenes de la Comisión de Trabajos de Graduación de la carrera de:

INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

Al trabajo titulado:

INFORME FINAL DEL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO, REALIZADO EN LA PLANTA HIDROELÉCTRICA RENACE I Y EN LA ALDEA SANTA MARÍA JULHA, SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ

Presentado por el (la) estudiante:

ANA LUCÍA SOTO PINEDA

Autoriza el

IMPRIMASE

Cobán, Alta Verapaz 29 de Octubre de 2018


Lic. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
DIRECTOR

