

DISEÑO METODOLÓGICO PARA EL MONITOREO, SEGUIMIENTO Y CONTROL DE
CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA EN DOS ESCUELAS ECOEFICIENTES EN
PUERTO RICO, META.

BRAYAM STIVEN TORO TORRES
ANA MARÍA PARRADO REYES

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS DE AQUINO
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO, META

2018

DISEÑO METODOLÓGICO PARA EL MONITOREO, SEGUIMIENTO Y CONTROL DE
CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA EN DOS ESCUELAS ECOEFICIENTES EN
PUERTO RICO, META.

BRAYAM STIVEN TORO TORRES
ANA MARÍA PARRADO REYES

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de ingeniero ambiental, bajo la
modalidad de pasantía

Director:
RUBÉN DARÍO CELY VELÁZQUEZ
Ingeniero ambiental

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS DE AQUINO
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO, META

2018

Autoridades Académicas

P. JUAN UBALDO LÓPEZ SALAMANCA O.P.

Rector General

P. MAURICIO ANTONIO CORTES GALLEGO O.P.

Vicerrector Académico General

P. JOSÉ ARTURO RESTREPO O.P.

Rector Sede Villavicencio

P. FERNANDO CAJICÁ GAMBOA O.P.

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

JULIETH ANDREA SIERRA TOBÓN

Secretaria de División Sede Villavicencio

YÉSICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁN

Decana Facultad de ingeniería ambiental

Nota de Aceptación

YESICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁN

Decana de la facultad

RUBÉN DARÍO CELY VELÁSQUEZ

Director Trabajo de Grado

ALFONSINA BOCANEGRA GÓMEZ

Jurado

JAIME ARTURO OREJARENA CUARTAS

Jurado

Villavicencio, 04 de Octubre de 2018

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo principalmente a Dios, por habernos dado la vida y permitirnos el haber alcanzado tan importante momento de nuestra vida profesional. A nuestros padres, por ser el apoyo más importante de nuestras vidas y por siempre demostrarnos su cariño sin importar las adversidades. A nuestro director de grado por estar dispuesto siempre a guiarnos con sus buenos conocimientos y corregirnos cuando era necesario. A la profesora Alexandra Méndez por habernos orientado en el proceso de los laboratorios elaborados por nosotros y estar dispuesta siempre a resolvernos cualquier duda. A todos nuestros profesores por su tiempo, por su apoyo, así como por la sabiduría y conocimiento que nos transmitieron en el desarrollo de nuestra formación profesional.

Agradecimientos

Agradecemos a Dios por protegernos durante todo el camino y darnos fuerzas para superar cada obstáculo.

A nuestros padres que nos enseñaron a no rendirnos ante nada y siempre mantener la calma en todo momento.

A nuestro director de grado por guiarnos y enseñarnos durante el proceso de elaboración de este trabajo de grado.

A la profesora Alexandra Méndez por compartirnos su tiempo y sus clases para la elaboración de este trabajo de grado.

Al ingeniero Víctor Andrés de CORMACARENA por acompañarnos en el proceso de las pasantías y enseñarnos cosas importantes.

Al ingeniero Jorge pardo por orientarnos durante el proceso de la elaboración del ante proyecto.

A nuestra Decana de la facultad de Ingeniera Ambiental Yesica Natalia Mosquera por estar pendiente y ayudarnos a resolver los percances presentados en los laboratorios de la Universidad.

Al ingeniero Diego Pardo por sus enseñanzas durante la ejecución de nuestro trabajo de grado.

Gracias a todas las personas que nos ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

Tabla de contenido

	Pág.
Resumen	14
1. Introducción	16
2. Planteamiento del problema	18
3. Objetivos.....	21
3.1. Objetivo general	21
3.2. Objetivos específicos.....	21
4. Justificación	22
5. Alcance	25
6. Antecedentes.....	28
7. Marco de referencia	34
7.1. Marco Teórico	34
7.2. Marco Conceptual:	36
7.3. Marco Legal:	38
8. Metodología.....	51
8.1. Etapa 1: diagnóstico de uso y manejo de las aguas subterráneas captadas en las dos escuelas ecoeficientes.....	51
8.1.1. Recolección de datos.....	51
8.1.2. Diseño de encuestas	52
8.1.3. Análisis de datos	53
8.1.4. Diagnóstico del uso y manejo del agua subterránea captada dentro de las dos escuelas ecoeficientes	53
8.1.5. Revisión de estudios técnicos realizados por los contratistas y CORMACARENA a las condiciones y características de los acuíferos	54

8.2. Etapa 2: análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua subterránea de las dos escuelas ecoeficientes y condiciones de los acuíferos	55
8.2.1. Diseño del plan de muestreo para la recolección y toma de muestras de agua subterránea.....	55
8.2.2. Recolección de muestras.....	55
8.2.3. Almacenamiento de muestras y medición de parámetros in situ de calidad de agua subterránea.....	56
8.2.4. Medición de parámetros microbiológicos y químicos en laboratorio.....	57
8.3. Etapa 3: diseño de un sistema de monitoreo, control y seguimiento de calidad de agua subterránea en dos escuelas ecoeficientes	59
8.4. Validación de la propuesta.	60
8.4.1. Evaluación de la eficiencia del método aplicado a partir de indicadores cuantitativos.	60
9. Resultados y analisis de resultados.....	62
10. Propuesta del manual metodologico para el monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua. (Anexo J).....	103
11. Validación de la propuesta metodológica de monitoreo, seguimiento y control de calidad de agua subterránea en dos escuelas ecoeficientes de puerto rico, meta.....	103
11.1 Indicadores cuantitativos de validación	103
11.2. Comparación metodológica para la validación del sistema de monitoreo, seguimiento y control de calidad de agua subterránea en dos escuelas ecoeficientes de puerto rico, meta. ..	105
12. Recomendaciones	109
14. Bibliografía	111
tANEXOS	115

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Límites máximos permisibles para los vertimientos puntuales. Adaptado: Ministerio de ambiente. Por los autores, 2017.....	45
Tabla 2. Límites máximos permisibles para los vertimientos puntuales. Adaptado de: Ministerio de ambiente. Por los autores, 2017	47
Tabla 3. Resultados de las encuestas frente a las afectaciones de la salud por consumo del agua subterránea captada en las escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta.	62
Tabla 4. Tabulación de las encuestas aplicadas en las escuelas ecoeficientes en Puerto Rico, Meta.....	63
Tabla 5. Resultados de las encuestas aplicadas en las escuelas ecoeficientes en Puerto Rico, Meta.....	64
Tabla 6. Resultados de las encuestas aplicadas en las escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta, frente al caso de las actividades que más se realizan dentro de los centros educativos..	65
Tabla 7. Resultados de las encuestas aplicadas en las escuelas ecoeficientes en Puerto Rico, Meta.....	66
Tabla 8. Resultados de las encuestas aplicadas en las escuelas ecoeficientes en Puerto Rico, Meta.....	67
Tabla 9. Resultados de las encuestas realizadas frente al caso de: Períodos del año en los que se observa mayor producción de agua subterránea en los pozos de las escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta.....	68
Tabla 10. Resultados de las encuestas realizadas en las escuelas ecoeficientes en Puerto Rico, Meta.....	68
Tabla 11. Resultados de las propiedades organolépticas de la muestra de la parte superficial del cuerpo de agua estudiado.	74
Tabla 12. Resultados de las propiedades organolépticas presentes en la muestra de agua en la parte profunda del cuerpo de agua.	74
Tabla 13. Resultados del análisis organoléptico realizado a la muestra de agua que es extraída en el momento que se prende la bomba de la escuela ecoeficiente la Primavera, vereda Barranco Colorado (Puerto Rico, Meta)	76

Tabla 14. Resultados del análisis organoléptico realizado a la muestra de agua captada del pozo de la escuela ecoeficiente La Rivera, vereda Barranco Colorado Puerto Rico, Meta luego de un período de tiempo.	76
Tabla 15. Resultados de los parámetros físicoquímicos analizados en el agua subterránea de la escuela ecoeficiente Las Palmas, Puerto Rico – Meta.	81
Tabla 16. Resultados obtenidos a partir de los parámetros medidos en el pozo de abastecimiento.	82
Tabla 17. Resultados obtenidos a partir de los parámetros medidos en el pozo de abastecimiento.	83
Tabla 18. Resultados obtenidos del análisis de parámetros medidos en el pozo de abastecimiento.	85
Tabla 19. Resultados obtenidos del análisis de parámetros físicoquímicos medidos en el pozo de abastecimiento.	87
Tabla 20. Resultados de los análisis físicoquímicos para la Muestra No. 1 del pozo de la escuela ecoeficiente Las Palmas ubicada en la vereda la rivera en Puerto Rico, Meta por el laboratorio Tecnoambiental S.A.S.	90
Tabla 21. Resultados de los análisis físicoquímicos para la Muestra No. 2 del pozo de la escuela ecoeficiente Las Palmas ubicada en la vereda la Rivera en Puerto Rico, Meta por el laboratorio Tecnoambiental S.A.S.	92
Tabla 22. Resultados de los análisis físicoquímicos para la Muestra No. 3 del pozo de la escuela La Primavera ubicada en la vereda Barranco Colorado en Puerto Rico, Meta por el laboratorio Tecnoambiental S.A.S.	93
Tabla 23. Resultados de los análisis físicoquímicos para la Muestra No. 4 del pozo de la escuela ecoeficiente Las Palmas ubicada en la vereda Barranco Colorado en Puerto Rico, Meta por el laboratorio Tecnoambiental S.A.S.	95
Tabla 24. Resultados de los parámetros microbiológicos medidos en el pozo de abastecimiento de la escuela ecoeficiente La Primavera ubicada en la vereda Barranco Colorado en Puerto Rico, Meta.	97
Tabla 25. Resultados de los parámetros microbiológicos medidos en el pozo de abastecimiento de la escuela ecoeficiente Las Primavera ubicada en la vereda Barranco Colorado en Puerto Rico, Meta.	98

Tabla 26. Resultados de los parámetros microbiológicos medidos en el pozo de abastecimiento de la escuela ecoeficiente Las Palmas ubicada en la vereda la Rivera en Puerto Rico, Meta.	99
Tabla 27. Resultados de los parámetros microbiológicos medidos en el pozo de abastecimiento de la escuela ecoeficiente Las Palmas ubicada en la vereda la Rivera en Puerto Rico, Meta.	100
Tabla 28. Resultados de los parámetros microbiológicos medidos en el pozo de abastecimiento de la escuela ecoeficiente la primavera ubicada en la vereda Barranco Colorado en Puerto Rico, Meta.	101
Tabla 29. Resultados de los parámetros microbiológicos medidos en el pozo de abastecimiento de la escuela ecoeficiente las Palmas ubicada en la vereda la Rivera en Puerto Rico, Meta.	102

Lista de figuras

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Delimitación espacial de la zona de estudio. Por los autores, 2017.....	27
<i>Figura2.</i> Límites máximos permisibles para los vertimientos puntuales. Adaptado: Ministerio de ambiente. Por los autores, 2017.....	45
<i>Figura 3.</i> Límites máximos permisibles para los vertimientos puntuales. Adaptado de: Ministerio de ambiente. Por los autores, 2017	47
<i>Figura 4.</i> Tabla de valores máximos de parámetros físico, químicos y microbiológicos presentes en aguas subterráneas. Por Mamani V. Edwin, 2017	60
<i>Figura 5.</i> Tabla de valores máximos de parámetros físico, químicos y microbiológicos presentes en aguas subterráneas. Por Mamani V. Edwin, 2017	104

Anexos

	Pág.
Anexo A. Esquema metodológico desarrollado.....	115
Anexo B. Procedimiento y evidencias fotográficas de los laboratorios de microbiología realizados en la Universidad Santo Tomas de Villavicencio.	116
Anexo C. Evidencias fotográfica del muestro realizado en los pozos.	145
Anexo D. Certificación para los laboratorios realizados por CORMACARENA.	150
Anexo E. Acreditación vigente para el laboratorio Tecnoambiental	151
Anexo F. Tabulación de los datos recogidos en el software SPSS mediante matrices.	153
Anexo G. Diseño de encuestas aplicadas dentro de las dos escuelas ecoeficientes.....	163
Anexo H. Resultados originales de los análisis de laboratorio que fueron entregados por Tecno ambiental	173
Anexo I. Resultados de pruebas bioquímicas realizadas de manera opcional en laboratorio.	177
Anexo J. Manual para el monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua subterránea en dos escuelas ecoeficientes en Puerto Rico, Meta.	189

Resumen

La captación de agua subterránea en los pozos de las dos escuelas ecoeficientes es realizada por bombas que se alimentan de la de energía fotovoltaica instalada dentro de los centros educativos ecoeficientes ubicados en las veredas Barranco Colorado y la Rivera del municipio de Puerto Rico, Meta, mediante este mecanismo se abastecen todos los miembros del plantel educativo para el desarrollo de actividades diarias como higiene personal y alimentación. Al ser identificadas estas actividades como prioridad dentro de los centros educativos es importante tener en cuenta las condiciones de calidad del agua que se extrae de los pozos y que cumplan con lo establecido dentro de la resolución 2115 de 2007 que hace referencia a las condiciones en las que debe de estar el agua para el debido consumo humano sin afectar la salud de los estudiantes y personal laboral.

La captación de agua subterránea dentro de las dos escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta tiene como fin, el uso para el desarrollo de actividades básicas, las condiciones de calidad deben de cumplir con parámetros mínimos para el consumo humano que se establecen dentro de la resolución 2115 de 2007. La identificación de actividades que generan consumo de agua subterránea en las instalaciones de las dos escuelas ecoeficientes permitirá conocer un diagnóstico actual del uso y manejo de este recurso que mediante una serie de análisis a sus parámetros de calidad se podrá determinar si no existe un riesgo para la salud de la comunidad estudiantil y el personal que cumple con sus labores y utilizan agua en sus quehaceres diarios. La toma de muestras para realizar los estudios de calidad del agua subterránea debe ser muy rigurosa y cumplir con un plan de muestreo que previamente haya establecido las frecuencias y la cantidad de muestras que se tomarán.

Palabras claves: Agua subterránea, análisis, calidad de vida, escuelas ecoeficientes, muestreo, parámetros, salud.

Abstrac

The capture of groundwater in the wells of the two eco-efficient schools is carried out by pumps that are powered by the photovoltaic energy installed within the eco-efficient educational centers located in the trails of Barranco Colorado and La Rivera of the municipality of Puerto Rico, Meta, through This mechanism supplies all the members of the educational establishment for the development of daily activities such as personal hygiene and food. When these activities are identified as a priority within the educational centers, it is important to take into account the quality conditions of the water that is extracted from the wells and that comply with the provisions of resolution 2115 of 2007 that refers to the conditions in the that the water must be for the proper human consumption without affecting the health of the students and personnel.

The capture of groundwater within the two eco-efficient schools of Puerto Rico, Meta has as purpose, the use for the development of basic activities, the quality conditions must comply with minimum parameters for human consumption that are established within the resolution 2115 of 2007. The identification of activities that generate groundwater consumption in the facilities of the two eco-efficient schools will make it possible to know a current diagnosis of the use and management of this resource, which through a series of analyzes of its quality parameters can be determined if not there is a risk to the health of the student community and the staff who do their work and use water in their daily tasks. The sampling to carry out the groundwater quality studies must be very rigorous and comply with a sampling plan that has previously established the frequencies and the number of samples that will be taken.

Key words: Groundwater, analysis, quality of life, eco-efficient schools, sampling, parameters, health.

1. Introducción

Bajo el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) se llevó a cabo la conferencia de las Naciones Unidas sobre el desarrollo sostenible que se celebró en Río de Janeiro en el año 2001. Tuvo la iniciativa de crear los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) los cuales contemplan desafíos ambientales, políticos y económicos en los que se encuentra la población mundial. Son 17 los objetivos creados por el PNUD que a su vez estos se basan en los Objetivos de Desarrollo del Milenio los cuales buscaban abordar la reducción de la pobreza económica, suministrar acceso al agua y saneamiento necesarios, disminuir la mortalidad infantil y mejorar de manera eficaz la salud maternal; así mismo promover un movimiento mundial destinado a la educación primaria universal. (Programa de las Naciones Unidad para el Desarrollo, 2016)

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible tienen como fin que los países miembros de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) adopten medidas para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas disfruten de paz y prosperidad. A partir de lo logrado con los objetivos de desarrollo del milenio se buscó recoger nuevas medidas frente a temáticas actuales e imprescindibles como el cambio climático, la desigualdad económica, la innovación, el consumo sostenible, la paz y la justicia. También se habla de la interrelación que existe entre cada uno de estos ODS, siendo la clave del éxito en el momento de su aplicación. (Programa de las Naciones Unidad para el Desarrollo, 2016)

Basándonos en los ODS nos adentramos específicamente al sexto objetivo el cual se titula: “*Agua limpia y saneamiento*”, principalmente hace énfasis en asegurar la disponibilidad y disposición de agua para todo el planeta, pero según el PNUD la escasez de agua afecta a más del 40% de la población mundial, que no cuentan con acceso a fuentes de agua o que carecen de este recurso, estos cuerpos no se encuentran en las condiciones debidas para el uso y/o consumo humano. También citan que probablemente el porcentaje de la población humana que no tiene acceso a agua crecerá debido a los aumentos de las temperaturas globales debido al calentamiento global. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2016)

Este objetivo busca garantizar la disponibilidad de agua, su gestión sostenible y el saneamiento para todos mediante el suministro de técnicas de potabilización del agua para las

poblaciones que aún no cuentan con este servicio. A partir de la revisión y aplicación de este objetivo, se buscó un mejoramiento en las condiciones de calidad del agua subterránea extraída en las escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta mediante la formulación de una metodología para el monitoreo, seguimiento y control de este recurso, así mismo con el desarrollo de este proyecto se buscó mejorar las condiciones de calidad de vida de las personas beneficiarias de los centros educativos ya que presentaban afectaciones sobre la salud.

Por medio de la realización de un diagnóstico del uso y manejo de las aguas subterráneas extraídas en las escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta se permitió identificar las diferentes actividades que llevan a cabo el uso de este recurso, así se pudo evaluar y describir el manejo que le dan al agua subterránea extraída dentro de las escuelas, se identificó que el agua se utiliza para consumo humano y actividades relacionadas con higiene tanto personal como de las instalaciones. A esto se añade el desarrollo del análisis de parámetros in situ y en laboratorio de las muestras de agua extraídas directamente de los pozos subterráneos que se abastecen los centros educativos ecoeficientes. Parámetros físicos, químicos y microbiológicos que conllevan a conocer las condiciones actuales en las que se encuentra el agua que están empleando para el consumo humano dentro de las dos escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta.

Teniendo en cuenta los anteriores análisis de calidad, el desarrollo del diagnóstico y la previa revisión de los estudios realizados por CORMACARENA permitió la formulación de una metodología para el monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua subterránea que es extraída en las escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta. Así mismo esto permite el aseguramiento y mejoramiento de calidad de vida de las personas y de esta manera llegar a proponer para un futuro no muy lejano, un mecanismo de potabilización de este recurso con el fin de disminuir los riesgos de salud que están viviendo a diario los estudiantes y personal laboral dentro de las escuelas.

2. Planteamiento Del Problema

En la actualidad a nivel mundial son muchas las enfermedades causadas por la mala calidad del agua que consumen los seres humanos, según la organización mundial de la salud OMS estas enfermedades como “la esquistosomiasis, que tiene parte de su ciclo de vida en el agua; la malaria, cuyos vectores están relacionados con el agua; la legionelosis transmitida por aerosoles que contienen microorganismos” en la mayoría de casos acaban con la vida de quienes la consumen con mayor frecuencia; La OMS establece dentro de sus lineamientos corporativos que “el agua es esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un suministro satisfactorio (suficiente, inocuo y accesible). La mejora del acceso al agua potable puede proporcionar beneficios tangibles para la salud. Debe realizarse el máximo esfuerzo para lograr que la inocuidad del agua de consumo sea la mayor posible”.

Por otro lado y siendo relevante para el monitoreo de la calidad del agua que se estipula dentro del proyecto, se encuentra el programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo sostiene con 17 objetivos dentro de los cuales se encuentra el sexto objetivo denominado “Agua limpia y saneamiento”, donde prevalece la idea principal de realizar un monitoreo que consiste en plasmar en cifras reales la cantidad de agua tanto superficial como subterránea con la cual cuenta todo el planeta y con esto garantizar al 100% la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento.

Cuando el agua para consumo humano sea captada de cuerpos hídricos superficiales o subterráneos según lo establece la OMS y los objetivos del desarrollo sostenible, para que se logre una inocuidad deberá ser analizada y presentar índices de calidad satisfactorios, por esto se debe diseñar una metodología de monitoreo con el fin de mantener en constante revisión los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua, evitando la ingesta de agua contaminada por quienes hagan uso de ella.

En Colombia con el apoyo de entidades como el IDEAM, la ANLA, el ministerio de ambiente, el Instituto Humboldt, entre otras, se han encargado de generar redes hidrológicas

para registrar variables en el tiempo y así obtener información detallada sobre el estado del ambiente y su interacción con las actividades humanas. Se identifica que el monitoreo hidrológico es fundamental para el conocimiento del recurso hídrico y para apoyar el monitoreo de las autoridades ambientales regionales, según lo establece así mismo el IDEAM. Sin embargo, no existe una coordinación suficiente entre entidades generadoras de información para la financiación con recursos públicos, lo que dificulta el intercambio de datos entre entidades y el acceso a la información para los demás usuarios; por tal motivo existe una limitada disponibilidad de información hidrológica para soportar el estado en el cual se encuentra la calidad del agua tanto superficial como subterránea.

Finalmente, con base a las anteriores dificultades la subdirección hidrológica elaboro un “protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua”, el cual busca orientar el monitoreo y seguimiento del agua a través de los indicadores necesarios, con el fin de mejorar el estado de los proyectos y proyecciones de los recursos hídricos del país. A partir de lo anterior en varios departamentos de Colombia se genera una mayor preocupación por el estado en el cual se encuentra actualmente el recurso hídrico y se crean varios proyectos encargados de mejorar dicha problemática.

Con lo anterior mencionado, en el departamento de Meta se diseñó e implemento por medio de la Gobernación y CORMACARENA dos escuelas ecoeficientes en el municipio de Puerto Rico. Son llamadas ecoeficientes debido a que se logra un adecuado uso de los recursos naturales renovables, con infraestructuras ecoeficientes, es decir, paneles solares para la captación de la energía solar y sistemas de abastecimiento de agua subterránea a partir de pozos.

Sin embargo, CORMACARENA requirió de personal capacitado en este tema para que se diseñara una metodología en donde se establezcan los monitores periódicos que se debe realizar a los pozos de agua con el fin de cumplir con los parámetros e índices permisibles para la calidad del agua según lo establece el Decreto 1575 del 2007 con el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano, la OMS y los objetivos de desarrollo sostenible que se ocupa del bienestar humano. La ausencia de una adecuada metodología para el monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua subterránea conllevará a un desconocimiento de las condiciones en las que se encuentra este recurso, el cual abastecerá la comunidad estudiantil, y con esto traerá repercusiones sobre la seguridad alimentaria y salubridad de la comunidad por la ingesta de metales pesados presentes en el agua o microorganismos patógenos debido a que

las aguas subterráneas suelen ser más difíciles de contaminar que las superficiales, pero cuando esta contaminación se produce, es más difícil de eliminar y esto sucede porque las aguas del subsuelo tienen un ritmo de renovación muy lento.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Diseñar una metodología para el monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua subterránea en dos escuelas ecoeficientes ubicadas en Puerto Rico, Meta.

3.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar el uso y manejo de las aguas subterráneas en las dos escuelas ecoeficientes ubicadas en Puerto Rico, Meta.
- Analizar las condiciones físicas, químicas y microbiológicas en las que se encuentra el agua subterránea de las dos escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta.
- Proponer un sistema metodológico de monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua subterránea en las dos escuelas ecoeficientes ubicadas en Puerto Rico, Meta.

4. Justificación

Los sistemas de acuíferos o aguas subterráneas son parte esencial del ciclo hidrológico, ya que se mantiene gran parte del tiempo almacenada en el subsuelo, el cual la capta por medio de escurrimiento o infiltración natural que se debe a la porosidad del sustrato, si no se diera dicho proceso el agua se perdería por el proceso de evaporación generada por la luz solar. Las aguas subterráneas se han venido considerando como una fuente alternativa para abastecimiento debido a su mejor calidad y menor costo de manejo, tratamiento y captación para zonas con difícil acceso a fuentes superficiales de agua. Debido a la escasa gestión de acuíferos y cuerpos de agua subterránea se han generado problemas con la oferta, disponibilidad y limitaciones por calidad, con efectos adversos sobre la calidad de vida y las actividades económicas (Consuegra, 2008).

En la Tierra solo el 0,76% del agua total del planeta es agua subterránea que se considera agua dulce, las ciencias hidrogeológicas han llevado a realizar avances investigativos acerca de las condiciones, características, calidad y el comportamiento del agua que fluye por los acuíferos. Las aguas subterráneas dentro de su composición a diferencia del agua superficial cuenta con mayor concentración iónica, es decir, mayor presencia de minerales y sales disueltas de manera natural, pero también se puede ver afectada por actividades antropicas, principalmente por la agricultura ya que los procesos de fertilización añaden químicos o nutrientes que por acción del agua se infiltren y lleguen hasta los acuíferos que tendrá repercusión sobre la calidad del agua (Ardila, Diseño de sistemas de pozos para la captacion de agua, 2015)

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible estableció la gestión integral del recurso hídrico como un proceso sistemático para el desarrollo, asignación y monitoreo de los usos del agua de acuerdo con los objetivos sociales, económicos y ambientales con el fin de alcanzar un desarrollo sostenible, siempre teniendo en cuenta como principio el carácter participativo de los procesos de toma de decisiones. La creación de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico busca garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, mediante la gestión, el

uso eficiente y eficaz del recurso, relacionados al ordenamiento, uso del territorio y la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica por medio de la implementación de procesos participativos que sean equitativos e incluyentes. (Ministerio de medio ambiente y desarrollo territorial, 2010)

La presente propuesta es de vital importancia ya que permite establecer una metodología que aplique un adecuado proceso de monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua subterránea que será aprovechada en cada una de las escuelas ecoeficientes. La comunidad estudiantil y miembros dentro del plantel que llevan a cabo sus actividades a diario merecen una optima calidad del agua que consumen y utilizan para el desarrollo individual. En la actualidad se cuenta con diferentes mecanismos para los controles de calidad de agua pero con esta propuesta se busca seleccionar rigurosamente la mejor metodología aplicable dentro de las instalaciones con el fin de proveer información a los beneficiarios que son los estudiantes para que obtengan conocimientos amplios sobre el tema y en un futuro contribuyan al mejoramiento de los centros educativos aquí citados.

El desarrollo de un manual metodológico en el cual se expongan una serie de procedimientos que ayudarán al monitoreo, seguimiento y control de la calidad y cantidad del agua subterránea será de vital importancia ya que permitirá una constante revisión para cumplir con la planificación sostenible del recurso hídrico establecido por la entidad CORMACARENA el cual contiene la cantidad del agua disponible, los niveles de demanda y las condiciones de calidad en las que se encuentra el agua subterránea que esta siendo monitoreada. Este manual cumplirá los procedimientos estandarizados establecidos en el protocolo de monitoreo y seguimiento del agua del IDEAM, 2007.

De esta manera se podrá asegurar una optimización del control de la calidad, cantidad y disposición del agua subterránea extraída en los pozos dentro de las escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta. Así mismo el monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua permitirá un cumplimiento con lo establecido por la resolución 2115 de 2007 la cual dispone todas las características con las que debe cumplir el agua para que sea de consumo humano; siento esto muy importante ya que el agua extraída directamente de los pozos está siendo

consumida y generando afectaciones dentro de las dos escuelas ecoeficientes. Estas afectaciones se dieron a conocer por parte de la población estudiantil y personal que labora dentro de las instalaciones de las escuelas ecoeficientes que han sufrido efectos por el consumo de este recurso, de este modo se clasificaron diferentes alteraciones dérmicas como crecimiento de ampollas, brotes e irritación, así mismo infecciones intestinales que se evidencian por medio de diarreas y vómitos en los estudiantes.

5. Alcance

La presente propuesta que se desarrolló presenta como alcance la determinación y aporte de una metodología, la cual permita el constante monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua subterránea que es captada en las escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta. De esta manera no se tiene como objetivo que dicha metodología empleada se quede solo en el contexto de las dos zonas de estudio que en este mismo capítulo se señalará, sino lograr una fácil aplicabilidad a futuro con los proyectos que tengan relación con la calidad del agua que sea captada para beneficio humano.

El desarrollo del proyecto quedará constatado como documento en CORMACARENA el cual permanecerá a disposición para su aplicabilidad en proyectos en los que se pueda llevar a cabo una metodología de monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua principalmente para fuentes subterráneas. Los estudios de calidad del agua permitirán conocer el rango de cobertura que debe de tener la metodología con la cual se busca asegurar una óptima calidad del agua subterránea captada, de esta misma manera el diagnostico permitió con la información recolectada en campo a partir de las personas que habitan en los planteles educativos, un reconocimiento de las condiciones en las que se encuentran los niños y adultos que se benefician de las escuelas ecoeficientes.

A continuación, se mencionan y describen las dos zonas de estudio, con sus respectivas ubicaciones geográficas:

En la figura 1 se muestra la delimitación espacial mediante el software ArcGis de las zonas de estudio, vereda la Rivera en las coordenadas $2^{\circ}49'18''N$ y $73^{\circ}06'57''W$ a 536 msnm y vereda Barranco Colorado, en las coordenadas $2^{\circ}49'24.3''N$ y $73^{\circ}06'58.5''W$ a 814 msnm.

El internado las Palmas ubicado en la Vereda La Rivera de Puerto Rico, delimitado a la derecha de la *figura 1* en el cuadro blanco que a su vez se puede observar dentro del cuadro rojo que especifica la zona en donde queda ubicada la vereda La Rivera.

El internado Primavera ubicado en la Vereda Barranco Colorado Puerto Rico, delimitado a la izquierda de la *figura 1* en el cuadro rojo que se puede observar dentro del cuadro amarillo que especifica la zona en donde queda ubicada la vereda Barranco Colorado.

Este proyecto tuvo una duración de 4 meses consecutivos durante el período de agosto – Noviembre del año 2017.



Figura 1. Delimitación espacial de la zona de estudio. Adaptado de ArcGis, por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

6. Antecedentes

Con los antecedentes para el diseño de la metodología de monitoreo, control y seguimiento de la calidad del agua subterránea en las escuelas ecoeficientes se busca una mejor comprensión de las relaciones que han existido entre la temática ambiental y el desarrollo de infraestructuras en Colombia, permiten identificar con mayor claridad las circunstancias y variables que se han mantenido constantes en este vínculo, sus aportes positivos y negativos en los procesos físico urbanos, y el aprendizaje de los caminos y estrategias que han facilitado su evolución positiva en muchos casos. Colombia ha sido uno de los países pioneros en América Latina tratar el tema de los recursos naturales en su escenario nacional (Comisión nacional del agua , 2007)

En el año 2010 el instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales IDEAM diseño una guía para el monitoreo de vertimientos en aguas superficiales y subterráneas; en esta guía se incluyen cada uno de los elementos básicos que deben tener en cuenta para el establecimiento en donde se requiera realizar y llevar a cabo programas de monitoreo de calidad de agua subterránea (instituto de hidrologia, meteorologia y estudios ambientales, 2010)

En esta guía también se relacionan los criterios a tener en cuenta para la selección de los sitios de muestreo con el fin de conocer las ventajas y desventajas de realizar un correcto monitoreo de la calidad del agua; se presenta información muy detallada y concisa de los tipos de muestreo y de muestras; aspectos muy sencillos como el aislamiento de equipos y materiales, la limpieza de los recipientes y equipos de muestreo, el aislamiento y transporte de envases y la calibración de los equipos de muestreo. Con todo este conjunto de inacciones a tener en cuenta se logra que al momento de diseñar el plan de monitoreo del agua se realice de manera correcta y teniendo en cuenta las normas de seguridad y la protección personal y a la salud (instituto de hidrologia, meteorologia y estudios ambientales, 2010)

A nivel global en el estado de Coyoacán, México D.F. en el año 2011 se creó un proyecto con la facultad de ingeniería de la universidad autónoma de México que consiste en el diseño, construcción, operación y mantenimiento de pozos de observación para el control de la calidad

de los acuíferos, el cual su objetivo principal es el de la actividad de monitoreo de la calidad del agua subterránea, que al mismo tiempo involucran el monitoreo ambiental, con la finalidad de conocer las variaciones de la calidad del agua subterránea, a través de un muestreo rutinario de pozos; monitoreo de la detección, que tiene como principal función identificar la presencia de contaminantes específicos por arriba de una concentración predeterminada y alrededor de fuentes de contaminación puntuales; el monitoreo de cumplimiento, requiere de un conjunto de requisitos para el monitoreo de la calidad del agua subterránea y el monitoreo de investigación, el cual consiste en un detallado muestreo espacial y temporal de la calidad del agua subterránea, con el fin de cumplir con los objetivos de investigación específicos (Universidad libre de Colombia, 2017),

Este proyecto de investigación establece que en el diseño de programas de monitoreo de calidad de agua subterránea, es esencial definir su objetivo ya que a partir de este dependen los parámetros necesarios para el tipo de muestreo. Por otro lado, tomar precauciones al detectar algún tipo de contaminación sobre el acuífero y estimar el riesgo de contaminación en los pozos. Finalmente, al monitorear el agua subterránea se debe implantar un programa de vigilancia de la calidad de los pozos y tener en cuenta que la mayoría de las técnicas de muestreo son muy costosas y su aplicación debe evaluarse con relación al problema que se va a investigar (Universidad libre de Colombia, 2017)

Por otro lado, la facultad de ingeniería en uno de sus programas de maestría y doctorado en ingeniería adscritos a la Universidad Nacional Autónoma de México realizaron investigaciones con el fin de consolidar una tesis nombrada, “Diseño óptimo de redes de monitoreo de la calidad del agua subterránea con muestreo a diferentes profundidades”. En este año 2012 la doctora Graciela Herrera realizó esta investigación con el objetivo de demostrar que los sistemas de monitoreo del agua subterránea son de gran ayuda para cualquier estudio de contaminación a este recurso (Universidad nacional autónoma de México, 2012)

Estos sistemas de monitoreo se analizan mediante métodos matemáticos la concentración de contaminantes a distintas profundidades con el fin de encontrar una mejor estimación de la concentración real de los contaminantes. Uno de estos métodos mencionándolo como uno de los más importantes es el diseño óptimo de monitoreo en tres dimensiones que permite identificar

de mejor manera las variaciones de la concentración de los contaminantes en todas las direcciones (Universidad nacional autonoma de Mexico, 2012).

Finalmente, en este trabajo la doctora Graciela Herrera extiende la metodología para el diseño optimo espacio-temporal de redes de monitoreo de la calidad de agua subterránea para considerar mediciones a diferentes profundidades en el diseño (Universidad nacional autonoma de Mexico, 2012).

En el año 2013 en Colombia se crea un documento llamado protocolo de monitoreo de calidad de agua subterránea, el cual se diseñó revisando guías y otros protocolos elaborados por organismos como IGRAC (International Groundwater Resources Assessment Centre), IGME Instituto Geológico y Minero de España), USGS (Geological-Survey United States) y EPA (United States Environmental Protection Agency) y se confirma que actualmente, no existe el Protocolo Nacional de Monitoreo de Calidad en Cuerpos Naturales de Agua Subterránea, del Organismo Nacional competente (Gidathari, 2014)

Por esta razón en este documento creado y publicado en el sitio web IAGUA especializado en brindar información sobre el sector del agua, se establece como objetivo establecer el procedimiento y requisitos técnicos del personal, material e instrumentos relacionados con la toma de muestras de las aguas subterráneas (Gidathari, 2014). Se menciona a su vez que la toma de muestras de agua subterránea puede presentar ciertas dificultades y el técnico que realice el muestreo debe estar capacitado, cualificado y entrenado en la teoría y en la práctica del muestreo especifico elegido, siendo el único responsable de poner en práctica el contenido del protocolo (Gidathari, 2014).

En Colombia los ingenieros al momento de diseñar un plan de monitoreo para la calidad del agua subterránea, deben tener en cuenta la guía metodológica para la formulación de planes de manejo ambiental de acuíferos diseñada por el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible en el año 2014. En esta guía se profundiza en la importancia del recurso que deriva del ciclo hidrológico que vincula una cadena de interrelaciones entre diferentes componentes naturales y antrópicos; además con este panorama descrito en esta guía, las aguas subterráneas adquieren gran importancia como patrimonio natural, teniendo en cuenta que obtienen el mayor porcentaje de los recursos hídricos utilizados en el planeta (Ministerio de ambiente, 2014)

En esta guía se menciona: aspectos generales para el propósito y alcance de la guía, marcos normativo e institucional, marco conceptual y metodológico del agua subterránea y sus características, las fases del plan de manejo ambiental de acuíferos y finalmente la remediación de acuíferos que conlleva a diseñar metodologías de monitoreo de la calidad del agua subterránea para identificar los puntos clave de vertimientos que generen algún tipo de contaminación al agua que va a ser captada (Ministerio de ambiente, 2014)

La universidad católica de Colombia en la facultad de ingeniería en el año 2015 plasmo un proyecto que consistía en un diseño de pozos para la captación de agua subterránea en donde se necesitaba recopilar información respecto a métodos y tecnologías para la captación de agua subterránea, con el fin de presentar algunas metodologías que utilizan en otros países para la extracción del agua del subsuelo, teniendo en cuenta el área de estudio, la calidad del agua y las técnicas para la aplicación de cada método (Ibañez, J., Sandoval, C., 2015)

Este proyecto establece que se debe tener en cuenta el clima y la topografía de la región, además de realizar un análisis del agua con respecto a todos los criterios de calidad en los aspectos microbiológicos y químicos y finalmente deberán ser analizados con las leyes y decretos para realizar una comparación del uso que podría tener el agua del pozo (Ibañez, J., Sandoval, C., 2015)

En el año 2016 las corporaciones autónomas regionales del Valle del Cauca con la dirección técnica ambiental crearon un proyecto llamado experiencia del monitoreo como elemento base en la toma de decisiones y gestión del recurso hídrico subterráneo, el cual dentro de sus estrategias de encuentra, controlar los impactos de la extracción del agua subterránea y de las cargas contaminantes. Se diseñaron metodologías para evaluar el estado y evolución de la calidad y cantidad del agua subterránea con el fin de definir sus usos potenciales; además se identificaron los puntos directos de contaminación al acuífero del cual se capta el agua a partir de pozos con el fin de crear un sistema de control para mitigar la contaminación, que puede generar complicaciones a la salud de quienes hagan uso de la misma (Paez, 2015)

Durante el año 2016 En Puerto Rico, Meta específicamente en las veredas Barraco Colorado y la Rivera, en colaboración con la Gobernación del Meta y la corporación autónoma regional del Meta CORMACARENA se diseñó e implemento un proyecto totalmente ecoeficiente, el cual consiste en transformar la institución educativa la primavera y las palmas ubicadas en las veredas mencionadas, en escuelas ecoeficientes. Esto consiste en independizar los recursos hídricos y energéticos con los cuales se abastece la institución de la demás población de las veredas; para esto se dispuso un presupuesto por parte de las dos entidades para la compra de paneles solares y para el diseño y puesta en funcionamiento de un pozo para la captación del agua subterránea, así mismo se realizaron jornadas de capacitación con el fin de que el personal administrativo de la institución tuviera el adecuado conocimiento para el manejo de todos los elementos e instrumentos instalados.

Se llevó a cabo de la siguiente manera: Se realizó y finalizó la construcción de dos piezómetros de tres pulgadas (3"): uno de 10 metros de profundidad ubicado en el Centro Educativo la primavera y el segundo de 15 metros de profundidad ubicado en el Centro Educativo las Palmas en el municipio de Puerto Rico, Meta. Se diseñaron y construyeron pozos de acuerdo a los parámetros y estándares de calidad para este tipo de obras.

Se instaló el sistema de medición teniendo en cuenta las condiciones del sitio, mediante una tubería de revestimiento de 3 pulgadas y se aseguró por medio de una unión final de la tubería de PVC, mediante una adaptación, con el fin de realizar la configuración del modem y que quedara en correcto funcionamiento. Para el diseño del desarrollo de los procesos de monitoreo de agua subterránea, se cumplió a cabalidad con la planeación, localización y definición de las condiciones reales para la instalación de los sistemas de monitoreo del acuífero asociado. Se realizó la perforación del pozo de monitoreo y se cumplió con la instalación de los sensores de monitoreo de aguas subterráneas en cada uno de los centros educativos.

A detalle para el monitoreo y control de la calidad del agua subterránea se instaló una sonda, la cual de manera sistemática toma los datos de los parámetros físicos como Nivel, Temperatura y conductividad de manera periódica y que luego son dispuestos en un sistema Web que permite la recolección, almacenaje, documentación y divulgación de la información generada a partir de la red de monitoreo de calidad y cantidad de aguas subterráneas que opera actualmente los pozos que se instalaron en el proyecto. Para el manejo e implementación de las celdas fotovoltaicas se llevó a cabo el montaje de las estructuras soporte de los paneles, el montaje y conexión de

módulos solares, la instalación eléctrica interna, cumpliendo la empresa contratista con todo lo acordado para el sistema energético renovable no convencional; se activaron los interruptores automáticos secuencialmente, se realizó la medición de tensión y corriente y se realizaron pruebas para avalar el funcionamiento del sistema y finalmente se plasmaron algunas recomendaciones para tener en cuenta al momento de realizar este tipo de actividades: contar con personal altamente capacitado, garantizar que se instales estos sistemas en lugares con mayor aireación y que estén protegidos de la humedad y el polvo y por otro lado señalar todo lo que pueda generar peligro para los estudiantes de los dos centros educativos.

Las potencialidades que tiene este proyecto son amplias, entre ellas encontramos que es un proyecto que ayuda a toda una población humana para que puedan contar con un recurso básico e irremplazable para su supervivencia, es por esto que el monitoreo es necesario para controlar y mitigar los efectos negativos de eventos naturales y en especial de las actividades humanas sobre la calidad y cantidad del agua, con ello se permitirá conocer el grado y las posibles causas de las alteraciones y finalmente se llevaran a cabo varios procesos continuos de observación, medición y análisis de ciertos parámetros físicos, químicos y microbiológicos, que serán indispensables para mantener en constante análisis las condiciones en las que se encuentra el agua y así garantizar una mejor calidad de vida para cada persona de la población.

7. Marco De Referencia

7.1. Marco Teórico

Se define que las aguas subterráneas son parte esencial del ciclo hidrológico. Aunque el ciclo es único e indivisible, los estudios se realizan de forma independiente debido a las características de ambas porciones, pero sin olvidar sus interconexiones, ya que en definitiva el agua es siempre la misma (Science for a changing world, 2016).

Que se cuente con un pozo de agua subterránea con el cual se pueda implementar un sistema de captación eficiente no significa que el agua de este pozo se pueda beber directamente sin ningún tipo de tratamiento, debido a que el agua es un excelente solvente y puede contener muchos químicos disueltos. El agua subterránea se mueve a través de las rocas y la tierra del subsuelo. Por ésta razón, el agua subterránea muy frecuentemente puede contener más sustancias que las que contiene el agua superficial (Science for a changing world, 2016).

Los motivos por los cuales el agua subterránea puede ser de baja calidad, aunque la tierra es un excelente sistema que filtra partículas tales como hojas, abono e insectos, pueden encontrarse elementos químicos disueltos y gases en grandes concentraciones en el agua subterránea y causar problemas de contaminación. El agua subterránea puede contaminarse con elementos químicos industriales, domésticos y de la agricultura que se encuentran en la superficie. Esto incluye elementos químicos tales como plaguicidas y herbicidas la mayoría de agricultores utilizan (ciencias de la tierra y del medio ambiente, 2017).

Para obtener una mejor calidad del agua de los pozos se requiere de la medición de los niveles del agua subterránea, así como el control de su calidad, el cual inició en los años setenta en muchos acuíferos por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Toda la información piezométricos y de calidad se comenzó a tratar de forma sistemática a partir de 1985. En año 1992, la antigua Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas, ahora Dirección General del Agua (DGA) definió las bases de diseño de una red de control general de las aguas subterráneas con objeto de modernizar y actualizar las redes existentes.

El monitoreo de agua subterránea proporciona datos sobre la calidad y cantidad de las aguas subterráneas y es de gran importancia como se establece en el sexto objetivo que se denomina “agua limpia y saneamiento” encontrado dentro de los objetivos de Desarrollo Sostenible; el 25 de Septiembre del 2015, los líderes mundiales adoptaron un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible (Naciones unidas, 2014)

Se hace mención del sexto objetivo con el fin de garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y saneamiento para todos, demostrando a partir del desarrollo de este proyecto la importancia de mantener un monitoreo constante del agua tanto superficial como subterránea; siendo el agua un recurso que nos brinda el planeta indispensable para poder vivir se requiere garantizar para todos la disponibilidad y la gestión sostenible, el acceso a agua, saneamiento e higiene es un derecho humano y sin embargo son miles de millones de personas que se enfrentan cada día con enormes dificultades para obtener este servicio. Por otro lado las enfermedades relacionadas con el agua y el saneamiento siguen estando entre las principales causas de fallecimiento en niños y este proyecto busca prevenir este tipo de problemas con el agua subterránea de la cual se abastecen muchos niños de los dos centros educativos en Puerto Rico, Meta (Naciones unidas, 2014).

El muestreo de aguas subterráneas para obtener el análisis de sus componentes químicos es parte de esta estrategia. Idealmente, tal muestreo y análisis deben realizarse sobre una base regular donde se extrae agua subterránea para una variedad de usos. Dependiendo del propósito de la supervisión, se pueden probar diferentes parámetros (Comisión nacional del agua , 2007)

Existen dos principales métodos de muestreo que pueden emplearse para obtener una muestra representativa de las aguas subterráneas. Estos son el método de perforación de purga y el método de muestreo de bajo flujo. El tipo de método a utilizar es determinado de acuerdo al diseño de la bomba. Generalmente el método de perforación de purga otorga resultados representativos en una muestra asegurando la eliminación del agua estancada dentro de la perforación, mientras que el método de bajo flujo está diseñado para mantener el agua estancada dentro de la perforación, en tanto se obtiene una muestra representativa directamente del acuífero a través del intervalo evaluado a la profundidad de la bomba (Comisión nacional del agua , 2007)

7.2. Marco Conceptual:

Para que el agua subterránea a captar por los sistemas a implementar en las escuelas ecoeficientes tengan buen uso y consumo se deben seguir ciertas técnicas en el muestro y parámetros de calidad como, técnicas de Muestreo para los pozos:

Bomba sumergible: Una bomba sumergible es una bomba que es capaz de colocarse bajo el agua y todavía llevar a cabo su propósito. Algunas bombas pueden estar diseñadas para trabajar mientras están totalmente sumergidas, mientras que otras pueden ser sumergidas o colocadas en un lugar seco. Es importante entender de qué tipo de bomba se trata para no incurrir en ningún daño cuando se utilice (Comisión nacional del agua , 2007)

Muestreador multinivel: Un muestreador multinivel modular es utilizado para muestrear los perfiles químicos de las aguas subterráneas y gases tanto en zonas saturadas y no saturadas. El muestreo a intervalos de 3cm de profundidad se basa en el método de diálisis de la célula y no tiene ninguna limitación de profundidad. El muestreador puede utilizarse para el desarrollo o investigación, así como en sistemas de monitoreo de alerta temprana (Comisión nacional del agua , 2007)

Por otra parte, los parámetros se clasifican en cuatro grandes grupos:

1. Físicos
2. Químicos
3. Microbiológicos

Parámetros físicos

Color: En general presenta colores inducidos por materiales orgánicos de los suelos vegetales:

Color amarillento debido a los ácidos húmicos.

Color rojizo, suele significar la presencia de hierro.

Color negro indica la presencia de manganeso (Bonsai Menorca, 2017)

Turbidez: La medición se hace por comparación con la turbidez inducida por diversas sustancias, la medición en ppm de SiO₂ ha sido muy utilizada, pero se aprecian variaciones según la sílice y la técnica empleadas. Otra forma es mediante célula fotoeléctrica, existen numerosos tipos de turbidímetros (Bonsai Menorca, 2017)

Conductividad y resistividad: El aparato para las mediciones se llama conductivímetro, y básicamente lo que hace es medir la resistencia al paso de la corriente entre dos electrodos que se introducen en el agua, y se compara para su calibrado con una solución tampón de HCl a la misma temperatura y 20 °C (Bonsai Menorca, 2017).

Parámetros químicos

pH: Nos mide la naturaleza ácida o alcalina de la solución acuosa. La mayoría de las aguas naturales tienen un pH entre 6 y 8 (Bonsai Menorca, 2017)

Sólidos disueltos: Los sólidos disueltos o salinidad total, es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua. El origen puede ser múltiple tanto en las aguas subterráneas como en las superficiales (Bonsai Menorca, 2017).

Para las aguas potables se fija un valor máximo deseable de 500 ppm, este dato por sí sólo no es suficiente para catalogar la bondad del agua (Bonsai Menorca, 2017)

Sólidos en suspensión: Se suelen separar por filtración y decantación. Son sólidos sedimentables, no disueltos, que pueden ser retenidos por filtración. Las aguas subterráneas suelen tener menos de 1 ppm, las superficiales pueden tener mucho más dependiendo del origen y forma de captación (Bonsai Menorca, 2017)

Sólidos totales: Es la suma de los dos anteriores disueltos y en suspensión (Bonsai Menorca, 2017)

Parámetros bacteriológicos: Infecciones transmitidas por el agua. Existen diversos tipos de agentes patógenos que pueden transmitirse por el agua de consumo contaminada. En el anexo C

se puede observar información general sobre agentes patógenos importantes en la gestión de sistemas de abastecimiento de agua de consumo. La gama de agentes patógenos cambia en función de factores variables como el aumento de las poblaciones de personas y animales, el incremento del uso de aguas residuales, los cambios de los hábitos de la población o de las intervenciones médicas, las migraciones y viajes de la población, y presiones selectivas que favorecen la aparición de agentes patógenos nuevos o mutantes, o de recombinaciones de los agentes patógenos existentes. También existe una considerable variabilidad en la inmunidad de las personas, ya sea adquirida por contacto con un agente patógeno o determinada por factores como la edad, el sexo, el estado de salud y las condiciones de vida (Water sanitation health, 2016); patógenos como *Escherichia Coli*, *Estreptococos fecales*, *Clostridios* (anaerobios y formadores de esporas), entre otros (Bonsai Menorca, 2017).

La medición se hace empleando técnicas estadísticas “número más probable” (índice NMP) en 100 ml de agua. Las aguas con un NMP inferior a 1 son satisfactoriamente potables (Bonsai Menorca, 2017).

El técnico que realiza el muestreo debe estar debidamente capacitado, cualificado y entrenado en la teoría y la práctica del muestro específico, siendo responsable de poner en práctica el contenido de este protocolo. Cualquier desviación, con respecto al protocolo, que él realice, debería quedar reflejada en los registros de campo (Bonsai Menorca, 2017).

7.3. Marco Legal:

Decreto 3930 de 2010 USOS DEL AGUA Y RESIDUOS LIQUIDOS Y SE DICTAN OTRAS DISPOSICIONES, La constitución política de Colombia establece que es deber del estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación ambiental para garantizar el derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano y planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. En el artículo 9° del capítulo IV se mencionan las destinaciones del agua superficial y subterránea dependiendo sus usos (iagua, 2017).

Para los efectos del presente decreto se tendrán en cuenta los siguientes usos del agua:

1. Consumo humano y doméstico.
2. Preservación de flora y fauna.
3. Agrícola.
4. Pecuario.
5. Recreativo.
6. Industrial.
7. Estético.
8. Pesca, Maricultura y Acuicultura.
9. Navegación y Transporte Acuático.

El monitoreo de la calidad del agua subterránea se realiza con el fin de cumplir con los parámetros e índices de calidad establecidos por la normatividad:

La resolución 2115 de 2007 en los Artículos del 2° al 13°, los cuales mencionan lo siguiente (Decreto 3930 de 2010, 2010):

Artículo 2°: Características físicas. El agua para consumo humano no podrá sobrepasar los valores máximos aceptables para cada una de las características físicas que se señalan a continuación (Ministerio de medio ambiente y desarrollo territorial, 2010):

Características Físicas Expresadas como Valor máximo aceptable

Color aparente Unidades de Platino Cobalto (UPC) 15

Olor y Sabor Aceptable o no aceptable

Turbiedad Unidades Nefelometrías de turbiedad (UNT) 2

Artículo 3°: Conductividad. El valor máximo aceptable para la conductividad puede ser hasta 1000 micro siemens/cm. Este valor podrá ajustarse según los promedios habituales y el mapa de riesgo de la zona. Un incremento de los valores habituales de la conductividad superior al 50% en el agua de la fuente, indica un cambio sospechoso en la cantidad de sólidos disueltos y su procedencia debe ser investigada de inmediato por las autoridades sanitaria y ambiental

competentes y la persona prestadora que suministra o distribuye agua para consumo humano (Ministerio de medio ambiente y desarrollo territorial, 2010).

Características químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana.

Elementos y compuestos químicos que tienen implicaciones de tipo económico Expresadas como Valor máximo aceptable (mg/L)

Calcio Ca 60

Alcalinidad Total CaCO_3 200

Cloruros Cl^- 250

Aluminio Al^{3+} 0,2

Dureza Total CaCO_3 300

Hierro Total Fe 0,3

Magnesio Mg 36

Manganeso Mn 0,1

Molibdeno Mo 0,07

Sulfatos SO_4^{2-} 250

Zinc Zn 3

Fosfatos PO_4^{3-} 0,5.

Artículo 10°: Técnicas para realizar análisis microbiológicos. Las técnicas aceptadas para realizar los análisis microbiológicos del agua para consumo humano son las siguientes:

a) Para *Escherichia Coli* y Coliformes totales: Filtración por membrana, Sustrato Definido, enzima sustrato y presencia-ausencia. Se podrán adoptar otras técnicas y metodologías debidamente validadas por el Instituto Nacional de Salud, INS, o este realizará una revalidación con base en documentos soporte de organismos internacionales que presenten los solicitantes (Ministerio de medio ambiente y desarrollo territorial, 2010).

b) Para *Giardia* y *Cryptosporidium*: Las técnicas y metodologías de análisis para estos microorganismos deben ser validadas por el Instituto Nacional de Salud, INS, o revalidadas por este con base en documentos soporte de organismos internacionales que presenten los solicitantes (Ministerio de medio ambiente y desarrollo territorial, 2010).

Artículo 11°: Características microbiológicas. Las características microbiológicas del agua para consumo humano deben enmarcarse dentro de los siguientes valores máximos aceptables desde el punto de vista microbiológico, los cuales son establecidos teniendo en cuenta los límites de confianza del 95% y para técnicas con habilidad de detección desde 1 Unidad Formadora de Colonia (UFC) o 1 microorganismo en 100 cm³ de muestra (Ministerio de medio ambiente y desarrollo territorial, 2010).

Artículo 12°: Otras consideraciones microbiológicas. Además de las características señaladas en el artículo anterior, se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones:

a) A partir de la entrada en vigencia de la presente resolución, para la implementación de la técnica de análisis de *Giardia* y *Cryptosporidium* se tendrá en cuenta el tamaño del sistema de suministro y los plazos estipulados en la resolución (Ministerio de medio ambiente y desarrollo territorial, 2010).

b) De acuerdo con el mapa de riesgo, las autoridades ambientales en cooperación con las autoridades sanitarias y las personas prestadoras de la jurisdicción, realizarán la investigación para verificar la presencia de otros microorganismos patógenos en el agua y la viabilidad de establecer otros indicadores. Si se demuestra la presencia de microorganismos patógenos, las autoridades incorporarán en el mapa de riesgo, sus hallazgos y las acciones a seguir (Ministerio de medio ambiente y desarrollo territorial, 2010).

Lo anteriormente mencionado se tiene en cuenta para el desarrollo de los laboratorios de química y microbiología con el fin de comparar los resultados con la resolución y los parámetros permisibles vigentes.

La Resolución 2115 de 2007 establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, con el apoyo de la OMS (Iagua, 2017).

Esta norma se aplica a todas las instituciones y personas que prestan un servicio de suministro y distribución de agua para consumo, ya sea CRUDA o TRATADA en todo el territorio nacional (Iagua, 2017).

Se determinan características físicas:

Conductividad del agua.

Potencial de hidrogeno.

Características químicas de sustancias que tienen reconocido efecto negativo en la salud humana.

Características químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana.

Características microbiológicas (Iagua, 2017).

Para el desarrollo de este proyecto se también se tuvo en cuenta el decreto 1575 del 2007, los cuales establecen los parámetros permisibles para el agua potable en Colombia (Iagua, 2017).

El objeto del presente decreto es establecer el sistema para la protección y control de la calidad del agua, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, exceptuando el agua envasada. Aplica a todas las personas prestadoras que suministren o distribuyan agua para consumo humano, ya sea cruda o tratada, en todo el territorio nacional, independientemente del uso que de ella se haga para otras actividades económicas, a las direcciones territoriales de salud, autoridades ambientales y sanitarias y a los usuarios (Ministerio de la protección social, 2007).

También se utilizó el artículo 2° para tener más claro algunos términos a la hora de manejar los resultados propuestos en el proyecto de grado.

Para efectos de la aplicación del presente decreto, se adoptan las siguientes definiciones:

Agua cruda: Es el agua natural que no ha sido sometida a proceso de tratamiento para su potabilización.

Agua envasada: Es el agua potable tratada, envasada y comercializada con destino al consumo humano, entendida como un producto de la industria alimentaria.

Agua potable o agua para consumo humano: Es aquella que, por cumplir las características físicas, químicas y microbiológicas, en las condiciones señaladas en el presente decreto y demás normas que la reglamenten, es apta para consumo humano. Se utiliza en bebida directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal (Ministerio de la protección social, 2007).

Análisis de vulnerabilidad: Es el estudio que permite evaluar los riesgos a que están expuestos los distintos componentes de un sistema de suministro de agua.

Buenas prácticas sanitarias: Son los principios básicos y prácticas operativas generales de higiene para el suministro y distribución del agua para consumo humano, con el objeto de identificar los riesgos que pueda presentar la infraestructura. **CALIDAD DEL AGUA:** Es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia.

Certificación sanitaria: Es el acto administrativo expedido por la autoridad sanitaria competente a través del cual se acredita el cumplimiento de las normas y criterios de la calidad del agua para consumo humano, soportado en el concepto sanitario, proferido a solicitud del interesado o de las autoridades de control (Ministerio de la protección social, 2007).

Concepto sanitario: Es el resultado de evaluar la calidad del agua para consumo humano con base en las visitas de inspección sanitaria y análisis de los criterios y normas de las características del agua, los cuales podrán ser:

1. Concepto favorable: Es el que se emite cuando el sistema de suministro de agua para consumo humano cumple con las Buenas Prácticas Sanitarias, las disposiciones del presente decreto y las demás reglamentaciones sanitarias vigentes.
2. Concepto favorable con requerimientos: Es el que se emite cuando el sistema de suministro de agua para consumo humano no cumple con la totalidad de las Buenas Prácticas Sanitarias, con las disposiciones del presente decreto y las demás reglamentaciones sanitarias vigentes, pero no conlleva un riesgo inminente para la salud humana.
3. Concepto desfavorable: Es el que se emite cuando existe riesgo inminente para la salud de los usuarios, o cuando no se haya dado cumplimiento a lo establecido en el concepto favorable con requerimiento (Ministerio de la protección social, 2007).

Fuente de abastecimiento: Depósito o curso de agua superficial o subterránea, utilizada en un sistema de suministro a la población, bien sea de aguas atmosféricas, superficiales, subterráneas o marinas.

Inspección sanitaria: Es el conjunto de acciones que en desarrollo de sus funciones, realizan las autoridades sanitarias y las personas prestadoras que suministran o distribuyen agua para consumo humano, destinadas a obtener información, conocer, analizar y evaluar los riesgos que presenta la infraestructura del sistema de abastecimiento de agua, a identificar los posibles factores de riesgo asociado a inadecuadas prácticas operativas y a la determinación de la calidad del agua suministrada, mediante la toma de muestras, solicitud de información y visitas técnicas al sistema de suministro, dejando constancia de ello mediante el levantamiento del acta respectiva.

Laboratorio de análisis del agua para consumo humano: Es el establecimiento público o privado, donde se realizan los procedimientos de análisis de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano, el cual debe cumplir con los requisitos previstos en el presente decreto (Ministerio de la protección social, 2007).

Artículo 5º: RESPONSABILIDAD DE LOS MINISTERIOS DE LA PROTECCIÓN SOCIAL Y DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en cumplimiento de las funciones a su cargo, adelantarán de manera coordinada las siguientes acciones:

1. Reglamentar todos los aspectos concernientes a la definición de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para el consumo humano.
2. Diseñar los modelos conceptuales, técnicos y operativos y de protocolos que sean requeridos para el control y vigilancia para garantizar la calidad del agua para consumo humano.
3. Diseñar la guía de criterios y actividades mínimas que deben contener los estudios de riesgo, programas de reducción de riesgos y los planes de contingencia.
4. Evaluar los resultados de la implementación de las disposiciones del presente decreto por parte de las autoridades competentes (Ministerio de la protección social, 2007).

Resolución 0631 de 2015: en esta resolución se establecen los valores límites máximos permisibles que deberán cumplir quienes realicen vertimientos puntuales a los cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público, esta norma se deberá aplicar para el desarrollo del proyecto a que las veredas en donde se encuentran ubicadas cada una de las

escuelas no cuentan con alcantarillado público ni acueducto. (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible , 2015)

Se tendrá en cuenta el capítulo III Artículo 6. Parámetros microbiológicos de análisis y reporte en los vertimientos puntuales de aguas residuales a cuerpos de aguas superficiales: se realizara el análisis y reporte de los valores de la concentración en Número Más Probable (NMP/100ml) de los Coliformes termotolerantes presentes en los vertimientos puntuales de aguas residuales, mediante las cuales se gestionen excretas humanas y/o animales a cuerpos de aguas superficiales, cuando la carga básica en las aguas residuales antes del sistema de tratamiento es mayor a 125,00 Kg/día de DBO5 (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible , 2015)

Capítulo V Artículo 8: Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntales de aguas residuales domésticas y de las aguas residuales de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible , 2015):

Tabla 1.

Límites máximos permisibles para los vertimientos puntuales.

Los valores límites permisibles serán los siguientes:		Aguas residuales domesticas – ARD	Aguas residuales domesticas- ARD Y
Parámetro	Unidades	De las soluciones individuales de saneamiento de viviendas unifamiliares o bifamiliares	De las aguas residuales(ARD-ARND) de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales

con una carga
menos o igual a
625.00 kg /día dbo2

Generales

Tabla 1. (continuación)

pH	Unidades de pH	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L O2	200,00	180,00
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	mg/L O2		90,00
Solidos suspendidos totales (SST)	mg/L	100,00	90,00
Solidos sedimentales (SSED)	mg/L	5,00	5,00
Grasas y aceites	mg/L	20,00	20,00
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/L		Análisis y reporte
Hidrocarburos			
Hidrocarburos totales (HTP)	mg/L		Análisis y reporte
Compuestos de fósforo			

Tabla 1. (continuación)

Ortofosfatos (P- PO₄³)	mg/L	Análisis y reporte
Fosforo total (P)	mg/L	Análisis y reporte
Compuestos de nitrógeno		
Nitratos (N-NO₃)	mg/L	Análisis y reporte
Nitritos (N-NO₂)	mg/L	Análisis y reporte
Nitrógeno amoniaco (N- NH₂)	mg/L	Análisis y reporte

Nota: límites máximos permitidos en el análisis de parámetros fisicoquímicos. Adaptado de Ministerio de ambiente, por los autores, 2018.

Tabla 2.

Límites máximos permisibles para los vertimientos puntuales.

Parámetro	Unidades	Aguas residuales domesticas – ARD Y	AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS- ARD
		Aguas residuales no domesticas – ARND de los prestadores del servicio público de alcantarillado	Y De las aguas residuales(ARD- ARND) de los prestadores del servicio público de alcantarillado

		Con una carga mayor a 625,00 kg/día y menor o igual a 3,000,00 kg/día dbo5	Con una carga mayor a 3,000,00 kg/día DBO 5
Generales			
Tabla 2. (continuación)			
pH	Unidades de pH	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L O ₂	180,00	150,00
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	mg/L O ₂	90,00	70,00
Solidos suspendidos totales (SST)	mg/L	90,00	70,00
Solidos sedimentales (SSED)	mg/L	5,00	5,00
Grasas y aceites	mg/L	20,00	10,00
Compuestos semivolátiles fenotóxicos	mg/L		Análisis y reporte
Fenoles totales	mg/L		Análisis y reporte
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/L		Análisis y reporte
Hidrocarburos			
Hidrocarburos totales (HTP)	mg/L	Análisis y reporte	Análisis y reporte

Hidrocarburos aromáticos		Análisis y reporte	
Tabla 2. (continuación)			
BTEX (benceno, tolueno, esbenceno, xileno)		Análisis y reporte	
Compuestos orgánicos halógenos aerosoles		Análisis y reporte	
Compuestos de fosforo			
Ortofosfatos (P-PO4 ³)	mg/L	Análisis y reporte	Análisis y reporte
Fosforo total (P)	mg/L	Análisis y reporte	Análisis y reporte
Compuestos de nitrógeno			
Nitratos (N-NO3)	mg/L	Análisis y reporte	Análisis y reporte
Nitritos (N-NO2)	mg/L	Análisis y reporte	Análisis y reporte
Nitrógeno amoniacal (N-NH2)	mg/L	Análisis y reporte	Análisis y reporte
Nitrógeno total (N)	mg/L	Análisis y reporte	Análisis y reporte
Iones			
Cianuro total (CN)	mg/L	0,50	0,50
Cianuros (CI)	mg/L	Análisis y reporte	Análisis y reporte
Sulfatos	mg/L	Análisis y reporte	Análisis y reporte

Sulfuros	mg/L	Análisis y reporte	Análisis y reporte
Tabla 2. (continuación)			
Metales y metaloides			
Aluminio	mg/L	Análisis y reporte	Análisis y reporte
Cadmio	mg/L	0,10	0,10
Zinc	mg/L	3,00	3,00
Cobre	mg/L	1,00	1,00
Cromo	mg/L	0,50	0,50
Hierro	mg/L	Análisis y reporte	Análisis y reporte
Mercurio	mg/L	0,02	0,02
Níquel	mg/L	0,50	0,50
Plata	mg/L		Análisis y reporte
Plomo	mg/L	0,50	0,50
Otros parámetros para análisis y reportes			
Acidez total	mg/L CaCO ₃	Análisis y reporte	Análisis y reporte
Alcalinidad total	mg/L CaCO ₃	Análisis y reporte	Análisis y reporte
Dureza cálcica	mg/L CaCO ₃	Análisis y reporte	Análisis y reporte
Dureza total	mg/L CaCO ₃	Análisis y reporte	Análisis y reporte
Color real	m ⁻¹	Análisis y reporte	Análisis y reporte

Nota: límites máximos permitidos en el análisis de parámetros fisicoquímicos. Adaptado de Ministerio de ambiente, por los autores; 2018.

8. Metodología

Para el desarrollo del proyecto se realizó una investigación mixta, de esta manera cabe recalcar que predominó la investigación cualitativa ya que por medio de esta se logró cumplir a cabalidad con el desarrollo de la presente propuesta que dio como resultados los diferentes diagnósticos de calidad del agua subterránea, conocimiento de las condiciones de vida de los estudiantes que se abastecen del agua subterránea captada en las dos escuelas ecoeficientes y así mismo el análisis de estos resultados permitió la identificación del uso, manejo, monitoreo, seguimiento y control de la calidad del recurso que es aprovechado dentro de las instalaciones. La investigación cuantitativa tuvo como enfoque permitir el análisis con datos más exactos y recogidos tanto en campo como en laboratorios acreditados. Esta propuesta se desarrollará mediante la siguiente serie de etapas:

8.1. Etapa 1: Diagnóstico De Uso Y Manejo De Las Aguas Subterráneas Captadas En Las Dos Escuelas Ecoeficientes

8.1.1. Recolección de datos

En esta etapa se determinó el uso y manejo que le están dando al agua subterránea dentro de las instalaciones, para ello se realizó una valoración cualitativa y cuantitativa de las actividades realizadas dentro de los horarios académicos y de funcionamiento de las dos escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta. Se buscó mediante este método de valoración identificar las horas pico en las cuales hay mayor actividad que sea implícito en el uso del agua subterránea captada. Los datos recogidos fueron debidamente enlistados en un documento con el propósito de agrupar ordenadamente lo observado directamente en el caso. Así mismo se tomaron las cantidades utilizadas de agua por parte de las actividades que se llevan a cabo dentro de las escuelas, estas cantidades se registraron a partir de una serie de información recopilada que suministró la comunidad. Se tiene en cuenta que son internados educativos y allí se llevan a cabo actividades como la preparación de alimentos, higiene personal y limpieza de instalaciones y con esto se llevó a cabo un control de la disposición y extracción del agua subterránea dentro de

ambos centros educativos para lograr hacer seguimiento a la calidad y al uso que le están dando a este recurso.

8.1.2. Diseño de encuestas

El diseño de las encuestas se hizo mediante la realización y aplicación de preguntas sencillas que pudieran ser entendidas por la comunidad estudiantil y el personal del trabajo dentro de las instalaciones, es decir, que en su contenido no hubiese términos técnicos que pudieran confundir a quienes participaron de ellas, esto con el fin de identificar el consumo de agua dentro de las instalaciones, el uso y manejo que se le da por los estudiantes, manipuladoras de alimentos, docentes y conserjes dentro de cada una de las escuelas, en ese orden de ideas lo que se buscó fue cumplir con el diagnóstico de uso y manejo del agua subterránea que es extraída en cada una de las escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta.

Para la determinación de la población que se encuestó no se tuvo en cuenta ningún método estadístico debido a que la encuesta se diseñó con información primaria, que fue recolectada a partir de lo comunicado por el cuerpo docente de cada una de las escuelas ecoeficientes, es decir, los docentes informaron que únicamente los estudiantes del grado académico superior cuentan con la capacitación, conocimiento y entendimiento del uso, manejo y forma de extracción del recurso subterráneo dentro de los planteles. De este modo se permitió el diseño de las encuestas, las cuáles fueron aplicadas a la cantidad exacta de estudiantes que hacen parte de cada grado superior como se mencionó anteriormente, así mismo se aplicó a una docente para el caso de la escuela Las Palmas y dos docentes de La Primavera, y en ambas a cada una de las dos manipuladoras de alimentos que se encargan de las labores culinarias.

Las encuestas contenían una subdivisión interna en las preguntas que sean de información cualitativa y cuantitativa, es decir, se realizó de manera indirecta una clasificación según su índole y así se logró fácilmente la organización y tabulación de los datos cualitativos y cuantitativos. Se planteó una serie de preguntas que estuvieron explícitas dentro de las encuestas realizadas, las cuales fueron: (ver diseño de encuestas en el anexo H)

8.1.3. Análisis de datos

A partir de los datos recolectados se llevó a cabo la formulación de una matriz que identifica y contiene todos los datos recogidos tanto de las encuestas como la información suministrada por las personas dentro de las escuelas. La codificación de las características de cada uno de los ítems que contienen los resultados recogidos fue importante para mantener un orden y una división según el tipo de información recogida, ya sea cualitativa o cuantitativa. Para la tabulación de los datos se tuvo en cuenta el tipo de resultados, la información cuantitativa recolectada se presentó por medio de listas, cuadros, gráficas y/o tablas, por otro lado, la información cualitativa se presentó de manera directa dentro de los análisis de las matrices y tablas obtenidas a partir de las encuestas aplicadas.

Mediante gráficos se llevó a cabo la representación de las horas picos en las que se utiliza mayor cantidad de agua subterránea dentro de las instalaciones, de esta manera se logró identificar en qué actividades se lleva a cabo el uso de este recurso. Los datos cuantitativos y cualitativos para un mejor orden se tabularon en el software SPSS, allí se realizó un listado de actividades y tabulación de las frecuencias en las que se realizan dichas actividades, es decir, a partir del seguimiento se realizó un conteo manual de la cantidad de personas que hacen uso del recurso hídrico para llevar a cabo una actividad específica y lo recogido mediante las encuestas también se tabuló en este paso. Se tabularon datos recogidos de las cantidades de agua que se utilizan para las labores de producción de alimentos y otras actividades que se realizan dentro de las instalaciones. Fue de vital importancia el uso del software SPSS ya que permitió realizar informes y análisis estadísticos de fácil acceso y comprensión.

8.1.4. Diagnóstico del uso y manejo del agua subterránea captada dentro de las dos escuelas ecoeficientes

Mediante la recolección de los datos anteriores se llevó a cabo la formulación de diferentes puntos de vista correspondientes al agua subterránea captada dentro de las dos escuelas ecoeficientes en Puerto Rico, Meta. Se realizó una compilación para finalmente consolidar un documento tipo informe en el que se expone el diagnóstico actual del uso y manejo que se le está dando al agua subterránea captada dentro de las dos escuelas, se informó de manera concisa

si se está llevando a cabo un buen proceso en las aguas captadas, de este modo se facilitó una serie de complementos para lograr consolidar estrategias y alternativas para mejorar tanto el uso que le están dando mediante técnicas de reutilización y racionalización del recurso, como el manejo.

Así mismo a partir de la información recolectada de las cantidades aproximadas que se utilizan y/o consumen de agua, se formuló una serie de diagnósticos de calidad del agua a partir de pruebas organolépticas, como: Color, olor, sabor, textura (Si tiene tierra) que se tomaron en el agua de los pozos instalados en las dos escuelas ecoeficientes y así mismo analizo los estados de salud de la población residente dentro de las dos escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta.

8.1.5. Revisión de estudios técnicos realizados por los contratistas y CORMACARENA a las condiciones y características de los acuíferos

Previamente a las perforaciones de los pozos en los que se capta el agua subterránea de ambas escuelas ecoeficientes se debe de realizar un estudio edafológico y geológico en el cual se analicen las condiciones del suelo, el tipo de suelo, las características físicas y químicas del mismo, como así mismo conocer el tipo de acuífero que existe en la zona. Se tuvo en cuenta un estudio geoelectrico, ya que este permite reconocer la constitución y posición de sedimentos, rocas y el agua subterránea a través de la resistividad aplicada en el subsuelo. Mediante estos mecanismos se obtuvo conocimiento de las condiciones en las que se encuentra el suelo, el pozo que se realizó y las aguas subterráneas que serán captadas para el aprovechamiento dentro de las instalaciones de las escuelas ecoeficientes.

Fue importante considerar la información y criterios establecidos dentro de los permisos, concesiones y licencias otorgadas por la entidad para la extracción y uso de aguas subterráneas dentro de las dos escuelas ecoeficientes. Por esta razón se hizo una revisión detallada de los diferentes acuerdos, normas y legislación para acatar el cumplimiento. Así mismo la revisión de los estudios técnicos realizados por la entidad, estos estudios contienen los estados, condiciones y características del subsuelo y acuíferos presentes en la zona de estudio.

8.2.Etapa 2: Análisis De Los Parámetros Físicoquímicos Y Microbiológicos Del Agua Subterránea De Las Dos Escuelas Ecoeficientes Y Condiciones De Los Acuíferos

8.2.1. Diseño del plan de muestreo para la recolección y toma de muestras de agua subterránea

En el plan de muestreo que se realizó se tuvo en cuenta la información pertinente a los períodos y a la frecuencia en la que se realizaron las tomas de muestras, para este diseño del plan de muestreo también se tuvo en cuenta la temporada de precipitación y sequía en la que se encuentre la zona, se llevó a cabo el mismo procedimiento: toma de dos muestras con sus respectivas dúplicas para tener un soporte por si ocurre alguna eventualidad que afecte las muestras originales, esto con el fin de tener en cuenta el proceso de producción de agua que se da dentro del pozo a estudiar. También se tuvo presente dentro de esta etapa que el pozo tiene una profundidad de 15 metros con un diámetro de 3 pulgadas, es importante resaltar estas características del pozo ya que se hizo la toma de dos muestras, cada una contempla diferentes profundidades, una se tomó de la superficie del agua en el pozo, y la otra muestra se tomó directamente del fondo del pozo, con el fin de conocer si existe variación de los parámetros y así poder analizar las posibles causas que generan una alteración de los parámetros a analizar.

8.2.2. Recolección de muestras

Para esta etapa se debe de tener en cuenta que fueron aplicadas técnicas de muestreo en las cuales se tomaron dos muestras simples que se almacenarán en diferentes recipientes previamente rotulados, estas muestras se tomaron con un intervalo de tiempo de 30 minutos con el fin de permitir la homogenización del pozo ya que en el momento de extraer el agua por medio de la bomba que lleva a cabo este proceso altera las condiciones naturales del cuerpo de agua. También se tuvo en cuenta la temporada meteorológica en la que se encuentre Puerto Rico, Meta debido a que las condiciones del acuífero cambian según la temporada en la que se encuentre la zona de estudio y de esta manera se realizó otra toma de muestras. El mecanismo de captación de las muestras se realizó a partir del método de bombeo de bajo flujo que consiste en extraer el agua a través del pozo que se perforó, se adaptó este método al mismo ritmo en la que sale el

agua de la formación. Este método contribuyó a reducir al mínimo el arrastre de sedimentos presentes en el agua.

Cuando haya un cambio en la temporada meteorológica de Puerto Rico, Meta se llevó a cabo otro proceso de muestreo con el cual se pudo llevar a cabo el análisis de los parámetros de calidad de agua que fueron: Temperatura, pH, turbidez, conductividad, oxígeno disuelto, metales pesados disueltos, sólidos disueltos totales, iones de amonio, nitrato y parámetros microbiológicos que se determinaron en laboratorio. Esto para ambos casos sea en temporada de precipitaciones o sequía.

8.2.3. Almacenamiento de muestras y medición de parámetros in situ de calidad de agua subterránea

Las muestras fueron almacenadas en recipientes con tapas herméticas las cuales no permitieron el paso de microorganismos del exterior o salida de los que se encuentren presentes, esto con el fin de mejorar la confiabilidad y precisión de las muestras ya que se preservaron estables las condiciones con las que fue captada el agua directamente del pozo. Se determinaron algunas de las muestras las cuales fueron sometidas al proceso de medición de los parámetros que se pueden obtener in situ y otras muestras que fueron almacenadas en cavas para lograrlas mantener a una temperatura entre los 2 y 4 °C, eso se cumplió mediante gel refrigerante y hielo natural con el fin de que las muestras mantengan sus condiciones naturales con las que se extrajo del pozo directamente.

La medición de los parámetros in situ se realizó mediante un Colorímetro, este equipo permitió la determinación y obtención de resultados de una serie de parámetros de calidad de las muestras de agua extraída. La disposición de reactivos con los que cuenta la Universidad Santo Tomás, sede Villavicencio, permitió llevar a cabo el uso del equipo. Los parámetros que se midieron in situ fueron: Temperatura, pH, turbidez, nitrito, hierro total, alcalinidad y dureza total.

8.2.4. Medición de parámetros microbiológicos y químicos en laboratorio

Las técnicas en laboratorio para la determinación de los parámetros microbiológicos (Coliformes totales, Coliformes fecales, *E. Coli*, *Salmonella* y *Shigella*) se realizaron a partir de la utilización de técnicas de número más probable, pruebas bioquímicas y tinciones de Gram, estos análisis tienen una interrelación ya que a partir de la técnica de Número más probable se llevan a cabo los otros dos análisis. Para estas técnicas se llevan a cabo una serie de procedimientos establecidos en las guías de estudio, trabajo y desarrollo de laboratorios con los que cuenta la docente María Alexandra Méndez Leal, microbióloga de la Universidad Santo Tomás, que a su vez ella suministró a los estudiantes que desarrollan este proyecto.

Las guías contienen los procedimientos detallados para el desarrollo de los laboratorios, el seguimiento constante y los períodos de trabajo, todo esto con el fin de obtener unos resultados que describirán la presencia de Coliformes fecales, Coliformes totales, *E. Coli*, *Salmonella* y *Shigella*. Son técnicas que dentro de su desarrollo incluía preparación de pruebas con medios de cultivos que contienen características específicas que permitieron la determinación de presencia de los diferentes parámetros microbiológicos a medir.

En el desarrollo de los análisis microbiológicos en laboratorio se tuvo en cuenta la preparación de los materiales, equipos y reactivos a utilizar dentro de cada una de las técnicas ya que debían de presentar unas condiciones específicas con el fin de obtener exitosamente los resultados. Los materiales pasaron por un proceso de esterilización previo a su uso, los reactivos deben de medirse la cantidad minuciosamente esto con el fin de que el medio de cultivo sea apto para el crecimiento de los microorganismos si en las muestras de agua se encuentran presentes y así mismo la calibración de los equipos para obtener menores rangos de error a la hora de leer y analizar los resultados.

Muchos de los procedimientos realizados en este análisis presentan períodos de tiempo de incubación con temperaturas específicas con el fin de obtener el crecimiento de los microorganismos presentes en las muestras de agua que se están analizando, períodos de tiempo establecidos por las guías de Standard Methods específicamente para laboratorios de análisis microbiológicos, una gran parte de las técnicas utilizadas presentan períodos de tiempo de incubación entre 24 y 48 horas a una temperatura de 37°C, período y temperatura que favorecen al crecimiento de microorganismos en los diferentes medios de cultivos que se prepararán.

Finalmente, los resultados se tomarán a partir del equipo conocido como contador de microorganismos el cual arroja el resultado en NMP/ 100 ml de agua (número más probable por cada 100 ml de agua).

El uso de microscopios fue importante para el desarrollo de la técnica de tinción de Gram, ya que facilitó el reconocimiento de las formas que presentan las bacterias en los medios de cultivos previamente obtenidos, se permitió el análisis del tipo de bacteria, se contribuyó al análisis del grado de contaminación que presenta el cuerpo de agua del cual se extrajeron las muestras y esto se logró a partir de las revisiones bibliográficas de los diferentes autores de libros como el Diagnóstico Microbiológico de Koneman, y otras fuentes.

Los parámetros químicos que se midieron en laboratorio fueron: Dureza total, alcalinidad, fosfatos, color aparente, magnesio, manganeso total, nitratos, sólidos suspendidos totales y turbidez que permitirán la determinación de la calidad del agua subterránea. Para la determinación y obtención de estos resultados se llevará a cabo la entrega de las muestras de agua al laboratorio de aguas Tecnoambiental de la ciudad de Villavicencio, laboratorio que se encuentra acreditado por el IDEAM (

Anexo E. Acreditación vigente para el laboratorio *Tecnoambiental*). Este análisis se llevó a cabo a partir de este modo debido a que la Universidad Santo Tomás, sede Villavicencio no cuenta con los respectivos reactivos para llevar a cabo la utilización del colorímetro ni el espectrofotómetro que son los equipos que permiten la obtención de estos parámetros.

8.2.5. Análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de calidad de agua subterránea

A partir de las anteriores etapas se llevó a cabo el análisis de las condiciones en las que se encuentra el agua mediante los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio y mediciones in situ de los parámetros de calidad. Se redactó un documento tipo informe en el que se mencionaron todos los resultados obtenidos, las condiciones de calidad en las que se encuentre el agua y finalmente una comparación de estas condiciones con las que establece la resolución 2115 de 2007 con el que se determinó si cumple o no los parámetros mínimos para el consumo humano.

8.3. Etapa 3: Diseño De Un Sistema De Monitoreo, Control Y Seguimiento De Calidad De Agua Subterránea En Dos Escuelas Ecoeficientes

Luego de tener un consolidado del diagnóstico del uso, manejo y análisis de los parámetros de calidad del agua subterránea captada en las dos escuelas de Puerto Rico, Meta se llevó a cabo el diseño de un sistema de monitoreo, control y seguimiento de calidad de agua subterránea en dos escuelas ecoeficientes que cumplan con la necesidad de estar revisando constantemente si se presente algún tipo de variación en los parámetros de calidad de agua subterránea captada la cual se le suministra a los estudiantes y personal dentro de las instalaciones. Se debe ser riguroso frente a los posibles cambios que presente el sistema con el fin de poder tomar alternativas o decisiones confiables frente a un caso de variación, es decir, tener conocimiento de cómo actuar frente a una posible situación inestable de los parámetros para asegurar que no se verá afectada la salud de la comunidad de los centros de educación.

El diseño se basó principalmente en la obtención, uso y análisis de parámetros obtenidos por la sonda multiparámetros Hanna HI 9829. Esta sonda permite analizar: pH, potencial de óxido reducción, conductividad, turbidez, temperatura, iones de amonio, nitratos, oxígeno disuelto, resistividad, y sólidos totales disueltos, estos parámetros serán junto a los resultados de los análisis microbiológicos y otros parámetros fisicoquímicos que se deben de realizar en laboratorio por su complejidad la base para llevar a cabo un apropiado monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua subterránea que es extraída para el consumo humano dentro de las escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta. El uso de esta sonda, la obtención de resultados en laboratorio y el constante seguimiento permitirá asegurar una mejor calidad del agua para el consumo de los estudiantes y miembros que habitan los centros educativos.

8.4. Validación De La Propuesta

8.4.1. Evaluación de la eficiencia del método aplicado a partir de indicadores cuantitativos

Parámetro	Unidad	Tipos de Aguas Subterráneas		
		Categoría A		Categoría B
		A-1	A-2	
Orgánicos				
Hidrocarburos Totales*	µg/L	Reporte obligatorio	Reporte obligatorio	Reporte obligatorio
Sustancias y Parámetros que Pueden Provocar Quejas de Consumido				
Amoníaco	mg/L	1,5	1,5	No aplica
Cloruro	mg/L	350	350	No aplica
Color	U.Pt-Co	5,0	5,0	No aplica
Dureza	mg/L	500	500	No aplica
Grasas y Aceites	mg/L	Ausentes	Ausentes	No aplica
Hierro	mg/L	0,3	0,3	No aplica
Sustancias y Parámetros que pueden Provocar Quejas de Consumido				
Manganeso	mg/L	0,1	0,1	No aplica
Sodio	mg/L	200	200	No aplica
Sulfato	mg/L	400	400	No aplica
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	1000	1000	No aplica
Turbiedad	NTU	5,0	15,0	No aplica
Zinc	mg/L	3,0	3,0	No aplica
PH		6,5 – 8,5	6,5 – 8,5	No aplica

Figura 2. Tabla de valores máximos de parámetros físico, químicos y microbiológicos presentes en aguas subterráneas. Adaptado de Mamani V. Edwin, por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

A partir de la revisión de la tabla contenida en la *Figura 4* y los datos analizados de las muestras tomadas mediante las anteriores etapas, se tomaron como indicadores los valores establecidos en la *figura 4*, con el fin de comparar las condiciones en las que se encuentra el agua subterránea y determinar mediante la evaluación si el método es el indicado. Estos son los indicadores cuantitativos que fueron establecidos por los autores de la presente propuesta con el fin de obtener conocimientos acerca del nivel de indicabilidad que tiene la metodología aplicada en el diseño del sistema de monitoreo, seguimiento y control de calidad de agua subterránea captada en las dos escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta. Los indicadores de manera directa permitieron el conocimiento de las condiciones de calidad de agua ya que lo que se encuentra establecido en la *Figura 4* establece los valores máximos permisibles de los

parámetros de calidad para el consumo humano del agua subterránea captada en las dos escuelas ecoeficientes para este caso.

A partir del subprograma de monitoreo de calidad de agua subterránea formulado por las entidades de: Gramalote Colombia limited, AngloGoldAsanthi Colombia e Integral Ingenieros Consultores para el proyecto “Gramalote, Proyecto de minería de oro a cielo abierto”. Establecen una metodología de seguimiento y monitoreo de las aguas subterráneas en las que determinan los procesos a seguir, en los que se deben tener en cuenta el tipo de pozo, los niveles piezométricos en los que se realizarán las tomas de las muestras, se tendrán que purgar los pozos debido a que el material de la tubería influye en el cambio de las condiciones de calidad del agua subterránea, las propiedades hidráulicas y de bombeo del pozo, todos estos datos y mediciones deberán ser registrados en una ficha de registro de resultados generada digitalmente para ser descargados dos veces al mes.

A partir de todas las especificaciones nombradas en el subprograma anteriormente nombrado se realizó la comparación con el sistema de monitoreo propuesto por los autores del presente trabajo con el fin de analizar los resultados y así validar la información y resultados hallados en el desarrollo del presente proyecto.

En el (Anexo A) se muestra la metodología de forma gráfica para el desarrollo específico de cada actividad.

9. Resultados y analisis de resultados

Resultados y analisis de encuestas aplicadas:

Las encuestas se aplicaron a un grupo compuesto por estudiantes, docentes y manipuladoras de alimentos dentro de las instalaciones de la escuela ecoeficiente Las Palmas en la vereda La Rivera y en la escuela ecoeficiente La Primavera en la vereda Barranco Colorado de Puerto Rico, Meta. Los estudiantes seleccionados en ambas instituciones son de los grados Noveno y Once respectivamente debido a lo que ya se mencionó de que en la escuela Las Palmas no cuentan con grados más altos por falta de educadores capacitados, para esta institución se seleccionaron veinte (20) personas dentro de las cuales se distribuyen una docente y dos manipuladoras de alimentos, los demás estudiantes. En el caso de la escuela La Primavera, se encuestaron veinticinco (25) personas dentro de los cuales dos docentes y dos manipuladoras de alimentos, los demás eran estudiantes, de esta manera en ambas escuelas se pudo llevar a cabo la aplicación de las encuestas la cual permitió la realización del diagnóstico de uso y manejo del agua subterránea captada en las escuelas ecoeficientes.

A partir de esto en el software SPSS se llevó a cabo la tabulación de los datos recogidos que mediante la formulación y creación de unas matrices se permitió llevar a cabo el desarrollo del análisis de los resultados de las encuestas aplicadas, matrices (ver Anexo G) y de este modo mediante este programa se realizó las tablas de frecuencia en las que se pueden evidenciar diferentes resultados, los cuales se expondrán a continuación:

Tabla 3.

Resultados de las encuestas.

Afectaciones en la salud		
	Frecuencia	Porcentaje
Una vez	25	55,6
Dos veces	5	11,1
Ninguna	13	28,9
Más de dos veces	2	4,4
Total	45	100,0

Nota: Resultados de las encuestas frente a las afectaciones de la salud por consumo del agua subterránea captada en las dos escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta. Adaptado por los autores, 2018.

Mediante la **Tabla 3**. Podemos resaltar que de las cuarenta y cinco (45) personas encuestadas de las cuales veinticinco (25) hacen parte de la escuela La Primavera y las veinte (20) restantes son de la escuela Las Palmas, al sumar los porcentajes indicados que hacen referencia a las personas que han tenido alguna afectación sobre la salud por el consumo del agua subterránea que se capta dentro de estas escuelas ecoeficientes se obtiene que un 71,1 % de los encuestados han pasado por algún tipo de afectación en la salud. A partir de esto se trae al presente caso de las afectaciones de la salud por el consumo del agua utilizada en los centros educativos, la relación con los resultados que arrojó la encuesta de las personas que toman agua directamente de los grifos que son alimentados por este recurso captado de los pozos subterráneos y se encontró:

Tabla 4.

Tabulación de las encuestas.

Consumo de agua de la llave		
	Frecuencia	Porcentaje
Algunas veces	38	84,4
Nunca	7	15,6
Total	45	100,0

Nota: encuestas aplicadas en las escuelas ecoeficientes en Puerto Rico, Meta por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Las encuestas fueron aplicadas para el consumo directo del agua que sale de la llave dentro de las escuelas ecoeficientes Las Palmas, vereda La Rivera y La Primavera, vereda Barranco Colorado en Puerto Rico, Meta. Con esta información constatada en la **Tabla 4.** se puede evidenciar que un 84,4% de la población encuestada que corresponde a 38 personas de las 45, respondieron que en algunas ocasiones hacen consumo del agua que sale de las llaves que se encuentran dentro de las instalaciones de cada escuela ecoeficiente y a partir de esto se puede justificar el porcentaje encontrado en la **Tabla 4** que es del 71,1% de la población ha sufrido alguna afectación sobre la salud, existe una relación y se puede analizar que el agua es un factor directo para generar estos inconvenientes, de esta manera también se puede exponer que no todos los organismos reaccionan igual y por esta razón no en la totalidad de personas que consumen agua han sufrido alguna afectación.

Tabla 5.

Resultados de las encuestas.

Horas más frecuentes de uso		
Períodos	Frecuencia	Porcentaje
4 - 7 AM	33	73,3
10 AM - 1 PM	12	26,7
Total	45	100,0

Nota: encuestas aplicadas en las escuelas ecoeficientes en Puerto Rico, Meta por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Estas encuestas fueron aplicadas para el caso de los períodos del día en el que más se hace frecuente el uso del agua subterránea que es captada dentro de las escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta. En este caso en especial es importante resaltar la importancia obtener conocimiento de las horas en las cuales llevan a cabo un mayor uso del agua, se buscó mediante este resultado tener el consentimiento de las personas para así haber formulado el diagnóstico de uso y manejo puesto que con esto se evalúan y analizan las actividades que llevan a cabo en las que hacen uso del recurso y a partir de esto conocer la disposición, uso y manejo que le dan al mismo. Se encontró que un 73,3 % de la población encuestada que corresponde a 33 de los 45 encuestados realizan mayor número de actividades en las horas comprendidas entre las 4 y las 7 de la mañana.

Se consideró importante conocer la opinión de los encuestados frente a las actividades que se realizan en este período de tiempo y se encontró que las principales actividades que se realizan son: Higiene personal, necesidades fisiológicas y realización de alimentos para el desayuno de la población que habita en los centros educativos. Así mismo en la siguiente tabla se puede constatar cuáles son las actividades que realizan y a criterio de ellos cual es la actividad más frecuente dentro de las instalaciones.

Tabla 6.

Resultados de las encuestas.

Actividad frecuente		
Actividad	Frecuencia	Porcentaje
Higiene personal	30	66,7
Alimentos	9	20,0
Lavado de ropa	6	13,3
Total	45	100,0

Nota: las encuestas aplicadas en las escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta, frente al caso de las actividades que más se realizan dentro de los centros educativos, por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

Mediante la **Tabla 6**. Se puede observar que la actividad que se realiza con más frecuencia durante el día es la higiene personal, encontrándose dentro del uso, actividades como: lavado corporal, higiene dental y dentro de las cuales se consideraron las necesidades fisiológicas, también se consideran importantes las demás actividades incluidas en la encuesta y en este caso, las encuestas buscan cumplir con el objetivo de recolección de información y así formular el diagnóstico de uso y manejo. Esta actividad es la más frecuente en ambos centros educativos y así mismo la actividad que más genera consumo de agua, ya que los estudiantes, maestros y demás personal realiza su respectivo aseo personal para empezar sus labores matutinas.

Tabla 7.

Resultados de las encuestas.

Condición del agua al extraer		
Característica	Frecuencia	Porcentaje
Olor a tierra	22	88,0
Color extraño	3	12,0
Total	25	100,0

Nota: Encuestas aplicadas en la escuela ecoeficiente la primavera en Puerto Rico, Meta, por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

Estas encuestas fueron enfocadas para el caso de la condición en la que se encuentra el agua al ser extraída del pozo subterráneo ubicado en la escuela ecoeficiente La Primavera de la vereda Barranco Colorado de Puerto Rico, Meta. La captación en este centro educativo se realiza a partir de bombas de bajo flujo que funcionan a partir de la energía suministrada por los paneles solares instalados en los centros educativos, la bomba debe de ser encendida, esperar un lapso de tiempo entre 2 y 5 minutos para realizar la captación. Se evidencio en el momento de empezar a extraer agua que sale con turbiedad, y partículas de tierra, razón por la cual la comunidad debe esperar entre 5 y 10 minutos que la calidad del agua se estabilice para poder hacer uso de este recurso. Se comunicó por parte de la comunidad que el agua que sale en este lapso de tiempo frecuentemente es recogida para los baños y otras veces simplemente se pierde. Por esta razón la pregunta que se les realizó a los estudiantes y personal laboral de la escuela frente a las

condiciones que encontraban el agua al ser extraída del pozo, se encontraron las dos respuestas que se evidencian en la **Tabla 7**. El color extraño hace referencia a la turbiedad o como ellos lo expresaban: color café o a tierra, el olor principalmente se debe a las partículas de tierra que estaban presentes en el agua, al hacer contacto con este recurso se sentía en su textura.

Tabla 8.

Resultados de las encuestas.

Condición del agua al extraer		
Característica	Frecuencia	Porcentaje
Olor a tierra	17	85,0
Color extraño	3	15,0
Total	20	100,0

Nota: Encuestas aplicadas en la escuela ecoeficiente las Palmas en Puerto Rico, Meta. Por Brayam Toro, Ana Marrado, 2018.

Estas encuestas están enfocadas frente al caso de la condición en la que se encuentra el agua al ser extraída del pozo subterráneo ubicado en la escuela ecoeficiente Las Palmas de la vereda La Rivera de Puerto Rico, Meta y cabe mencionar nuevamente la situación por la que pasa dicha escuela ya que no presenta extracción de agua del pozo subterráneo que se encuentra dentro de la escuela ecoeficiente por motivos de falta de mantenimiento de los paneles solares que suministran energía a la bomba de captación. Por consiguiente, deben realizar la captación de un yacimiento de agua que está cerca a la escuela ecoeficiente, se considera importante este cuerpo de agua ya que un yacimiento de agua hace parte como agua subterránea. La encuesta fue aplicada directamente sobre las condiciones en las que encuentran el agua extraída del yacimiento, manifestaron que es agua en perfecta calidad para ser consumida, que el olor a tierra y el color extraño es principalmente cuando se presentan precipitaciones.

Tabla 9

Resultados de las encuestas.

Períodos de mayor producción		
Períodos del año	Frecuencia	Porcentaje
Primer trimestre del año (Enero, Febrero y Marzo)	3	6,7
Segundo trimestre del año (Abril, Mayo y Junio)	34	75,6
Tercer trimestre del año (Julio, Agosto y Septiembre)	8	17,8
Total	45	100,0

Nota: Resultados de las encuestas realizadas frente al caso de: Períodos del año en los que se observa mayor producción de agua subterránea en los pozos de las escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta, por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

Tabla 10.

Resultados de las encuestas.

Períodos de cambio		
Períodos del año	Frecuencia	Porcentaje
Primer trimestre del año (Enero, Febrero y Marzo)	4	8,9
Segundo trimestre del año (Abril, Mayo y Junio)	40	88,9
Tercer trimestre del año (Julio, Agosto y Septiembre)	1	2,2
Total	45	100,0

Nota: Encuestas realizadas en las escuelas ecoeficientes en Puerto Rico, Meta, por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

Las encuestas fueron enfocadas frente al caso de: Períodos del año en el que se presenta cambios en las condiciones de calidad del agua subterránea que es extraída en los pozos de las

escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta. Para, para las **Tablas 9 y 10** se debe tener en cuenta la relación que existe con los picos de lluvia que se presentan en esta zona, las comunidades de los centros educativos comunicaron a los autores del presente trabajo que en el Segundo trimestre del año (Abril, Mayo y Junio) son los meses en los que hay mayores índices de precipitación. Así mismo es un factor influyente para una mayor producción de agua en los pozos subterráneos debido a que dentro de los ciclos biogeoquímicos del agua se encuentra la filtración por la capilaridad presente en el suelo que lleva el agua a los acuíferos recargando fuentes hídricas subterráneas.

Lo anterior toma un papel de comprobante para lo que responden los encuestados, en la **Tabla 9** manifestaron que en este periodo de tiempo hay mayor precipitación de agua y por consiguiente una mayor producción de agua en los pozos que refleja cambios en las condiciones de calidad, ya que la función del pozo es hacer brotar el agua del subsuelo y así ser aprovechada permitiendo afirmar lo expuesto en la **Tabla 10**, de este modo existe una interrelación entre los meses de mayor producción de agua en el pozo o yacimiento sea el caso de la escuela Las Palmas y los cambios en las condiciones de calidad del agua subterránea que es extraída.

Diagnostico del uso y manejo del agua subterránea captada en las escuelas ecoeficientes las palmas y la primavera en puerto rico, meta

La recolección, tabulación y análisis de la información permitió la formulación de una serie de etapas en las que se especifican: Métodos de recolección de datos, las diferentes posturas y puntos de vista de la comunidad educativa, comentarios, experiencias, respuestas, entre otros aspectos socializaron los encuestados acerca de la calidad del agua subterránea que captan en las dos escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta. Según las encuestas aplicadas, tabuladas y analizadas se encontró que un 80% de la población realiza mayor uso del agua en horas del día entre las 6 a.m y las 9 a.m, período en el cual se llevan a cabo actividades básicas como lo son, higiene personal. preparación de los desayunos de los estudiantes, docentes y demás personal. En este período de tiempo también se lleva a cabo el inicio de la preparación de los almuerzos, ya que debido a la cantidad de estudiantes, las raciones de comida son grandes.

De esta manera se realizó la formulación de una serie de etapas en las cuales se especificaron los diferentes métodos de recolección de datos, los resultados obtenidos, los puntos de vista de

la población de las condiciones en la que encuentran el agua al momento de ser extraída de cada uno de los pozos subterráneos en las escuelas. Se presentan casos dentro de ambas escuelas que fueron manifestados tanto por los estudiantes como por el cuerpo de docentes y demás personal dentro de las instalaciones.

Etapas 1

La aplicación de las encuestas permitió la recolección de datos reales ya que se respondieron por la población de estudiantes de los grados superiores, los docentes y el personal de apoyo con actividades de cocina y mantenimiento de las dos escuelas ecoeficientes ya mencionadas. Es importante mencionar que dentro del centro educativo Las Palmas, manejan solo hasta noveno de bachillerato ya que la zona veredal no cuenta con profesores disponibles para los grados décimo y undécimo, de este modo los estudiantes deben movilizarse hasta el pueblo. En este centro educativo se seleccionaron los veinte (20) estudiantes que hacen parte del grado noveno, el cual es el de más alto nivel académico con el fin de aplicar las encuestas.

En la escuela ecoeficiente La Primavera cuentan con un mayor número de estudiantes, docentes y personal de mantenimiento ya que sus instalaciones son mucho más grandes, cuentan con un buen sistema de paneles solares los cuales abastecen de energía eléctrica todo el centro educativo y por medio de este suministro de energía realizan la captación de agua de los pozos subterráneos. En este centro educativo se seleccionaron veinticinco (25) estudiantes del grado undécimo para llevar a cabo la aplicación de la encuesta y conocer el estado en el que encuentran el agua en el momento de ser extraída del pozo subterráneo. Dentro del proceso de encuestamiento fue importante mediante una de las preguntas obtener conocimiento de las horas durante el transcurso del día en el que más hacen uso del recurso, en ambas escuelas ecoeficientes se encontró que un 80% de los encuestados respondieron que el período de tiempo transcurrido entre las 4 – 7 am es cuando más se hace uso de agua. Esto lo justificaron a partir de las actividades que realizan en este horario ya que llevan a cabo la preparación de desayunos, los estudiantes y docentes hacen su aseo personal

La información recolectada por medio de las encuestas, contiene información como: Consumo directo del agua proveniente de los pozos subterráneos, cantidad de agua extraída al día,

afectaciones sobre la salud por consumir el recurso extraído, períodos de mayor producción de los pozos subterráneos, períodos de cambio de calidad del agua extraída de los pozos y todas aquellas expuestas dentro del ítem de la metodología que se refiere a las encuestas se aplicaron dentro de los centros educativos que fueron la zona de estudio del presente proyecto. Se debe tener en cuenta que cada uno de los datos recogidos en las encuestas tienen un nivel de confianza alto ya que son datos proporcionados por docentes y estudiantes que a diario manejan todos los recursos dentro de los centros educativos, por esa razón las encuestas fueron aplicadas a estudiantes y personal capacitado y con la información necesaria y verídica.

Durante la aplicación de las encuestas se realizó un proceso interrogativo tanto a docentes, estudiantes y personal de apoyo (manipuladoras de alimentos, conserjes, entre otros) que permitieron la recolección de información que no iba a estar implícita dentro de las encuestas. Se les preguntó acerca de las condiciones de saneamiento del agua, los estados de salud de todos dentro de las instalaciones, así mismo se hizo seguimiento durante un período de tiempo en el cual se evidenció que los estudiantes no hacen uso constante del agua, los pocos que hicieron uso de este recurso lo hicieron de una manera racional, realizaron actividades como: Necesidades fisiológicas y lavado de manos fueron las principales actividades realizadas por los estudiantes durante el período de seguimiento que comprendió desde las 11 am hasta 1 pm, se tomó la decisión de hacer el seguimiento durante este período de tiempo porque en estas horas los estudiantes toman su almuerzo, salen de sus clases. El lavado de manos es la actividad que más realizaron, esto se expone a partir del proceso de observación y seguimiento que se llevó a cabo.

Se le preguntó a las manipuladoras de alimentos, si llevaban a cabo el proceso de hervir el agua antes de consumirla, fueron sinceras a la hora de contestar y dijeron que en algunas ocasiones lo hacían pero que por motivos de economía y ahorro eran más las veces que se hacía consumo directo del agua en las condiciones que es extraída del pozo, los procesos de preparación de alimentos claramente se cocinan y permiten la eliminación de microorganismos presentes en el agua que es utilizada. La información suministrada por los estudiantes, docentes y demás personas dentro de las instituciones, fueron seleccionadas al azar y se interrogaron acerca de las condiciones de saneamiento en la que encuentran el agua y si han evidenciado algún percance de salud durante el tiempo que han estado en las escuelas ecoeficientes ya mencionadas.

A partir de los datos recogidos con las encuestas aplicadas se obtuvo información en la que se pudo evidenciar que algunos estudiantes respondieron que han sufrido de alguna enfermedad debido al consumo directo del agua que es extraída. En las dos escuelas ecoeficientes se presentó un alto porcentaje de respuestas que afirmaron consecuencias negativas sobre la salud, en la escuela ecoeficiente las Palmas se encontró que un 75% y en la escuela ecoeficiente La Primavera un 70% de la población encuestada ha presentado algún problema estomacal, diarrea, dolores de cabeza, y/o en algunos casos sarpullidos en la piel. Esta información es expuesta y mencionada a partir de lo también socializado con miembros del plantel educativo, de esta manera se comunicó por parte de estas personas que los estudiantes más jóvenes son los que se ven más perjudicados debido a que sus organismos son más vulnerables, se debe de tener en cuenta que no solo estudiantes sino también algunos docentes reportaron alguna molestia por el consumo del recurso. Se informó también por parte de la comunidad que luego de las primeras molestias no volvió a ocurrir un percance del mismo tipo, algo que permite concluir que los organismos se adaptan y asimilan las condiciones de calidad en las que se encuentra el agua extraída de los pozos subterráneos.

Cabe resaltar que la información acá presentada es una información generalizada que fue socializada por algunos de los maestros de las instituciones y por parte de los rectores que también contribuyeron con el desarrollo de este diagnóstico, la colaboración de estos permitió un mayor conocimiento puesto que ellos se enteran de todas las eventualidades del plantel educativo.

En ambas escuelas la empresa contratista a cargo del proyecto de las escuelas ecoeficientes hizo instalación de sondas de monitoreo de calidad del agua que es extraída, pero por falta de los mecanismos completos no se lleva a cabo un riguroso seguimiento de las condiciones de calidad en la que mantiene el agua de estos pozos, así que no se asegura una óptima calidad del agua para su consumo. Las sondas instaladas llevan a cabo la medición de temperatura y conductividad, por parte de la ingeniera a cargo y representante del proyecto, se socializó que mediante la presente medición lo que se hace es obtener por medio de los resultados del parámetro de conductividad se puede hacer un análisis que permite identificar el problema presente en el agua, ya que según lo obtenido por medio de diferentes fuentes bibliográficas se puede conocer la calidad del agua en la que se encuentra, y se determina si se encuentra en condiciones para el consumo humano o de lo contrario se debe de evitar.

Etapas 2

En el desarrollo de esta etapa se presentaron los análisis organolépticos de algunas muestras extraídas del pozo subterráneo del cual se abastece la escuela ecoeficiente ubicada en la vereda la Rivera en Puerto Rico, Meta, es importante mencionar que por motivos de falta de mantenimiento de los paneles solares que abastecen de energía las bombas de extracción, el pozo principal se encuentra suspendido y de este modo asignaron un cuerpo de agua alterno, es un yacimiento de agua que se encuentra cerca de las instalaciones, allí hicieron otro pozo del cual también hacen extracción de agua, pero la gran mayoría del tiempo toman el agua de la parte superficial del yacimiento hídrico. Se tiene en cuenta que para el presente diagnóstico se trabajó respondiendo a las condiciones que presentaba el pozo y a la información suministrada por parte de la comunidad estudiantil, docentes y apoyo, ya que ellos realizan las captaciones a diario de este cuerpo de agua.

El pozo subterráneo del cual se extrae el agua en la escuela ecoeficiente La Primavera lleva a cabo un proceso de extracción que se realiza por medio de bombas de succión alimentadas por energía solar que suministra un sistema de paneles solares que se encuentran aledaños, al encender la planta y la bomba el agua empieza inmediatamente a salir por una manguera con la que llenan los tanques de las instalaciones, el agua sale en condiciones no muy óptimas para el consumo ya que presenta turbiedad, un tono café como si tuviese sedimentos de barro, por este motivo los estudiantes y docentes socializaron que se debe dejar aproximadamente entre 5 y 10 minutos para que el agua subterránea estabilice su condición.

Este análisis organoléptico se realizó a partir del estudio de varias muestras que fueron tomadas del cuerpo de agua anteriormente mencionado, cabe mencionar que este análisis organoléptico se hizo a partir de la extracción de dos muestras, una comprendida de la parte superficial del cuerpo de agua y la otra de a nivel de profundidad del mismo. Este análisis constó de pruebas por parte de los autores mediante el uso de algunos de sus sentidos como lo son el olfato, visión y gusto con el cual se busca reconocer propiedades propias del agua pura comprenden sabor, olor, color y turbidez. Según el proceso de reconocimiento de las propiedades organolépticas del agua por parte de los autores se encontraron los siguientes resultados:

Muestra Superficial Del Cuerpo de Agua

Tabla 11.

Resultados de las propiedades organolépticas.

Propiedad organoléptica	Resultado	Resolución 2115 de 2007
Olor	Inoloro - Aceptable	Inoloro – Aceptable ó no aceptable
Sabor	Leve sabor a tierra – Aceptable	Aceptable
Color	Incolora	Incolora

Nota: Resultados de las propiedades organolépticas de la muestra de la parte superficial del cuerpo de agua estudiado, por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

Las propiedades del agua presentes en la **Tabla 11** cumplen con lo establecido en la resolución 2115 de 2007. Dentro de la propiedad organoléptica identificada como Sabor, presenta un característica importnate que mencionar ya que tiene un leve sabor a tierra, debido a que el cuerpo de agua es lotico, es decir, que presenta movimiento constante y genera recirculación de oxígeno. Por este motivo genera que partículas de tierra se muevan y genere el leve sabor a tierra, que para los estudiantes es un sabor aceptable y no altera la calidad para el consumo.

Muestra De La Parte Profunda Del Cuerpo De Agua

Tabla 12.

Resultados de las propiedades organolépticas

Propiedad organoléptica	Resultado	Resolución 2115 de 2007
Olor	Inoloro – Aceptable	Inoloro – Aceptable ó no aceptable
Sabor	Leve sabor a tierra	Aceptable
Color	Incolora	Incolora

Nota: Resultados de las propiedades organolépticas presentes en la muestra de agua en la parte profunda del cuerpo de agua de la escuela ecoeficientes las palmas en Puerto Rico, Meta, por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

Al igual que en la **Tabla 11**, en la **Tabla 12** se puede encontrar el cumplimiento de las propiedades organolépticas analizadas frente a lo establecido en la Resolución 2115 de 2007 la cual rige una optima calidad del recurso para su debido consumo humano. Al ser un ecosistema lotico presenta movilidad de partículas de tierra lo que genera el leve sabor a tierra, lo cual por parte de los estudiantes y personal laboral de la institución es un sabor aceptable que no altera las condiciones para evitar el consumo de este recurso.

Análisis

La determinación de estos resultados permitió el reconocimiento de las condiciones aparentes en las que se encuentra el agua que es captada para el aprovechamiento dentro del centro educativo ecoeficiente de Las Palmas. De este modo con lo que se pudo evidenciar del cuerpo de agua en el cual llevan a cabo el proceso de extracción de agua para consumo, es un yacimiento de agua natural, sin alteraciones antropicas que puedan afectar la calidad de este recurso, al analizar los presentes resultados de la Tabla 9 y 10, resaltando primordialmente la parte del sabor de cada una de las muestras, son sabores fácilmente detectables por el sentido del gusto, pero es una condición que pasa desapercibida por los estudiantes, docentes y personal de apoyo del centro educativo y por esto beben directamente de la fuente de extracción sin ningún tratamiento previo de potabilización.

Tabla 13.

Resultados del análisis organoléptico.

Parámetro Organoléptico	Resultado	Resolución 2115 DE 2007
Olor	Tierra – No aceptable	Inoloro (aceptable ó no aceptable)
Sabor	Tierra – No aceptable	Aceptable ó no aceptable
Color	Turbia, café	Incolora
Presencia de partículas	Partículas de tierra	No

Nota: Resultados del análisis organoléptico realizado a la muestra de agua que es extraída en el momento que se prende la bomba de la escuela ecoeficiente la Primavera, vereda Barranco Colorado Puerto Rico, Meta, por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

Tabla 14.

Resultados del análisis organoléptico.

Parámetro Organoléptico	Resultado	Resolución 2115 DE 2007
Olor	Inoloro	Inoloro (aceptable ó no aceptable)
Sabor	Leve sabor a tierra	Aceptable ó no aceptable
Color	Incolora	Incolora
Presencia de partículas	Sin presencia	No

Nota: Resultados del análisis organoléptico realizado a la muestra de agua captada del pozo de la escuela ecoeficiente las palmas, vereda la rivera Puerto Rico, Meta luego de un período de tiempo, por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

Análisis

La determinación de estos resultados permitió el reconocimiento de las condiciones aparentes en las que se encuentra el agua que es captada para el aprovechamiento dentro del centro educativo ecoeficiente de La Primavera. Las condiciones en las que se extrae el agua del pozo se debe principalmente a la fuerza con la que la bomba realiza el trabajo y genera el movimiento de las partículas dentro del pozo, lo cual genera que el agua que sale tenga un color turbio, partículas de tierra y sabor a tierra, dentro del sabor se pudo evidenciar un sabor leve a metal, esto es debido a que los suelos en el departamento del Meta tienen alto porcentaje de hierro, esto según los estudios realizados por CORMACARENA, que suministró el ingeniero a cargo de la pasantía. También se debe mencionar que durante el período de espera para la estabilización de las condiciones con las que sale el agua, este recurso no le da ninguna utilidad y solo dejan que se desperdicie en el suelo.

Etapas 3

Finalmente se consolida por medio de esta etapa el diagnóstico de uso y manejo del agua subterránea que es extraída del cuerpo de agua mencionado, es importante resaltar que al ser un cuerpo de agua superficial del cual se están extrayendo el recurso para el uso y consumo dentro de la escuela ecoeficiente, los autores hacen mención como agua subterránea entre uno de los diversos tipos de acuíferos, debido a que el agua subterránea es aquella que queda almacenada, o se desliza, cuando el agua de lluvia, o la que proviene de ríos o lagos, llega hasta las capas impermeables de la tierra, luego de atravesar las permeables y brota llegando a la superficie hasta formar una fuente.

El uso que se le está dando el recurso, no es un uso indiscriminado ya que el agua es utilizada netamente para satisfacer las necesidades básicas de las personas que tienen un diario vivir dentro del plantel educativo. Se observaron usos como: Lavado de manos, aseo personal, necesidades fisiológicas, lavado de ropa (aunque para este se tiene en cuenta que solo es ropa interior y los uniformes), preparación de desayunos, almuerzos y cenas diariamente junto a unos refrigerios que se les da a los estudiantes, dentro de la preparación de los alimentos se encuentran

los jugos y/o bebidas que se les proporciona. Así mismo durante el período que se hizo observación, el consumo de agua por parte de la comunidad educativa no presentó ningún gasto irracional de este recurso lo cual para el presente diagnóstico es importante resaltar.

Al hablar del manejo si se debe mencionar que se hace una mala gestión del recurso puesto que todo el agua que utilizan se dirige directamente a los pozos sépticos que se encuentran debajo de cada una de las instalaciones que conforman el plantel educativo, es decir, en el subsuelo de los baños, duchas, lavaderos y la cocina se encuentran unos pozos sépticos los cuales recogen el agua utilizada y así mismo es incorporada nuevamente en la tierra sin un debido tratamiento ya que pasa de ser agua pura a agua residual.

Recomendaciones

De esto modo con el diagnóstico formulado en las diferentes etapas, se puede realizar la identificación de diversas medidas de reducción de consumos de agua que permitirán un mejor desarrollo y aplicabilidad de conceptos de ecoeficiencia dentro del plantel educativo y no solo será una escuela ecoeficiente por el uso de paneles solares para producción de energía eléctrica, huertos sino que también tendrán un eficiente uso del agua extraída de los pozos subterráneos de los que se abastecen.

Se debe de tener en cuenta que al ser un proyecto del estado y como responsable la entidad CORMACARENA, llevo a cabo la contratación de una empresa para realizar las instalaciones del proyecto, ya esta en ejecución y en funcionamiento, la escuela podrá adaptar las siguientes medidas con el fin de mejorar la calidad de vida, inculcar a los estudiantes el uso eficiente y el ahorro del agua para conservar y preservar este recurso, así mismo darles a conocer el término de desarrollo ‘sostenible. Y que más adelante en la ejecución de proyectos de esta mismo indole se haga aplicabilidad de las presentes recomendaciones y medidas de ahorro de agua.

Se deberan tomarán medidas como:

1. Prácticas basadas en modificaciones ingenieriles, es decir, modificaciones en la infraestructura teniendo en cuenta un mejor manejo e instalación de tuberías, conductos y tipos de grifos que manejan con el fin

de hacer reducción de pérdidas, reducción del uso en general del agua, y hacer capacitaciones con el fin de que la comunidad educativa aplique prácticas de reúso del agua.

2. Así mismo se deberán hacer modificaciones en las conductas de la comunidad educativa mediante un proceso de concientización y capacitación para llevar a cabo mejores hábitos de consumo.

Finalmente dentro de esta etapa se deben pautar unos pasos que son necesarios para el programa de medidas de ahorro del agua subterránea que se usa dentro de la escuela ecoeficiente Las Palmas. Los pasos son:

- a. Establecer compromisos y metas a lograr.
- b. Definir el apoyo y los recursos que se utilizarán para la aplicación de dichas medidas.
- c. Identificar las opciones de eficiencia del uso del agua
- d. Realizar capacitaciones dinámicas para los estudiantes para que entiendan el objetivo del ahorro del agua.
- e. Monitorear los resultados con el fin de hacer seguimiento al cumplimiento de las medidas.

Estudio técnico de las condiciones y características de los acuíferos presentes en las escuelas ecoeficientes de puerto rico, meta.

En Colombia se han identificado 16 cuencas hidrogeológicas que alojan sistemas de acuíferos que aportan al país condiciones favorables para su explotación y aprovechamiento, dichas cuencas abarcan un 74% del territorio nacional, de este porcentaje un 56% se encuentran dentro

de las zonas de la Orinoquía, Amazonas y Costa Pacífica. Positivamente debido a los bajos porcentajes de población y las altas tasas de rendimiento hídrico superficial no se han generado altos gastos del agua subterránea para suplir las necesidades básicas de los seres humanos. (Vargas Martínez, 2013).

A nivel más local, a partir de información suministrada por el IDEAM y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en los Llanos Orientales hay presencia de zonas hidrogeológicas en ambientes sedimentarios y vulcanoclásticos, es decir, ambientes producidos a partir de explosiones volcánicas. Es una zona de acuíferos libres o confinados, lo cual hace referencia a acuíferos que están sometidos a altas presiones por la cantidad de agua presente y su porosidad mantiene saturada, así mismo son acuíferos impermeables que no permiten el paso del agua a menos que la presión alcance la del nivel atmosférico, por eso es recomendable para el aprovechamiento realizar pozos de profundidades menores a 100 m. (Ministerio de medio ambiente y desarrollo territorial , 2009).

La región en la que está ubicado el municipio de Puerto Rico, Meta se encuentra delimitado el Sistema de acuífero Granada – Puerto Lleras, ya que consideran que este sistema abarca toda la zona delimitada también para Puerto Rico. Es un sistema que presenta alta impermeabilidad, es decir, que posee un alto porcentaje de aprovechamiento ya que, al realizar los pozos, el agua por alcanzar la presión atmosférica va a buscar la manera de llegar a la superficie, saliendo por los poros que presenta el suelo.

Medición y análisis de parámetros in situ

Para el cumplimiento de este análisis se tuvo en cuenta lo estandarizado por el manual del equipo con el cual se obtuvieron los resultados, el equipo que se empleó para dicho análisis fue el Colorímetro, instrumento digital el cual analiza muestras de agua a partir del uso de unos reactivos químicos según el parámetro que se vaya a medir. Se tiene en cuenta que los parámetros que se midieron fueron: Alcalinidad total, Turbidez, nitritos y pH. Con este equipo se podían llevar a cabo más análisis pero no se contaban con los reactivos necesarios para ello, el manual de equipo hace especificación de cada una de las pruebas, la cantidad de reactivo, como se activa el equipo, como se calibra y de esta manera tener mayor confiabilidad de los resultados.

Escuela Ecoeficiente Las Palmas (Vereda La Rivera), Puerto Rico – Meta**Tabla 15.**

Resultados de los parámetros físicoquímicos analizados en el agua subterránea de la escuela ecoeficiente Las Palmas, Puerto Rico – Meta.

Parámetro	Metodo	Rango/unidades	Resultado	RES. 2115/2007
Alcalinidad	Ácido/indicador	5-200 mg/ l CaCO ₃	Rango bajo de CaCO ₃	200
Turbidez	FAU (Unidades de atenuación de formazina)	0-1000 FAU	Rango bajo de FAU	5,0 NTU
Ph	Rojo fenol	6.5 – 8.4	Rango bajo	6,5-8,5

Tabla 15. (continuacion)

Nitrito total	N-(1-Naphthyl)- Etilendiamina	0.01 – 0.5 mg/l N	Rango bajo	0,1
----------------------	----------------------------------	-------------------	------------	-----

Nota: Resultados de los parámetros físicoquímicos analizados en el agua subterránea de la escuela ecoeficiente Las Palmas, Puerto Rico – Meta, por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

Estudios y analisis de las pruebas quimicas

Primeros resultados de las pruebas quimicas proporcionados por la entidad CORMACARENA con un laboratorio que desde el año 2011, SGI SAS fue acreditado por el IDEAM e inició dicha implementación y acreditación del Laboratorio Ambiental ante el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM); con su respectivo Sistema de Gestión de Calidad, conforme a lo establecido en la norma ISO/IEC 17025:2005. Permitiendo de esta forma asegurarles a nuestros clientes que los resultados de nuestros análisis son confiables y precisos. (ver anexo D)

Pozo 1. (Temporada de sequía antes del bombeo). Resultados vereda Barranco Colorado, centro educativo La Primavera Puerto Rico, Meta

Tabla 16.

Resultados obtenidos a partir de los parámetros medidos en el pozo de abastecimiento.

Parámetro	Unidad	Resultado obtenido	Decreto 1594 de 1984			Resolución 2115/2007
			Art. 38	Art. 39	Art. 40	Valor máximo
Temperatura	°C	27,6	N/A	N/A	N/A	N/A
pH	Unidades de pH	5,51	5,0- 9,0	6,5- 8,5	4,5- 9,0	6,5-9,0
Conductividad eléctrica a 25 °C	uS/cm	254	N/A	N/A	N/A	1000
DQO	mg/L	<10	N/A	N/A	N/A	N/A
Sólidos suspendidos totales	mg/L	302	N/A	N/A	N/A	N/A
Dureza total	Mg CaCO3/L	25,30	N/A	N/A	N/A	300
Turbidez	NTU	480,0	N/A	190	N/A	2
Nitrógeno Amoniacal	mg N- NH3/L	<4	N/A	N/A	N/A	N/A
Nitrito	mg N- NO2/L	<0,02	1	1	N/A	0,1
Fosforo reactivo total	mg PO4/L	<0,2	N/A	N/A	N/A	0,5
Alcalinidad total	mg CaCO3/L	12,74	N/A	N/A	N/A	200

Tabla 16. (continuación)						
Nitrato	mg N- NO ₃ /L	0,12	10	10	N/A	10
Hierro	mg/L	3,264	N/A	N/A	5,0	0,3
Manganeso	mg/L	0,118	N/A	N/A	0,2	0,1
Cloruro	mg Cl/L	12,00	250,00	250,00	N/A	250
Aceites y grasas	mg/L	2,56	N/A	N/A	N/A	N/A

Nota: Resultados obtenidos a partir de los parámetros medidos en el pozo de abastecimiento. Adaptado de SGI SAS, por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Pozo 1. (Después de 2 horas de bombeo)

Tabla 17.

Resultados obtenidos a partir de los parámetros medidos en el pozo de abastecimiento.

Parámetro	Unidad	Resultado obtenido	Decreto 1594 de 1984			Resolución 2115 de 2007
			Art. 38	Art. 39	Art. 40	Valor máximo
Temperatura	°C	27,7	N/A	N/A	N/A	N/A
pH	Unidades de pH	5,32	5,0- 9,0	6,5- 8,5	4,5- 9,0	6,5-9,0
Conductividad eléctrica a 25 °C	uS/cm	337	N/A	N/A	N/A	1000
DQO	mg/L	<10	N/A	N/A	N/A	N/A
Sólidos suspendidos totales	mg/L	640	N/A	N/A	N/A	N/A

Tabla 17. (continuación)						
Dureza total	Mg	25,81	N/A	N/A	N/A	300
	CaCO ₃ /L					
Turbidez	NTU	817,0	N/A	190	N/A	2
Nitrógeno Amoniacal	mg N-NH ₃ /L	<4	N/A	N/A	N/A	N/A
Nitrito	mg N-NO ₂ /L	<0,02	1	1	N/A	0,1
Fosforo reactivo total	mg PO ₄ /L	<0,2	N/A	N/A	N/A	0,5
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	13,92	N/A	N/A	N/A	200
Nitrato	mg N-NO ₃ /L	0,10	10	10	N/A	10
Hierro	mg/L	4,388	N/A	N/A	5,0	0,3
Manganeso	mg/L	0,162	N/A	N/A	0,2	0,1
Cloruro	mg Cl/L	14,50	250,00	250,00	N/A	250
Aceites y grasas	mg/L	3,87	N/A	N/A	N/A	N/A

Nota: Resultados obtenidos a partir de los parámetros medidos en el pozo de abastecimiento. Adaptado de SGI SAS, por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las dos muestras extraídas del pozo de abastecimiento del centro educativo La Primavera y conforme a los límites máximos permisibles establecidos en el Decreto 1594 de 1984 que fue utilizado como en el año 2014 por la entidad CORMACARENA se puede inferir lo siguiente: en cuanto al hierro se observan concentraciones alrededor de 4 mg/L, los cuales al ser comparadas como el artículo 40 que habla acerca del recurso hídrico empleado para uso doméstico, se encuentran por debajo del límite allí expuesto de 5 mg/L. Es importante resaltar también que la normativa aplicada no ofrece un amplio espectro de parámetros fisicoquímicos y que esto genera que los análisis e interpretaciones posteriores puedan verse cortos. Sin embargo, con los pocos parámetros que se pueden

relacionar dejan ver las condiciones asociadas a la calidad del recurso hídrico. Son evidentes los cambios que se dan en la muestra de agua tomada después de dos horas de bombeo, donde se pueden ver concentraciones más altas con respecto a la primera muestra, si bien la conductividad eléctrica, sólidos suspendidos totales, iones metálicos entre otros. Lo anterior puede estar relacionado fuertemente con el arrastre constante de material hacia el exterior el cual es ejercido por la bomba. De esta manera a medida que el agua es succionada esta arrastra material del subsuelo que deriva en agua con mayor cantidad de sustancias inmersas allí. De igual manera las diferencias a gran escala de las dos muestras de agua son obtenidas en dicho pozo no son amplias y se pueden concluir a partir de los análisis realizados en ambas muestras que este recurso hídrico no debería ser consumido directamente por seres humanos.

Pozo de abastecimiento 1. (Temporada de sequía). Resultados vereda La Rivera centro educativo Las Palmas Puerto Rico, Meta.

Tabla 18.

Resultados obtenidos del análisis de parámetros medidos en el pozo de abastecimiento.

Parámetro	Unidad	Resultado obtenido	Decreto 1594 de 1984			Resolución 2115 de 2007
			Art. 38	Art. 39	Art. 40	Valores máximos
Temperatura	°C	29,2	N/A	N/A	N/A	N/A
pH	Unidades de pH	7,64	5,0- 9,0	6,5- 8,5	4,5- 9,0	6,5-9,0
Conductividad eléctrica a 25 °C	uS/cm	344	N/A	N/A	N/A	1000
DQO	mg/L	<10	N/A	N/A	N/A	N/A
Sólidos suspendidos totales	mg/L	<10	N/A	N/A	N/A	N/A

Tabla 18. (continuación)							
Dureza total	Mg		7,08	N/A	N/A	N/A	300
	CaCO3/L						
Turbidez	NTU		1,8	N/A	190	N/A	2
Nitrógeno Amoniacal	mg N-NH3/L		13,75	N/A	N/A	N/A	N/A
Nitrito	mg N-NO2/L		0,09	1	1	N/A	0,1
Fosforo reactivo total	mg PO4/L		0,51	N/A	N/A	N/A	0,5
Alcalinidad total	mg CaCO3/L		322,88	N/A	N/A	N/A	200
Nitrato	mg N-NO3/L		0,27	10	10	N/A	10
Hierro	mg/L		0,250	N/A	N/A	5,0	0,3
Manganeso	mg/L		<0,087	N/A	N/A	0,2	0,1
Cloruro	mg Cl/L		137,66	250,00	250,00	N/A	250
Aceites y grasas	mg/L		<1	N/A	N/A	N/A	N/A

Nota: Resultados obtenidos del análisis de parámetros medidos en el pozo de abastecimiento. Adaptado de SGI SAS, por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

De acuerdo a los resultados expuestos en la **Tabla 18** se puede evidenciar que las concentraciones de algunos parámetros fisicoquímicos, como la DQO y los sólidos suspendidos totales no superan el límite cuantificable, al igual que los Aceites y Grasas, los cuales indican en buena mediada la cantidad de agua de consumo extraída en este pozo. Es claro que, por tener profundidad por encima de los 100 metros, se mantienen aislado de posibles fuentes de contaminación cruzada.

Pozo 1. (Temporada de lluvias)

Tabla 19.

Resultados obtenidos del análisis de parámetros.

Parámetro	Unidad	Resultado obtenido	Decreto 1594 de 1984			Resolución 2115 de 2007
			Art. 38	Art. 39	Art. 40	Valores máximos
Temperatura	°C	26,7	N/A	N/A	N/A	N/A
pH	Unidades de pH	6,57	5,0- 9,0	6,5- 8,5	4,5- 9,0	6,5-9,0
Conductividad eléctrica a 25 °C	uS/cm	110	N/A	N/A	N/A	1000
DQO	mg/L	<10	N/A	N/A	N/A	N/A
Sólidos suspendidos totales	mg/L	217	N/A	N/A	N/A	N/A
Dureza total	Mg CaCO ₃ /L	21,25	N/A	N/A	N/A	300
Turbidez	NTU	487,0	N/A	190	N/A	2
Nitrógeno Amoniacal	mg N- NH ₃ /L	<4	N/A	N/A	N/A	N/A
Nitrito	mg N- NO ₂ /L	<0,01	1	1	N/A	0,1
Fosforo reactivo total	mg PO ₄ /L	<0,2	N/A	N/A	N/A	0,5
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	<10	N/A	N/A	N/A	200

Tabla 19. (continuación)						
Nitrato	mg N- NO ₃ /L	<0,02	10	10	N/A	10
Hierro	mg/L	6,822	N/A	N/A	5,0	0,3
Manganeso	mg/L	0,096	N/A	N/A	0,2	0,1
Cloruro	mg Cl/L	<4	250,00	250,00	N/A	250
Aceites y grasas	mg/L	4,01	N/A	N/A	N/A	N/A

Nota: Resultados obtenidos del análisis de parámetros fisicoquímicos medidos en el pozo de abastecimiento. Adaptado de SGI SAS, por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Conforme a los resultados obtenidos en la muestra correspondiente al pozo 1 temporada de lluvias no cuenta con las mismas características y su calidad se ve desmejorada sustancialmente, parámetros como los sólidos suspendidos totales, los aceites y grasas, el hierro presentan concentraciones más elevadas que las halladas en el pozo número 1 temporada sequía y de acuerdo al análisis de turbidez esta arroja valores mucho más altos.

De acuerdo a los resultados obtenidos por los análisis de laboratorios realizados en supervisión de la entidad CORMACARENA en el año 2014, se incluyó la norma 2115 de 2007 con el fin de implementar una norma más actual y así relacionar si se estaría cumpliendo o no.

Al observar las **Tablas 16, 17, 18 y 19** Se puede analizar que los resultados obtenidos en las pruebas físico químicas del agua realizadas en el laboratorio, están todos dentro de los parámetros establecidos en la resolución 2115 de 2007.

Segundo resultado de las pruebas químicas realizados por el laboratorio de alta confiabilidad tecnoambiental en Villavicencio, el laboratorio se encuentra ACREDITADO por el instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM), según la resolución N° 1172 del 9 de junio de 2016 bajo los lineamientos de la norma NTC/ISO/IEC 17025:2005.

Así mismo, está aceptado para entregar información relacionada con el recurso agua a las autoridades ambientales según el decreto 2570 de 2006 del ministerio de medio ambiente.

Esta autorizado por el Ministerio de Proteccion Social para efectuar los analisis de aguas potables bajo la resolucion N 1615 de 2015; participa en el programa PICCAP instituto nacional de salud, para agua potable. (ver anexo E).

En el proceso de obtención de estos resultados se tuvo en cuenta una serie de procedimientos establecidos por el laboratorio anteriormente mencionado, este laboratorio hizo entrega de los recipientes con sus respectivos preservantes para cada uno de los parámetros a analizar y así mismo hizo entrega de la cadena de custodia de las muestras en el que se debía diligenciar toda la información pertinente para la toma de muestras, almacenamiento, transporte y entrega de las muestras al laboratorio. El muestreo se realizó a los dos (2) pozos subterráneos que se encuentran ubicados en las escuelas ecoeficientes que se han venido mencionando a lo largo del trabajo, el seguimiento del plan de muestreo y la cadena de custodia fue primordial para mantener las condiciones de las muestras que se iban a tomar, las horas, el lugar del que fue tomado, así mismo se tuvo en cuenta el método de toma de muestras que se hizo, fue puntual debido a la forma de extracción del agua subterránea que tienen en cada una de las escuelas ecoeficientes, se tomaron muestras superficiales del pozo y en la profundidad, mediante la capacidad que tienen las bombas de extracción para permitir el movimiento de las mangueras y así extraer agua ya sea de la superficie, medio o en su profundidad del pozo.

La toma de muestras se realizó cuidadosamente ya que para cada uno de los parámetros que a continuación se presentarán, los cuales fueron analizados en el laboratorio se debía tener un recipiente con sus debidos preservantes, para cada muestra se debían tomar seis (6) submuestras, es decir, los parámetros que se analizaron no se podían someter al análisis por medio de una sola muestra ya que iban a perder las condiciones originales con la que salen del cuerpo de agua subterráneo en este caso, de este modo que se tuvo que hacer un almacenamiento en diferentes recipientes de cada una de las muestras que se iban a tomar, en total se tomaron cuatro (4) muestras, dos (2) por cada pozo, una a nivel superficial del pozo y otra a profundidad, de esta manera para el análisis de los parámetros el laboratorio suministró los recipientes necesarios y se tomaron las cantidades de muestras necesarias.

De esta manera luego del proceso de toma de muestras, su debido almacenamiento y conservación se realizó el transporte hasta los laboratorios para las pruebas fisicoquímicas de las muestras, muestras que se revisaron minuciosamente para su debido ingreso a los laboratorios, el cumplimiento con los requisitos que establecen como laboratorio acreditado para poder suministrar resultados de alta confiabilidad. Luego de un período de espera de 15 días hábiles, el laboratorio Tecnoambiental hizo entrega de los resultados de las pruebas fisicoquímicas que se le realizaron a las muestras entregadas, las pruebas, parámetros analizados y resultados fueron los siguientes (Ver en Anexo F los resultados como fueron entregados por Tecnoambiental S.A.S):

MUESTRA No. 1

Tabla 20.

Resultados de los análisis fisicoquímicos.

Análisis fisicoquímico				
Parámetro	Unidad	Método	Resultado	RES. 2115/2007
Alcalinidad	mg CaCo3 /L	SM 2320 B	< 3	200
Color aparente	UPC	SM 2120 b	8	5,0
Dureza total	mg CaCo3 /L	SM 2340 C	2	500
Fosfatos	mg P-PO4 ⁻ - 3	SM 4500 P D	< 0,15	0,5
Magnesio total	mg Mg/L	SM 3500 Mg B	< 1	N/A
Manganeso	mg Mn/L	SM 3030 F, SM 3111 B	< 0,01	0,1
Nitratos	mg N-NO3 /L	SM 4500 NO3 B	< 0,3	10

Tabla 20. (continuacion)				
Sólidos suspendidos totales	mg/L	SM 2540 D	1,72	N/A
Turbiedad	NTU	SM 2130 B	2,0	5,0

Nota: Resultados de los análisis fisicoquímicos para la Muestra No. 1 del pozo de la escuela ecoeficiente Las Palmas ubicada en la vereda la rivera en Puerto Rico, Meta por el laboratorio Tecnoambiental S.A.S, Tecnoambiental S.A.S. Adaptado por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

Esta muestra de agua se tomó de la parte superficial del pozo subterráneo que se encuentra ubicado en la escuela ecoeficiente Las Palmas en la vereda La Rivera de Puerto Rico, Meta. Es un pozo alternativo al establecido para recolectar el agua debido a que la bomba se encuentra descompuesta y no permite la extracción porque el panel solar con el que es alimentada de energía no se le ha realizado ningún tipo de mantenimiento, son problemas que presenta la empresa contratista y que manifestaron a CORMACARENA que se haría el debido arreglo. El pozo del que están extrayendo actualmente agua es un nacimiento de agua cercano a la escuela y tienen que sacar el agua a nivel superficial del cuerpo de agua y algunas veces subterránea del pozo que ellos mismos construyeron.

Se presentó esta eventualidad durante el desarrollo del proyecto, pero debido a que los estudiantes y personal de trabajo dentro de la institución están consumiendo el agua que se extrae directamente del pozo que se mencionó, se llevó a cabo la toma de muestras de este cuerpo de agua para analizar las condiciones de calidad en las que se encuentra y de esta manera poder determinar si están expuestos a algún tipo de enfermedad por la calidad en la que se encuentra el agua que consumen.

De esta manera a partir de los resultados encontrados en la **Tabla 20** se puede analizar según lo señalado en la Resolución 2115 de 2007, la cual establece los valores máximos aceptables de calidad de agua para el consumo humano. Los parámetros físicos presentes y analizados en los resultados que fueron entregados por Tecnoambiental como lo son color aparente y turbiedad se encuentran por debajo del valor máximo aceptable que 15 UPC (Unidades de Platino Cobalto) y 2 UNT (Unidades Nefelométricas de turbiedad) respectivamente, teniendo en cuenta los

resultados de la **Tabla 20**. El valor de turbiedad se encuentra exactamente sobre el valor máximo aceptable establecido por la resolución, las condiciones en las que se encontraba la muestra al ser tomada, tenía un color transparente, lo que hace que su turbiedad ante los ojos del ser humano no pueda ser detectada y de este modo tanto los estudiantes como el personal laboral consumen directamente del agua que es extraída del pozo sin previo tratamiento.

MUESTRA No. 2

Tabla 21.

Resultados de los análisis fisicoquímicos.

Análisis fisicoquímico				
Parámetro	Unidad	Método	Resultado	Res. 2115/2007
Alcalinidad	mg caco3 /l	SM 2320 B	< 3	200
Color aparente	UPC	SM 2120 B	8	5,0
Dureza total	mg caco3 /l	SM 2340 C	2	500
Fosfatos	mg p-po4 ⁻³	SM 4500 P D	< 0,15	0,5
Magnesio total	mg mg/l	SM 3500 MG B	< 1	n/a
Manganeso	mg mn/l	SM 3030 F, SM 3111 B	< 0,01	0,1
Nitratos	mg n-no3 /l	SM 4500 NO3 B	< 0,3	10
Sólidos suspendidos totales	mg/l	SM 2540 D	1,56	n/a
Turbiedad	ntu	SM 2130 B	2,5	5,0

Nota: Resultados de los análisis fisicoquímicos para la Muestra No. 2 del pozo de la escuela ecoeficiente Las Palmas ubicada en la vereda la rivera en Puerto Rico, Meta por el laboratorio Tecnoambiental S.A.S, por Tecnoambiental S.A.S. Adaptado por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

Estas muestras se tomaron de la profundidad del pozo subterráneo de la escuela ecoeficiente las Palmas ubicada en la vereda la Rivera de Puerto Rico, Meta. Para estas muestras no hubo necesidad de hacer una purga de los recipientes puesto que cada uno de ellos contaban con los preservantes necesarios para mantener las condiciones del agua. Todas las muestras requieren de la toma de seis (6) submuestras ya que el laboratorio por condiciones de aseguramiento de calidad de los resultados debe de realizar análisis individual por parámetro, pero parámetros como alcalinidad y dureza total con una muestra de agua es suficiente para su análisis al igual que color aparente y turbiedad, por último los parámetros de Manganeseo (Mn) y Magnesio total (Mg) también con una sola muestra de agua el laboratorio realiza los análisis.

El almacenamiento de las muestras se hizo en dos cavas que contenían gel refrigerante y hielo natural con el fin de conservar las muestras a una temperatura entre 2 y 4 °C como lo establece el “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, esto es establecido con el fin de conservar las condiciones naturales con las que se extrae el agua en el momento de extraerla del origen. Esto se hizo para todas 4 muestras que se tomaron para el desarrollo de este proyecto.

MUESTRA No 3.

Tabla 22.

Resultados de los análisis fisicoquímicos.

Análisis fisicoquímico				
Parámetro	Unidad	Método	Resultado	Res. 2115/2007
Alcalinidad	mg CaCo3 /L	SM 2320 B	26	200
Color aparente	UPC	SM 2120 b	35	5,0
Dureza total	mg CaCo3 /L	SM 2340 C	16	500
Fosfatos	mg P-PO4 ^ - 3	SM 4500 P D	< 0,15	0,5
Magnesio total	mg Mg/L	SM 3500 Mg B	2	N/A

Tabla 22. (continuacion)				
Manganeso	mg Mn/L	SM 3030 F, SM 3111 B	0,02	0,1
Nitratos	mg N-NO3 /L	SM 4500 NO3 B	< 0,3	10
Sólidos suspendidos totales	mg/L	SM 2540 D	29,9	N/A
Turbiedad	NTU	SM 2130 B	32	5,0

Nota: Resultados de los análisis fisicoquímicos para la Muestra No. 3 del pozo de la escuela ecoeficiente Las Palmas ubicada en la vereda la rivera en Puerto Rico, Meta por el laboratorio Tecnoambiental S.A.S, por Tecnoambiental S.A.S. Adaptado por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

El pozo subterráneo del cual se extrajeron las submuestras para el análisis de esta Muestra No. 3 se encuentra ubicado en la Escuela ecoeficiente La Primavera en la vereda Barranco Colorado del municipio de Puerto Rico, Meta. En este lugar se abastecen de la energía solar captada por los paneles solares instalados y de esta se alimentan las bombas de extracción de agua utilizadas en el pozo subterráneo. En el momento que el agua es extraída se puede evidenciar mediante el análisis organoléptico que es un agua con turbidez debido a la alta presencia de sedimentos disueltos como barro y tierra, tiene un sabor y olor a tierra, por este motivo se informo por parte de los estudiantes y algunos docentes que se dejan pasar aproximadamente diez (10) minutos hasta que el agua sale con un color más transparente para así poder ser utilizada dentro de las instalaciones.

Al igual que en las dos anteriores muestras para la toma de está, se llevo a cabo la toma de seis (6) submuestras con el fin que el laboratorio pueda realizar los análisis y haga entrega de los resultados que en la **Tabla 22** se pueden observar.

MUESTRA No. 4**Tabla 23.**

Resultados de los análisis fisicoquímicos.

Análisis fisicoquímico				
Parámetro	Unidad	Método	Resultado	RES. 2115/2007
Alcalinidad	mg CaCo3 /L	SM 2320 B	25	200
Color aparente	UPC	SM 2120 b	25	5.0
Dureza total	mg CaCo3 /L	SM 2340 C	15	500
Fosfatos	mg P-PO4 ³⁻	SM 4500 P D	< 0,15	0,5
Magnesio total	mg Mg/L	SM 3500 Mg B	2	N/A
Manganeso	mg Mn/L	SM 3030 F, SM 3111 B	0,02	0,1
Nitratos	mg N-NO3 /L	SM 4500 NO3 B	< 0,3	10
Sólidos suspendidos totales	mg/L	SM 2540 D	65	N/A
Turbiedad	NTU	SM 2130 B	27	5,0

Nota: Resultados de los análisis fisicoquímicos para la Muestra No. 4 del pozo de la escuela ecoeficiente Las Palmas ubicada en la vereda la rivera en Puerto Rico, Meta por el laboratorio Tecnoambiental S.A.S, por Tecnoambiental S.A.S. Adaptado por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

Las condiciones en las que se encontraba el agua en la profundidad del pozo al salir por la bomba de extracción presentaba características similares a la anterior muestra, presencia de alta turbiedad, olor y sabor a tierra, esto en el momento exacto en el que sale de la manguera, luego de dar espera a que el agua se estabilizara dentro del pozo, empezó a salir en su color natural

pero al ver los recipientes se notó la presencia de partículas de arena que se sedimentan en el fondo del recipiente, de esta manera se llenaron las seis (6) submuestras y fueron conservadas en las cavas al igual que las demás muestras. De esta manera al ser entregados los resultados que se observan en la **Tabla 23** se pueden analizar diferentes aspectos, como: El color aparente de la muestra de agua tomada presenta un resultado de 25 UPC lo cual nos indica un alto rango de color y que en su composición presenta un color diferente al de su estado natural, según la resolución 2115/2007 esta muy por encima del valor máximo permisible que se encuentra en 5 UPC, esto quiere decir que es un agua que no se encuentra en los rangos permisibles para considerarse apta para el consumo humano, porque según la resolución se debe de cumplir con todos los parámetros.

De este modo el color aparente es un indicador que se relaciona con el parámetro de turbiedad, que dentro de los análisis realizados arrojo un resultado de 25 NTU, lo cual indica que se encuentra también por encima del valor máximo permisible que establece la resolución. Cabe recalcar que lo que conlleva a estos resultados y permite realizar el análisis de resultados, son los sólidos suspendidos totales de la muestra estudiada que dentro del análisis se encontraron 65 mg/L y según la resolución no aplica como parámetro que se debe de cumplir para el consumo humano. En ese orden de ideas se permite concluir que los dos valores se encuentran por encima por los sólidos totales que se encuentran suspendidos en las muestras. Por esto, se debe mencionar que en el momento de ser extraídas las muestras se observaba que contenían alta presencia de partículas de tierra que luego de un corto período de tiempo se sedimentaban en el fondo del recipiente y esto es debido a la fuerza de extracción que ejerce la electrobomba para obtener el recurso, así que si se emplea un método de filtración del agua extraída se podrán evitar dichas condiciones y el agua será más apta para el consumo dentro de las instalaciones.

Estudios y analisis de las pruebas microbiologicas

- Primeros resultados microbiologicos proporcionados por la entidad CORMACARENA, con un laboratorio que desde el año 2011, SGI Ltda. inició la implementación y acreditación del Laboratorio Ambiental ante el Instituto de Hidrología,

Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM); con su respectivo Sistema de Gestión de Calidad, conforme a lo establecido en la norma ISO/IEC 17025:2005. Permitiendo de esta forma asegurarles a nuestros clientes que los resultados de nuestros análisis son confiables y precisos. (ver anexo D).

Pozo 1 (Antes del bombeo). Resultados vereda Barranco Colorado centro educativo La Primavera Puerto Rico, Meta

Tabla 24.

Resultados de los parámetros microbiológicos.

Parámetro	Unidad	Resultado obtenido	Decreto 1594 de 1984			Resolución 2115 de 2007
			Art. 38	Art. 39	Art. 40	Valores máximos
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	41000	N/A	N/A	N/A	N/A
Coliformes fecales	NMP/100 ml	10000	2000	N/A	N/A	0 UFC/100 cm ³
Helmintos parásitos humanos	Huevos y larvas/L	0		N/A	N/A	N/A

Nota: Resultados de los parámetros microbiológicos medidos en el pozo de abastecimiento de la escuela ecoeficiente La Primavera ubicada en la vereda Barranco Colorado en Puerto Rico, Meta, por SGI SAS. Adaptado por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

Pozo 1. (Después de 2 horas de bombeo)

Tabla 25.

Resultados de los parámetros microbiológicos.

Parámetro	Unidad	Resultado obtenido	Decreto 1594 de 1984			Resolución 2115 de 2007
			Art. 38	Art. 39	Art. 40	Valores máximos
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	40830	N/A	N/A	N/A	N/A
Coliformes fecales	NMP/100 ml	18040	200	N/A	N/A	0 UFC/100 cm ³
Helmintos parásitos humanos	Huevos y larvas/L	0	N/A	N/A	N/A	N/A

Nota: Resultados de los parámetros microbiológicos medidos en el pozo de abastecimiento de la escuela ecoeficiente Las Primavera ubicada en la vereda Barranco Colorado en Puerto Rico, Meta. SGI SAS. Adaptado por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

Adicionalmente se observa que la cantidad de Coliformes encontrados en las muestras del pozo de abastecimiento tanto la que se tomó antes de bombear y la siguiente, son bastante altas, lo cual no habla muy bien de la calidad del recurso hídrico sabiendo que este se utiliza para cubrir las necesidades diarias del centro educativo. Se puede ver en las **Tablas 24 y 25** que incluso supera el nivel de 2000 NMP /100ml del artículo 38 del Decreto 1594 de 1984, dado esto se descarta que la muestra de agua cumpla con los criterios de admisión para consumo humano y doméstico.

Pozo de abastecimiento 1. (Temporada de sequía). Resultados vereda La Rivera centro educativo Las Palmas Puerto Rico, Meta

Tabla 26.

Resultados de los parámetros microbiológicos.

Parámetro	Unidad	Resultado obtenido	Decreto 1594 de 1984			Resolución 2115 de 2007
			Art. 38	Art. 39	Art. 40	Valores máximos
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	1750	N/A	N/A	N/A	N/A
Coliformes fecales	NMP/100 ml	100	2000	N/A	N/A	0 UFC/100cm ³
Helmintos parásitos humanos	Huevos y larvas/L	0	N/A	N/A	N/A	N/A

Nota: Resultados de los parámetros microbiológicos medidos en el pozo de abastecimiento de la escuela ecoeficiente Las Palmas ubicada en la vereda la Rivera en Puerto Rico, Meta.

Adaptado de SGI SAS, por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

De igual manera la concentración de Coliformes que son bajos corroboran dicha información y permiten asegurar que esta agua es de buenas condiciones para sus usos domésticos y consumo humano, este último con las medidas de control pertinentes. El agua del pozo número 1 presenta una alta alcalinidad que está asociada a su vez de la concentración de minerales alcalinotérreos, lo cual es normal debido a la naturaleza de donde es sacada la muestra.

Pozo 1. (Temporada de lluvia)

Tabla 27.

Resultados de los parámetros microbiológicos.

Parámetro	Unidad	Resultado obtenido	Decreto 1594 de 1984			Resolución 2115 de 2007
			Art. 38	Art. 39	Art. 40	Valores máximos
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	73000	N/A	N/A	N/A	N/A
Coliformes fecales	NMP/100 ml	61000	2000	N/A	N/A	0 UFC/100 cm3
Helminthos parásitos humanos	Huevos y larvas/L	0	N/A	N/A	N/A	N/A

Nota: Resultados de los parámetros microbiológicos medidos en el pozo de abastecimiento de la escuela ecoeficiente Las Palmas ubicada en la vereda la Rivera en Puerto Rico, Meta.

Adaptado de SGI SAS, por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Complementando con el análisis microbiológico se puede ver que la cantidad de coliformes tanto termotolerantes como fecales es bastante alta, lo cual reduce la calidad del agua y no se podría utilizar para el consumo humano ya que podría generar daños gastrointestinales y enfermedades en la comunidad.

Por otro lado a las **Tablas 24, 25, 26 y 27** se les adiciono otra columna con los parámetros establecidos por la resolución 2115 del 2007 con el fin de analizar los resultados arrojados por las pruebas microbiológicas realizadas en supervisión de la entidad Cormacarena con una norma mas vigente a la utilizada por ellos. Se puede observar que los valores para Coliformes fecales deben ser de 0 UFC/100 cm³ y que para los coliformes termotolerante y helmintos no se aplica la resolución, además en las pruebas que realizaron en supervisión de la entidad Cormacarena para el año 2014 los resultados fueron expresados en NMP/ 100 ml y que la resolución establece valores de UFC/ 100 cm³. Sin embargo de acuerdo a esto se puede inferir que los resultados

están muy altos para lo que establece la resolución 2115 de 2007 y que al agua de los pozos de las dos escuelas ecoeficientes se les debe implementar un tratamiento adecuado con el fin de evitar posibles afectaciones en la salud de los estudiantes y del personal que hace parte de las escuelas, ya que ellos solo cuentan con estos pozos para su abastecimiento hídrico que es fundamental para la vida.

Segundo resultado de las pruebas microbiológicas realizado por los autores del presente proyecto en los laboratorios de la Universidad Santo Tomás de Villavieja.

El procedimiento y evidencias fotográficas de este laboratorio se encuentra en los anexos (ver anexo B)

El muestreo realizado en cada uno de los pozos se puede observar en las evidencias fotográficas en los anexos (ver anexo C)

Resultados vereda Barranco Colorado centro educativo La Primavera Puerto Rico, Meta

Tabla 28.

Resultados de los parámetros microbiológicos.

Parámetro	Unidad	Resultado obtenido	Resolución 2115 de 2007
			Valores máximos
Coliformes totales	UFC/100 ml	73	0
Coliformes fecales	NMP/100 ml	Presencia	0
E. Coli	UFC/100 ml	10	0
Salmonella Shigella	N/A	Positivo	N/A

Nota: Resultados de los parámetros microbiológicos medidos en el pozo de abastecimiento de la escuela ecoeficiente la primavera ubicada en la vereda Barranco Colorado en Puerto Rico, Meta. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

Resultados vereda La Rivera centro educativo Las Palmas Puerto Rico, Meta**Tabla 29.**

Resultados de los parámetros microbiológicos.

Parámetro	Unidad	Resultado obtenido	Decreto 2115 DE 2007 Valores máximos
Coliformes totales	UFC/100 ml	73	0
Coliformes fecales	NMP/100 ml	Presencia	0
E. Coli	UFC/100 ml	5	0
Salmonella Shigella	N/A	Positivo	N/A

Nota: Resultados de los parámetros microbiológicos medidos en el pozo de abastecimiento de la escuela ecoeficiente las Palmas ubicada en la vereda la Rivera en Puerto Rico, Meta. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

La identificación de Coliformes totales para estas muestras de los dos pozos es complicada debido a que estos pueden provenir del suelo en algunos casos y de superficies de agua dulce por lo que no siempre son intestinales. La presencia de Coliformes indica la falta de eficacia en el tratamiento y la integridad de los sistemas de distribución y abastecimiento de agua; la identificación de cepas aisladas para estas muestras dieron resultados con 73 UFC/100 ml en ambos pozos, de esta manera se está incumpliendo con la norma establecida, en donde se menciona que el agua para consumo humano con un proceso de filtración por membrana debe tener 0 UFC/100 ml de la muestra y encontrar cepas aisladas en algunos casos nos pueden dar una indicación sobre su origen. La presencia de E. Coli indica contaminación fecal en el agua, ya que este microorganismo es habitante normal del tracto digestivo de los animales de sangre caliente y rara vez se encuentra en agua o suelo que no haya sufrido algún tipo de contaminación fecal, por ello se considera como indicador universal. En la muestra analizada para los pozos de

las dos escuelas ecoeficientes en Puerto Rico, Meta, arrojaron con los análisis realizados en el laboratorio, resultados positivos, identificados el conteo de UFC/100 ml y según lo establecido por la norma vigente debe encontrarse 0 UFC/100ml de la muestra.

Este microorganismo genera una alerta a cualquier sistema de suministro de agua ya que su presencia por si sola puede generar gastroenteritis y causar la muerte como en el caso de la cepa E. Coli O157:H7 o puede sugerir la presencia de otros microorganismos altamente patógenos como lo son la Salmonella Shiguella, para estos análisis con las diferentes pruebas y según la tinción de GRAM realizada, arrojaron resultados positivos de Salmonella Shiguella presente en los pozos; cuando se observaron las placas con las muestras en los microscopios del laboratorio se observaron microorganismos como Cocobacilos Gram positivos que son indicadores de presencia de patógenos altamente perjudiciales para la salud de quienes ingieran o hagan uso de esta agua.

PRUEBAS BIOQUÍMICAS (ver resultados de las pruebas opcionales realizadas en el laboratorio de la universidad Santo Tomas, Anexo I)

10. Propuesta Del Manual Metodologico Para El Monitoreo, Seguimiento Y Control De La Calidad Del Agua. (Ver Anexo J)

11. Validación De La Propuesta Metodológica De Monitoreo, Seguimiento Y Control De Calidad De Agua Subterránea En Dos Escuelas Ecoeficientes De Puerto Rico, Meta.

11.1 Indicadores Cuantitativos De Validación

En esta proceso de validación se tuvo en cuenta la *Figura 5*, en la que se exponen los valores máximos permisibles que debe de cumplir el agua subterránea extraída para consumo humano y que de esta manera cuente con las condiciones de calidad optima para la población beneficiaria de este recurso. De este modo a partir de estos indicadores se hará un proceso de comparación y análisis frente a los resultados aquí obtenidos. En ese orden de idea lo encontrado fue lo siguiente:

Parámetro	Unidad	Tipos de Aguas Subterráneas		
		Categoría A		Categoría B
		A-1	A-2	
Orgánicos				
Hidrocarburos Totales*	µg/L	Reporte obligatorio	Reporte obligatorio	Reporte obligatorio
Sustancias y Parámetros que Pueden Provocar Quejas de Consumo				
Amoniaco	mg/L	1,5	1,5	No aplica
Cloruro	mg/L	350	350	No aplica
Color	U.Pt-Co	5,0	5,0	No aplica
Dureza	mg/L	500	500	No aplica
Grasas y Aceites	mg/L	Ausentes	Ausentes	No aplica
Hierro	mg/L	0,3	0,3	No aplica
Sustancias y Parámetros que pueden Provocar Quejas de Consumo				
Manganeso	mg/L	0,1	0,1	No aplica
Sodio	mg/L	200	200	No aplica
Sulfato	mg/L	400	400	No aplica
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	1000	1000	No aplica
Turbiedad	NTU	5,0	15,0	No aplica
Zinc	mg/L	3,0	3,0	No aplica
PH		6,5 – 8,5	6,5 – 8,5	No aplica

Figura 3. Tabla de valores máximos de parámetros físico, químicos y microbiológicos presentes en aguas subterráneas. Adaptado de Mamani V. Edwin, por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Teniendo en cuenta la tabla expuesta en la *Figura 5* y los resultados encontrados dentro de los análisis de laboratorios realizados por Tecnoambiental S.A.S que se encuentran contenidos en las Tablas 20, 21, 22 y 23 del presente trabajo. De esta manera se traerán al caso aquellos parámetros que se encuentran por encima del valor máximo permisible que exponen los autores de la *Figura 4* con el fin de dar a conocer los motivos por los que se pueden generar quejas en el momento del consumo humano y realizar la comparación con la resolución 2115/2007 para dar a conocer si es apto o no el consumo de este recurso dentro de las instalaciones de las escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta.

En los resultados de los análisis de calidad fisicoquímicos del agua subterránea que es extraída en ambas escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta se encontraron inconsistencias en los siguientes parámetros: Color y turbiedad. Los demás parámetros se encuentran dentro del rango de cumplimiento tanto de la resolución 2115/2007 que es la vigente, la cual estipula los valores máximos permisibles para el consumo humano y de igual manera con los parámetros

establecidos en la fig.4, se realiza la comparación con dicha figura ya que el autor informa en su estudio que a partir de dichos rangos las personas dentro de una comunidad empiezan a divulgar quejas de la mal calidad del agua que están consumiendo.

Para esto es importante resaltar que el agua subterránea que es extraída en estas escuelas no presenta condiciones de calidad precaria en los análisis físicoquímicos, sin embargo en los análisis microbiológicos realizados presentan patógenos que pueden ocasionar problemas en la salud de toda la población estudiantil y debe ser tratada para que sea apta para el consumo humano como se ha venido haciendo desde el día que entraron en funcionamiento cada una de las escuelas. En este orden de ideas las muestras que se recogieron debido al mecanismo de recolección, presentaban partículas suspendidas que a simple vista se observaban, partículas de tierra y arena, lo que genera que el color y turbiedad se vea alterada del modo que no cumpla con lo establecido tanto en la resolución como en los indicadores cuantitativos utilizados en el presente trabajo.

11.2. Comparación metodológica para la validación del sistema de monitoreo, seguimiento y control de calidad de agua subterránea en dos escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, meta.

La comparación metodológica del sistema de monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua subterránea en dos escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, meta se realizó en base al macroproyecto denominado “proyecto gramalote de minería de oro a cielo abierto” dentro del cual se destacan a manera de comparación los siguientes puntos:

- Durante las etapas del macroproyecto se deberán proporcionar actividades que aseguren la calidad del agua de los pozos cercanos al área de exploración y explotación, en comparación con nuestro proyecto en los dos pozos de las escuelas ecoeficientes también se deberá monitorear constantemente la calidad del agua como está estipulado en el manual del (Anexo J) y las infiltraciones de fincas aledañas que puedan causar contaminación.
- Si las bombas que ayudan a la captación del agua en los pozos de las dos escuelas ecoeficientes se encuentran en funcionamiento se debe realizar un bombeo constante como lo realizan en el macroproyecto gramalote con el fin de confirmar mediante un monitoreo la calidad de agua, que esta sea aceptable para el consumo de la población estudiantil.

- En el macroproyecto gramalote se llevó a cabo un análisis de la calidad del agua con todos los parámetros considerados importantes para mantener una buena calidad del uso que va tener el agua, de la misma manera en nuestro proyecto se realizaron varios análisis físicos, químicos y microbiológicos que garanticen que el agua de los pozos de las dos escuelas ecoeficientes sea apta para el consumo de la población estudiantil y que no vaya a ocasionar algún problema grave en la salud de todos.
- De manera general en este proyecto y en el macroproyecto gramalote se enunciaron los parámetros monitoreados: pH, conductividad, oxígeno disuelto, temperatura, nitrógeno, fosforo, entre otros, para la toma, transporte y análisis de muestras in situ y en laboratorio se siguieron los protocolos definidos en el manual (Anexo J) y las muestras fueron analizadas en laboratorios certificados para garantizar correctos resultados.
- Los sitios de muestro para ambos proyectos están definidos de distintas maneras, en el caso de nuestro proyecto será tomado a distintas profundidades con un nivel piezómetro de 10 m en los dos pozos de las escuelas ecoeficientes con el fin de garantizar un mejor análisis.
- Finalmente, y en comparación con los dos proyectos, con cada una de estas actividades se busca realizar un buen monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua subterránea para garantizar que el agua captada con uso para consumo humano, cumpla con los parámetros establecidos por la norma adoptada en este proyecto y la población estudiantil que en su mayoría son menores de edad, no vayan adquirir alguna enfermedad por el consumo del recurso.

Conclusiones

El diseño del manual para el monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua subterránea contribuirá al mejoramiento de las condiciones de calidad del agua que es utilizada y consumida dentro de las escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta. Ya que los diferentes procedimientos allí establecidos y mencionados detalladamente ayudarán a regir el control de los diferentes parámetros que se deben cumplir según la resolución 2115 de 2007 y siempre contar con datos actualizados según los diferentes estudios que se realicen, y con esto tomar determinadas medidas para el mejoramiento de la calidad del agua subterránea y poder realizar un consumo más seguro.

A partir de los análisis realizados a los diferentes parámetros físicos, químicos y microbiológicos se encontraron resultados con los cuales se pudo concluir que la condición de calidad en la que se encuentra el agua subterránea extraída en cada una de las escuelas no es aceptable para el consumo humano ya que se encontraron características en las muestras que incumplen con los valores máximos permisibles en agua para el consumo humano según lo establecido por la resolución 2115 de 2007.

La mala implementación del proceso de monitoreo establecido por la empresa contratista ha conllevado a los resultados encontrados durante la ejecución del proyecto, que por motivos de adaptación de los organismos de los estudiantes, docentes y conserjes han podido subsistir con el consumo de este recurso. Si no fuese por esa adaptación los organismos sufrirían de enfermedades estomacales y dermatológicas, esto debido principalmente a los microorganismos encontrados en las muestras analizadas que tienen consecuencias sobre estos aspectos de salud.

La formulación del diagnóstico de uso y manejo de agua subterránea en las escuelas ecoeficientes de Puerto Rico, Meta permitió el conocimiento y entendimiento del modo de empleo de este recurso, las cantidades extraídas y las actividades que mayor frecuencia de uso tienen.

De manera general, se permite concluir que el desarrollo del proyecto y en sí la formulación del manual no se hubiese cumplido sin los diferentes estudios, análisis y recopilación de datos durante la ejecución del proyecto, todo se encuentra relacionado y entrelazado. La comunicación con los estudiantes, docentes y miembros que hacen parte de las escuelas fue vital para la

complementación del proyecto ya que estos son los que están cotidianamente viviendo los sucesos dentro de las escuelas ecoeficientes.

Recomendaciones

Como primera recomendación y siendo la mas importante, se debera tener en cuenta lo estipulado en el manual (Anexo J) punto por punto de manera muy especifica, ya que es la forma adecuada de realizar el monitoreo, seguimiento y control a la calidad del agua subterranea en los pozos de las dos escuelas ecoeficientes, con el fin de evitar posibles enfermedades en la poblacion estudiantil quienes son los principales afectados al momento de consumir el agua captada.

El monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua subterranea es una herramienta fundamental en el manejo de los recursos de aguas dulces, como recomendación en este proyecto se abordan todo los procesos para llevar a cabo el analisis del agua subterranea y garantizar un buen uso de ella, apartir de buenos habitos de consumo y de capacitar al personal que haga parte del plantel educativo, para que tengan buenos conocimientos a la hora que se presente cualquier adversidad frente a los pozos.

Debido a la escasez de recursos y los numerosos riesgos ambientales, es necesario priorizar los esfuerzos de crear soluciones hacia los problemas de mayor gravedad, con el fin de preservar la calidad del recurso, por lo anterior este proyecto se basa en un diseño metodológico para el monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua subterranea y queda como base para que muchos a la hora de realizar una captacion de agua lo tengan en cuenta para evitar riesgos en la salud.

Los sistemas de monitoreo, seguimiento y control implementados en cualquier proyecto deben orientarse no solo hacia la obligacion, sino tambien de manera fundamental como un instrumento de planificacion y toma de decisiones ambientales, con el fin de incentivar a toda la comunidad para cambiar sus conductas destructivas hacia el medio ambiente.

Es necesario diseñar programas de capacitación y educación ambiental a toda la comunidad, como alternativa a reducción de la problemática ambiental en la vida diaria de todo los sectores de la población.

Referencias bibliográficas

- Ardila, J. (2015). diseño de sistemas de pozos para la captacion de agua. Obtenido de repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2843/1/DISEÑO%20DE%20SISTEMAS%20DE%20POZOS%20PARA%20LA%20CAPTACIÓN%20DE%20AGUA%20SUBTERRANEA.pdf7
- Ardila, J. (2015). Diseño de sistemas de pozos para la captacion de agua. Obtenido de repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2843/1/DISEÑO%20DE%20SISTEMAS%20DE%20POZOS%20PARA%20LA%20CAPTACIÓN%20DE%20AGUA%20SUBTERRANEA.pdf7
- Bonsai Menorca. (12 de 03 de 2017). parametros de calidad del agua. Obtenido de <http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/parametros-de-calidad-de-las-aguas-de-riego>
- Champo, M. R. (2012). universidad nacional autonoma de mexico. Recuperado el 22 de 05 de 2017, de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/5118/tesis.pdf?sequence=1>
- Ciencias de la tierra y del medio ambiente (Vol. 4). (2017). Bogota: Tecnun. Obtenido de <http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/00General/Principal.html>
- Comisión mundial sobre el medio ambiente y el desarrollo. (2 de Abril de 1987). Informe de Brundtland. aguas subterráneas. Bogota, Colombia: El mundo. Obtenido de <https://desarrollosostenible.wordpress.com/2006/09/27/informe-brundtland/>
- Comisión nacional del agua . (12 de 2007). Diseño, construcción y mantenimiento . Comisión Nacional del Agua (ISBN: 978-968-817-880-5), 173. Obtenido de <https://www.gob.mx/conagua>
- comision nacional del agua. (3 de Noviembre de 2015). CONAGUA. Recuperado el 05 de 2017, de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM2015.pdf>
- Consuegra, C. (20 de Julio de 2008). CEPAL. Obtenido de Ecoeficiencia e infraestructuras urbanas: <https://www.cepal.org/es>

- Consuegra, P. (21 de Julio de 2008). Ecoeficiencia e infraestructuras urbanas. Tesis de grado. Cali, Colombia: CEPAL. Obtenido de <http://www.cvc.com.ve/docs/20141119155720Ecoeficiencia%20y%20desarrollo%20de%20infraestructura%20sostenible.%20Cepal.pdf>
- Decreto 3930 de 2010. (25 de octubre de 2010). secretaria juridica distrital de la alcaldia mayor . Bogotá D.C. Recuperado el 20 de septiembre de 2017, de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40620>
- Gidathari. (8 de Febrero de 2014). Gestion sostenible del agua. Obtenido de <http://gidahatari.com/ih-es/protocolo-de-monitoreo-de-calidad-de-agua-subterranea>.
- iagua. (27 de OCTUBRE de 2017). Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/gidahatari/protocolo-de-monitoreo-de-calidad-de-agua-subterranea>
- Ibañez, J., Sandoval, C. (2015). Universidad catolica de Colombia . Recuperado el 25 de 04 de 2017, de <http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2843/1/DISE%C3%91O%20DE%20SISTEMAS%20DE%20POZOS%20PARA%20LA%20CAPTACI%C3%93N%20DE%20AGUA%20SUBTERRANEA.pdf>
- Instituto de hidrologia, meteorologia y estudios ambientales. (10 de Marzo de 2010). IDEAM. Obtenido de http://corponor.gov.co/corponor/sigescor2010/TRAMITESYSERVICIOS/Guia_monitoreo_IDEAM.pdf
- Jované, J. T. (1 de Diciembre de 2010). Centro agronomico tropical. Recuperado el 21 de 05 de 2017, de <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A6272e/A6272e.pdf>
- López-Geta, J. A., Fornés Azcoiti, J. M., Ramos González, G., & Villaroya Gil, F. (2009). Las aguas subterráneas, un recurso natural del subsuelo. Tesis de grado . Madrid, España: Instituto geológico y minero de España.
- Mministerio de agricultura, pesca y alimentacion del medio ambiente. (21 de abril de 2017). gobierno de españa. Obtenido de <http://www.mapama.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-subterraneas/>.
- Ministerio de ambiente. (10 de Marzo de 2014). Ministerio del medio ambiente para el desarrollo sostenible . Recuperado el 23 de 05 de 2017, de

- <http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/acuiferos/Guia-metodologica-para-la-formulacion-de-plan-de-manejo-ambiental-de-acuiferos.pdf>
Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible . (15 de MARZO de 2015). MINAMBIENTE. Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1-res_631_marz_2015.pdf
- Ministerio de la protección social. (9 de Mayo de 2007). Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2007/dec_1775_2007.pdf
- Ministerio de medio ambiente y desarrollo territorial . (18 de Junio de 2009). Red Nacional de aguas subterráneas. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/normativa/88-articulos-destacados/1211-plantilla-asuntos-ambientales-y-sectorial-y-urbana-8>
- Ministerio de medio ambiente y desarrollo territorial. (14 de Abril de 2010). Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/>
- Ministerio de medio ambiente, IDEAM, Ingeominas, CORALINA & CVC. (2002). Formulación de proyectos de protección integrada de aguas subterráneas. Bogotá: Colciencias. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/acuiferos/Guia-metodologica-para-la-formulacion-de-plan-de-manejo-ambiental-de-acuiferos.pdf>
- Naciones unidas. (14 de agosto de 2014). objetivos de desarrollo sostenible. Obtenido de <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- Norma técnica Colombiana (INCONTEC). (11 de Septiembre de 2017). Recuperado el 21 de 05 de 2017, de http://ingenieria.udea.edu.co/isa/normas_decretos/norma%20muestreo.pdf
- Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA). (4 de 07 de 2017). aguas subterráneas. Recuperado el 23 de 05 de 2017, de <http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/07/5-monitoreo-muestreo.pdf>
- Paez, G. (23 de 10 de 2015). Corporación autónoma del Valle del Cauca. Recuperado el 10 de 05 de 2017, de apacitacion.sirh.ideam.gov.co/encuentro2/Ponencias/PDF/gpaez.pdf
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (Enero de 2016). Obtenido de <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2 de Enero de 2016). Agua Limpia y Saneamiento. Obtenido de <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-6-clean-water-and-sanitation.html>
- Resolución 2115 de 2007. (4 de julio de 2007). ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Bogota, Colombia: Republica de Colombia. Obtenido de <http://www.udea.edu.co/wps/wcm/connect/udea/c46bea38-2c19-4942-8b74-6475d1a36625/Resoluci%C3%B3n+2115+de+2007.pdf?MOD=AJPERES>
- Science for a changing world. (15 de NOVIEMBRE de 2016). Obtenido de <https://water.usgs.gov/gotita/earthgwquality.html>
- Universidad libre de Colombia. (13 de febrero de 2017). Escuelas ecoeficientes, metodología. Obtenido de <http://www.unilibre.edu.co/bogota/ul/noticias/noticias-universitarias/2700-escuelas-ecoeeficientes-metodologia>
- Universidad nacional autónoma de México. (15 de octubre de 2012). Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/5118/tesis.pdf?sequence=1>
- Vargas Martínez, N. (15 de Octubre de 2013). Zonas hidrogeológicas homogéneas de Colombia. 47 - 61. Bogota. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/15025/31ZONASHIDROGEOLOGICASHOMOGENEASDECOLOMBIA-dic9-2005.pdf/dd9add89-9cfe-4551-a9ae-0ad9789b661f>
- Water sanitation health. (20 de Agosto de 2016). Aspectos microbiológicos. Obtenido de http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_7_fig.pdf?ua=1

ANEXOS

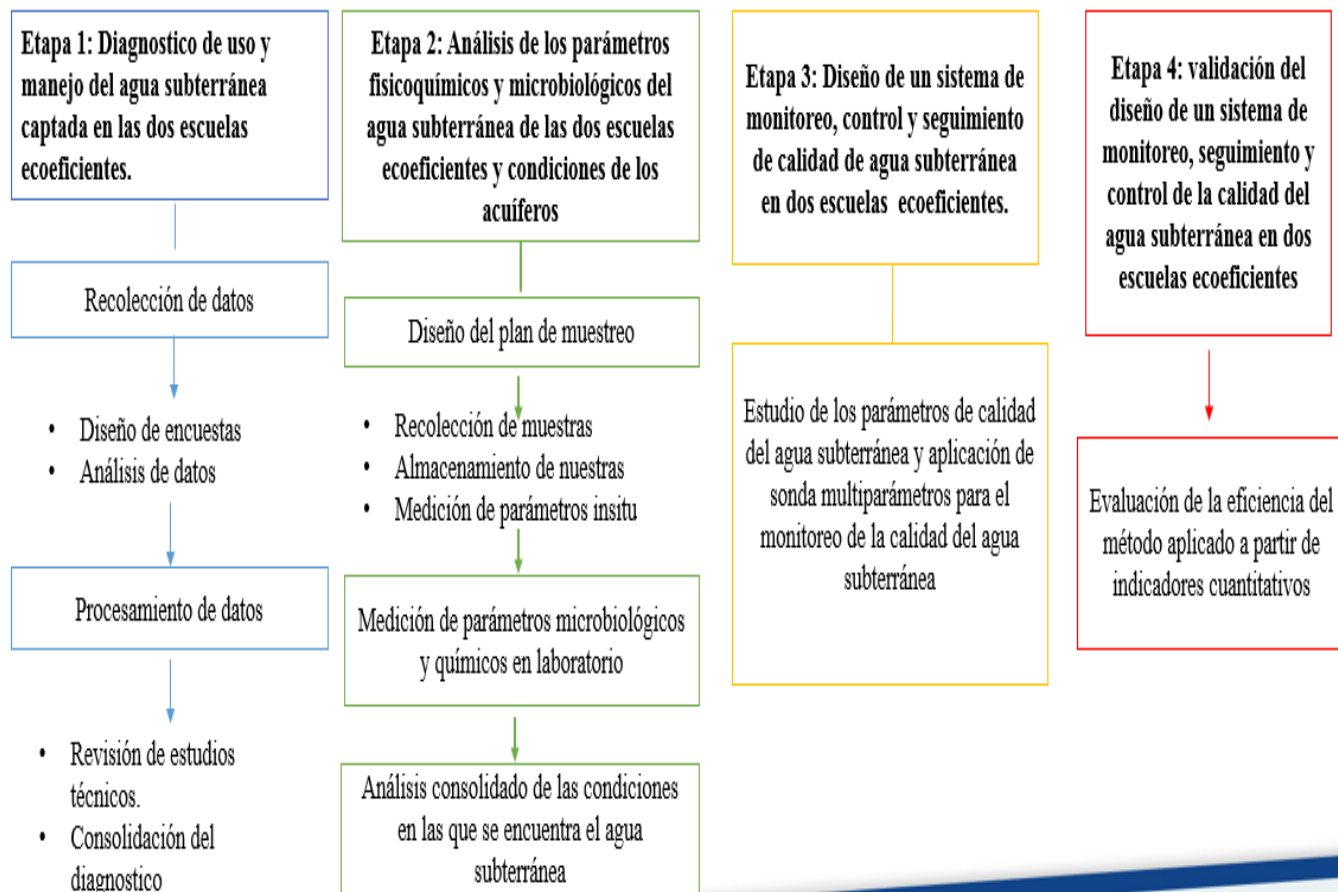
Anexo A. Esquema metodológico desarrollado.

Figura 5. Esquema metodológico. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Anexo B. Procedimiento y evidencias fotográficas de los laboratorios de microbiología realizados en la Universidad Santo Tomas de Villavicencio.

Los materiales utilizados en esta primera sesión son:

- 100 tubos de ensayo 16x150
- 100 campanas de Durham
- 100 pipetas de 1 ml
- 4 frascos tapa rosca de 250 ml
- 2 pipetas de 25 ml
- 2 pipeteadores
- 45 cajas de Petri
- Agar plate count
- Caldo lauril sulfato
- Caldo bilis verde brillante
- Vortex
- Plancha magnética
- Autoclave
- Incubadora
- 4 gradillas
- Algodón
- Mechero
- Agar EMB
- Agar Maconkey
- Papel kraf
- Agar Salmonella
- Tijeras
- Agua destilada

1. Procedimiento para preparar el caldo lauril sulfato y sembrar las muestras de las dos veredas

- a. Se preparó el caldo lauril sulfato en 100 tubos de ensayo cada uno con un contenido de 9ml del caldo y la campana de Durham dentro de forma invertida.
- b. Después de agregar los 9 ml del caldo a cada tubo de ensayo se llevan a esterilizar en la autoclave.
- c. Se envuelven en papel kraf 100 pipetas de 1ml que serán llevadas a esterilizar en la autoclave.



Figura 6. Preparación de materiales para las pruebas microbiológicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.



Figura 7. Preparación de los instrumentos para las pruebas microbiológicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

- d. Después de tener todo preparado se dispone a sembrar las muestras de agua de los pozos de cada vereda.

2. En esta segunda sesión se enumeran los tubos de ensayo en filas de 5, es decir 5 tubos con 10-1, 5 tubos con 10-2, 5 tubos con 10-3, 5 tubos con 10-4, 5 tubos 10-5.
 - a. Se vertió 1 ml de la muestra en los 5 tubos de ensayo de 10-1 una a una con una pipeta estéril.
 - b. Luego se empezó a hacer disolución es decir de los 5 tubos de ensayo de 10-1 se saca uno a uno para verter en los 9ml del caldo en 10-2; así mismo de los 5 tubos de ensayo de 10-2 se saca 1ml para cada uno de los 10-3 hasta llegar a la disolución 10-5.



Figura 8. Método de siembra para las pruebas microbiológicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

NOTA: Para la siembra de las muestras se debe utilizar una pipeta esterilizada por cada tubo, con el fin de no contaminar las muestras.

- c. Finalmente, después de tener todos los tubos de ensayo sembrados se llevaron a incubar a 35°C.

3. En esta tercera sesión se hace revisan a las 24 horas después de meter a incubar las muestras, con el fin de encontrar la presencia de coliformes totales.

NOTA: para evidenciar la presencia de Coliformes totales debe cada tubo generar gas en la campana de Durham y generar turbiedad en cada tubo de ensayo.

- a. En esta primera revisión a las 24 horas solo el tubo de ensayo de la muestra 1 de la vereda la Rivera de la disolución 10-2 presento estas características.

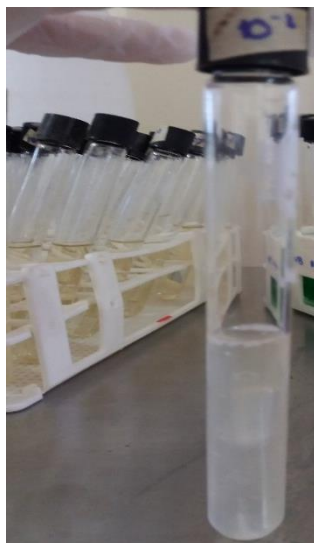


Figura 9. Resultados de las siembras para las pruebas microbiológicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

4. En esta cuarta sesión se revisan las muestras a las 48 horas de incubadas.
 - a. A las 48 horas es tiempo máximo que se deben incubar para saber si hay presencia de coliformes totales en cada muestra en el medio de cultivo caldo lauril sulfato.
 - b. Se encontró presencia de coliformes en la muestra 1 original de vereda la Rivera con disolución 10-2, en la muestra 1 duplicada de la vereda la Rivera con disolución 10-4, en la muestra 2 duplicada de la vereda Barranco Colorado y en la muestra 2 duplicada de la vereda Barranco Colorado.
5. Para la quinta sesión como encontramos presencia de coliformes totales en los dos pozos de las veredas, se dispone a sembrar las muestras positivas en el medio bilis verde brillante para encontrar coliformes fecales.

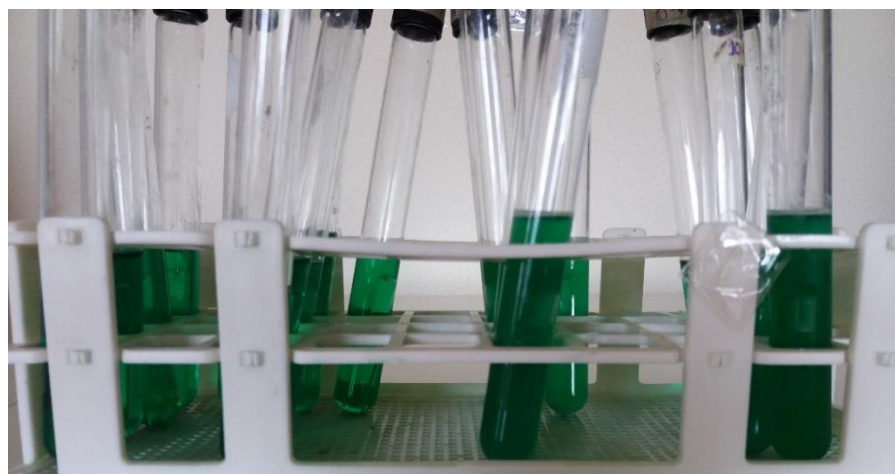


Figura 10. Preparación de las muestras para las pruebas microbiológicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

- a. Se hace la preparación del medio de cultivo bilis verde brillante en 20 tubos de ensayo con tapa y campana de Durham invertida, cada uno con 9ml del caldo y se llevan a esterilizar por 15 min en la autoclave a 121 °C.
- b. Debido a que en el procedimiento anterior se evidencio presencia de coliformes en 4 tubos de ensayo con el caldo lauril sulfato se va generar el mismo procedimiento con el bilis verde brillante, es por esto que se preparan 20 tubos de ensayo ya que cada muestra positiva debe estar en 5 tubos de ensayo con las mismas disoluciones desde 10-1 hasta 10-5.
- c. Al mismo tiempo se prepara el medio de cultivo agar plate count en cajas de Petri con 20 ml del medio de cultivo y con 0,01 ml de la muestra también con duplicado. C
- d. Finalmente después de sembrar se lleva a la incubadora a 42°C, los tubos de ensayo y las cajas de Petri.



Figura 11. Incubación de las muestras en el medio para las pruebas microbiológicas Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.



Figura 12. Siembra de las muestras para las pruebas microbiológicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

6. A las 24 horas de la siembra se realizó la revisión.

a. En las cajas de Petri sembradas no hubo presencia de coliformes fecales para la revisión del conteo del número más probable (NMP).

NOTA: se dice que hay presencia de coliformes fecales cuando aparecen mesofilos en forma de diamante.

b. En la revisión de la siembra de las muestras en el bilis verde brillante no hubo presencia de coliformes fecales en ningún tubo de ensayo.

NOTA: se dice que hay presencia de coliformes fecales en el medio de cultivo bilis verde brillante cuando se genera gas en la campana de Durham y turbiedad.

- c. A las 48 horas se hizo la revisión de los en las cajas de Petri para la presencia de coliformes fecales y se obtuvieron los siguientes resultados:

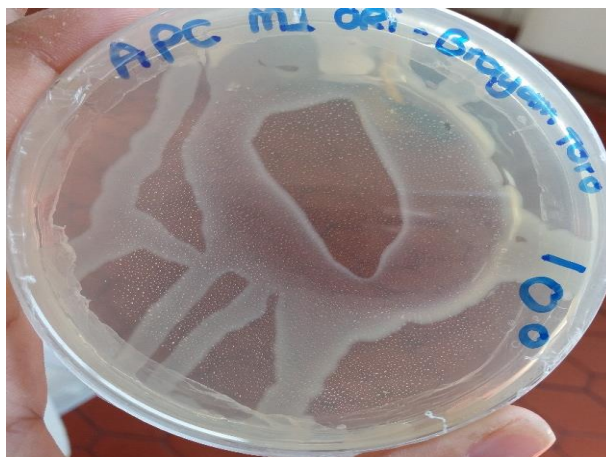


Figura 13. Resultados de las muestras sembradas para las pruebas microbiológicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

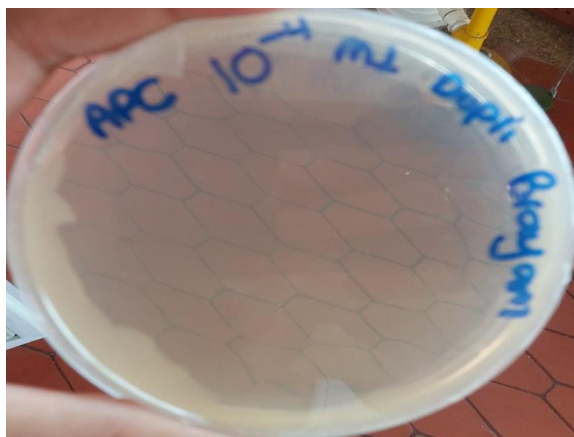


Figura 14. Resultados de las muestras sembradas para las pruebas microbiológicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.



Figura 15. Resultados de las muestras sembradas para las pruebas microbiológicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

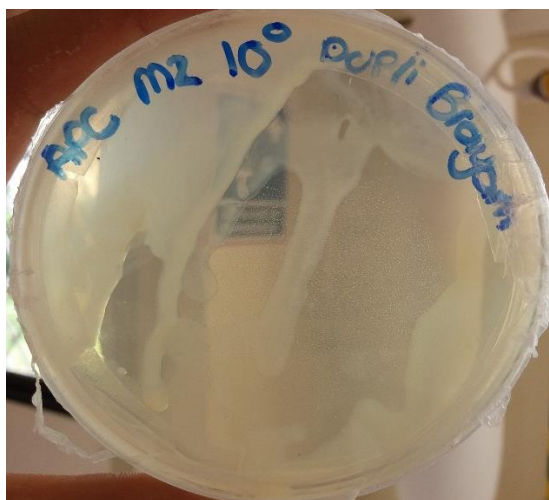


Figura 16. Resultados de las muestras sembradas para las pruebas microbiológicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Se realizó el conteo de las colonias encontradas en cada caja de Petri con el agar plate count.

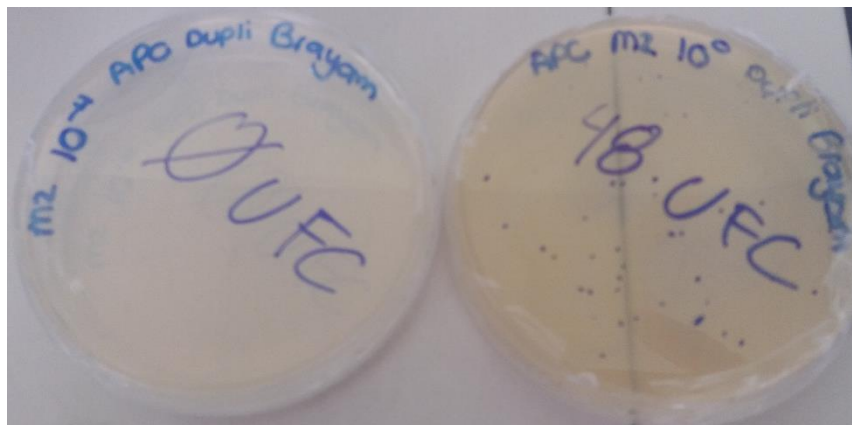


Figura 17. Conteo de colonias para las pruebas microbiológicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Muestra 1 original de la vereda la Rivera

- 10-0: 9 UFC
- 10-1: 0 UFC
- 10-2: 0 UFC
- 10-3: 0 UFC
- 10-4: 0 UFC

Muestra 1 duplicada de la vereda la Rivera

- 10-0: 48 UFC
- 10-1: 6 UFC
- 10-2: 9 UFC
- 10-3: 1 UFC
- 10-4: 0 UFC

Muestra 2 original de Barranco Colorado

- 10-0: 31 UFC
- 10-1: 0 UFC
- 10-2: 0 UFC
- 10-3: 0 UFC
- 10-4: 0 UFC

Muestra 2 duplicada de Barranco Colorado

- 10-0: 42 UFC
- 10-1: 0 UFC
- 10-2: 0 UFC
- 10-3: 0 UFC
- 10-4: 0 UFC

d. A las 48 horas que se hizo la revisión de la siembra del bilis verde brillante se encontró presencia de coliformes fecales en la muestra 1 10-2 original de la vereda la Rivera de la fila solo dio 1 tubo, de la muestra 1 10-4 duplicada de la vereda la rivera se confirmó presencia en 2 tubos de ensayo, en la muestra 2 10-3 duplicada de la vereda Barranco Colorado se evidencio presencia en 3 tubos de ensayo, en la muestra 2 10-4 duplicada de la vereda Barranco Colorado se evidencio presencia en 3 tubos de ensayo.

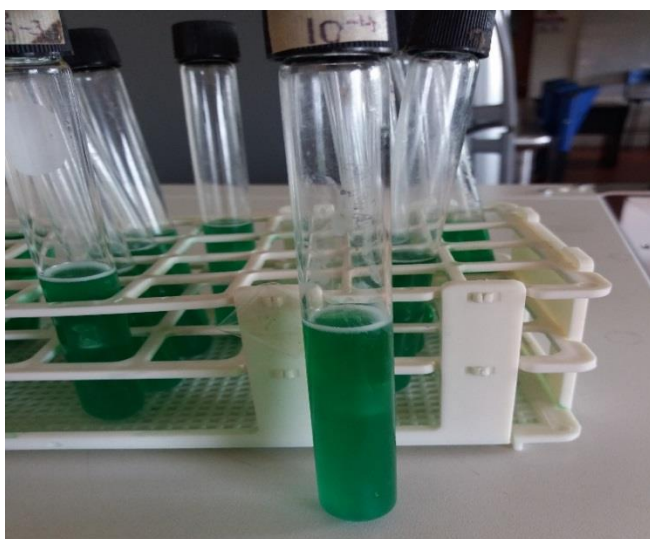


Figura 18. Resultados de las muestras sembradas en medio para las pruebas microbiológicas.

Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

7. En la séptima sesión se procede a realizar la preparación de los Agar Salmonella, MacConkey y EMB para sembrar las muestras que dieron positivas en coliformes fecales y saber si hay presencia de otros microorganismos.



Figura 19. Preparación de agares para las pruebas microbiológicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

- Para la preparación de la Salmonella se utilizó 150 ml de agua destilada y 9,015 g del Agar, se disolvió y se llevó a la autoclave para esterilizar y verter en 5 cajas de Petri hasta que se gelatinice.
- Así mismo se preparó en 150 ml de agua destilada 7,72 gr de Agar MacConkey siguiendo el mismo procedimiento.
- Finalmente se preparó en 150 ml de agua destilada 5,7 g de Agar EMB con el mismo procedimiento anterior.
- Se dejan en la incubadora a 45°C hasta obtener presencia de colonias aisladas para ser analizadas en la octava sesión.

Las siguientes imágenes demuestran los resultados obtenidos:



Figura 20. Resultados de las muestras sembradas en agar para las pruebas microbiológicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.



Figura 21. Resultados de las muestras sembradas en agar para las pruebas microbiológicas.
Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.



Figura 22. Resultados de las muestras sembradas en agar para las pruebas microbiológicas.
Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.



Figura 23. Resultados de las muestras sembradas en agar para las pruebas microbiológicas.
Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

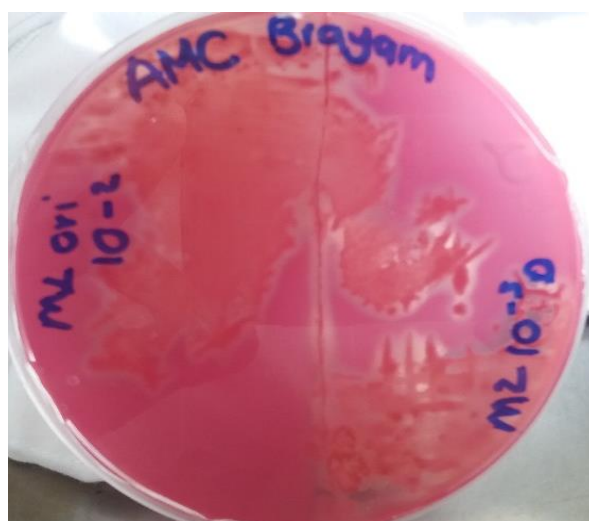


Figura 24. Resultados de las muestras sembradas en agar para las pruebas microbiológicas.
Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.



Figura 25. Resultados de las muestras sembradas en agar para las pruebas microbiológicas.

Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

8. En esta sesión se procede a realizar la tinción de Gram con el fin de encontrar microorganismos presentes en las muestras de agua de los dos pozos de las veredas Barranco Colorado y la Rivera.

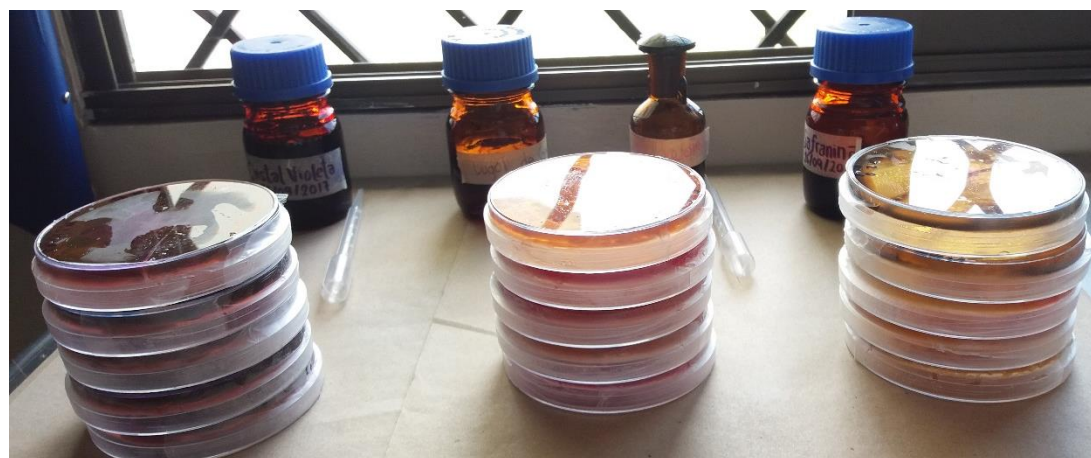


Figura 26. Preparación de tinción de Gram con las muestras para las pruebas microbiológicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

- a. Para esto se utilizó, cristal violeta, lugol de Gram, alcohol acetona y safranina. Adema de la ayuda de un microscopio, laminas, papel de arroz, goteros y aceite de inmersión.
- b. Para este procedimiento a cada lamina con la muestra se agrega sobre ella el cristal violeta se deja actuar durante 1 minuto y luego se lava si colocar el chorro sobre la muestra.
- c. Se cubre la misma lámina con lugol de Gram, se deja actuar 1 minuto y se lava.
- d. Se cubre la misma laminilla con alcohol acetona, se deja actuar 30 segundos y se lava.
- e. Finalmente se cubre con safranina, se deja actuar durante 15 segundos y se lava.
- f. Este procedimiento se realiza de igual manera para todas las colonias que crecieron en las cajas de Petri con los distintos Agares.
- g. Los resultados obtenidos luego de seguir el procedimiento y observarlo en el microscopio fueron los siguientes:

Medio de cultivo Agar MacConkey

Muestra 1 10-4 duplicada vereda la rivera

- Se encontraron cocos bacilos Gram negativos

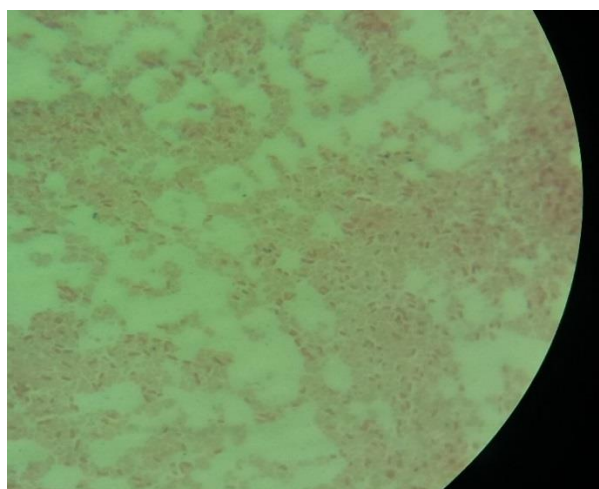


Figura 27. Visión microscópica de la tinción de Gram para las pruebas microbiológicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Muestra 2 10-3 duplicada vereda Barranco Colorado

- Se encontraron coco bacilos Gram negativos

Muestra 1 10-4 duplicada vereda la Rivera

- Coco bacilos Gram negativos

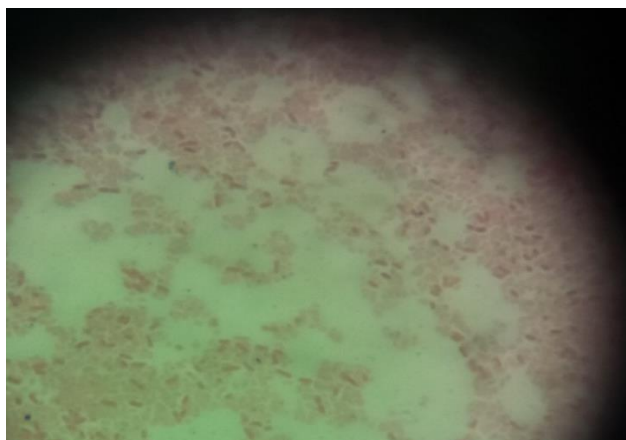


Figura 28. Visión microscópica de la tinción de Gram para las pruebas microbiológicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Muestra 2 10-3 duplicada vereda Barranco Colorado

- No se formaron colonias

Muestra 2 10-4 duplicada vereda Barranco Colorado

- Coco bacilos Gram negativo

Muestra 2 10-3 duplicada vereda Barranco Colorado

- Coco bacilos Gram negativo

Muestra 2 10-4 duplicada Barranco colorado

- Enterococo, patógeno

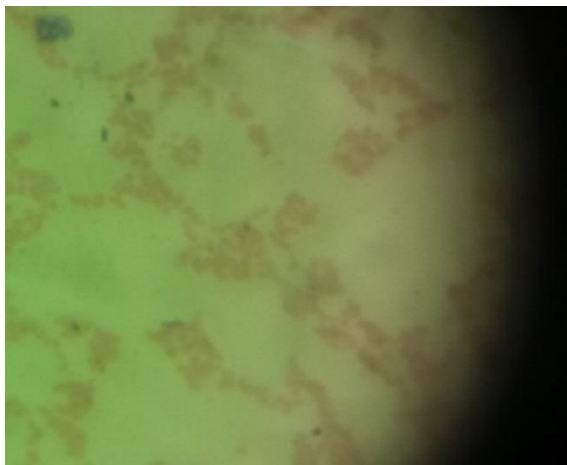


Figura 29. Visión microscópica de la tinción de Gram para las pruebas microbiológicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Muestra 2 10-4 duplicada Barranco Colorado

- No se formaron colonias aisladas

Muestra 1 10-2 original vereda la Rivera

- Cocos bacilos Gram negativo y bacilos Gram negativo



Figura 30. Visión microscópica de la tinción de Gram para las pruebas microbiológicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Muestra 2 10-3 duplicada vereda Barranco Colorado

- Cocos bacilos Gram negativo y bacilos Gram negativo

Medio de cultivo Agar EMB

Muestra 1 10-4 duplicada vereda la Rivera

- Coco bacilo Gram negativo

Muestra 2 10-3 duplicada vereda Barranco Colorado

- Coco bacilo Gram negativo

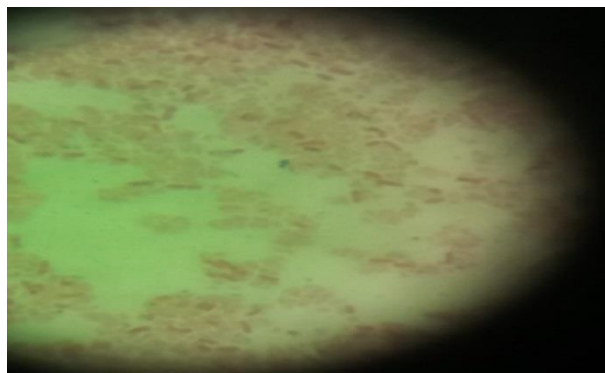


Figura 31. Visión microscópica de la tinción de Gram para las pruebas microbiológicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Muestra 2 10-3 duplicada vereda Barranco Colorado

- No se formaron colonas aisladas

Muestra 2 10-4 duplicada vereda Barranco Colorado

- Coco bacilo Gram negativo

Muestra 2 10-4 duplicada vereda Barranco Colorado

- Coco bacilo Gram negativo



Figura 32. Visión microscópica de la tinción de Gram para las pruebas microbiológicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Muestra 2 10-4 duplicada vereda Barranco Colorado

- Coco bacilo Gram negativo y bacilo Gram negativo

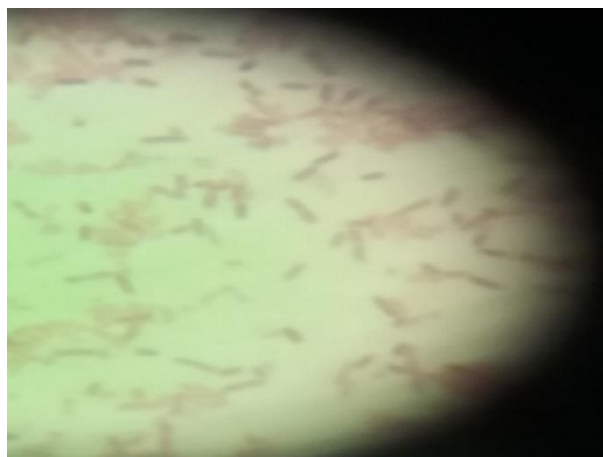


Figura 33. Visión microscópica de la tinción de Gram para las pruebas microbiológicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Muestra 1 10-2 original vereda la Rivera

- Coco bacilo Gram negativo

Muestra 2 10-3 duplicada vereda Barranco Colorado

- Coco bacilo Gram negativo

Muestra 2 10-3 duplicada vereda Barranco Colorado

- Coco Gram positivo, enterococo, patógeno

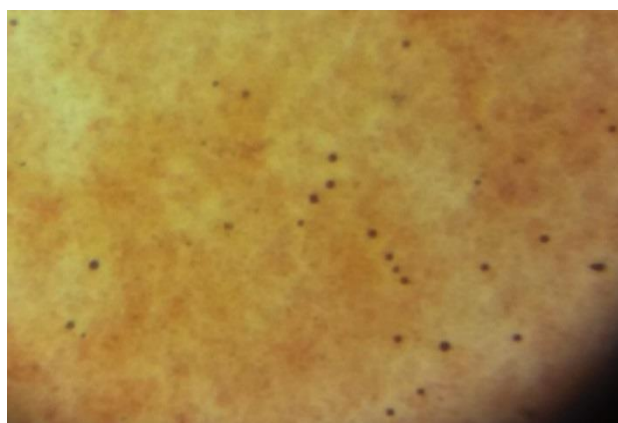


Figura 34. Visión microscópica de la tinción de Gram para las pruebas microbiológicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Muestra 1 10-4 duplicada vereda la Rivera

- Coco bacilos Gram negativos

Medio de cultivo Agar Salmonella shiguela

Muestra 1 10-2 original vereda la Rivera

- Coco Gram positivo y coco bacilo Gram negativo



Figura 35. Visión microscópica de la tinción de Gram para las pruebas microbiológicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Muestra 2 10-3 duplicada vereda Barranco Colorado

- Bacilos Gram positivos

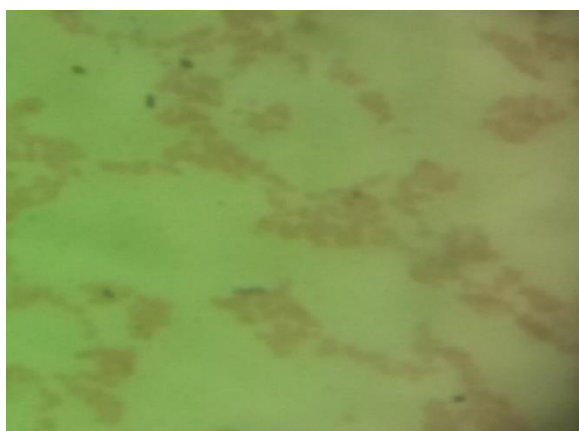


Figura 36. Visión microscópica de la tinción de Gram para las pruebas microbiológicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Muestra 2 10-3 duplicada vereda Barranco Colorado

- Coco bacilo Gram negativo

Muestra 2 10-4 duplicada vereda Barranco Colorado

- No se encontró formación de colonias aisladas

Muestra 1 10-4 duplicada vereda la Rivera

- Coco bacilos Gram positivos

Muestra 2 10-3 duplicada vereda Barranco Colorado

- Coco bacilo Gram negativo

Muestra 1 10-4 duplicada vereda la Rivera

- Cocos Gram positivos y bacilos Gram negativos

Muestra 2 10-3 duplicada vereda Barranco Colorado

- Coco bacilo Gram negativo

Muestra 2 10-4 duplicada vereda Barranco Colorado

- Cocos Gram positivos

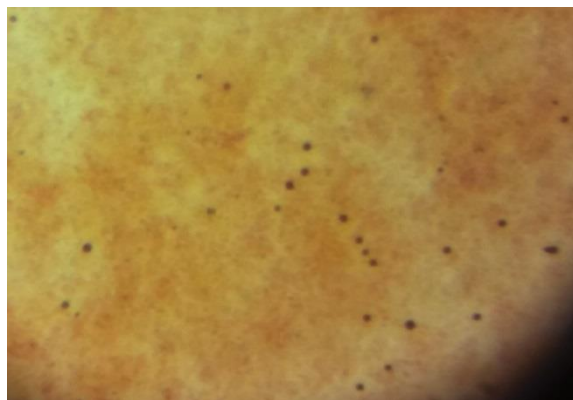


Figura 37. Visión microscópica de la tinción de Gram para las pruebas microbiológicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Muestra 2 10-4 duplicada vereda Barranco Colorado

- No se formaron colonias aisladas

PRUEBAS BIOQUÍMICAS CON LOS RESULTADOS POSITIVOS DE LOS AGARES

Estas pruebas identifican las capacidades metabólicas de los que se tiene en cada muestra e identifica fenotípicos.



Figura 38. Preparación de las pruebas bioquímicas con las muestras. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

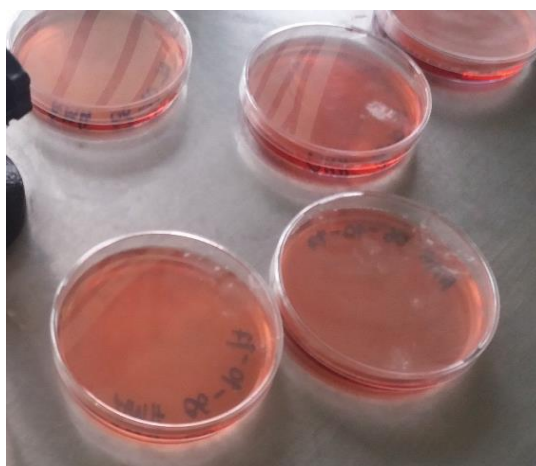


Figura 39. Preparación de las pruebas bioquímicas con las muestras. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Catalasa positiva – negativa

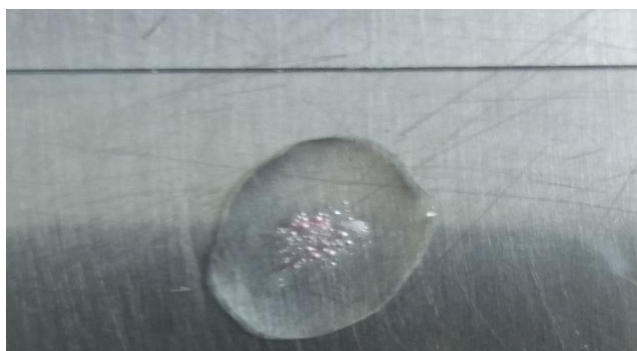


Figura 40. Resultados de las pruebas bioquímicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.



Figura 41. Resultados de las pruebas bioquímicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Oxidasa positiva – negativa



Figura 42. Resultados de las pruebas bioquímicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.



Figura 43. Resultados de las pruebas bioquímicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Los resultados obtenidos en estas pruebas fueron los siguientes:

Vereda la Rivera, Internado las palmas.

1. CIT- LIA



Figura 44. Resultados de las pruebas bioquímicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.



Figura 45. Resultados de las pruebas bioquímicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

SIM- TSI



Figura 46. Resultados de las pruebas bioquímicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.



Figura 47. Resultados de las pruebas bioquímicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Manitol

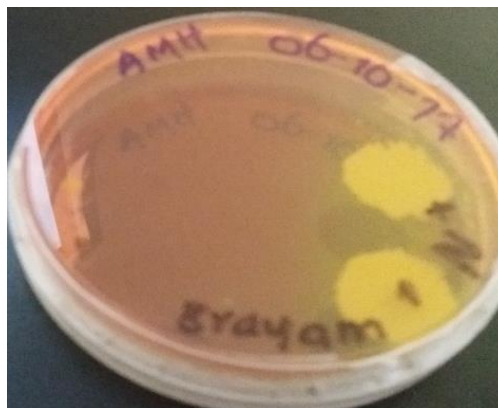


Figura 48. Resultados de las pruebas bioquímicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

2. CIT – LIA



Figura 49. Resultados de las pruebas bioquímicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

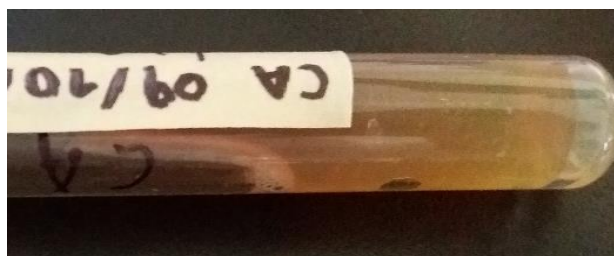


Figura 50. Resultados de las pruebas bioquímicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Manitol



Figura 51. Resultados de las pruebas bioquímicas Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

3. CIT – LIA



Figura 52. Resultados de las pruebas bioquímicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.



Figura 53. Resultados de las pruebas bioquímicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

TSI – SIM



Figura 54. Resultados de las pruebas bioquímicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.



Figura 55. Resultados de las pruebas bioquímicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

TSI – SIM



Figura 56. Resultados de las pruebas bioquímicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.



Figura 57. Resultados de las pruebas bioquímicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Manitol



Figura 58. Resultados de las pruebas bioquímicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

4. CIT – LIA



Figura 59. Resultados de las pruebas bioquímicas. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Anexo C. Evidencias fotográficas del muestro realizado en los pozos.



Figura 60. Pozos en las escuelas ecoeficientes en Puerto Rico, Meta. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.



Figura 61. Pozos en las escuelas ecoeficientes en Puerto Rico, Meta. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.



Figura 62. Pozos en las escuelas ecoeficientes en Puerto Rico, Meta. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.



Figura 63. Pozos en las escuelas ecoeficientes en Puerto Rico, Meta. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.



Figura 64. Pozos en las escuelas ecoeficientes en Puerto Rico, Meta. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.



Figura 65. Muestreo in situ en los pozos de las escuelas ecoeficientes en Puerto Rico, Meta. Adaptado por los autores, 2017.



Figura 66. Muestreo in situ en los pozos de las escuelas ecoeficientes en Puerto Rico, Meta.
Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.



Figura 67. Muestreo in situ en los pozos de las escuelas ecoeficientes en Puerto Rico, Meta.
Adaptado por los autores, 2017.



Figura 68. Muestreo in situ en los pozos de las escuelas ecoeficientes en Puerto Rico, Meta.
Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

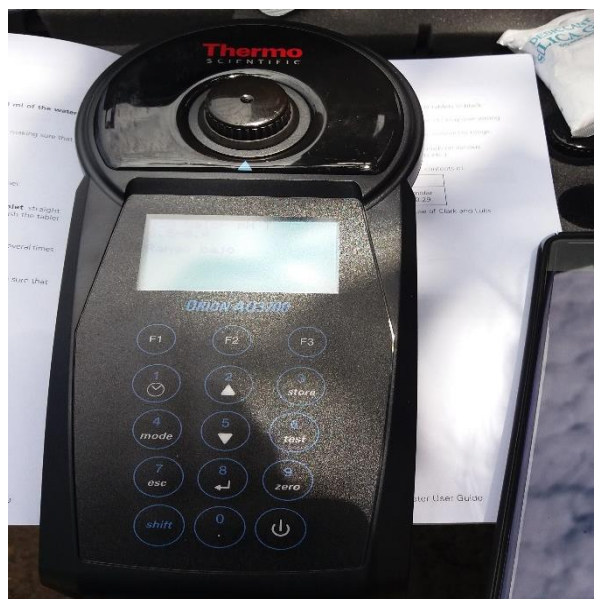


Figura 69. Muestreo in situ en los pozos de las escuelas ecoeficientes en Puerto Rico, Meta.
Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Anexo D. Certificación para los laboratorios realizados por CORMACARENA.

Figura 70. Acreditacion del IDEAM para laboratorios, adaptado de: SGI S.A.S, 2017. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2017.

Anexo E. Acreditación vigente para el laboratorio Tecnoambiental



Ministerio de Ambiente y
Desarrollo Sostenible
República de Colombia



IDEAM
Instituto de Hidrología,
Meteorología y
Estudios Ambientales

RESOLUCIÓN N° 172 -9 JUN 2016

"Por la cual se otorga acreditación inicial a la sociedad **TECNOAMBIENTAL S.A.S.**, para producir información cuantitativa física y química, para los estudios o análisis ambientales requeridos por las Autoridades Ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables"

EL DIRECTOR GENERAL DEL INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM -

En uso de sus facultades legales y en especial las conferidas por los numerales 1 y 2 del artículo 5 del Decreto 291 de 2004 ; y el artículo 2.2.8.9.1.5 del Decreto 1076 de 2015, y la Resolución No. 0268 del 11 de marzo de 2015 y,

CONSIDERANDO:

Que mediante escrito con radicado N° 20159910101732 del 2 de septiembre de 2015, la sociedad **TECNOAMBIENTAL S.A.S.** solicitó al IDEAM dar inicio al trámite de renovación y extensión de la acreditación.

Que el IDEAM mediante oficio con radicado N° 20156010014021 del 8 de septiembre de 2015, informó a la sociedad **TECNOAMBIENTAL S.A.S.** que para poder proferir auto de inicio de trámite, debía radicar la totalidad de la información y documentación exigida en el Artículo 9, Capítulo I, Título III de la Resolución 0268 de 2015.

Que mediante escritos con radicados N° 20159910112772 del 24 de septiembre de 2015 y N° 20159910113262 del 28 de septiembre de 2015, la sociedad **TECNOAMBIENTAL S.A.S.** radicó en el IDEAM la documentación completa para iniciar el trámite de la visita de evaluación de renovación y extensión de la acreditación.

Que una vez cumplidos los requisitos legales y reglamentarios establecidos para ello, el IDEAM mediante Auto No. 0031 del 7 de octubre de 2015, inicio el trámite de acreditación para producir información cuantitativa física y química, para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes, a la sociedad **TECNOAMBIENTAL S.A.S** con NIT 822.001.739-0, con domicilio en la transversal 27 N° 39 E-24, Barrio El Emporio, Villavicencio, Meta, bajo los lineamientos de la norma NTC-ISO/IEC 17025 "Requisitos Generales de Competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración", versión 2005:

Matriz Agua:

1. **Alcalinidad total:** Volumétrico, SM 2320 B
2. **CO:** titrimetría, nomografía ,SM 4500 CO₂
3. **Conductividad Eléctrica:** Electrométrico, SM 2510 B
4. **Cloruro:** Nitrato Mercúrico, SM 4500-Cl- C
5. **Calcio Disuelto:** Volumétrico con EDTA, SM 3500-Ca B
6. **Dureza Cálcica:** Volumétrico con EDTA, SM 3500-Ca B
7. **Dureza Total:** Volumétrico con EDTA, SM 2340 C

Página 1 de 22

Calle 25D No. 96B - 70 Bogotá D.C. PBX (571) 3527160
 Fax Server: 3527110
 Línea Nacional 018000110012 - Pronóstico y Alertas (571) 3527180
 Sede Puente Aranda: Calle 12 No 42B - 44 Bogotá D.C. PBX: 2681070
www.ideam.gov.co



MINAMBIENTE



TODOS POR UN
NUEVO PAÍS
PAZ EQUIDAD EDUCACIÓN

Figura 71. Acreditación por el IDEAM para los laboratorios Tecnoambiental. Por
Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.



Libertad y Orden
Ministerio de Ambiente y
Desarrollo Sostenible
Protección al Ciudadano



IDEAM Instituto de Hidrología,
Meteorología y
Estudios Ambientales

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM

RESOLUCIÓN N°. 1172 DE -9 JUN 2016

ARTÍCULO 9°.- La sociedad **TECNOAMBIENTAL S.A.S.**, deberá dar cumplimiento a cada uno de los compromisos establecidos en el procedimiento del trámite de acreditación.

ARTÍCULO 10°.- Por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, notificar personalmente o por aviso, cuando a ello hubiere lugar, el contenido del presente acto administrativo al representante legal, apoderado debidamente constituido y/o a la persona debidamente autorizada de la sociedad **TECNOAMBIENTAL S.A.S.**, de conformidad con los artículos 67 y 69 del Código de Procedimiento Administrativo y de lo Contencioso Administrativo.

ARTÍCULO 11°.- En contra del presente acto administrativo procede el recurso de reposición, el cual se podrá interponer por su representante o apoderado debidamente constituido, por escrito ante el Director del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales en la diligencia de notificación personal, o dentro de los diez (10) días siguientes a ella, o a la notificación por aviso, o al vencimiento del término de publicación, según el caso, de conformidad con lo establecido en los artículos 76 y 77 del Código de Procedimiento Administrativo y de lo Contencioso Administrativo.

ARTÍCULO 12°.- La vigencia del presente acto administrativo será de cuatro (4) años, los cuales se contarán a partir de la ejecutoria del presente acto administrativo.

NOTIFÍQUESE Y CÚMPLASE
Dada en Bogotá, D.C., a los **-9 JUN 2016**



OMAR FRANCO TORRES
Director General

	Nombre	Cargo	Firma
Proyectó	Diana Rocío García Millán	Contratista – Grupo Acreditación	D.R.M.
Revisó	Luz Consuelo Orjuela Orjuela	Coordinadora – Grupo de Acreditación	L.O.
Revisó	Gerardo Rúgeles Plata	Abogado - Contratista	G.R.P.
Aprobó	Adriana Yazmin Portillo Trujillo	Secretaría General	A.Y.P.T.

Los arriba firmantes declaramos que hemos revisado el presente documento y lo encontramos ajustado a las normas y disposiciones legales y/o técnicas vigentes y por lo tanto bajo nuestra responsabilidad lo presentamos para la firma del Director General

Radicado: 20166010008881
Expediente: N° 2012600010400169E

Calle 25D No. 96B - 70 Bogotá D.C. PBX (571) 3527160
 Fax Server: 3527110
 Línea Nacional 018000110012 - Pronóstico y Alertas (571) 3527180
 Sede Puente Aranda: Calle 12 No 42B - 44 Bogotá D.C. PBX: 2681070
www.ideam.gov.co



MINAMBIENTE



TODOS POR UN
NUEVO PAÍS
PAZ EQUIDAD EDUCACIÓN

Página 22 de 22

Figura 72. Acreditación por el IDEAM para los laboratorios Tecnoambiental. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

Anexo F. Tabulación de los datos recogidos en el software SPSS mediante matrices.

GET FILE='F: \Encuestas.sav'. DATASET NAME Conjunto_de_datos1 WINDOW=FRONT.
 FREQUENCIES VARIABLES=Contaminante Consumo Extracción Lavado Llave Calidad In
 convenientes Periodos Producción Actividad Uso Escuela /STATISTICS=RANGE MINIMUM
 MAXIMUM MODE /FORMAT=LIMIT (50) /ORDER=ANALYSIS.

Frecuencias [Conjunto_de_datos1] F:\Encuestas.sav

Estadísticos						
		Contaminante	Consumo de agua diario	Agua extraída del pozo	Frecuencia de lavado de manos	Consumo de agua de la llave
N	Válidos	45	45	45	45	45
	Perdidos	0	0	0	0	0
Moda		1	4	4	2	2
Rango		2	1	0	3	1
Mínimo		1	3	4	1	2
Máximo		3	4	4	4	3

Estadísticos						
		Condición del agua al extraer	Afectaciones en la salud	Períodos de cambio	Períodos de mayor producción	Actividad frecuente
N	Válidos	45	45	45	45	45
	Perdidos	0	0	0	0	0
Moda		1	1	2	2	1
Rango		4	3	2	2	3
Mínimo		1	1	1	1	1
Máximo		5	4	3	3	4

Figura 73. Frecuencias y tabulación de los datos de encuestas, adaptado de SPSS, Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

Estadísticos			
		Horas más frecuentes de uso	Escuela ecoeficiente
N	Válidos	45	45
	Perdidos	0	0
Moda		1	1
Rango		2	1
Mínimo		1	1
Máximo		3	2

Figura 74. Frecuencias y tabulación de los datos de encuestas, adaptado de SPSS, Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

FIGURAS DE LAS TABLAS DE FRECUENCIA

Contaminante			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
El hombre	44	97,8	97,8
Las industrias	1	2,2	2,2
Total	45	100,0	100,0

Consumo de agua diario			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
5 - 6 Botellones	19	42,2	42,2
Más de 6 Botellones	26	57,8	57,8
Total	45	100,0	100,0

Agua extraída del pozo			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Más de 35 Litros	45	100,0	100,0

Frecuencia de lavado de manos			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
2 veces al día	7	15,6	15,6
3 veces al día	27	60,0	60,0
5 veces al día	3	6,7	6,7
Más de 5 veces	8	17,8	17,8
Total	45	100,0	100,0

Figura 75. Frecuencias y tabulación de los datos de encuestas, adaptado de SPSS. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

Consumo de agua de la llave		
	Frecuencia	Porcentaje
Algunas veces	38	84,4
Nunca	7	15,6
Total	45	100,0

Condición del agua al extraer		
	Frecuencia	Porcentaje
Olor a tierra	39	86,7
Color extraño	6	13,3
Total	45	100,0

Figura 76. Frecuencias y tabulación de los datos de encuestas, adaptado de SPSS. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

Afectaciones en la salud		
	Frecuencia	Porcentaje
Una vez	25	55,6
Dos veces	5	11,1
Ninguna	13	28,9
Más de dos veces	2	4,4
Total	45	100,0

Períodos de cambio		
	Frecuencia	Porcentaje
Primer trimestre del año (Enero, Febrero y Marzo)	4	8,9
Segundo trimestre del año (Abril, Mayo y Junio)	40	88,9
Tercer trimestre del año (Julio, Agosto y Septiembre)	1	2,2
Total	45	100,0

Períodos de mayor producción		
	Frecuencia	Porcentaje
Primer trimestre del año (Enero, Febrero y Marzo)	3	6,7
Segundo trimestre del año (Abril, Mayo y Junio)	34	75,6
Tercer trimestre del año (Julio, Agosto y Septiembre)	8	17,8
Total	45	100,0

Actividad frecuente		
	Frecuencia	Porcentaje
Higiene personal	30	66,7
Alimentos	9	20,0
Lavado de ropa	6	13,3
Total	45	100,0

Figura 77. Frecuencias y tabulación de los datos de encuestas, adaptado de SPSS. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

Horas más frecuentes de uso		
	Frecuencia	Porcentaje
4 - 7 AM	33	73,3
10 AM - 1 PM	12	26,7
Total	45	100,0

Escuela ecoeficiente		
	Frecuencia	Porcentaje
Escuela La Primavera	25	55,6
Escuela Las Palmas	20	44,4
Total	45	100,0

Figura 78. Frecuencias y tabulación de los datos de encuestas, adaptado de SPSS. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

GET FILE='C:\Users\Brayam Toro\Documents\BRAYAM\Sin título2.sav'.

DATASET NAME Conjunto_de_datos2 WINDOW=FRONT. FREQUENCIES

VARIABLES=Contaminante Consumo Extracción Lavado Llave Calidad In convenientes

Periodos Producción Actividad Uso Escuela /STATISTICS=RANGE MINIMUM MAXIMUM MODE

/FORMAT=LIMIT(50) /ORDER=ANALYSIS.

Frecuencias de Escuela La Primavera

[Conjunto_de_datos2] C:\Users\Brayam Toro\Documents\BRAYAM\Sin título2.sav

Estadísticos

		Contaminante	Consumo de agua diario	Agua extraída del pozo	Frecuencia de lavado de manos	Consumo de agua de la llave
N	Válidos	25	25	25	25	25
	Perdidos	0	0	0	0	0
Moda		1	4	4	2	2
Rango		2	0	0	3	1
Mínimo		1	4	4	1	2
Máximo		3	4	4	4	3

Estadísticos

		Condición del agua al extraer	Afectaciones en la salud	Períodos de cambio	Períodos de mayor producción	Actividad frecuente
N	Válidos	25	25	25	25	25
	Perdidos	0	0	0	0	0
Moda		1	1	2	2	1
Rango		4	3	1	2	3
Mínimo		1	1	1	1	1
Máximo		5	4	2	3	4

Estadísticos

		Horas más frecuentes de uso	Escuela ecoeficiente
N	Válidos	25	25
	Perdidos	0	0
Moda		1	1
Rango		2	0
Mínimo		1	1
Máximo		3	1

Figura 79. Frecuencias y tabulación de los datos de encuestas, adaptado de SPSS. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

FIGURAS DE LAS TABLAS DE FRECUENCIA

Contaminante		
	Frecuencia	Porcentaje
El hombre	24	96,0
Las industrias	1	4,0
Total	25	100,0

Consumo de agua diario		
	Frecuencia	Porcentaje
Más de 6 Botellones	25	100,0

Agua extraída del pozo		
	Frecuencia	Porcentaje
Más de 35 Litros	25	100,0

Frecuencia de lavado de manos		
	Frecuencia	Porcentaje
2 veces al día	3	12,0
3 veces al día	15	60,0
Más de 5 veces	7	28,0
Total	25	100,0

Consumo de agua de la llave		
	Frecuencia	Porcentaje
Algunas veces	22	88,0
Nunca	3	12,0
Total	25	100,0

Figura 80. Frecuencias y tabulación de los datos de encuestas, adaptado de SPSS. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

Consumo de agua de la llave		
	Frecuencia	Porcentaje
Algunas veces	22	88,0
Nunca	3	12,0
Total	25	100,0

Condición del agua al extraer		
	Frecuencia	Porcentaje
Olor a tierra	22	88,0
Color extraño	3	12,0
Total	25	100,0

Afectaciones en la salud		
	Frecuencia	Porcentaje
Una vez	13	52,0
Dos veces	2	8,0
Ninguna	8	32,0
Más de dos veces	2	8,0
Total	25	100,0

Figura 81. Frecuencias y tabulación de los datos de encuestas, adaptado de SPSS. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

Períodos de cambio		
	Frecuencia	Porcentaje
Primer trimestre del año (Enero, Febrero y Marzo)	4	16,0
Segundo trimestre del año (Abril, Mayo y Junio)	21	84,0
Total	25	100,0

Períodos de mayor producción		
	Frecuencia	Porcentaje
Primer trimestre del año (Enero, Febrero y Marzo)	1	4,0
Segundo trimestre del año (Abril, Mayo y Junio)	18	72,0
Tercer trimestre del año (Julio, Agosto y Septiembre)	6	24,0
Total	25	100,0

Actividad frecuente		
	Frecuencia	Porcentaje
Higiene personal	18	72,0
Alimentos	4	16,0
Lavado de ropa	3	12,0
Total	25	100,0

Horas más frecuentes de uso		
	Frecuencia	Porcentaje
4 - 7 AM	16	64,0
10 AM - 1 PM	9	36,0
Total	25	100,0

Figura 82. Frecuencias y tabulación de los datos de encuestas, adaptado de SPSS. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

```

NEW FILE. DATASET NAME Conjunto_de_datos3 WINDOW=FRONT. FREQUENCIES
VARIABLES=Contaminante Consumo Extracción Lavado Llave Calidad In convenientes Periodos
Producción Actividad Uso Escuela /STATISTICS=RANGE MINIMUM MAXIMUM MODE /FORMAT=LIMIT
(50) /ORDER=ANALYSIS.
Frecuencias de Escuela Las Palmas
[Conjunto_de_datos3]

```

Estadísticos						
		Contaminante	Consumo de agua diario	Agua extraída del pozo	Frecuencia de lavado de manos	Consumo de agua de la llave
N	Válidos	20	20	20	20	20
	Perdidos	0	0	0	0	0
Moda		1	3	4	2	2
Rango		0	1	0	3	1
Mínimo		1	3	4	1	2
Máximo		1	4	4	4	3

Estadísticos						
		Condición del agua al extraer	Afectaciones en la salud	Períodos de cambio	Períodos de mayor producción	Actividad frecuente
N	Válidos	20	20	20	20	20
	Perdidos	0	0	0	0	0
Moda		1	1	2	2	1
Rango		4	2	1	2	3
Mínimo		1	1	2	1	1
Máximo		5	3	3	3	4

Estadísticos			
		Horas más frecuentes de uso	Escuela ecoeficiente
N	Válidos	20	20
	Perdidos	0	0
Moda		1	2
Rango		2	0
Mínimo		1	2
Máximo		3	2

Figura 83. Frecuencias y tabulación de los datos de encuestas, adaptado de SPSS. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

FIGURAS DE LAS TABLAS DE FRECUENCIA

Contaminante		
	Frecuencia	Porcentaje
El hombre	20	100,0

Figura 84. Frecuencias y tabulación de los datos de encuestas, adaptado de SPSS. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

Consumo de agua diario		
	Frecuencia	Porcentaje
5 - 6 Botellones	19	95,0
Más de 6 Botellones	1	5,0
Total	20	100,0

Agua extraída del pozo		
	Frecuencia	Porcentaje
Más de 35 Litros	20	100,0

Frecuencia de lavado de manos		
	Frecuencia	Porcentaje
2 veces al día	4	20,0
3 veces al día	12	60,0
5 veces al día	3	15,0
Más de 5 veces	1	5,0
Total	20	100,0

Consumo de agua de la llave		
	Frecuencia	Porcentaje
Algunas veces	16	80,0
Nunca	4	20,0
Total	20	100,0

Figura 85. Frecuencias y tabulación de los datos de encuestas, adaptado de SPSS Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

Condición del agua al extraer		
	Frecuencia	Porcentaje
Olor a tierra	17	85,0
Color extraño	3	15,0
Total	20	100,0

Afectaciones en la salud		
	Frecuencia	Porcentaje
Una vez	12	60,0
Dos veces	3	15,0
Ninguna	5	25,0
Total	20	100,0

Períodos de cambio		
	Frecuencia	Porcentaje
Segundo trimestre del año (Abril, Mayo y Junio)	19	95,0
Tercer trimestre del año (Julio, Agosto y Septiembre)	1	5,0
Total	20	100,0

Figura 86. Frecuencias y tabulación de los datos de encuestas, adaptado de SPSS. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

Períodos de mayor producción		
	Frecuencia	Porcentaje
Primer trimestre del año (Enero, Febrero y Marzo)	2	10,0
Segundo trimestre del año (Abril, Mayo y Junio)	16	80,0
Tercer trimestre del año (Julio, Agosto y Septiembre)	2	10,0
Total	20	100,0

Actividad frecuente		
	Frecuencia	Porcentaje
Higiene personal	12	60,0
Alimentos	5	25,0
Lavado de ropa	3	15,0
Total	20	100,0

Horas más frecuentes de uso		
	Frecuencia	Porcentaje
4 - 7 AM	17	85,0
10 AM - 1 PM	3	15,0
Total	20	100,0

Figura 87. Frecuencias y tabulación de los datos de encuestas, adaptado de SPSS. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

ENCUESTAS

	Contaminante	Consumo	Extracción	Lavado	Llave	Calidad
26	El hombre	5 - 6 Botell...	Más de 35 ...	3 veces al día	Algunas ve...	Olor a tierra
27	El hombre	5 - 6 Botell...	Más de 35 ...	Más de 5 v...	Algunas ve...	Olor a tierra
28	El hombre	5 - 6 Botell...	Más de 35 ...	5 veces al día	Algunas ve...	Olor a tierra
29	El hombre	Más de 6 B...	Más de 35 ...	3 veces al día	Algunas ve...	Olor a tierra
30	El hombre	5 - 6 Botell...	Más de 35 ...	2 veces al día	Algunas ve...	Olor a tierra
31	El hombre	5 - 6 Botell...	Más de 35 ...	3 veces al día	Algunas ve...	Olor a tierra
32	El hombre	5 - 6 Botell...	Más de 35 ...	3 veces al día	Algunas ve...	Colorextraño
33	El hombre	5 - 6 Botell...	Más de 35 ...	2 veces al día	Nunca	Olor a tierra
34	El hombre	5 - 6 Botell...	Más de 35 ...	3 veces al día	Algunas ve...	Olor a tierra
35	El hombre	5 - 6 Botell...	Más de 35 ...	3 veces al día	Algunas ve...	Olor a tierra
36	El hombre	5 - 6 Botell...	Más de 35 ...	3 veces al día	Algunas ve...	Olor a tierra
37	El hombre	5 - 6 Botell...	Más de 35 ...	3 veces al día	Algunas ve...	Olor a tierra
38	El hombre	5 - 6 Botell...	Más de 35 ...	2 veces al día	Algunas ve...	Olor a tierra
39	El hombre	5 - 6 Botell...	Más de 35 ...	5 veces al día	Algunas ve...	Olor a tierra
40	El hombre	5 - 6 Botell...	Más de 35 ...	2 veces al día	Algunas ve...	Colorextraño
41	El hombre	5 - 6 Botell...	Más de 35 ...	5 veces al día	Algunas ve...	Olor a tierra
42	El hombre	5 - 6 Botell...	Más de 35 ...	3 veces al día	Nunca	Colorextraño
43	El hombre	5 - 6 Botell...	Más de 35 ...	3 veces al día	Nunca	Olor a tierra
44	El hombre	5 - 6 Botell...	Más de 35 ...	3 veces al día	Nunca	Olor a tierra
45	El hombre	5 - 6 Botell...	Más de 35 ...	3 veces al día	Algunas ve...	Olor a tierra

Figura 88. Tabulación de los datos de encuestas, adaptado de SPSS. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

	Inconvenientes	Periodos	Producción	Actividad	Uso
26	Una vez	Segundo tri...	Segundo tri...	Higiene per...	4 - 7 AM
27	Una vez	Segundo tri...	Segundo tri...	Alimentos	4 - 7 AM
28	Una vez	Segundo tri...	Segundo tri...	Higiene per...	4 - 7 AM
29	Una vez	Segundo tri...	Segundo tri...	Higiene per...	4 - 7 AM
30	Una vez	Segundo tri...	Segundo tri...	Alimentos	4 - 7 AM
31	Una vez	Segundo tri...	Segundo tri...	Higiene per...	10 AM - 1 ...
32	Una vez	Segundo tri...	Segundo tri...	Higiene per...	4 - 7 AM
33	Una vez	Segundo tri...	Segundo tri...	Higiene per...	4 - 7 AM
34	Una vez	Segundo tri...	Segundo tri...	Alimentos	4 - 7 AM
35	Una vez	Segundo tri...	Segundo tri...	Higiene per...	4 - 7 AM
36	Dos veces	Segundo tri...	Segundo tri...	Alimentos	4 - 7 AM
37	Una vez	Tercer trim...	Segundo tri...	Higiene per...	4 - 7 AM
38	Dos veces	Segundo tri...	Segundo tri...	Higiene per...	4 - 7 AM
39	Dos veces	Segundo tri...	Primer trim...	Higiene per...	4 - 7 AM
40	Una vez	Segundo tri...	Primer trim...	Higiene per...	10 AM - 1 ...
41	Ninguna	Segundo tri...	Segundo tri...	Lavado de r...	4 - 7 AM
42	Ninguna	Segundo tri...	Segundo tri...	Alimentos	10 AM - 1 ...
43	Ninguna	Segundo tri...	Tercer trim...	Lavado de r...	4 - 7 AM
44	Ninguna	Segundo tri...	Tercer trim...	Lavado de r...	4 - 7 AM
45	Ninguna	Segundo tri...	Segundo tri...	Higiene per...	4 - 7 AM

Figura 89. Tabulación de los datos de encuestas, adaptado de SPSS. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

	Escuela
26	Escuela Las Palmas
27	Escuela Las Palmas
28	Escuela Las Palmas
29	Escuela Las Palmas
30	Escuela Las Palmas
31	Escuela Las Palmas
32	Escuela Las Palmas
33	Escuela Las Palmas
34	Escuela Las Palmas
35	Escuela Las Palmas
36	Escuela Las Palmas
37	Escuela Las Palmas
38	Escuela Las Palmas
39	Escuela Las Palmas
40	Escuela Las Palmas
41	Escuela Las Palmas
42	Escuela Las Palmas
43	Escuela Las Palmas
44	Escuela Las Palmas
45	Escuela Las Palmas

Figura 90. Tabulación de los datos de encuestas, adaptado de SPSS Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

Anexo G. Diseño de encuestas aplicadas dentro de las dos escuelas ecoeficientes.

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
VILLAVICENCIO



CORMACARENA
Comisión de Recursos Naturales y Medio Ambiente

ENCUESTA DE USO Y MANEJO DEL AGUA SUBTERRÁNEA DENTRO DE INSTITUCION EDUCATIVA, INTERNADO LAS PALMAS

OBJETIVO: se realiza con el fin de conocer el uso y manejo del agua subterránea por parte personal de trabajo de la institución y estudiantes que se encuentran dentro de los centros educativos, para diseñar un diagnóstico y una metodología para el monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua.

RESPONDA:

1. ¿Cuál cree usted que es el principal agente contaminante del agua hoy en día?
☐ a. El hombre
☒ b. Los animales
☐ c. Las industrias
☐ d. Otro
2. ¿Cantidad de agua que utiliza a diario para las labores de producción de alimentos?
☐ a. 1 – 2 Botellones
☐ b. 3 – 4 Botellones
☒ c. 5 – 6 Botellones
☐ d. Más de 6 Botellones
2. ¿Qué cantidad de agua se extrae del pozo subterráneo diariamente?
☐ a. 15 – 20 litros
☐ b. 20 – 25 litros
☐ c. 25 – 30 litros
☐ d. 30 – 35 litros
☒ e. Más de 35 litros
3. ¿Con qué frecuencia se lava las manos dentro de las instalaciones de la escuela?
☐ a. 2 veces al día
☒ b. 3 veces al día
☐ c. 5 veces al día
☐ d. Más de 5 veces al día
4. ¿Toma el agua que sale directamente de la llave o grifo?
☐ a. Siempre
☒ b. Algunas veces
☐ c. Nunca
5. ¿En qué condiciones encuentra el agua luego de ser extraída del pozo?
☒ a. Olor a tierra
☐ b. Turbia
☐ c. Con trozos de roca
☐ d. Sabor desagradable

Estudiantes de ingeniería ambiental de la universidad Santo Tomás de Villavicencio

Figura 91. Encuestas aplicadas a los estudiantes. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.



e. Color extraño

6. ¿Cuántas veces durante su permanencia en la escuela ha sentido molestias o algún tipo de enfermedad debido al agua que consume?

☒ a. Una vez
b. Dos veces
c. Ninguna
d. Más de dos veces

7. Durante que períodos del año se puede observar un cambio en las características naturales del agua extraída del pozo.

a. Primer trimestre del año (Enero, Febrero, Marzo)
☒ b. Segundo trimestre (Abril, Mayo y Junio)
c. Tercer trimestre (Julio, Agosto y Septiembre)
d. Cuarto trimestre (Octubre, Noviembre y Diciembre)

8. ¿En qué períodos del año ha observado que hay una mayor producción de agua en el pozo?

a. Primer trimestre del año (Enero Febrero, Marzo)
☒ b. Segundo trimestre (Abril, Mayo y Junio)
c. Tercer trimestre (Julio, Agosto y Septiembre)
d. Cuarto trimestre (Octubre, Noviembre y Diciembre)

9. ¿Qué actividad es la que más realiza en el que emplea uso del agua durante el transcurso del día?

a. Higiene personal
b. Bebidas
☒ c. Alimentos
d. Lavado de ropa

10. Durante qué horas del día suele realizar más uso de agua en las instalaciones de la escuela?

☒ a. 4 – 7 a.m.
b. 7 – 10 a.m.
c. 10 a.m – 1 p.m.
d. 1 – 4 p.m.
e. Después de las 4 p.m.

ENCUESTA REALIZADA POR ESTUDIANTES DE INGENIERÍA AMBIENTAL:
BRAYAM STIVEN TORO TORRES Y ANA MARÍA PARRADO REYES.

Estudiantes de ingeniería ambiental de la universidad Santo Tomas de Villavicencio

Figura 92. Encuestas aplicadas a los estudiantes. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.



ENCUESTA DE USO Y MANEJO DEL AGUA SUBTERRÁNEA DENTRO DE INSTITUCIÓN EDUCATIVA, INTERNADO LAS PALMAS

OBJETIVO: se realiza con el fin de conocer el uso y manejo del agua subterránea por parte personal de trabajo de la institución y estudiantes que se encuentran dentro de los centros educativos, para diseñar un diagnóstico y una metodología para el monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua.

RESPONDA:

1. ¿Cuál cree usted que es el principal agente contaminante del agua hoy en día?
 - ☒ a. El hombre
 - b. Los animales
 - c. Las industrias
 - d. Otro
2. ¿Cantidad de agua que utiliza a diario para las labores de producción de alimentos?
 - a. 1 – 2 Botellones
 - b. 3 – 4 Botellones
 - ☒ c. 5 – 6 Botellones
 - d. Más de 6 Botellones
2. ¿Qué cantidad de agua se extrae del pozo subterráneo diariamente?
 - a. 15 – 20 litros
 - b. 20 – 25 litros
 - c. 25 – 30 litros
 - d. 30 – 35 litros
 - ☒ e. Más de 35 litros
3. ¿Con qué frecuencia se lava las manos dentro de las instalaciones de la escuela?
 - ☒ a. 2 veces al día
 - b. 3 veces al día
 - c. 5 veces al día
 - d. Más de 5 veces al día
4. ¿Toma el agua que sale directamente de la llave o grifo?
 - a. Siempre
 - b. Algunas veces
 - ☒ c. Nunca
5. ¿En qué condiciones encuentra el agua luego de ser extraída del pozo?
 - ☒ a. Olor a tierra
 - b. Turbia
 - c. Con trozos de roca
 - d. Sabor desagradable

Estudiantes de Ingeniería ambiental de la universidad Santo Tomás de Villavicencio

Figura 93. Encuestas aplicadas a los estudiantes. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.



e. Color extraño

6. ¿Cuántas veces durante su permanencia en la escuela ha sentido molestias o algún tipo de enfermedad debido al agua que consume?

☒ a. Una vez
b. Dos veces
c. Ninguna
d. Más de dos veces

7. Durante que periodos del año se puede observar un cambio en las características naturales del agua extraída del pozo.

a. Primer trimestre del año (Enero, Febrero, Marzo)
☒ b. Segundo trimestre (Abril, Mayo y Junio)
c. Tercer trimestre (Julio, Agosto y Septiembre)
d. Cuarto trimestre (Octubre, Noviembre y Diciembre)

8. ¿En qué periodos del año ha observado que hay una mayor producción de agua en el pozo?

a. Primer trimestre del año (Enero Febrero, Marzo)
☒ b. Segundo trimestre (Abril, Mayo y Junio)
c. Tercer trimestre (Julio, Agosto y Septiembre)
d. Cuarto trimestre (Octubre, Noviembre y Diciembre)

9. ¿Qué actividad es la que más realiza en el que emplea uso del agua durante el transcurso del día?

☒ a. Higiene personal
b. Bebidas
c. Alimentos
d. Lavado de ropa

10. Durante qué horas del día suele realizar más uso de agua en las instalaciones de la escuela?

☒ a. 4 – 7 a.m
b. 7 – 10 a.m
c. 10 a.m – 1 p.m
d. 1 – 4 p.m
e. Después de las 4 p.m

ENCUESTA REALIZADA POR ESTUDIANTES DE INGENIERÍA AMBIENTAL:
BRAYAM STIVEN TORO TORRES Y ANA MARÍA PARRADO REYES.

Estudiantes de ingeniería ambiental de la universidad Santo Tomas de Villavicencio

Figura 94. Encuestas aplicadas a los estudiantes. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
VILLAVICENCIO



CORMACARENA

ENCUESTA DE USO Y MANEJO DEL AGUA SUBTERRÁNEA DENTRO DE INSTITUCIÓN EDUCATIVA, INTERNADO LA PRIMAVERA

OBJETIVO: se realiza con el fin de conocer el uso y manejo del agua subterránea por parte personal de trabajo de la institución y estudiantes que se encuentran dentro de los centros educativos, para diseñar un diagnóstico y una metodología para el monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua.

RESPONDA:

1. ¿Cuál cree usted que es el principal agente contaminante del agua hoy en día?
☒ a. El hombre
b. Los animales
c. Las industrias
d. Otro
2. ¿Cantidad de agua que utiliza a diario para las labores de producción de alimentos?
a. 1 – 2 Botellones
b. 3 – 4 Botellones
c. 5 – 6 Botellones
☒ d. Más de 6 Botellones
2. ¿Qué cantidad de agua se extrae del pozo subterráneo diariamente?
a. 15 – 20 litros
b. 20 – 25 litros
c. 25 – 30 litros
d. 30 – 35 litros
☒ e. Más de 35 litros
3. ¿Con qué frecuencia se lava las manos dentro de las instalaciones de la escuela?
a. 2 veces al día
b. 3 veces al día
c. 5 veces al día
☒ d. Más de 5 veces al día
4. ¿Toma el agua que sale directamente de la llave o grifo?
a. Siempre
b. Algunas veces
☒ c. Nunca
5. ¿En qué condiciones encuentra el agua luego de ser extraída del pozo?
☒ a. Olor a tierra
b. Turbia
c. Con trozos de roca
d. Sabor desagradable

Estudiantes de ingeniería ambiental de la universidad Santo Tomás de Villavicencio

Figura 95. Encuestas aplicadas a los estudiantes. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.



e. Color extraño

6. ¿Cuántas veces durante su permanencia en la escuela ha sentido molestias o algún tipo de enfermedad debido al agua que consume?

- a. Una vez
- b. Dos veces
- c. Ninguna
- ☒ d. Más de dos veces

7. Durante que periodos del año se puede observar un cambio en las características naturales del agua extraída del pozo.

- ☒ a. Primer trimestre del año (Enero, Febrero, Marzo)
- b. Segundo trimestre (Abril, Mayo y Junio)
- c. Tercer trimestre (Julio, Agosto y Septiembre)
- d. Cuarto trimestre (Octubre, Noviembre y Diciembre)

8. ¿En qué periodos del año ha observado que hay una mayor producción de agua en el pozo?

- a. Primer trimestre del año (Enero, Febrero, Marzo)
- ☒ b. Segundo trimestre (Abril, Mayo y Junio)
- c. Tercer trimestre (Julio, Agosto y Septiembre)
- d. Cuarto trimestre (Octubre, Noviembre y Diciembre)

9. ¿Qué actividad es la que más realiza en el que emplea uso del agua durante el transcurso del día?

- ☒ a. Higiene personal
- b. Bebidas
- c. Alimentos
- d. Lavado de ropa

10. Durante qué horas del día suele realizar más uso de agua en las instalaciones de la escuela?

- ☒ a. 4 – 7 a.m
- b. 7 – 10 a.m
- c. 10 a.m – 1 p.m
- d. 1 – 4 p.m
- e. Después de las 4 p.m

ENCUESTA REALIZADA POR ESTUDIANTES DE INGENIERÍA AMBIENTAL:
BRAYAM STIVEN TORO TORRES Y ANA MARÍA PARRADO REYES.

Estudiantes de Ingeniería ambiental de la universidad Santo Tomás de Villavicencio

Figura 96. Encuestas aplicadas a los estudiantes. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.



ENCUESTA DE USO Y MANEJO DEL AGUA SUBTERRÁNEA DENTRO DE
INSTITUCION EDUCATIVA, INTERNADO LA PRIMAVERA

OBJETIVO: se realiza con el fin de conocer el uso y manejo del agua subterránea por parte personal de trabajo de la institución y estudiantes que se encuentran dentro de los centros educativos, para diseñar un diagnóstico y una metodología para el monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua.

RESPONDA:

1. ¿Cuál cree usted que es el principal agente contaminante del agua hoy en día?
☒ a. El hombre
☐ b. Los animales
☐ c. Las industrias
☐ d. Otro
2. ¿Cantidad de agua que utiliza a diario para las labores de producción de alimentos?
☐ a. 1 – 2 Botellones
☐ b. 3 – 4 Botellones
☐ c. 5 – 6 Botellones
☒ d. Más de 6 Botellones
2. ¿Qué cantidad de agua se extrae del pozo subterráneo diariamente?
☐ a. 15 – 20 litros
☐ b. 20 – 25 litros
☐ c. 25 – 30 litros
☐ d. 30 – 35 litros
☒ e. Más de 35 litros
3. ¿Con qué frecuencia se lava las manos dentro de las instalaciones de la escuela?
☐ a. 2 veces al día
☐ b. 3 veces al día
☐ c. 5 veces al día
☒ d. Más de 5 veces al día
4. ¿Toma el agua que sale directamente de la llave o grifo?
☐ a. Siempre
☐ b. Algunas veces
☒ c. Nunca
5. ¿En qué condiciones encuentra el agua luego de ser extraída del pozo?
☒ a. Olor a tierra
☐ b. Turbia
☐ c. Con trozos de roca
☐ d. Sabor desagradable

Estudiantes de Ingeniería ambiental de la universidad Santo Tomas de Villavicencio

Figura 97. Encuestas aplicadas a los estudiantes. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.



e. Color extraño

6. ¿Cuántas veces durante su permanencia en la escuela ha sentido molestias o algún tipo de enfermedad debido al agua que consume?

- ☒ Una vez
- ☐ Dos veces
- ☐ Ninguna
- ☐ Más de dos veces

7. Durante que periodos del año se puede observar un cambio en las características naturales del agua extraída del pozo.

- ☐ Primer trimestre del año (Enero, Febrero, Marzo)
- ☒ Segundo trimestre (Abril, Mayo y Junio)
- ☐ Tercer trimestre (Julio, Agosto y Septiembre)
- ☐ Cuarto trimestre (Octubre, Noviembre y Diciembre)

8. ¿En qué periodos del año ha observado que hay una mayor producción de agua en el pozo?

- ☐ Primer trimestre del año (Enero Febrero, Marzo)
- ☒ Segundo trimestre (Abril, Mayo y Junio)
- ☐ Tercer trimestre (Julio, Agosto y Septiembre)
- ☐ Cuarto trimestre (Octubre, Noviembre y Diciembre)

9. ¿Qué actividad es la que más realiza en el que emplea uso del agua durante el transcurso del día?

- ☒ Higiene personal
- ☐ Bebidas
- ☐ Alimentos
- ☐ Lavado de ropa

10. Durante qué horas del día suele realizar más uso de agua en las instalaciones de la escuela?

- ☒ 4 – 7 a.m
- ☐ 7 – 10 a.m
- ☐ 10 a.m – 1 p.m
- ☐ 1 – 4 p.m
- ☐ Después de las 4 p.m

ENCUESTA REALIZADA POR ESTUDIANTES DE INGENIERÍA AMBIENTAL:
BRAYAM STIVEN TORO TORRES Y ANA MARÍA PARRADO REYES.

Estudiantes de ingeniería ambiental de la universidad Santo Tomas de Villavicencio

Figura 98. Encuestas aplicadas a los estudiantes. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.



**ENCUESTA DE USO Y MANEJO DEL AGUA SUBTERRÁNEA DENTRO DE
INSTITUCION EDUCATIVA, INTERNADO LA PRIMAVERA**

OBJETIVO: se realiza con el fin de conocer el uso y manejo del agua subterránea por parte personal de trabajo de la institución y estudiantes que se encuentran dentro de los centros educativos, para diseñar un diagnóstico y una metodología para el monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua.

RESPONDA:

1. ¿Cuál cree usted que es el principal agente contaminante del agua hoy en día?
☒ a. El hombre
☐ b. Los animales
☐ c. Las industrias
☐ d. Otro
2. ¿Cantidad de agua que utiliza a diario para las labores de producción de alimentos?
☐ a. 1 – 2 Botellones
☐ b. 3 – 4 Botellones
☐ c. 5 – 6 Botellones
☒ d. Más de 6 Botellones
2. ¿Qué cantidad de agua se extrae del pozo subterráneo diariamente?
☐ a. 15 – 20 litros
☐ b. 20 – 25 litros
☐ c. 25 – 30 litros
☐ d. 30 – 35 litros
☒ e. Más de 35 litros
3. ¿Con qué frecuencia se lava las manos dentro de las instalaciones de la escuela?
☐ a. 2 veces al día
☐ b. 3 veces al día
☐ c. 5 veces al día
☒ d. Más de 5 veces al día
4. ¿Toma el agua que sale directamente de la llave o grifo?
☐ a. Siempre
☒ b. Algunas veces
☐ c. Nunca
5. ¿En qué condiciones encuentra el agua luego de ser extraída del pozo?
☒ a. Olor a tierra
☐ b. Turbia
☐ c. Con trozos de roca
☐ d. Sabor desagradable

Estudiantes de Ingeniería ambiental de la universidad Santo Tomas de Villavicencio

Figura 99. Encuestas aplicadas a los estudiantes. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.



e. Color extraño

6. ¿Cuántas veces durante su permanencia en la escuela ha sentido molestias o algún tipo de enfermedad debido al agua que consume?

☒ a. Una vez
☐ b. Dos veces
☐ c. Ninguna
☐ d. Más de dos veces

7. Durante que periodos del año se puede observar un cambio en las características naturales del agua extraída del pozo.

☐ a. Primer trimestre del año (Enero, Febrero, Marzo)
☒ b. Segundo trimestre (Abril, Mayo y Junio)
☐ c. Tercer trimestre (Julio, Agosto y Septiembre)
☐ d. Cuarto trimestre (Octubre, Noviembre y Diciembre)

8. ¿En qué periodos del año ha observado que hay una mayor producción de agua en el pozo?

☐ a. Primer trimestre del año (Enero Febrero, Marzo)
☒ b. Segundo trimestre (Abril, Mayo y Junio)
☐ c. Tercer trimestre (Julio, Agosto y Septiembre)
☐ d. Cuarto trimestre (Octubre, Noviembre y Diciembre)

9. ¿Qué actividad es la que más realiza en el que emplea uso del agua durante el transcurso del día?

☒ a. Higiene personal
☐ b. Bebidas
☐ c. Alimentos
☐ d. Lavado de ropa

10. Durante qué horas del día suele realizar más uso de agua en las instalaciones de la escuela?

☒ a. 4 – 7 a.m
☐ b. 7 – 10 a.m
☐ c. 10 a.m – 1 p.m
☐ d. 1 – 4 p.m
☐ e. Después de las 4 p.m

ENCUESTA REALIZADA POR ESTUDIANTES DE INGENIERÍA AMBIENTAL:
 BRAYAM STIVEN TORO TORRES Y ANA MARÍA PARRADO REYES.

Estudiantes de ingeniería ambiental de la universidad Santo Tomas de Villavicencio

Figura 100. Encuestas aplicadas a los estudiantes. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

Anexo H. Resultados originales de los análisis de laboratorio que fueron entregados por Tecno ambiental

 **TECNO Ambiental S.a.s.**
Asesoría y laboratorio

 INSTITUTO NACIONAL DE SALUD
 IDEAM

Página 1 de 1 RESULTADO DE ANALISIS

T.A. 30671

MUESTRA No. 1

Solicitante: BRAYAM TORO Dirección: Calle 10 # 10 B - 88
Contacto: Brayam Toro Teléfonos: 3158917832

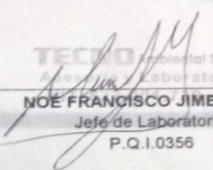
Clase de muestra: Agua Subterránea Tipo de muestra: Puntual
Fecha de toma: 2017/11/16 Hora de Toma: 17:30

Departamento: Meta Municipio: Puerto Rico
Vereda/Barrio: La Rivera Fuente: Pozo Subterráneo

Punto: Parte Superficial del Pozo Lugar de muestreo: Escuela Ecoeficiente las Palmas - Puerto Rico, Meta
Fecha Recepción: 2017/11/17 Fecha de emisión del reporte: 2017/12/07

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO			
PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO
ALCALINIDAD	mg CaCO ₃ /L	SM 2320 B	< 3
COLOR APARENTE	UPC	SM 2120 B	8
DUREZA TOTAL	mg CaCO ₃ /L	SM 2340 C	2
FOSFATOS	mg P-PO ₄ ⁻³	SM 4500 P D	< 0,15
MAGNESIO TOTAL	mg Mg/L	SM 3500 Mg B	< 1
MANGANESO	mg Mn/L	SM 3030 F, SM 3111 B	< 0,01
NITRATOS	mg N-NO ₃ /L	SM 4500 NO ₃ B	< 0,3
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES**	mg/L	SM 2540 D	1,72
TURBIEDAD	NTU	SM 2130 B	2,0

** Reporte Laboratorio Externo.


NOÉ FRANCISCO JIMÉNEZ M..
Jefe de Laboratorio
P.Q.1.0356

Los resultados indicados como < (menor que) corresponden a los límites de detección de los métodos de ensayo
Muestreo realizado por EL SOLICITANTE.
Resultados válidos únicamente para las muestras analizadas
Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de TECNOAmbiental SAS
TF0055/REV15/ FIN DEL RESULTADO

Calle 40 No. 25 - 91 Barrio El Emporio - Villavicencio - Telefax: 664 1235 / 664 3618
E-mail: tecnoambiental_sas@yahoo.com

Figura 101. Datos originales de las muestras de agua, adaptado de Tecnoambiental. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.



TECNO Ambiental S.a.s.
Asesoría y laboratorio



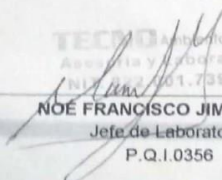

RESULTADO DE ANALISIS

Página 1 de 1 T.A. 30672

MUESTRA No.	2	Dirección:	Calle 10 # 10 B - 88
Solicitante:	BRAYAM TORO	Teléfonos:	3158917832
Contacto:	Brayam Toro	Tipo de muestra:	Puntual
Clase de muestra:	Agua Subterránea	Hora de Toma:	17:35
Fecha de toma:	2017/11/16	Municipio:	Puerto Rico
Departamento:	Meta	Fuente:	Pozo Subterráneo
Vereda/Barrio:	La Rivera	Lugar de muestreo:	Escuela Ecoeficiente las Palmas - Puerto Rico, Meta
Punto:	Profundidad	Fecha de emisión del reporte:	2017/12/07
Fecha Recepción:	2017/11/17		

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO			
PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO
ALCALINIDAD	mg CaCO ₃ /L	SM 2320 B	< 3
COLOR APARENTE	UPC	SM 2120 B	8
DUREZA TOTAL	mg CaCO ₃ /L	SM 2340 C	2
FOSFATOS	mg P-PO ₄ ⁻³	SM 4500 P D	< 0,15
MAGNESIO TOTAL	mg Mg/L	SM 3500 Mg B	< 1
MANGANESO	mg Mn/L	SM 3030 F, SM 3111 B	0,01
NITRATOS	mg N-NO ₃ /L	SM 4500 NO ₃ B	< 0,3
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES**	mg/L	SM 2540 D	1,56
TURBIEDAD	NTU	SM 2130 B	2,5

** Reporte Laboratorio Externo.



NOE FRANCISCO JIMENEZ M..
Jefe de Laboratorio
P.Q.I.0356

Los resultados indicados como < (menor que) corresponden a los límites de detección de los métodos de ensayo
 Muestreo realizado por EL SOLICITANTE.
 Resultados válidos únicamente para las muestras analizadas
 Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de TECNOAmbiental SAS

TF0055/REV/5/ FIN DEL RESULTADO

Calle 40 No. 25 - 91 Barrio El Emporio - Villavicencio - Telefax: 664 1235 / 664 3618
 E-mail: tecnoambiental_sas@yahoo.com

Figura 102. Datos originales de las muestras de agua, adaptado de Tecnoambiental. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

TECNO Ambiental S.a.s.
Asesoría y laboratorio

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD
IDEAM

Página 1 de 1 **RESULTADO DE ANALISIS** T.A. 30673

MUESTRA No. 3

Solicitante: BRAYAM TORO **Dirección:** Calle 10 # 10 B - 88

Contacto: Brayam Toro **Teléfonos:** 3158917832

Clase de muestra: Agua Subterránea **Tipo de muestra:** Puntual

Fecha de toma: 2017/11/17 **Hora de Toma:** 8:30

Departamento: Meta **Municipio:** Puerto Rico

Vereda/Barrio: Barranco Colorado **Fuente:** Pozo Subterráneo

Punto: Parte Superficial del Pozo **Lugar de muestreo:** Escuela Ecoeficiente la Primavera - Puerto Rico, Meta

Fecha Recepción: 2017/11/17 **Fecha de emisión del reporte:** 2017/12/07

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO			
PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO
ALCALINIDAD	mg CaCO ₃ /L	SM 2320 B	26
COLOR APARENTE	UPC	SM 2120 B	35
DUREZA TOTAL	mg CaCO ₃ /L	SM 2340 C	16
FOSFATOS	mg P-PO ₄ ⁻³	SM 4500 P D	< 0,15
MAGNESIO TOTAL	mg Mg/L	SM 3500 Mg B	2
MANGANESO	mg Mn/L	SM 3030 F, SM 3111 B	0,02
NITRATOS	mg N-NO ₃ /L	SM 4500 NO ₃ B	< 0,3
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES**	mg/L	SM 2540 D	29,9
TURBIEDAD	NTU	SM 2130 B	32

** Reporte Laboratorio Externo.

NOE FRANCISCO JIMENEZ M.,
Jefe de Laboratorio
P.Q.I.0356

Los resultados indicados como < (menor que) corresponden a los límites de detección de los métodos de ensayo
Muestreo realizado por EL SOLICITANTE.
Resultados válidos únicamente para las muestras analizadas
Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de TECNOAmbiental SAS
TF0055/REV/5/ FIN DEL RESULTADO

Calle 40 No. 25 - 91 Barrio El Emporio - Villavicencio - Telefax: 664 1235 / 664 3618
E-mail: tecnoambiental_sas@yahoo.com

Figura 103. Datos originales de las muestras de agua, adaptado de Tecnoambiental. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

 **TECNO Ambiental S.a.s.**
Asesoría y laboratorio

 INSTITUTO NACIONAL DE SALUD

 IDEAM

Página 1 de 1

RESULTADO DE ANALISIS

T.A. 30674

MUESTRA No. 4

Solicitante: BRAYAM TORO Dirección: Calle 10 # 10 B - 88
 Contacto: Brayam Toro Teléfonos: 3158917832

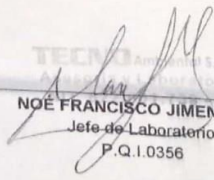
Clase de muestra: Agua Subterránea Tipo de muestra: Puntual
 Fecha de toma: 2017/11/17 Hora de Toma: 8:38

Departamento: Meta Municipio: Puerto Rico
 Vereda/Barrio: Barranco Colorado Fuente: Pozo Subterráneo

Punto: Profundidad del Pozo Lugar de muestreo: Escuela Ecoeficiente de Puerto Rico, Meta
 Fecha Recepción: 2017/11/17 Fecha de emisión del reporte: 2017/12/07

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO			
PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO
ALCALINIDAD	mg CaCO ₃ /L	SM 2320 B	25
COLOR APARENTE	UPC	SM 2120 B	25
DUREZA TOTAL	mg CaCO ₃ /L	SM 2340 C	15
FOSFATOS	mg P-PO ₄ ⁻³	SM 4500 P D	< 0,15
MAGNESIO TOTAL	mg Mg/L	SM 3500 Mg B	2
MANGANESO	mg Mn/L	SM 3030 F, SM 3111 B	0,02
NITRATOS	mg N-NO ₃ /L	SM 4500 NO ₃ B	< 0,3
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES**	mg/L	SM 2540 D	65
TURBIEDAD	NTU	SM 2130 B	27

** Reporte Laboratorio Externo


NOÉ FRANCISCO JIMÉNEZ M.
 Jefe de Laboratorio
 P.Q.I. 0356

Los resultados indicados como < (menor que) corresponden a los límites de detección de los métodos de ensayo
 Muestreo realizado por EL SOLICITANTE.
 Resultados válidos únicamente para las muestras analizadas
 Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de TECNOAmbiental SAS

TF0055/REV/5/

FIN DEL RESULTADO

Calle 40 No. 25 - 91 Barrio El Emporio - Villavicencio - Telefax: 664 1235 / 664 3618
 E-mail: tecnoambiental_sas@yahoo.com

Figura 104. Datos originales de las muestras de agua, adaptado de Tecnoambiental. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

Anexo I. Resultados de pruebas bioquímicas realizadas de manera opcional en laboratorio

Debido a la diversidad de especies bacterianas existentes en la naturaleza, la información obtenida a través de tinciones, aunque importante, no es suficiente para identificar una especie bacteriana. Por lo mismo, es necesario también detectar las propiedades fisiológicas y bioquímicas de cada microorganismo. Dichas propiedades son características más puntuales por cuanto demuestran la existencia de enzimas, las cuales son la expresión de un determinado gen en el ADN bacteriano.

Resultados pruebas Bioquímicas vereda la rivera, internado las Palmas

Tabla 28.

Resultados de las pruebas bioquímicas

Agar Salmonella Shigella muestra 1 10-4 duplicada			
Procedimiento	Resultados		
Catalasa	Positiva		
Oxidasa	Negativa		
CIT	Negativo		
LIA	K/K	Gas negativo	H2S negativo
TSI	A/A	Gas negativo	H2S negativo
SIM	Negativo	Sin movilidad	
IDOL	Negativo		
MR	Positivo	Rojo	
VP	Negativo	Amarillo	
MANITOL	Positivo		

Nota: Resultados de las pruebas bioquímicas de los análisis microbiológicos analizados en el pozo de abastecimiento. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

Tabla 29.

Resultados de las pruebas bioquímicas

Agar Salmonella muestra 1 10-4 duplicada C.A.			
Procedimiento	Resultados		
Catalasa	Levemente positiva		
Oxidasa	Positiva		
CIT	Positivo		
LIA	A/A	Gas positivo	H2S positivo
TSI	A/A	Gas positivo	H2S negativo
SIM	Negativo	No movilidad	
IDOL	Negativo		
MR	Negativo	Amarillo	
VP	Negativo	Amarillo	
MANITOL	Positivo		

Nota: Resultados de las pruebas bioquímicas de los análisis microbiológicos analizados en el pozo de abastecimiento. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

Tabla 30.

Resultados de las pruebas

Agar MacConkey muestra 1 10-4 duplicada T.P			
Procedimiento	Resultados		
Catalasa	Débilmente negativa		
Oxidasa	Negativa		
CIT	Positivo		
LIA	K/A	Gas positivo	H ₂ S negativo
TSI	A/A	Gas positivo	H ₂ S negativo
SIM	Negativo	No movilidad	

IDOL	Negativo	
Tabla 30. (continuación)		
MR	Negativo	Amarillo
VP	Negativo	Amarillo
Manitol	Negativo	

Nota: Resultados de las pruebas bioquímicas de los análisis microbiológicos analizados en el pozo de abastecimiento. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

La catasa para las diferentes pruebas realizadas con las muestras de la vereda la Rivera internado las Palmas eran tomadas de diferentes colonias formadas, sin embargo de las tablas 29- 30 el mayor porcentaje dieron resultados positivos. El fundamento de esta prueba es determinar la presencia de esta enzima; la catalasa es una enzima que degrada el peróxido de hidrógeno obteniendo agua y oxígeno, los microorganismos poseen mecanismo de defensa enzimáticos para protegerse de las especies tóxicas del oxígeno como lo es el peróxido de hidrógeno.

La oxidasa para las 3 pruebas, los resultados fueron 2 negativos, es decir que de las muestras tomadas para el pozo de la Rivera la catalasa fue negativa, mediante esta prueba se puede determinar la presencia de enzimas oxidasas. Las enzimas oxidativas, conocidas como oxidasas, aceleran las reacciones de oxidación, y las reductoras las reacciones de reducción en las que se libera oxígeno. La enzima que controla la descomposición de la urea recibe el nombre de ureasa; aquellas que controlan la hidrólisis de proteínas se denominan proteasas.

En la prueba de Agar citrato Simmons o CIT para las muestras de la vereda la Rivera en su mayoría arrojaron un resultado positivo.

El fundamento de esta prueba es la utilización de citrato como única fuente de carbono es una prueba útil en la identificación de enterobacterias. El medio originalmente es de color verde, pero a medida que la bacteria usa citrato, este se va alcalinizando y tornándose de color azul intenso, con un pH de 7,6.

Los resultados de las muestras arrojaron resultado positivo por alcalinización es decir ocurrió un cambio de color de verde al azul.

En la prueba del Agar de hierro Lisiana o LIA para este caso en cada una de las pruebas arrojó resultados distintos puesto que cada colonia encontrada en las muestras del pozo de la vereda la Rivera cuenta con características distintas. El fundamento de esta prueba es que es un medio diferencial para enterobacterias, con esto se puede determinar los indicadores del pH, el cual es de color amarillo a pH igual o menor a 5,2 y de color violeta a pH igual o mayor a 8,8.

Se dice que si el resultado es K/K significa que hay dextracarboxilación de lisina y se torna de color violeta con producción o no de gas y se torna de un color negro cuando hay presencia de H₂S.

Si el resultado es K/A es porque se torna de color violeta en el pico y color amarillo en la parte inferior, si hay desplazamiento del Agar significa que hay presencia de gas y si toma un color negro es porque hay presencia de H₂S. Además, K/A define que hay fermentación de la glucosa y dextracarboxilación de lisina.

Si el resultado es A/A es porque se torna de un color solo amarillo y depende si hay o no desplazamiento para determinar la presencia de gas y color oscuro para determinar la presencia de H₂S. Por otro lado, en este resultado se deduce que ocurre una reacción ácida. Hay desaminación de lisina y fermentación de la glucosa.

En la prueba del Agar tres azúcares de hierro o TSI, el fundamento es un medio diferencial para Enterobacterias, es una prueba usada para la fermentación de la glucosa, lactosa y sacarosa y la producción de H₂S por parte de la bacteria sumándole producción de gas.

Para las pruebas realizadas de las muestras de la vereda la Rivera el TSI, se obtuvo el mismo resultado A/A, lo cual hace referencia a que se emplean los 3 azúcares y se torna de color amarillo totalmente, si hay desplazamiento del Agar se dice que hay presencia de gas y si cambia a color negro en algunas partes, se define como presencia de H₂S.

En las pruebas de rojo de Metilo, Voges Proskauer o MR-VP para las muestras de la vereda la Rivera todas dieron resultados iguales. El fundamento de esta prueba se compone de dos pruebas:

La primera es la prueba del rojo de metilo la cual estudia la fermentación de la glucosa por vía ácido mixta con la producción de ácidos orgánicos. Las bacterias rojo de metilo + si se tornan de color amarillo producen ácidos estables, es decir que no continúan siendo degradados a otros productos y por tanto el medio se mantiene ácido.

Por el contrario en las bacterias rojo de metilo – es decir se torna de color amarillo, los ácidos formados durante la fermentación ácido mixta de la glucosa continúan siendo degradados a carbonatos y CO₂ por ello la acidez no se mantiene.

En este caso las pruebas realizadas en su totalidad arrojaron resultados negativos para MR-VP. La segunda prueba de Voges Proskauer estudia la fermentación de la glucosa por vía butilenglicólica con producción de acetoina como compuesto intermedio. Las bacterias pueden usar varias vías fermentativas según el sistema enzimático que cada una posea.

Si se produce una coloración rojiza el resultado es positivo y en este caso todas las pruebas se tornaron de color amarillo es decir con resultados negativos, no ocurre fermentación butanodiolica.

Para la prueba de Agar Manitol Hipersalino, de las pruebas realizadas de las muestras de la vereda la Rivera en su mayoría arrojó resultado positivo tornándose todo el medio de color amarillo. El fundamento de esta prueba se trata de un medio selectivo y diferencial para aislamiento de *Staphylococcus* sp. Debido a su alta concentración salina.

Los estafilococos crecen fácilmente sobre casi todos los medios bacteriológicos, en cultivos su crecimiento es mejor en el medio sal manitol y agar sangre.

Es un coco anaerobio facultativo, esto significa que puede crecer tanto en condiciones con oxígeno como carente de éste. Para la prueba de producción de H₂S, formación de indol y movilidad o SIM, en las muestras estudiadas de la vereda la Rivera arrojaron resultados negativos por unanimidad, lo cual a partir del fundamento de la prueba significa que al comprobar la producción de indol, ácido pirúvico y amoníaco como productos de la hidrólisis o desaminación del tripófano, el tripófano es un aminoácido constituyente de muchas peptonas y particularmente de la triptena y puede ser metabolizado por algunas bacterias para formar indol.

Las muestras se leen y se definen sus resultados dependiendo de:

Si hay presencia de turbidez o crecimiento más allá de la línea de siembra, se dice que la movilidad es positiva y si el crecimiento solamente es sobre la línea de siembra la movilidad es negativa.

Por otro lado, hay presencia de H₂S si en el medio de cultivo hay ennegrecimiento a lo largo de la línea de siembra o en todo el medio. En las pruebas esto no ocurrió.

Para la lectura del indol se agregan 2 gotas del reactivo Kovacs y en este caso dio negativo porque se tornó un anillo sobre el medio de color amarillo y para que dé positivo se deberá tornar rojo.

Resultados pruebas Bioquímicas vereda la Barranco Colorado, internado la Primavera:

Tabla 31.

Resultados de las pruebas bioquímicas

Agar Salmonella EMB muestra 2 10-3 duplicada Cepa 1			
Procedimiento	Resultados		
Catalasa	Positiva		
Oxidasa	Positiva		
CIT	Negativo		
LIA	A/A	Gas positivo	H ₂ S positivo
TSI	A/A	Gas positivo	H ₂ S positivo

Tabla 31. (continuación)		
SIM	Negativo	No movilidad
IDOL	Negativo	
MR	Negativo	Amarillo
VP	Negativo	Amarillo
MANITOL	Positivo	

Nota: Resultados de las pruebas bioquímicas de los análisis microbiológicos analizados en el pozo de abastecimiento. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

Tabla 32.

Resultados de las pruebas bioquímicas.

Agar Mac Conkey muestra 2 10-3 duplicada 2			
Procedimiento	Resultados		
Catalasa	Débilmente negativa		
Oxidasa	Positiva		
CIT	Negativo		
LIA	K/A	Gas positivo	H2S positivo
TSI	K/A	Gas positivo	H2S negativo
SIM	Positivo	Movilidad	H2S negativo
IDOL	Negativo		
Tabla 32. (continuación)			
MR	Negativo	Color amarillo	
VP	Negativo	Color amarillo	
MANITOL	Positivo		

Nota: Resultados de las pruebas bioquímicas de los análisis microbiológicos analizados en el pozo de abastecimiento. Por Brayam Toro, Ana Parrado, 2018.

Tabla 33.

Resultados de las pruebas bioquímicas.

Agar EMB 2 10-3 duplicada F.V			
Procedimiento	Resultados		
Catalasa	Débilmente negativa		
Oxidasa	Positiva		
CIT	Negativo		
LIA	K/A	Gas positivo	H2S negativo
TSI	A/A	Gas positivo	H2S negativo
SIM	Positivo	Movilidad	
IDOL	Negativo		
MR	Negativo	Amarillo	
VP	Negativo	Amarillo	
Manitol	Positivo		

Nota: Resultados de las pruebas bioquímicas de los análisis microbiológicos analizados en el pozo de abastecimiento. Por Brayam Toro, 2018.

La catasa para las diferentes pruebas realizadas con las muestras de la vereda Barranco Colorado internado la Primavera eran tomadas de diferentes colonias formadas, sin embargo de las tablas 14- 16 el mayor porcentaje dieron resultados debillmente negatvo. El fundamento de esta prueba es determiar la presencia de esta enzina; la catalasa es una ezima que degrada el peroxido de hidrogeno obteniendo agua y oxigeno, los microorganismos poseen mecanismo de defenza enzimaticos para protegerse de las especies toxicas del oxigeno como lo es el peroxido de hidrogeno.

La oxidasa para las 3 pruebas, los resultados fueron todos positivos, es decir que de las muestras tomadas para el pozo de Barranco Colorado fue positiva, mediante esta prueba se puede determinar la presencia de enzimas oxidasas.

Las enzimas oxidativas, conocidas como oxidasas, aceleran las reacciones de oxidación, y las reductoras las reacciones de reducción en las que se libera oxígeno. La enzima que controla la descomposición de la urea recibe el nombre de ureasa; aquellas que controlan la hidrólisis de proteínas se denominan proteasas.

En la prueba de Agar citrato Simmons o CIT para las muestras de la vereda Barraco Colorado en su totalidad arrojaron un resultado negativo.

El fundamento de esta prueba es la utilización de citrato como única fuente de carbono es una prueba útil en la identificación de enterobacterias. El medio originalmente es de color verde, pero a medida que la bacteria usa citrato, este se va alcalinizando y tornando de color azul intenso, con un pH de 7,6.

Los resultados de las muestras arrojaron resultado negativo por alcalinización es decir no ocurrió un cambio de color de verde al azul, se quedó el mismo color verde del Agar.

En la prueba del Agar de hierro Lisiana o LIA para este caso dos de las pruebas obtuvieron los mismos resultados K/A y solo una presentó coloración A/A distinta, las muestras fueron tomadas del pozo de la vereda Barranco Colorado y sus características en ciertas ocasiones pueden presentar cambio que alteran los resultados. El fundamento de esta prueba es que es un medio diferencial para enterobacterias, con esto se puede determinar los indicadores del pH, el cual es de color amarillo a pH igual o menor a 5,2 y de color violeta a pH igual o mayor a 8,8.

Se dice que si el resultado es K/K significa que hay dextracarboxilación de lisina y se torna de color violeta con producción o no de gas y se torna de un color negro cuando hay presencia de H₂S.

Si el resultado es K/A es porque se torna de color violeta en el pico y color amarillo en la parte inferior, si hay desplazamiento del Agar significa que hay presencia de gas y si toma un color negro es porque hay presencia de H₂S. Además, K/A define que hay fermentación de la glucosa y dextracarboxilación de lisina.

Si el resultado es A/A es porque se torna de un color solo amarillo y depende si hay o no desplazamiento para determinar la presencia de gas y color oscuro para determinar la presencia de H₂S. Por otro lado, en este resultado se deduce que ocurre una reacción acida. Hay desaminación de lisina y fermentación de la glucosa.

En la prueba del Agar tres azúcares de hierro o TSI, el fundamento es un medio diferencial para Enterobacterias, es una prueba usada para la fermentación de la glucosa, lactosa y sacarosa y la producción de H₂S por parte de la bacteria sumándole producción de gas.

-Para las pruebas realizadas de las muestras de la vereda Barranco Colorado el TSI, se obtuvo en su mayoría dos resultados A/A y uno K/A, lo cual hace referencia a que se emplean los 3 azúcares y se torna de color amarillo totalmente, si hay desplazamiento del Agar se dice que hay presencia de gas y si cambia a color negro en algunas partes, se define como presencia de H₂S.

En las pruebas de rojo de Metilo, Voges Proskauer o MR-VP para las muestras de la vereda Barranco Colorado todas dieron resultados iguales. El fundamento de esta prueba se compone de dos pruebas:

La primera es la prueba del rojo de metilo la cual estudia la fermentación de la glucosa por vía ácido mixta con la producción de ácidos orgánicos. Las bacterias rojo de metilo + si se tornan de color amarillo producen ácidos estables, es decir que no continúan siendo degradados a otros productos y por tanto el medio se mantiene ácido.

Por el contrario en las bacterias rojo de metilo – es decir se torna de color amarillo, los ácidos formados durante la fermentación ácido mixta de la glucosa continúan siendo degradados a carbonatos y CO₂ por ello la acidez no se mantiene.

En este caso las pruebas realizadas en su totalidad arrojaron resultados negativos para MR-VP.

La segunda prueba de Voges Proskauer estudia la fermentación de la glucosa por vía butilenglicólica con producción de acetoina como compuesto intermedio.

Las bacterias pueden usar varias vías fermentativas según el sistema enzimático que cada una posea.

Si se produce una coloración rojiza el resultado es positivo y en este caso todas las pruebas se tornaron de color amarillo es decir con resultados negativos, no ocurre fermentación butanodiolica.

Para la prueba de Agar Manitol Hipersalino, de las pruebas realizadas de las muestras de la vereda Barranco Colorado en su totalidad arrojó resultado positivo tornándose todo el medio de color amarillo. El fundamento de esta prueba se trata de un medio selectivo y diferencial para aislamiento de *Staphylococcus* sp. Debido a su alta concentración salina.

Los estafilococos crecen fácilmente sobre casi todos los medios bacteriológicos, en cultivos su crecimiento es mejor en el medio sal manitol y agar sangre. Es un coco anaerobio facultativo, esto significa que puede crecer tanto en condiciones con oxígeno como carente de éste.

Para la prueba de producción de H_2S , formación de indol y movilidad o SIM, en las muestras estudiadas de la vereda Barranco Colorado arrojaron resultados positivos para movilidad y negativos para indol, lo cual a partir del fundamento de la prueba significa que al comprobar la producción de indol, ácido pirúvico y amoníaco como productos de la hidrólisis o desaminación del triptófano, el triptófano es un aminoácido constituyente de muchas peptonas y particularmente de la triptina y puede ser metabolizado por algunas bacterias para formar indol.

Las muestras se lean y se definen sus resultados dependiendo de:

Si hay presencia de turbidez o crecimiento más allá de la línea de siembra, se dice que la movilidad es positiva y si el crecimiento solamente es sobre la línea de siembra la movilidad es negativa.

En este caso las pruebas dieron resultados positivos en movilidad es decir hubo crecimiento más allá de la línea de siembra. -Por otro lado, hay presencia de H_2S si en el medio de cultivo hay ennegrecimiento a lo largo de la línea de siembra o en todo el medio. En las pruebas esto no ocurrió.

Para la lectura del idol se agregan 2 gotas del reactivo kovacs y en este caso dio negativo porque se tornó un anillo sobre el medio de color amarillo y para que dé positivo se deberá tornar rojo.

Anexo J. Manual para el monitoreo, seguimiento y control de la calidad del agua subterránea en dos escuelas ecoeficientes en Puerto Rico, Meta

Este manual se encontrará en un archivo a parte nombrado 2018anaparrado_brayamtoro1 ya que será un documento adicional y será entregado a su vez a la entidad CORMACARENA.