

APOYO Y ASISTENCIA TÉCNICA DE INGENIERÍA AMBIENTAL A LA
FUNDACIÓN INNOVAGEN EN EL PROYECTO “USO Y MANEJO DEL AGUA
Y SU RELACIÓN CON ENFERMEDADES INFECCIOSAS EMERGENTES EN
LOS MUNICIPIOS DE BOLÍVAR, POPAYÁN, SAN SEBASTIÁN Y TIMBIO DEL
DEPARTAMENTO DEL CAUCA”

CHRISTIAN DAVID MUÑOZ MOSCOSO
Código No. 49092070



UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL
POPAYÁN
2016

APOYO Y ASISTENCIA TÉCNICA DE INGENIERÍA AMBIENTAL A LA
FUNDACIÓN INNOVAGEN EN EL PROYECTO “USO Y MANEJO DEL
AGUA Y SU RELACIÓN CON ENFERMEDADES INFECCIOSAS
EMERGENTES EN LOS MUNICIPIOS DE BOLÍVAR, POPAYÁN, SAN
SEBASTIÁN Y TIMBIO DEL DEPARTAMENTO DEL CAUCA”

CHRISTIAN DAVID MUÑOZ MOSCOSO
Código No. 49092070

Informe final de trabajo de grado, modalidad de práctica profesional
empresarial, como requisito parcial para optar el título de Ingeniero Ambiental

Director
Ph.D. Juan Carlos Casas Zapata
Codirectora
Ph.D (c) Claudia Patricia Acosta Astaiza



UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL
POPAYÁN
2016

Nota de Aceptación:

Firma de Jurado 1

Firma de Jurado 2

Popayán, 28 de julio de 2016

DEDICATORIA

Este trabajo de grado va dedicado a personas muy especiales, que siempre han estado apoyándome y dando lo mejor de si para que siga progresando personal y profesionalmente.

A **Luz Dary Moscoso**, mi querida mamá que siempre ha estado en los buenos y malos momentos, siempre ha salido de inconvenientes, eres ejemplo de lucha y dedicación. Todos los días le pido a Dios que siempre nos acompañe

A **Fernando Muñoz**, gracias por sus consejos y tiempo, por estar pendiente en mi vida, por su apoyo en todo momento.

A mis hermanas. **Yina Fernanda Muñoz, Sandra Milena Muñoz**, mi mejores ejemplos de perseverancia y compromiso, muchas gracias por su apoyo incondicional.

A **Adriana Muñoz**, gracias por tu compañía y apoyo en estos últimos meses.

AGRADECIMIENTOS

Primero quiero agradecer a Dios por darme la oportunidad de vivir, agradecer a mi familia por su apoyo incondicional en todo momento, por su paciencia, ha sido un privilegio contar con su guía y su ayuda.

Gracias a la Fundación InnoVA Gen por brindarme la oportunidad de realizar mi trabajo de pasantía, al Doctor Hernan Sierra por su compañía y consejos, a la Doctora Patricia Acosta por su atención y amabilidad en todo lo referente a este trabajo de grado.

Gracias a la Unidad de Salud Ambiental, Astrid Aguilar, Carolina Fernández José Fernando Ordoñez, Doctora Patricia Acosta, sin ustedes esta pasantía no hubiera sido la misma, son un gran equipo de profesionales y personas, de los cuales he aprendido muchas cosas.

CONTENIDO	Pag
RESUMEN	8
INTRODUCCIÓN	11
1. OBJETIVOS	12
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	12
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
2. GENERALIDADES	13
3. METODOLOGIA.....	14
3.1. REALIZAR EL PROCESO DE MUESTREO PARA LA OBTENCIÓN DE PRUEBAS PILOTO DE CALIDAD DE AGUA EN LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO PRIORIZADOS EN LOS MUNICIPIOS	14
3.1.1 Definición del tipo de análisis	14
3.1.2. Número de Muestras y Sitio del Muestreo	15
3.1.3. Material de Recolección y Codificación de Muestras.....	15
3.2 INSPECCIONAR SANITARIAMENTE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO PRIORIZADOS EN LOS CUATRO MUNICIPIOS.....	16
3.3. GEORREFERENCIAR BOCATOMAS, FOCOS DE CONTAMINACIÓN DE INTERÉS, Y COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN PRIORIZADOS EN LOS MUNICIPIOS	17
3.4. MAPA DE RIESGO	17
4. EJECUCIÓN	19
4.1. PROCESO DE MUESTREO PARA LA OBTENCIÓN DE PRUEBAS PILOTO DE CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA EN LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO	19
4.1.1. Capacitación a fontaneros o representantes de los acueductos priorizados.....	20
4.1.2. Definición de rutas estratégicas.....	22
4.1.3. Recolección de muestras de agua para análisis microbiológico.....	22
4.1.4. Análisis de Laboratorio:.....	24
4.2. INSPECCIÓN SANITARIA DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO.....	24
4.3. GEORREFERENCIACION DE BOCATOMAS, FOCOS DE CONTAMINACIÓN, Y COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN	24
4.4. ELABORACIÓN DE LOS MAPAS DE RIESGO.....	25
5. RESULTADOS Y ANÁLISIS	26

5.1. PROCESO DE MUESTREO PARA LA OBTENCIÓN DE PRUEBAS PILOTO DE CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA EN LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTOS.	26
5.2. INSPECCIÓN SANITARIA DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO.....	36
5.3. GEORREFERENCIACION DE BOCATOMAS, FOCOS DE CONTAMINACIÓN, Y COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN.....	38
5.4. MAPA DE RIESGO	46
6. CONCLUSIONES	51
7. RECOMENDACIONES.....	52
BIBLIOGRAFÍA.....	53
ANEXOS.....	54

RESUMEN

El proyecto “Uso y manejo del agua y su relación con enfermedades infecciosas emergentes en ocho municipios del departamento del Cauca”, tiene como uno de sus propósitos realizar la identificación de los sitios de interés según la población a riesgo, establecida a través del diagnóstico participativo desarrollado en anteriores actividades. Se logró priorizar un número de acueductos rurales para realizar una caracterización completa de los diferentes componentes del sistema de abastecimiento y focos de contaminación.

El desarrollo de esta pasantía reconoce que es importante validar la información obtenida sobre la percepción de la calidad del agua que consumen las comunidades, y evidenciar aún más las diferentes problemáticas relacionadas con la salud ambiental y el agua que afectan a la población rural. Implementando estrategias para la recolección de información verídica y relevante que permita comunicar a los diferentes actores la importancia del buen uso y manejo del agua; y en caso de prácticas inadecuadas, incidentes sobre el recurso hídrico, alertar de las posibles enfermedades infecciosas emergentes como la provocada por *Helicobacter Pylori*.

Este trabajo contiene el reporte de la identificación de los sitios de interés según población a riesgo en los Municipios de Bolívar, Popayán, San Sebastián y Timbío del departamento del Cauca; donde se obtuvo la georreferenciación y caracterización de sitios de interés y la inspección a los sistemas de abastecimiento y focos de contaminación, así como también la realización de pruebas piloto de calidad de agua para la evaluación de los sistemas de abastecimiento.

Finalmente, se destacan conclusiones y recomendaciones presentando en anexos, que tiene como finalidad evidenciar las herramientas utilizadas para la ejecución del trabajo realizado e información general sobre el estudio de campo.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de contaminación – escala de colores	26
Tabla 2. Resultados del análisis microbiológico de la calidad de agua municipio de Bolívar.....	27
Tabla 3. Resultados del análisis microbiológico de la calidad de agua municipio de Popayán.....	28
Tabla 4. Resultados del análisis microbiológico de la calidad de agua municipio de San Sebastián.....	29
Tabla 5. Resultados del análisis microbiológico de la calidad de agua municipio de Timbío	31
Tabla 6. Características microbiológicas de agua potable.....	32
Tabla 7. Nivel de Riesgo por contaminación fecal	33
Tabla 8. Clasificación nivel de riesgo por contaminación fecal	34
Tabla 9. Tasa de morbilidad de enfermedades emergentes en el departamento del Cauca.....	35
Tabla 10. Preguntas inspección sanitaria y la respuesta más frecuente	37

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Codificación acueducto Mazamorra.....	16
Ilustración 2 Esquema tipo mama de riesgo.....	19
Ilustración 3. Capacitación teórica a fontaneros en el municipio de San Sebastián.....	20
Ilustración 4. Capacitación teórica a fontaneros en el municipio de Timbío.....	17
Ilustración 5. Capacitación práctica a fontaneros en el municipio de San Sebastián.....	21
Ilustración 6. Capacitación práctica a fontaneros en el municipio de Timbío....	18
Ilustración 7. Recolección de muestras de calidad del agua en el municipio de Bolívar.	23
Ilustración 8. Recolección de muestras de calidad del agua en el municipio de San Sebastián.....	23

LISTADO DE GRAFICOS

Grafico 1. Distribución de los resultados del análisis microbiológico de la calidad de agua de los sistemas de distribución muestreados.....	33
Grafico 2. Número de casos de enfermedad diarreica aguda, periodo epidemiológico IV, Colombia, 2014 a 2016.....	36

LISTADO DE FICHAS TECNICAS

Ficha Técnica 1: Acueducto Florida Alta	40
Ficha Técnica 2: Acueducto Samanga	43
Ficha Técnica 3: Acueducto Hatos Pantano Tuno.....	44
Ficha Técnica 4: Acueducto Brisas del Paramillo	45

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1. Cadena de custodia	54
Anexo 2. Procedimiento Operativo Estandar (POE)	55
Anexo 3. Formato de Inspección Sanitaria	58
Anexo 4. Manual de procedimientos para la inspeccion y georreferenciacion de sistemas de abastecimiento, boca tomas y focos de contaminacion	60
Anexo 5. "PASO A PASO" Para tomar una muestra de calidad de agua para análisis microbiológico.....	69

LISTADOS DE MAPAS

Mapa 1. Municipio de Bolívar	47
Mapa 2. Municipio de Popayán.....	48
Mapa 3. Municipio de San Sebastián	49
Mapa 4. Municipio de Timbio	50

INTRODUCCIÓN

En el marco del proyecto “Uso y manejo del agua y su relación con enfermedades infecciosas emergentes en ocho municipios del departamento del Cauca”, que ejecuta la Fundación InnovaGen en convenio con la Gobernación del Cauca y la Secretaria Departamental de Salud, con el objetivo de contribuir a la disminución de la frecuencia de enfermedades emergentes como la infección por *Helicobacter pylori*, uno de los factores de riesgo para el desarrollo de Cáncer Gástrico. Este proyecto busca sensibilizar y capacitar a líderes comunitarios sobre diferentes prácticas saludables de uso y manejo del agua, con quienes se fortalecerá la construcción de acciones intersectoriales para el logro de los objetivos propuestos (Aponza, 2014).

Teniendo en cuenta la identificación de los sitios de interés, se procedió con la caracterización de los sitios, basados en la inspección sanitaria en algunos sistemas de abastecimiento rural priorizados en cuatro municipios del departamento del Cauca, Bolívar, Popayán, San Sebastián y Timbío; una vez recopilada la mayoría de información sobre las fuentes de abastecimiento, focos de contaminación y actividades antrópicas alrededor y aguas arriba de la bocatoma, se realizó el análisis microbiológico de calidad de agua, con el fin de seguir priorizando los acueductos rurales según el nivel de contaminación fecal. Se georreferenciaron 24 sistemas de abastecimiento, lo que a futuro permitirá el seguimiento y atención sobre las comunidades más vulnerables de adquirir la infección por *H. pylori*, estableciendo estrategias de intervención, comunicación y educación que permitan desarrollar mecanismos para el mejoramiento de la salud de las comunidades involucradas.

Este trabajo permitió la ejecución de actividades del proyecto que lograran un acercamiento a dicha identificación y caracterización, obteniendo un análisis microbiológico de la calidad del agua de las diferentes fuentes de abastecimiento de los acueductos rurales priorizados, como también información de las fuentes de abastecimiento, focos de contaminación y bocatomas. Donde toda esta información se correlaciono siempre a un proceso de georreferenciación, con lo cual se logra la elaboración de un mapa de riesgo a partir de la información colectada.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Apoyar técnicamente a la ejecución de actividades del proyecto “Uso y manejo del agua y su relación con enfermedades infecciosas emergentes en los municipios de Bolívar, Popayán, San Sebastián y Timbío del departamento del Cauca.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el proceso de muestreo para la obtención de pruebas piloto de calidad de agua en los sistemas de abastecimiento interveredales priorizados en los municipios de Bolívar, Popayán, San Sebastián y Timbío del departamento del Cauca.
- Inspeccionar sanitariamente los sistemas de abastecimiento interveredales priorizados en los municipios de Bolívar, Popayán, San Sebastián y Timbío del departamento del Cauca.
- Georreferenciar bocatomas y focos de contaminación de interés, en los sistemas de distribución priorizados para los municipios de Bolívar, Popayán, San Sebastián y Timbío del departamento del Cauca.

2. GENERALIDADES

Las enfermedades emergentes son aquellas cuya incidencia se ha incrementado desde las pasadas 2 décadas o amenaza incrementarse en un futuro.

Dentro de ellas podemos encontrar: Por bacterias:

- Ehrlichiosis.
- Enfermedad diarreica aguda por *Campilobacter yeyuni* y *Escherichia coli*
- Legionelosis.
- Gastritis por *Helicobacter pylori*.
- Síndrome de shock tóxico por estafilococo áureo.

En la actualidad el mundo se enfrenta al riesgo de expansión de nuevas y viejas enfermedades como resultado de la combinación microorganismo-hombre-medio ambiente. La lucha contra las enfermedades infectocontagiosas dista mucho de culminar con éxito, y a pesar de los avances alcanzados en materia de antibióticos y vacunas, las enfermedades infecciosas continúan siendo una de las primeras causas de muerte a nivel mundial. Solamente una respuesta rápida reduce la morbilidad y mortalidad en la población afectada y limita el poder de diseminación de la enfermedad en cuestión. La vigilancia epidemiológica es la clave de una respuesta oportuna y eficiente (Suarez, et al., 2000).

Es por ello que a través del tiempo el papel que desempeña el monitoreo de calidad del agua se ha consolidado como una actividad de gran importancia en el proceso de satisfacer las necesidades de información adecuada y confiable para la contribución en la toma de decisiones del manejo y control del recurso hídrico. En este sentido según CEPIS¹, OPS², OMS³, se ha integrado el conocimiento de diversas disciplinas proporcionando criterios que contribuyen al desarrollo de programas de monitoreo eficaces y acordes con los requerimientos del control de la contaminación del agua. Adicional a lo anterior como reconocen en el mismo estudio Ward, R.; Demayo y Steel la frecuencia de muestreo y el número de muestras requeridas pueden ser adaptadas con el propósito de obtener un adecuado análisis estadístico (Convenio Interadministrativo entre la CVC (No. 011) y la Universidad del Valle , 2001).

¹ Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria

² Organización Panamericana de la Salud

³ Organización Mundial de la Salud

3. METODOLOGIA

El desarrollo de este trabajo de grado en apoyo a la ejecución de actividades para la “Identificación de los sitios de interés según población a riesgo” del proyecto “Uso y manejo del agua y su relación con enfermedades infecciosas emergentes en 8 (ocho) municipios del Departamento del Cauca” inicia con la realización del muestreo para la obtención de pruebas piloto de calidad del agua.

Teniendo en cuenta un diagnóstico participativo, se categorizaron los sistemas de abastecimiento rural en niveles de riesgo: alto, medio y bajo, a partir de la percepción de la calidad de agua que consumen las comunidades, se seleccionó un número de sistemas de abastecimiento con mayor riesgo en los municipios de Bolívar, Popayán, San Sebastián, y Timbío. A partir de esta selección de acueductos se establecieron los lineamientos necesarios para garantizar la calidad del muestreo, por lo cual se tomó como guía el “Manual de instrucciones para la Toma, Preservación y Transporte de Muestreo de Agua de Consumo Humano para Análisis de Laboratorio (Art 27 del Decreto 1575 de 2007)”.

3.1. REALIZAR EL PROCESO DE MUESTREO PARA LA OBTENCIÓN DE PRUEBAS PILOTO DE CALIDAD DE AGUA EN LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO PRIORIZADOS EN LOS MUNICIPIOS

3.1.1 Definición del tipo de análisis

El Manual de instrucciones para la Toma, Preservación y Transporte de Muestreo de Agua de Consumo Humano para Análisis de Laboratorio fue tomado como referencia para las necesidades del marco del proyecto procurando garantizar la calidad de la toma de las muestras de agua, y bajo los principios básicos establecidos en la norma, se logra la adaptación de un protocolo que permitiera la obtención de muestras representativas de calidad de agua; la consolidación de dicho protocolo comenzó con la definición del tipo de análisis de laboratorio y los parámetros a estudiar; se decidió realizar un análisis microbiológico estudiando los parámetros coliformes totales y *Escherichia coli*, ya que según la resolución 2115 de 2007 la calidad microbiológica del agua destinada al consumo humano se define a partir de dichos patógenos.

Para realizar el análisis microbiológico se eligió el laboratorio de la Fundación InnovaGen, ya que cuenta con el personal especializado y los

insumos necesarios para garantizar la obtención de resultados de las muestras de calidad de agua.

3.1.2 Número de Muestras y Sitio del Muestreo

Se implementó un esquema de muestreo que consistió en la colección de una muestra de agua de 500mL por duplicado en cada sitio de interés para cada acueducto seleccionado.

El sitio de muestreo se localizó en la zona de captación de los acueductos, con el fin de establecer el grado de contaminación fecal que presentan las fuentes de abastecimiento. Se descartó la posibilidad de evaluar la calidad del agua en otro punto del sistema de abastecimiento por dos razones: 1) La evaluación en las bocatomas permite relacionar los niveles de los microorganismos de origen fecal con las actividades antrópicas y de uso del suelo que se presentan en las microcuencas, las cuales en gran medida están relacionadas con el deterioro de la calidad microbiológica del agua captada por los acueductos y 2) dado que los acueductos participantes del proyecto no cuentan con sistemas de tratamiento (Potabilización). Por tanto, no habría razones para suponer que la calidad del agua en las unidades del sistema de abastecimiento posteriores a la captación e incluso en las viviendas sea mejor que en las fuentes hídricas. Más allá de los problemas de infraestructura que presentan los acueductos y la ausencia de unidades de potabilización, es la calidad del agua de las fuentes de abastecimiento y las actividades relacionadas con su deterioro.

3.1.3 Material de Recolección y Codificación de Muestras

Para garantizar un ambiente estéril al momento de tomar las muestras de agua se utilizaron las herramientas sugeridas en el manual: una nevera de 10L, dos botellas en polipropileno de 500ml, dos geles refrigerantes, guantes de látex y un formato de cadena de custodia.

La cadena de custodia es un formato de control y seguimiento que asegura la integridad de las muestras recolectadas hasta la recepción de muestras en el laboratorio, inicia desde el momento en que se toma la muestra y se cierra el recipiente que la contiene y termina en el momento en que, después de ejecutados los análisis y reportados los resultados, ésta se desecha. Es necesario tener en cuenta el tiempo de retención,

que es el intervalo de tiempo entre la recolección y el análisis, en general mientras más corto sea el tiempo que pasa entre la recolección de una muestra y su análisis, más confiables serán los resultados, también se requiere la mayor colección de información relevante al momento de la toma de muestra, por ello se diseñó un formato de cadena de custodia que permitiera recolectar dicha información (Ver Anexo 1).

Además se realizó una codificación previa de los puntos de muestreo para organizar la información colectada por el personal de recolección de manera transversal al personal de laboratorio. Tomando como ejemplo en el Municipio de Bolívar se estableció un código alfanumérico de 4 letras con un número de dos dígitos intermedio. Por ejemplo, haciendo el ejercicio para el acueducto Mazamorras del Municipio de Bolívar ubicado en el corregimiento de mazamorras y el cual lo constituye una (1) bocatoma, la codificación se visualiza en la figura 1.

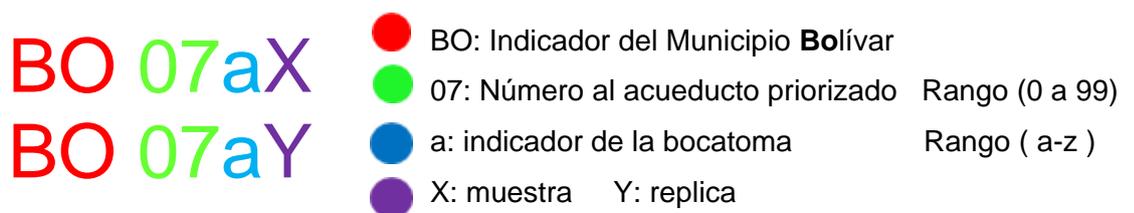


Ilustración 1. Codificación acueducto Mazamorras

La totalidad de la codificación de los acueductos priorizados se visualiza para cada municipio en las tablas 1, 2, 3 y 4 ubicadas en la sección de resultados y análisis.

Finalmente el “Protocolo de toma de Muestras de Calidad de Agua para Análisis Microbiológico” culmina con la definición de un procedimiento operativo estándar (POE), que incluye las acciones necesarias para tomar una muestra de calidad de agua para análisis microbiológico y algunas consideraciones de muestreo en diferentes fuentes de abastecimiento, de tal manera que se puedan obtener buenos resultados (Ver Anexo 2).

3.2 INSPECCIÓN SANITARIAMENTE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO PRIORIZADOS EN LOS CUATRO MUNICIPIOS

Se analizaron las diferentes dinámicas sociales y naturales alrededor de los sistemas de abastecimiento en los Municipios, permitiendo la elaboración de un formato de inspección sanitaria, el cual contiene los elementos necesarios para

caracterizar e identificar los diferentes sitios de interés en aquellos acueductos de los municipios. El formato de inspección contiene ítems importantes como por ejemplo: aspectos generales de los acueductos, con énfasis en las dinámicas asociadas a la cuenca o microcuenca de abastecimiento y focos de contaminación, características naturales, actividades productivas y de infraestructura; y también alguna información de interés sobre las bocatomas y los componentes del sistema de acueducto. (Ver Anexo 3).

3.3. GEORREFERENCIAR BOCATOMAS, FOCOS DE CONTAMINACIÓN DE INTERÉS, Y COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN PRIORIZADOS EN LOS MUNICIPIOS

A partir de la información colectada en los diagnósticos y los resultados de las muestras de agua para análisis microbiológico, se priorizaron nuevamente sistemas de abastecimiento en los diferentes municipios con mayor riesgo de contraer enfermedades infecciosas emergentes por el consumo de agua no potable. Se escogieron los sistemas de abastecimiento que cumplieran las siguientes condiciones:

- Riesgo Alto según el diagnóstico participativo realizado en la primera fase
- Nivel de contaminación alto según el resultado de las muestras para análisis microbiológico: >100 UFC/100ml para E.coli
- Abastecimiento o número de familias alto. >100 familias
- Compromiso y liderazgo con el proyecto

Se programaron visitas en los Municipios siguiendo rutas estratégicas, que permitieran abarcar todos los acueductos priorizados en el menor tiempo posible. Para llevar a cabo esta actividad se elaboró un “Manual de procedimientos para la Inspección y georreferenciación de sistemas de abastecimiento y focos de contaminación” (Ver Anexo 4), que permitiera la obtención de la información relevante y la ubicación global de los diferentes componentes de los sistemas de abastecimiento, así como también la identificación de las problemáticas existentes en la zona.

3.4 MAPA DE RIESGO

Los SIG son una tecnología reciente que permite el análisis y la gestión de información espacial georreferenciada, la aplicación en este proyecto está basada en los métodos planteados en *SCRUM-Xtreme Programming (SXP)* acordes al desarrollo del mismo, gracias a su agilidad y flexibilidad ante los cambios y a que posee una rápida entrega de los resultados.

Metodológicamente se plantean las siguientes actividades para el desarrollo del mapa:

- Se inicia con la selección del software para el desarrollo del SIG, en este caso la plataforma ARCGIS por su robustez y versatilidad, así como para la estandarización a nivel internacional.
- Se identifican cuáles son las necesidades de información existentes en función de los objetivos planteados.
- *Se define el alcance del SIG*, definiendo los requerimientos y objetivos propios del sistema.
- Se plantea un modelo entidad-relación con las entidades y relaciones específicas obtenidas.
- Se procede al ingreso del campo de trabajo y la información en forma digital creando Shapefiles (con georreferenciación), formato vectorial de almacenamiento digital donde se guarda la localización de los elementos geográficos y los atributos asociados a ellos, y las bases de datos específicas del proyecto.
- Se hace una gestión de la información, realizando la manipulación y análisis de los datos, correspondiente a las necesidades del proyecto, por medio del uso de las herramientas del software.
- Por último se genera el producto, en este caso el mapa, gráficos y tablas derivados de la información ingresada, procesada y analizada. Para su posterior uso en el proyecto, dejando lugar al ingreso de nuevos datos y futuras actualizaciones. Por ejemplo en el siguiente grafico 1 se simplifica un esquema tipo mapa de riesgo:

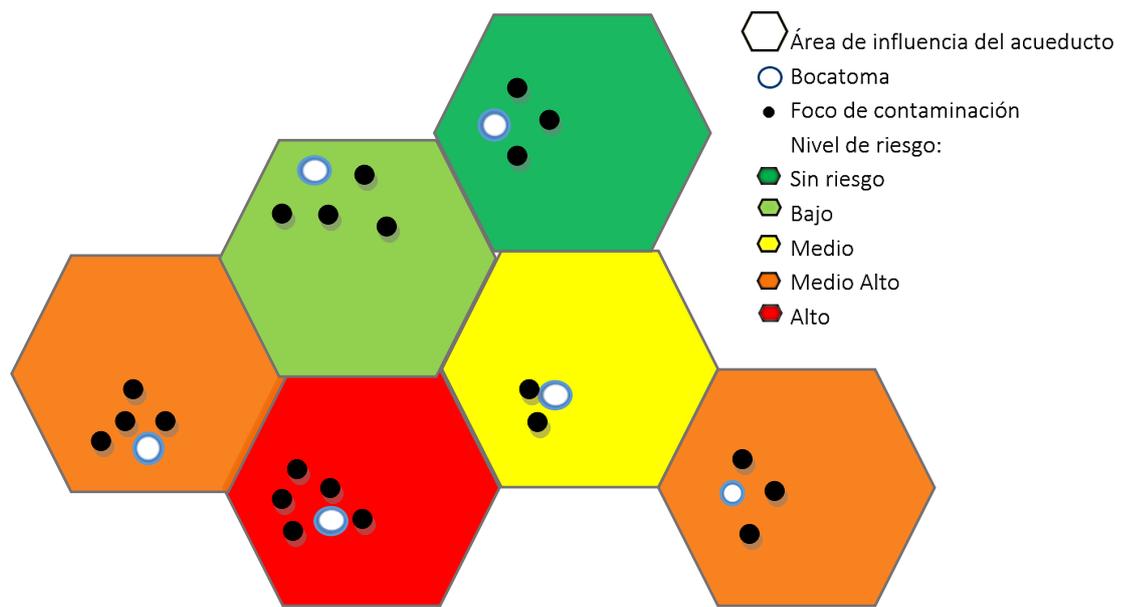


Ilustración 2 Esquema tipo mamá de riesgo

4. EJECUCIÓN

4.1. PROCESO DE MUESTREO PARA LA OBTENCIÓN DE PRUEBAS PILOTO DE CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA EN LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO

Teniendo en cuenta la diversidad de sistemas de abastecimiento en las zonas rurales de los municipios y el difícil acceso en las zonas, se decide ejecutar el trabajo de grado de manera eficiente llevando a cabo la realización de las pruebas piloto de la siguiente manera:

- 1) Capacitación a fontaneros o representantes de los acueductos priorizados sobre el "Protocolo de toma de Muestras de Calidad de Agua para Análisis Microbiológico".
- 2) Definición de rutas estratégicas para la recolección adecuada de las muestras de agua para análisis microbiológico.
- 3) Recolección de muestras de agua para análisis microbiológico según las rutas estratégicas establecidas en los municipios.

4.1.1. Capacitación a fontaneros o representantes de los acueductos priorizados

Se realizaron capacitaciones Teórico-Prácticas en los cuatro municipios, las cuales iniciaron con una presentación de un corto video de sensibilización ambiental y seguidamente se dio apertura a la exposición en Power Point sobre el “Protocolo de toma de Muestras de Calidad de Agua para Análisis Microbiológico” que explica el procedimiento correcto para tomar una muestra representativa de agua. Durante esta presentación teórica a los representantes de los acueductos se les explicó la importancia tomar una muestra de agua para análisis microbiológico y sobre las posibles decisiones que dependen de dicho proceso. Aprendieron la ubicación y posición exacta para la recolección y se les familiarizó con todo el material necesario para garantizar la calidad del muestreo. Por ejemplo, el paso asociado al control y seguimiento de la muestra, se realiza durante la capacitación diligenciando el formato de cadena de custodia, entendiendo que “aprender-haciendo” es la mejor forma para que la comunidad interiorice los conocimientos expuestos.



Ilustración 3. Capacitación teórica a fontaneros en el municipio de San Sebastián.
Fecha 22-Nov-2015



Ilustración 4. Capacitación teórica a fontaneros en el municipio de Timbío.
Fecha 5-Dic-2015

Siguiendo la misma línea de aprendizaje, se buscó una quebrada cercana a la zona, con el fin de poner en práctica los conocimientos adquiridos en la capacitación teórica, de manera voluntaria o eligiendo al azar fontaneros se repasó cada paso expuesto en la capacitación, donde se intervino inmediatamente después de algún procedimiento erróneo ejecutado por el aprendiz, esto con el fin de dar a conocer también las acciones indebidas que se pueden llegar a cometer al momento de tomar una muestra de agua para análisis microbiológico, dando así por terminada la capacitación.



Ilustración 5. Capacitación práctica a fontaneros en el municipio de San Sebastián.
Fecha 22-Nov-2015



Ilustración 6. Capacitación práctica a fontaneros en el municipio de Timbío.
Fecha 5-Dic -2015

Para el fortalecimiento del aprendizaje, se diseñó un pequeño instructivo (Ver Anexo 5), que contiene de manera muy didáctica, el “paso a paso” para tomar una muestra de calidad de agua para análisis microbiológico, que se entrega junto con el material para la recolección.

4.1.2 Definición de rutas estratégicas

Con ayuda de los representantes de los acueductos se establecieron las rutas estratégicas de recolección, dependiendo de la distancia y el acceso vial se establecieron zonas (rutas) particulares para cada municipio, así como también se definieron los lugares y horarios de encuentro. Las rutas estratégicas quedaron definidas de tal manera que el tiempo de retención estuviera dentro del rango admisible por la norma 1575 del 2007 (cuatro, Seis y doce horas) para muestras de calidad de agua para análisis microbiológico, garantizando también la cadena de frío necesaria para la obtención de resultados en el laboratorio.

4.1.3 Recolección de muestras de agua para análisis microbiológico

Previo a la recolección de las muestras de agua, se les entregó material a los representantes de los acueductos. En los cuatro municipios se recibieron las muestras corroborando que los geles refrigerantes estuvieran congelados y que la cadena de custodia estuviera diligenciada, en cada uno de los

municipios se cumplieron los horarios y lugares establecidos. Se empezó con el municipio de San Sebastián donde se obtuvo un total de 82 muestras de agua incluyendo la réplica, luego en el municipio de Bolívar se recibieron un total de 80 muestras, para el municipio de Popayán se obtuvo 40 más, y finalmente en el municipio de Timbío se recogieron 32 muestras, culminando con un total por todos los municipios 234 muestras de agua, posteriormente fueron analizadas en el laboratorio de la Fundación InnovaGen inmediatamente al terminar cada recolección.



Ilustración 7. Recolección de muestras de calidad del agua en el municipio de Bolívar. Fecha 15-Nov-2015



Ilustración 8. Recolección de muestras de calidad del agua en el municipio de San Sebastián. Fecha 25-Nov-2015

4.1.4 Análisis de Laboratorio:

El personal del laboratorio para la detección de coliformes totales y *E. coli*, empleó la técnica de filtración por membrana. Las muestras de agua fueron filtradas empleando una membrana de ésteres de celulosa estériles, de 0,45µm de poro y 47 mm de diámetro (S-PakMembraneFilters, Millipore HAWG04756). Los filtros se sembraron sobre placas de Petri dispensadas con medio de cultivo Agar Chromocult® Coliform (Merck, Darmstadt, Alemania), mezclado con suplemento selectivo para *E. coli*/coliformes (Merck, KGaA, Alemania), e incubadas a 37°C ± 0,5°C por 24h (APHA, 1999). Después del tiempo de incubación se realizó el conteo de colonias en la placa. Los resultados se reportaron como en Unidades Formadoras de Colonia en 100 mL de muestra (UFC/100mL). Como controles positivo para *E. coli* y coliformes totales se utilizarán la cepa *Escherichia coli* ATCC 25922, y *Citrobacter freundii* ATCC 8090, respectivamente. Como control negativo se utilizó la cepa *Pseudomona aeruginosa* ATCC 1014.

4.2 INSPECCIÓN SANITARIA DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO

Como se mencionó anteriormente, se elaboró un formato de inspección sanitaria que se aplicó en campo y se diligencio con la ayuda de algún representante de los acueductos, entendiendo que son los líderes y la comunidad, el personal conector de las diferentes dinámicas relacionadas a las zonas rurales de interés.

4.3 GEORREFERENCIACION DE BOCATOMAS, FOCOS DE CONTAMINACIÓN, Y COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

A partir de los resultados obtenidos en las muestras de calidad de agua para análisis microbiológico y la información colectada en el formato de inspección sanitaria, se priorizaron veinte y cuatros acueductos en los cuatro municipios. Aquellos con índices de contaminación fecal según los resultados de laboratorio, y teniendo en cuenta también las dinámicas incidentes sobre la calidad del agua de las fuentes de abastecimiento. Se programaron las visitas de inspección, esto con el fin de corroborar la información obtenida en el formato de inspección y caracterizar aún más la situación real en la que se encuentran la mayoría de los sistemas de abastecimiento en los municipios. En general evidencian una problemática de ausencia de sistemas de potabilización que incluyan procesos unitarios como la filtración y desinfección.

La georreferenciación e inspección se llevó a cabo según las rutas previamente establecidas y teniendo en cuenta los lineamientos establecidos en el “Manual de procedimientos para la inspección y georreferenciación de Sistemas de abastecimiento y focos de contaminación”, en general, con ayuda de algún representante del acueducto se realizó el recorrido iniciando por los focos de contaminación aguas arriba de la bocatoma que tuvieran alguna incidencia sobre la calidad del agua que pueda llegar a consumir la población, luego se visitó la respectiva captación y finalmente los diferentes componentes que constituyen a los sistemas de abastecimiento como por ejemplo: desarenador, cámaras de quiebre, ventosas, filtros, plantas de tratamiento y tanques de almacenamiento.

Con ayuda de un GPS y una cámara fotográfica se obtuvieron las coordenadas y el respectivo registro fotográfico de los sitios de interés encontrados durante la inspección. La georreferenciación terminó por lo general al marcar el tanque de almacenamiento, el cual es el último componente precedente a la red de distribución.

4.4. ELABORACIÓN DE LOS MAPAS DE RIESGO

Para el desarrollo y elaboración del mapa de riesgo se elaboró en principio un mapa base, usando como referencia cartografía existente obtenida a través de fuentes de información consolidadas como el Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC y la Corporación Autónoma Regional del Cauca CRC, así como la información obtenida en la primera fase del proyecto. Este mapa contiene información correspondiente a la ubicación, hidrografía, topografía, vías de comunicación, división político-administrativa y demás datos de cartografía base, como también información de focos de contaminación, bocatomas, niveles de contaminación y puntos de referencia, en archivos .shp (shapefile), generados en la primera fase del proyecto.

Una vez obtenido el mapa base, se procede a ordenar la información de la base de datos que contiene todo lo referente a las variables contempladas en la segunda fase proyecto, en formato .xls, para realizar un proceso de sincronización con el SIG. Se generan entonces shapefiles específicos acordes a las necesidades del proyecto, tales como, percepción del riesgo a partir del diagnóstico participativo, niveles de riesgo basados en inspección sanitaria y análisis de calidad de agua; los cuales se representan como polígonos y puntos en el mapa según corresponda, usando la división política del municipio, la cobertura de los acueductos, la hidrografía y los puntos georreferenciados.

De esta manera a partir de los registros presentes en las bases de datos y el análisis de la información, se obtiene la información de interés en el entorno geográfico, a partir de criterios de representación definidos que facilitan la comprensión y visualización de la información geográficamente para la toma de decisiones. De este modo se realiza una representación por colores en el mapa, la cual se obtiene a partir de una categorización de los niveles de riesgo realizada para cada una de las variables y aplicada en cada acueducto, lo cual se identifica luego de haber realizado el análisis de las bases de datos.

Con el fin de priorizar las zonas y los acueductos con más alto índice de contaminación, se definen cinco escalas resultantes del análisis de la base de datos, las cuales se definen a continuación:

Tabla 1.

Niveles de contaminación – escala de colores

Sin riesgo	Color Verde oscuro	
Riesgo bajo	Color Verde claro	
Riesgo medio	Color Amarillo	
Riesgo alto	Color Naranja	
Riesgo muy alto	Color Rojo	

Por último se genera el producto final obteniendo los mapas necesarios para cumplir los objetivos propuestos con la información necesaria para su comprensión.

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

5.1 PROCESO DE MUESTREO PARA LA OBTENCIÓN DE PRUEBAS PILOTO DE CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA EN LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTOS.

En los 4 municipios se logró recolectar un total de 117 muestras de agua a las cuales se les hizo análisis microbiológico, en el municipio de Bolívar se recolectaron 40 muestras (ver tabla 1), en el municipio de Popayán 20 (ver tabla 2), en el Municipio de San Sebastián 41 (ver tabla 3) y en el municipio de Timbío se recolectaron 16 muestras de agua (ver tabla 4). En las siguientes tablas se observan los resultados promedios de la muestra **X** y la réplica **Y** para los correspondientes parámetros analizados en las bocatomas de los acueductos priorizados.

Tabla 2.
Resultados del análisis microbiológico de la calidad de agua municipio de Bolívar

No BOCATOMA	CODIGO	NOMBRE ACUEDUCTO (BOCATOMA)	Coliformes totales (UFC/100ml)	<i>E. coli</i> (UFC/100ml)
1	BO01a	FLORIDA ALTA (EL SOMBRERO)	2750	450
2	BO01b	FLORIDA ALTA (MANANTIAL)	235	10
3	BO01c	FLORIDA ALTA (QUEBRADA OSCURA)	5450	100
4	BO01d	FLORIDA ALTA (EL DERRUMBO)	545	50
5	BO02a	SAN LORENZO	6550	85
6	BO03a	LIMON GUAICO BAJO	2050	300
7	BO04a	MAZAMORRAS	385	70
8	BO05a	SAN ANTONIO	1120	80
9	BO07a	SAN MIGUEL	590	215
10	BO08a	LAS VILLAS	795	20
11	BO09a	LA PARADA	6750	150
12	BO11a	EL HATO	525	10
13	BO12a	LA CHORRERA	975	15
14	BO13a	LA YUNGA	8750	<1
15	BO14a	LA CHORRERA (LA VICTORIA)	555	<1
16	BO16a	PINZATUMBA	4350	100
17	BO17a	NOVILLEROS	6700	750
18	BO17b	NOVILLEROS ALTO	3050	<1
19	BO18a	LA LOMITA	3600	200
20	BO19a	EL CARMEN	2000	100
21	BO20a	RIO NEGRO	2500	100
22	BO21a	EL RODEO DEL MORRO	3300	400
23	BO22a	MORRO CABECERA	2650	150
24	BO23a	ALTO LLANO	5850	100
25	BO25a	LA MEDINA YARUMO	3150	200
26	BO26a	BOQUERON	2600	150
27	BO27a	EL RODEO	4800	200
28	BO29a	INTERVEREDAL MELCHOR	425	60
29	BO30a	CABECERA CORRIGIMENTAL MELCHOR	5600	450

Continuación tabla 2

30	BO30b	CABECERA CORRIGIMENTAL MELCHOR	2150	100
31	BO31a	MONTESITOS (ROMERILLOS Y PALMITAS)	3150	650
32	BO32a	LERMA	1090	10
33	BO33a	BUENOS AIRES	815	55
34	BO34a	CARBONERO	3300	150
35	BO35a	TAMBORES	12850	1700
36	BO36a	LIMONCITOS	1075	20
37	BO37a	ROMERRILLOS (CHONTADURO)	250	35
38	BO37b	ROMERRILLOS	700	70
39	BO38a	EL JAGUAL	4300	200
40	BO39a	SAQUE	265	15

Tabla 3.

Resultados del análisis microbiológico de la calidad de agua municipio de Popayán

No BOCATOMA	CODIGO	NOMBRE ACUEDUCTO (BOCATOMA)	Coliformes totales (UFC/100ml)	<i>E. coli</i> (UFC/100ml)
41	PO01a	SATÉ	210	35
42	PO01b	LA MESETA	860	75
43	PO02a	SAN ANTONIO	885	20
44	PO03a	LA LAJA	3500	400
45	PO05a	CAJETE	6600	150
46	PO09a	LA CHORRERA	3750	200
47	PO10a	BAJO CAUCA	1225	135
48	PO12a	LA YUNGA	3650	200
49	PO13a	PISOJE BAJO	2050	300
50	PO16a	INTERVEREDAL HOGAR	7500	1500
51	PO19a	SAN ALFONSO	2050	600
52	PO20a	EL HOGAR	320	80
53	PO21a	PISOJE ALTO	3000	150
54	PO22a	LA PAILA	2950	300
55	PO25a	CABUYO BAJO	12000	2250
56	PO26a	LAS HUACAS	2250	550
57	PO27a	CLARETE BAJO	10950	1100

Continuación tabla 3

58	PO30a	TINAJAS	2100	200
59	PO31a	SAMANGA	2600	1000
60	PO32a	RIO HONDO	7650	2400

Tabla 4.

Resultados del análisis microbiológico de la calidad de agua municipio de San Sebastián

No BOCATOMA	CODIGO	NOMBRE ACUEDUCTO (BOCATOMA)	Coliformes totales (UFC/100ml)	<i>E. coli</i> (UFC/100ml)
61	SS01a	ROSAL (PARTE ALTA)	<1	<1
62	SS02a	EL RODEO CENTRO	50	<1
63	SS03a	ROSAL (PARTE ALTA)	85	30
64	SS03b	INTERVEREDAL ROSAL (PARTE BAJA)	400	195
65	SS03c	INTERVEREDAL ROSAL (PARTE BAJA)	160	30
66	SS04a	MORAS	270	<1
67	SS05a	PUEBLO VIEJO	120	20
68	SS05b	PUEBLO VIEJO	300	40
69	SS06a	PARAMILLOS NUEVO HORIZONTE	2100	350
70	SS07a	HATOS PANTANO Y TUNO	355	35
71	SS08a	SANTIAGO	30	10
72	SS09a	CINDAYO GUACAS	20	10
73	SS12a	NACIONAL PLANTE	750	150
74	SS13a	ALTO SANTIAGO	540	125
75	SS14a	POPAYANCITO	300	<1
76	SS15a	INTERVEREDAL TRILLADERO	1350	350
77	SS15b	INTERVEREDAL TRILLADERO	900	<1
78	SS16a	CIGARRAS	2600	700
79	SS17a	EL ALTO MU	5600	100
80	SS18a	LA GRANJA	385	40
81	SS19a	GRANADILLOS	2100	100
82	SS20a	LAGUNA NEGRA	1350	350
83	SS21a	MANANTIAL	40	10
84	SS22a	LAS MINAS	425	40
85	SS23a	LAS AGUITAS	<1	<1
86	SS24a	CERRILLOS	75	15

Continuación tabla 4

87	SS25a	EL GARRIZAL(SECTOR LOMA LARGA)	45	10
88	SS25b	EL GARRIZAL(SECTOR ALUMBRE)	20	<1
89	SS25c	EL GARRIZAL (CENTRO)	10	<1
90	SS25d	EL GARRIZAL(SECTOR EL RAMAL)	10	<1
91	SS25e	EL GARRIZAL(SECTOR JARDIN)	<1	<1
92	SS26a	CAMPO ALEGRE	30	15
93	SS27a	CRUZ CHIQUITA	1050	250
94	SS28a	SANTANDER PARTE ALTA	50	15
95	SS29a	SANTANDER PARTE BAJA	445	<1
96	SS31a	NACIONAL CHILCO	315	30
97	SS32a	EL PORVENIR	<1	<1
98	SS33a	RIO NEGRO	35	10
99	SS34a	VALENCIA	700	100
100	SS35a	LAS JUNTAS	20	10
101	SS35b	LAS JUNTAS	260	30

N° BOCATOMA	CODIGO	NOMBRE ACUEDUCTO (BOCATOMA)	Coliformes totales (UFC/100ml)	<i>E. coli</i> (UFC/100ml)
102	TI01a	EL SALADITO	920	80
103	TI01b	EL SALADITO	465	155
104	TI01c	EL SALADITO	1500	250
105	TI02a	LAS JUNTAS	8500	350
106	TI03a	BRISAS DEL PARAMILLO	4400	400
107	TI03b	BRISAS DEL PARAMILLO	1300	350
108	TI03c	BRISAS DEL PARAMILLO	595	75
109	TI04a	EL PLACER	2550	150
110	TI05a	QUILICHAO	1350	100
111	TI06a	LAS CRUCES	4050	1050

112	TI07a	AIRES DEL CAMPO	1950	850
Continuación tabla 5				
113	TI08a	LAS YESCAS	3250	300
114	TI08b	LAS YESCAS	3350	100
115	TI09a	SACHACOCO	850	150
116	TI09b	SACHACOCO	3100	300
117	TI10a	DISTRITO DE RIEGO- ASOTIMBIO	6950	950

Tabla 5. *Resultados del análisis microbiológico de la calidad de agua municipio de Timbío*

Debido a la contaminación por la actividad antrópica, las fuentes hídricas pueden tener ciertos microorganismos perjudiciales para la salud, tales como: bacterias, virus y protozoos; la determinación de la presencia de estos organismos en el agua es difícil y poco practica para realizarla a diario en los acueductos rurales, ya que estos son solo sistemas de abasto para la comunidad. (Florez, et al., 2012, p. 46).

A través de los análisis microbiológicos se determina el riesgo que involucra consumir el agua. El parámetro que comúnmente se utiliza para medir la calidad microbiológica del agua son los coliformes (totales y fecales). (Florez, et al., 2012, p. 46).

Las bacterias coliformes no son nocivas para la salud, son habitantes normales del tracto intestinal del ser humano y de los animales y en cada defecación se encuentran en grandes cantidades. Estas características hacen que se les considere como indicadores de la calidad bacteriológica del agua. (Florez, et al., 2012, p. 50).

Si al analizar en el laboratorio una muestra de agua se descubre la presencia de bacterias coliformes, es una señal de contaminación con materias fecales, aunque no se detecten bacterias patógenas. Se presume entonces que hay contaminación y la posible presencia de bacterias, provenientes de los intestinos de los animales de sangre caliente. El número de esas bacterias que se encuentre en la muestra es una medida de la contaminación. Si hay un gran número, la contaminación será intensa y el consumo de esa agua es sanitariamente inviable. Si no hay ninguna o hay poca de estas bacterias, no presentan riesgo a la salud y el agua se puede considerar segura (Murrell, et al., 2012, p.7)

Según la Resolución 2115 de 2007 y su artículo 11 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) ó 1 microorganismo en 100 ml de muestra:

Tabla 6.

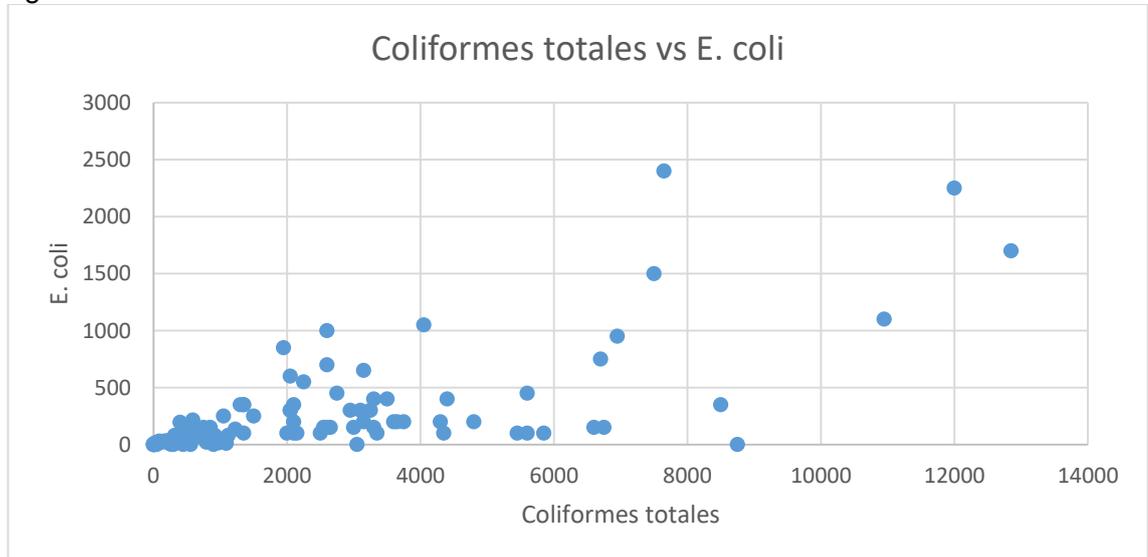
Características microbiológicas de agua potable

Técnica utilizada	coliformes totales	<i>Escherichia Coli</i>
Filtración por membrana	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml

Observando los resultados de la tablas 2, 3, 4 y 5 se puede evidenciar que el 87% de las bocatomas presenta contaminación fecal por encima de los valores máximos admisibles, lo que supone un problema potencial para la salud de las comunidades abastecidas por estos acueductos, De acuerdo con la situación rural de los municipios priorizados, estos sistemas de abastecimiento interveredales presentan ausencia de procesos de potabilización que permitan la disminución de estos microorganismos. El 13% restante corresponde particularmente a sistemas de abastecimiento priorizados en los municipios de Bolívar y de San Sebastián, los cuales presentaron resultados por debajo del límite de cuantificación de la técnica (1UFC/100ml) para *E.coli*. Se podría deducir que su ubicación geográfica y su extensa vegetación ayudan a la conservación del medio ambiente y no permite la presencia de altos focos de contaminación. Con respecto a los acueductos que presentaron mayor contaminación, el municipio de Popayán es quien presentan mayor contaminación por *E. coli*, lo que indica que su ubicación geográfica cerca la capital caucana es una tópico importante en los resultados obtenidos, ya que en todas las zonas rurales del municipio de Popayán se encuentran actividades antrópicas y serían los sistemas de abastecimiento con mayor alerta de suministrar agua no apta para consumo humano.

En el Gráfico 1, se puede observar que el 88% de los acueductos muestreados se agrupan en un rango de contaminación fecal de 0-500 (UFC/100ml) para *E. coli* y de 0-5000 (UFC/100ml) para coliformes totales, de lo cual se entiende que posiblemente existen dinámicas asociadas a las cuencas o microcuencas de abastecimiento provenientes de la actividad antrópica que influyen directamente sobre la calidad microbiológica del agua, evidenciando la falta de protección y de conservación del recurso por parte de los actores involucrados en estas zonas en particular.

Grafico 1 Distribución de los resultados del análisis microbiológico de la calidad de agua de los sistemas de distribución muestreados



Para establecer una clasificación del nivel del riesgo de las comunidades al consumir agua con ciertos niveles de contaminación fecal, se tiene en cuenta el reporte del informe de revisión en el Centro Colaborador de la OMS para la protección de calidad del agua potable y la salud humana, en el instituto Robens, Guildford en 1988 (Pag 45), donde se muestra una categorización del riesgo en función de la concentración de *E. coli*.

Tabla 7.
Nivel de Riesgo por contaminación fecal

GRADO	<i>E. coli</i> UFC/100ml	RIESGO
A	0 (Recomendado por la OMS)	Sin riesgo
B	1-10	Bajo
C	11-100	Medio Alto
D	101-1000	Alto
E	>1000	Muy alto

Por lo tanto se obtiene que en los municipios de Bolívar y de San Sebastián, son los únicos que presentan acueductos con niveles de bajo riesgo, y todos los acueductos analizados en los municipios de Popayán y de Timbio presentan niveles de contaminación mayor a 11 UFC/100ml *E. coli*, Como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 8.

Clasificación nivel de riesgo por contaminación fecal

MUNICIPIOS/NIVEL DE RIESGO	SIN RIESGO	BAJO	MEDIO ALTO	ALTO	MUY ALTO
Bolívar	8%	8%	45%	37%	2%
Popayán	---	---	20%	60%	20%
San Sebastián	29%	15%	37%	19%	-
Timbío	---	---	25%	69%	6%

Según los informes recientes de calidad del agua para consumo humano en los años 2012 y 2013, el departamento del Cauca se encuentra en un nivel de riesgo medio en ambos periodos, estos Informes se basan en el análisis de los resultados obtenidos de la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano, realizada por las autoridades sanitarias del país, con base en el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano – IRCA. Se evidencia según el estudio de este informe que la calidad de agua de las fuentes de abastecimiento de los acueductos priorizados en los 4 municipios, la mayoría se agrupan en un nivel de riesgo Medio Alto y Alto y relacionándolos con los resultados del IRCA en los últimos años también se clasifica el departamento en un riesgo Medio, pero que evalúa la calidad de agua en las unidades de distribución hacia las viviendas. Se puede concluir entonces que existen falencias a nivel local en los sistemas de abastecimiento condicionados por la falta de recursos de inversión enfocados a la protección y recuperación de cuencas, saneamiento básico, mejoramiento y construcción de plantas de tratamiento, educación ambiental y entornos saludables.

La calidad del agua para consumo humano ha sido relacionada con la ocurrencia de diferentes enfermedades causadas por bacterias, virus, protozoarios y helmintos. Esos organismos causan enfermedades que van desde ligeras gastroenteritis hasta enfermedades graves y fatales de carácter epidémico. Por tanto el agua debe ser “segura” para consumo humano, siendo definida como “aquella que no representa riesgo significativo a la salud humana durante su consumo por toda la vida, incluyendo las sensibilidades inherentes a cada etapa de la vida.

La vigilancia sanitaria y la vigilancia en salud pública de las enfermedades relacionadas con el agua, son funciones esenciales asociadas a la responsabilidad estatal y ciudadana de protección de la salud, que busca conocer la incidencia de estas enfermedades en la población y su relación con

el agua. La vigilancia busca identificar la posible relación entre la calidad del agua y la ocurrencia de las enfermedades, para definir acciones preventivas mediante la preservación de la calidad del agua. Por esto, la vigilancia debe ser vista como un mecanismo de colaboración entre las autoridades de salud pública y los prestadores del servicio de agua, la cual busca determinar si existe alguna relación entre la calidad del agua y los casos reportados de enfermedades transmitidas por vía hídrica, siendo esencial la información proporcionada por la vigilancia sobre el agua suministrada por el prestador del servicio público y los datos epidemiológicos levantados por la autoridad sanitaria relacionados con la posible afectación a la población por su consumo.

En el país el Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública -SIVIGILA en el año 2013 realiza un análisis que recoge el comportamiento de la notificación de Hepatitis A, Cólera, Fiebre Tifoidea/paratifoidea, Enfermedades Transmitidas por Alimentos, Enfermedades Diarreica Agua en menores de 5 años, por ser los eventos más representativos asociadas con la calidad del agua y son vigilados por el sistema de vigilancia nacional. Para cada uno de los eventos anteriormente mencionados fue considerando la estimación de su magnitud en lugar y persona; tendencia y cambios en los patrones de ocurrencia, distribución y propagación mediante el análisis comparativo en el tiempo. En la tabla 9 se presenta la tasa de morbilidad de dichas enfermedades para el departamento del Cauca, en el cual para el año 2013 se tenía una población estimada de 1.354.733 habitantes:

Tabla 9.

Tasa de morbilidad de enfermedades emergentes en el departamento del Cauca

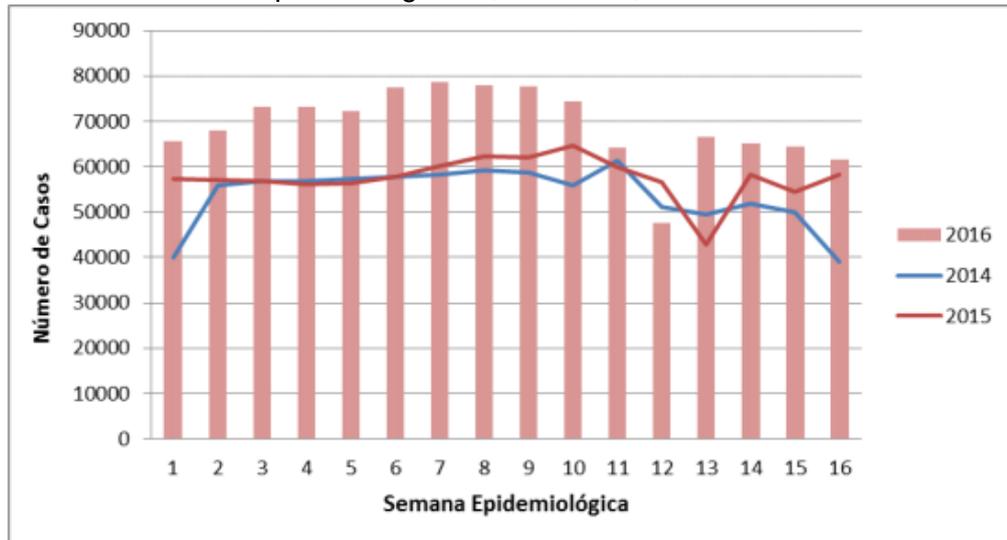
Enfermedad/ Morbilidad	Numero de caso	Tasa de incidencia por 100.000
Hepatitis A	144	10,63
EDA	61562	4550
ETA	111	8,19
Fiebre Tifoidea y Paratifoidea	36	3,6%

En el caso del cólera se encontró solo un caso sospechoso en el departamento.

El anterior análisis indica que las enfermedades transmitidas por EDA son el mayor número de casos de enfermedades infecciosas por el agua en el departamento del Cauca y que a nivel nacional según los resultados arrojados

último reporte del Sistema Nacional de Salud muestra que la tasa de morbilidad sigue en aumento como lo muestra el siguiente grafico 2

Grafico 2 Número de casos de enfermedad diarreica aguda, periodo epidemiológico IV, Colombia, 2014 a 2016



Fuente: Sivigila, Instituto Nacional de Salud. Colombia

Es innegable que existe una problemática importante con el adecuado uso y manejo del agua tanto a nivel local como nacional y que este tipo de informes de alguna manera pretende alertar a las diferentes autoridades e instituciones competentes en la responsabilidad de una gestión ambiental adecuada, que permitan buscar mecanismos de solución o mitigación de dichas problemáticas, buscando siempre un bienestar social tanto para las zonas urbanas como las zonas rurales ya que siempre son las más vulnerables.

5.2 INSPECCIÓN SANITARIA DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO

Como era de esperarse la mayoría de las microcuencas abastecedoras de los acueductos priorizados se encontraron ubicadas en la parte alta de las veredas, Sin embargo, se hallaron diferentes actividades antrópicas alrededor de éstas que posiblemente afectan la calidad de agua consumida por las poblaciones. Dentro de lo que se destaca la presencia de ganado que llega hasta las instalaciones de las bocatomas, contaminando las fuentes con estiércol, pantano y otros, esto a causa de la ausencia de cercos de protección, reforestación y poca conciencia ambiental por parte de los actores involucrados. También se encontraron diferentes actividades de agricultura en donde los cultivos de café, maíz y plátano predominaron.

Además las comunidades presentan problemas en invierno por el aumento de la turbidez que presenta el agua, al no contar con procesos unitarios de potabilización de agua, el flujo llega a los grifos de las casas con presencia de características organolépticas, lo cual como medida de limpieza hebullen el agua. En verano las fuentes de abastecimiento disminuyen el caudal, lo que obliga a las comunidades a hacer racionamientos y minimizar el derroche del recurso dentro de sus actividades cotidianas.

En cuanto a la infraestructura de estos sistemas de abastecimiento priorizados se evidencio que el 95% presenta una estructura de captación o bocatoma, pero en su mayoría funcionan hace más de 15 años en condiciones deficientes, ya que algunas se encontraron sin rejillas para la limpieza de hojarasca, en zonas de deslizamientos que ocasionan la turbiedad del agua, y otras construidas con materiales artesanales como palos y mangueras. El 73,5% de los sistemas tiene desarenador pero más del 96,6% no contiene ningún tipo de tratamiento para potabilizar el agua, como por ejemplo, filtros y desinfección con cloro, en general el agua se conduce desde las bocatomas hasta los tanques de almacenamiento.

Los resultados más importantes de esta inspección se visualizan en la Tabla 10 en donde se presentan las preguntas realizadas en la inspección sanitaria, la respuesta más frecuente a cada pregunta y el porcentaje en relación a los 117 registros o bocatomas caracterizadas.

Tabla 10.
Preguntas inspección sanitaria y la respuesta más frecuente

CATEGORÍA O VARIABLE AGRUPADA	PREGUNTAS INSPECCIÓN SANITARIA	RESPUESTA MÁS FRECUENTE	(%)
CARACTERÍSTICAS NATURALES	¿Cuál es el tipo de abastecimiento?	QUEBRADA	65,8
	¿Qué tipo de pendiente predomina cerca de la fuente?	MEDIA	42,7
LLUVIAS	¿Durante el periodo de lluvias con qué frecuencia llueve?	DOS O MAS VECES POR SEMANA	83,8
	¿Las lluvias generan turbiedad en la fuente?	SI	91,5
	¿Una vez el agua esta turbia, cuanto tiempo le toma aclarar?	ENTRE 6H Y 12H	49,6
COBERTURA VEGETAL Y DESLIZAMIENTOS	¿Cuál es el tipo de cobertura que predomina en cercanías a la fuente?	BOSQUE NATURAL	76,1
	¿Hay evidencia de deslizamiento o derrumbes en cercanías a la fuente?	SI	55,6
	¿Cuál es la intensidad de estos deslizamientos?	MODERADA	30,8

ASENTAMIENTOS HUMANOS E INSTITUCIONES EDUCATIVAS	¿Hay presencia de asentamientos humanos en la microcuenca?	NO	69,2
	¿Hay presencia de instituciones educativas en cercanías a la fuente?	NO	81,2
GANADERÍA	¿Hay presencia de actividad ganadera en cercanías a la fuente?	SI	68,4
	¿Cuál es la intensidad de la actividad ganadera?	MODERADA	48,8
	De la ganadería existente ¿cuál es el tipo de ganado predominante?	BOVINO	64,1
AGRICULTURA	¿Hay presencia de actividad agrícola en cercanías a la fuente?	NO	51,3
	¿Cuál es la intensidad de la actividad agrícola?	NO APLICA	50,4
	De la agricultura existente ¿cuál es el cultivo predominante?	NO APLICA	51,3
INDUSTRIA	¿Hay presencia actividad industrial en cercanías a la fuente?	NO	97,4
	¿Cuál es la intensidad de la actividad industrial?	NO APLICA	97,4
	De la industria existente ¿cuál es la predominante?	NO APLICA	97,4
MINERÍA	¿Hay presencia actividad minera en cercanías a la fuente?	NO	97,4
	¿Cuál es la intensidad de la actividad minera?	NO APLICA	97,4
	De la minería existente ¿cuál es la predominante?	ROCA	1,7
ÁREAS PROTEGIDAS	¿Existen áreas protegidas en cercanías a la fuente?	SI	77,8
	¿Qué tipo de área protegida existe?	BOSQUES	73,5
VIAS	¿Hay presencia de vías en cercanías a la fuente?	SI	76,9
	¿Cuál es el estado de las vías presentes?	CAMINO DE HERRADURA	44,4
RELLENO SANITARIO	¿Hay presencia de relleno sanitario en cercanías a la fuente?	NO	94,9

5.3 GEORREFERENCIACION DE BOCATOMAS, FOCOS DE CONTAMINACIÓN, Y COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN.

A través de un GPS garmin 62S, una cámara fotográfica y la estructuración previa de los procedimientos necesarios para llevar a cabo la adecuada georreferenciación y posterior obtención de la ubicación global de los sitios de interés, se logra la elaboración de 24 fichas técnicas que caracterizan aún más algunos sistemas de abastecimiento priorizados en los 4 municipios. En este

informe se presenta 4 fichas técnicas como ejemplo de cada municipio, las restantes se encuentra en los datos de la Fundación InnoGen.

Ficha Técnica 1: Acueducto Florida Alta			
Lugar: Municipio de Bolívar, Vereda Florida Alta			
Fecha: 19 de Febrero del 2016 Hora: 8:00 am Duración actividad: 4 hora			
INSTALACIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO	COORDENADAS	OBSERVACIÓN
Bocatoma a1 (El Sombrero)		LATITUD (N)	aproximadamente 30 años de construcción
		01° 44' 36,6"	
		LONGITUD (W)	
		076° 59' 26,5"	
		ALTTITUD (m)	
		2221	
Bocatoma a2		LATITUD (N)	Tiene 11 meses de construcción
		01° 44' 41,3"	
		LONGITUD (W)	
		076° 59' 32,5"	
		ALTTITUD (m)	
		2242	
Desarenador		LATITUD (N)	Heces fecales aguas arriba de la fuente
		01° 45' 67,3"	
		LONGITUD (W)	
		076° 59' 26,6"	
		ALTTITUD (m)	
		2183	
Tanque de almacenamiento		LATITUD (N)	Ubicado a 5m del desarenador, con una capacidad de 28000L aproximadamente
		01° 44' 41,8"	
		LONGITUD (W)	
		076° 59' 32,8"	
		ALTTITUD (m)	
		2181	

Bocatoma b		LATITUD (N)	Esta bocatoma no tiene aguas abajo desarenador ni tanque de almacenamiento
		01° 45' 00,4"	
		LONGITUD (W)	
		076° 59' 30,1"	
		ALTTITUD (m)	
2077			
Foco de contaminación		LATITUD (N)	Heces fecales cerca la bocatoma
		01° 44' 58,6"	
		LONGITUD (W)	
		076° 59' 28,2"	
		ALTTITUD (m)	
2101			
Bocatoma c		LATITUD (N)	Tiene 11 meses de construcción
		01° 45' 02,3"	
		LONGITUD (W)	
		076° 59' 28,2"	
		ALTTITUD (m)	
2081			
Desarenador		LATITUD (N)	La estructura colapso no se encuentra en funcionamiento.
		01° 45' 20,0"	
		LONGITUD (W)	
		076° 59' 43,3"	
		ALTTITUD (m)	
1995			

<p>Tanque de almacenamiento Bocatoma C</p>		<p>LATITUD (N)</p>	<p>Se encuentra en estado de abandono</p>
		<p>01° 45' 20,6"</p>	
		<p>LONGITUD (W)</p>	
		<p>076° 59' 43,9"</p>	
		<p>ALTTITUD (m)</p>	
<p>1985</p>			
<p>Bocatoma d</p>		<p>LATITUD (N)</p>	<p>No existe una estructura que se le pueda llamar bocatoma, es una captación artesanal mediante la instalación de una manguera</p>
		<p>01° 44' 45,4"</p>	
		<p>LONGITUD (W)</p>	
		<p>076° 59' 44,8"</p>	
		<p>ALTTITUD (m)</p>	
<p>2107</p>			
<p>Tanque de almacenamiento</p>		<p>LATITUD (N)</p>	<p>Construido en ladrillo por la comunidad hace 7 años aproximadamente, contiene una implementación artesanal con mangueras</p>
		<p>01° 44' 57,7"</p>	
		<p>LONGITUD (W)</p>	
		<p>076° 59' 54,3"</p>	
		<p>ALTTITUD (m)</p>	
<p>2043</p>			

Ficha Técnica 2: Acueducto Samanga			
Lugar: Municipio de Popayán, Vereda Samanga			
Fecha: 26 de Febrero del 2016 Hora: 8:00 am Duración actividad: 2 horas			
INSTALACIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO	COORDENADAS	OBSERVACIÓN
Foco de contaminación		LATITUD (N)	5 metros de la bocatoma se encuentra ganado.
		2,373285	
		LONGITUD (W)	
		-76,537135	
		ALTTITUD (m)	
2386			
Bocatoma		LATITUD (N)	
		2,373755	
		LONGITUD (W)	
		-76,537428	
		ALTTITUD (m)	
2380			
Desarenador		LATITUD (N)	Se encuentra a pocos metros de la bocatoma, funciona normalmente.
		2,373891	
		LONGITUD (W)	
		-76,537742	
		ALTTITUD (m)	
2347			
Tanque de almacenamiento		LATITUD (N)	
		2,406329	
		LONGITUD (W)	
		-76,558435	
		ALTTITUD (m)	
2210			

Ficha Técnica 3: Acueducto Hatos Pantano Tuno			
Lugar: Municipio de San Sebastián, corregimiento Paramillos			
Fecha: 8 de Febrero del 2016 Hora: 8:00 am Duración actividad: 2 horas			
INSTALACIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO	COORDENADAS	OBSERVACIÓN
Bocatoma		LATITUD (N)	
		01 ° 46' 49,7"	
		LONGITUD (W)	
		076° 47' 43,0"	
		ALTTITUD (m)	
		2585	
Foco de contaminación		LATITUD (N)	Ganado aguas arriba de la bocatoma
		LONGITUD (W)	
		ALTTITUD (m)	
Tanque de almacenamiento 1		LATITUD (N)	
		01° 46' 46,6"	
		LONGITUD (W)	
		076° 47' 44,5"	
		ALTTITUD (m)	
		2566	
Tanque de almacenamiento 2		LATITUD (N)	
		01° 49' 32,2"	
		LONGITUD (W)	
		076° 49' 33,1"	
		ALTTITUD (m)	
		2229	

Ficha Técnica 4: Acueducto Brisas del Paramillo			
Lugar: Municipio de Timbío, Vía Paispamba Timbío			
Fecha: 24 de Febrero del 2016 Hora: 12:00 pm Duración actividad: 2 hora			
INSTALACIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO	COORDENADAS	OBSERVACIÓN
Bocatoma a		LATITUD (N)	
		02° 16' 39,2"	
		LONGITUD (W)	
		076° 38' 30,8"	
	ALTTITUD (m)	2152	
Bocatoma b		LATITUD (N)	Se encuentra conjunto a la bocatoma
		02° 16' 33,3"	
		LONGITUD (W)	
		076° 38' 32,0"	
	ALTTITUD (m)	2166	
Bocatoma c		LATITUD (N)	
		02° 16' 34,1"	
		LONGITUD (W)	
		076° 38' 35,0"	
	ALTTITUD (m)	2173	
Desarenador		LATITUD (N)	
		02° 17' 01,39,2"	
		LONGITUD (W)	
		076° 38' 30,7"	
	ALTTITUD (m)	2150	

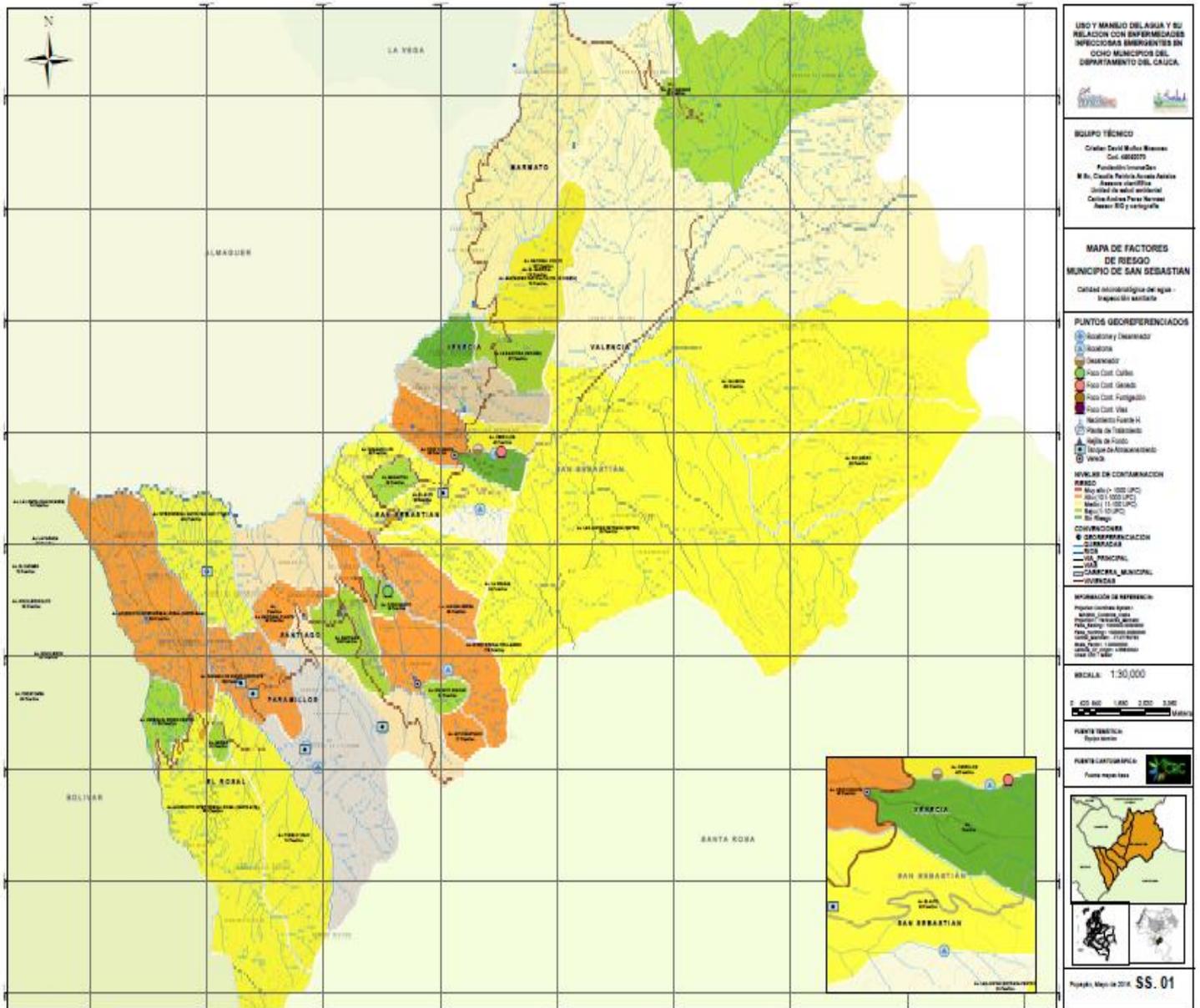
5.4. MAPA DE RIESGO

El mapa de factores de riesgo en los municipios representa en polígonos las veredas abastecidas por cada uno de los acueductos, el nivel de riesgo se presenta con una escala de colores aplicada sobre el área (veredas) de influencia de los acueductos; es importante aclarar el alcance o delimitación de estos niveles, se aproximaron de acuerdo a un radio establecido, puesto que no se tiene una cartografía base de las zonas rurales del municipio donde se especifiquen los límites de las veredas.

El mapa también relaciona los niveles de contaminación mostrando los diferentes focos de contaminación identificados en el diagnóstico participativo y los encontrados en el proceso de inspección, diferenciando los puntos georreferenciados y no georreferenciados que logran soportar el mapa. También se suministra diferente información de interés como por ejemplo: abastecimiento por acueducto, viviendas georreferenciadas, hidrografía, división política y la red vial del municipio.

Los mapas se presentan en medio magnético, debido a la resolución y definición de los detalles de cada mapa, sin embargo en el documento se presentan los mapas en una escala menor. En el mapa de riesgo 1 se encuentra el municipio de Bolívar, en mapa 2 el municipio de Popayán, mapa 3 el municipio de San Sebastián y en el mapa 4 se presenta el municipio de Timbío.

Mapa 3 Municipio de San Sebastián



6. CONCLUSIONES

- La colaboración y el apoyo de la comunidad es fundamental para la ejecución efectiva de las actividades en este tipo de proyectos, el compromiso y el apoyo de estos permitió la obtención de las pruebas piloto de calidad microbiológica y las posteriores visitas de inspección.
- Las distancias entre los puntos de recolección de muestras de agua en los municipios de Bolívar, San Sebastián y el laboratorio en la ciudad de Popayán, pudo influir en los resultados, ya que son los únicos municipios que presentan baja contaminación fecal, los otros dos municipios cercanos al laboratorio, presentan mayor contaminación, aunque en estos municipios se presentó mayor actividad antrópica, como presencia de viviendas y de ganado alrededor de la bocatoma.
- la recolección de las muestras de agua es uno de los ítems importantes en este proyecto, el tiempo que trascorra entre la capacitación de los representantes de los acueductos y la recolección de las muestras es fundamental, ya que entre menos tiempo trascorra entre estas dos actividades, la entrega de las muestras es mayor.
- Los resultados obtenidos en el muestreo de calidad microbiológica del agua, no definen la situación real de la calidad del agua, ya que se debe realizar un estudio más robusto donde se tomen muestras en varias épocas del año, pero demuestra que las fuentes de abastecimiento de los acueductos presentan una contaminación elevada, y que al no contar con sistemas de tratamiento posiblemente estarían suministrando a sus comunidades agua no apta para consumo humano.
- La mayoría de los acueductos solo presentaban un sistema de conducción donde el agua es dirigida desde la bocatoma hacia las viviendas por tuberías y tanques de almacenamiento. Procesos unitarios como la filtración y desinfección se encuentran ausentes, lo cual es un factor potencial en el aumento de casos por enfermedades infecciosas del agua hacia las comunidades abastecidas lo que a futuro podría suponer un problema de salud pública.

7. RECOMENDACIONES

- Es importante que los acueductos rurales estén consolidados como entidad u organización y tener una articulación entre actores del estado, ya que se les facilita autogestionar proyectos o soluciones rápidas ante los problemas que presentan en los sistemas de abastecimientos como también generan confianza para desarrollar estos proyectos.
- Los sistemas de abastecimientos que presentan alto riesgo de contaminación fecal deben ser objeto de medidas inmediatas que solucionen o mitiguen la problemática de consumo de agua contaminada, porque se pone en riesgo la salud de la población abastecida.
- Es necesario realizar otros muestreos de calidad de agua microbiológica en diferentes épocas del año, para verificar y hacer un seguimiento a los resultados obtenidos en este trabajo. como también, que las autoridades competentes municipales y departamentales estén en continuo seguimiento a los acueductos rurales para prestar soluciones a las problemáticas que presentan.
- Es importante que las alcaldías municipales continúen vinculando a la academia (universidades), para la realización de trabajos de investigación e implementación de proyectos pilotos en cuanto a sistemas de potabilización de agua.
- Es importante que los esfuerzos para mejorar la calidad del agua se den en todos los niveles, políticos, administrativos y técnicos, para promover acciones sinérgicas y actuar de forma eficiente antes los problemas detectados, considerando que los hallazgos del informe, reivindican las necesidades de estrategias de gestión y de un mejor direccionamiento de los recursos del sector que permitan disminuir las brechas del suministro del agua y evitar morbimortalidad relacionadas con la mala calidad, principalmente en la zona rurales del país.

BIBLIOGRAFÍA

- Colombia Ministerio de salud y protección social (Marzo 15 de 2013). Por el cual se crea el Plan Decenal de Salud Pública, PDSP, 2012 – 2021. Bogotá D.C.,: El ministerio, Pág. 18-19-20-20-29
- Aponza Astrid, Pomeo Libardo. Gobernación del Cauca. Fundación InnovaGen: estudios y documentos previos para la celebración de un convenio de asociación, Convenio de Asociación septiembre de 2014. Pág. 1-2-3.
- Colombia ministerio de salud y protección social subdirección de salud ambiental (2013) informe nacional de la calidad del agua para consumo humano con base en el IRCA. Bogotá
- Consejo Nacional de Política Económica y Social 0 República de Colombia Departamento Nacional de Planeación (24 de Noviembre de 2008), por el cual se crea lineamientos para la formulación de la política integral de salud ambiental con énfasis en los componentes de calidad de aire, calidad de agua y seguridad química Bogotá D.C.,: El ministerio de salud y protección social, 2008. Pág. 11-20-27.
- Convenio Interadministrativo entre la CVC (No. 011) y la Universidad del Valle . (2001). Aproximación al Plan de Muestreo de la Calidad del Agua del Río Cauca y sus Tributarios. Santiago de Cali: CVC, Cap2, Pág 28-29.
- Lesur, Luis. Manual de purificación del agua. Mexico. Editorial Trillas. 1998 ISBN: 968-24-3495-596 Pag 24.
- Ministerio del Medio Ambiente Colombia,(Junio de 2002) Propuesta Organizacional Sistemas de Gestión Ambiental Municipal (SIGAM); pág. 21-28.
- Murrell, J., Badía, M., Álvarez, B., Hernández, N., Pérez, M., (2013) Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. Revista CENIC Ciencias biológicas. P 44
- Ordoñez, A. Salud ambiental: conceptos y actividades: Organización Panamericana de la Salud/ Organización Mundial de la Salud, Ecuador. 2000 Pág. 137-138
- Rengifo cuellar, Hugo. Conceptualización de la salud ambiental: teoría y práctica (parte 1). *Rev. perú. med. exp. salud pública* [online]. 2008, vol.25, n.4.
- Romero, M et al..(2014)Los factores ambientales como determinantes del estado de salud de la población.*Rev Cubana HigEpidemiol* [online]. 2007, vol.45, n.2.
- Rose, J et al,. Reduction of pathogens, Indicator Bacteria, and Alternative Indicators By Wastewater Treatment and Reclamation Process

ANEXOS
ANEXO 1. CADENA DE CUSTODIA



CADENA DE CUSTODIA TOMA DE MUESTRA DE AGUA DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO	
CODIGO DE LA MUESTRA: _____	
INFORMACION DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO	
Nombre del Acueducto: _____	Número de familias: _____
Municipio en el que se encuentra la bocatoma: _____	
Corregimiento en el que se encuentra la bocatoma: _____	
Vereda en el que se encuentra la Bocatoma: _____	
DATOS GENERALES DEL MUESTREO	
Fecha : _____ Hora : _____ Responsable: _____	
Estado del tiempo actual: Soleado [] Lluvioso [] Nublado []	¿Hubo lluvias fuertes (aguaceros) en la última semana en la zona de la bocatoma? SI [] No []
Fuente de abastecimiento: Río [] Quebrada [] Pozo profundo [] Otras [] Nombre Fuente: _____	¿Ha llegado el agua a su vivienda turbia (con barro) en la última semana? SI [] No []

RECEPCION DE MUESTRA EN EL LABORATORIO		
Fecha de recepción: _____	Hora de recepción: _____	Temperatura De la muestra: _____ (°C)
Nombre de quien entrega: _____		
Firma: _____		
Cp: _____		
Nombre de quien recibe: _____		
Firma: _____		
Cp: _____		

NO DIRIGENCIAR ESTA
SECCION USO EXCLUSIVO
DEL LABORATORIO

ANEXO 2. PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTANDAR (POE)

- 1.** Realizar la actividad de muestreo, según cronograma previamente establecido.
- 2.** Informar previamente al representante del acueducto la realización de la toma, para recolectar la respectiva muestra, es necesario avisar con antelación, para tener en cuenta las distancias a los municipios y adecuar la logística de recolección.
- 3.** Alistar todo el material de recolección de muestras, que incluye: la cadena de custodia, los envases para recolección de las muestras, los materiales para preservación y transporte y elementos de protección personal necesarios para esta actividad.
- 4.** Adecuar el sitio y revisar dispositivo de toma.
- 5.** Determinar visualmente los puntos donde serán recogidas las muestras tomándolas en el centro y en la orilla del cuerpo de agua, evitando puntos de turbulencia.
- 6.** Purgar o enjuagar los recipientes de muestra y de réplica con agua del sitio de muestreo (3 ó 2 veces).
- 7.** Sumergir la botella de muestreo en forma vertical y en contra del flujo de tal manera que el agua entre libremente en él, hasta que se complete el volumen total del frasco.
- 8.** Tomar la muestra dejando siempre una cámara de aire en el recipiente, tapar y refrigerar inmediatamente, además tener en cuenta las siguientes situaciones:
 - a.** En el caso de que el nivel de la lámina de agua sea muy bajo: es necesario re envasar para obtener la cantidad necesaria.
 - b.** Y si el nivel del agua o la velocidad del caudal es muy alto, y es imposible acceder al sitio es necesario realizar la toma manualmente con algún dispositivo que lo permita sin poner en peligro la seguridad del personal encargado.

9. Tomar la siguiente muestra repitiendo los pasos 7 y 8.
10. Tapar el recipiente asegurándose que no haya fugas de agua.
11. Consignar la información requerida en la cadena de custodia para cada muestra.
12. Almacenar para su envío al laboratorio en refrigeración.
13. Transportar las muestras en la nevera de icopor debidamente sellada y en el menor tiempo posible (4-6-12 horas).
14. Dejar el sitio de muestreo igual o mejor de lo que estaba, una vez empacadas las muestras, anotar cualquier otra consideración relevante en la toma de la muestra y que pueda influir o ser tomada como criterio para futuras observaciones o requerimientos.

MUESTREO EN LAS DIFERENTES FUENTES DE ABASTECIMIENTO

Lagos naturales, artificiales, esteros, jagüeyes y estanques

Aunque el punto de toma ideal debería ubicarse en el nivel superior de la parte más profunda de estos cuerpos de agua, por la misma actividad que se realiza, la toma de muestra de agua puede hacerse cerca a la orilla (0.5 a 1 metro) y a una profundidad de (15 a 30 centímetros) cerca del punto de captación superficial por parte de los usuarios.

Ríos, quebradas, cañadas y cuerpos corrientes

Aunque el ideal es tener en cuenta el balance hídrico - precipitación de la zona, área de la cuenca, tiempo de recorrido de un punto a otro de la toma, escorrentía, caudal que llega al punto de referencia, se toma la muestra cerca a la orilla (0.5 a 1 metro) y a una profundidad de (15 a 30 centímetros)

Captación de aguas Superficiales por Bombeo:

Tomar muestra lo más cerca de la descarga de la bomba o de un dispositivo (llave o manguera), derivado como accesorio de un punto del recorrido de la descarga.

Aguas de pozos y/o subterráneas

Para pozos de agua sin bomba, se extrae una muestra de agua del nivel superficial del pozo. Para agua de pozos, se toma muestra de agua de la boca de la manguera a 1 ó 2 metros por debajo de la superficie, previo funcionamiento de la bomba por aproximadamente 1 minutos.

Aguas de nacederos y manantiales

Se toma la muestra de agua en el manantial antes de que toque el suelo y para las mana se toma en el centro de la misma sin tocar sus alrededores.

En fuentes subterráneas alimentadas directamente por lluvias, por perforación de pozos para suministro de agua de fuentes no confinadas o freáticas retenidas por un manto impermeable y las confinadas o Artesianas retenidas entre dos mantos impermeables.

Purgar el pozo el tiempo requerido para lavar el pozo, asegurando que el agua estancada es cambiada por agua fresca, dependiendo de si sale incrustación mecánica (arena, arcillas), incrustaciones químicas (costras o corrosión) o incrustaciones bacteriológica (fangos o pastas), para tomar agua directa del acuífero, eliminar agua estancada y permitir estabilidad de la muestra.

Tomar muestra lo más cerca de la descarga de la bomba o de un dispositivo como llave o manguera de la descarga, sin que contamine muestra y realizar análisis de parámetros básicos o adicionales, incluso el cloro si se adiciona por succión en algún punto del recorrido de la descarga.

Toma de agua atmosférica o lluvias

Se hace generalmente utilizando los tejados de las casas con depósitos dimensionados para la población a servir, según períodos normales de lluvia.

Puede hacerse la toma de las muestras de aguas captadas y conducidas por canaletas laterales ya sea del conducto que las recoge o la que se depositan en un tanque de almacenamiento o cisterna.

ANEXO 3. FORMATO DE INSPECCIÓN SANITARIA

	FORMATO DE INSPECCION SANITARIA A LOS ACUEDUCTOS	 GOBIERNO DEL ESTADO SECRETARÍA DE SALUD	Página	1 de 5
			VERSION	01
			CÓDIGO	

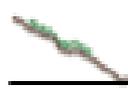
INFORMACIÓN GENERAL

Fecha: DD MM AAAA			
Nombre del Acueducto:		Número de Familias Abastecidas:	
Nombre del Representante:		Cargo:	Tel:

Nota: La siguiente información que se solicita hace referencia específicamente a las zonas aledañas de la bocanoma y aguas arriba de ella.



INFORMACIÓN DE LA CUENCA O MICROCUENCA DE ABASTECIMIENTO

CARACTERÍSTICAS NATURALES					
1. Tipo de Abastecimiento			2. Tipo de Pendiente		
Fuente Superficial:	Fuente Subterránea:	Otros:	1) Baja:	2) Media:	3) Alta:
1) Río ()	4) Pozo ()	6) Nacimiento ()	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) Lago ()	3) Aljibe ()	7) Aguas lluvias ()	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) Quebrada ()			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Nombre de la fuente: _____					
4. Clima predominante:			1) Calido () 2) Templado () 3) Frio ()		
Lluvias					
5. En periodo de lluvias con qué frecuencia llueve:			6. Las lluvias ocasionan el aumento de la turbiedad en el agua: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
1) Una vez por semana ()		7. Cuanto se demora en aclarar el agua:		3) Entre 12h y 24h ()	
2) Dos o más veces por semana ()		1) Menos de 6h ()		4) Entre 24h y 48h ()	
3) Una o dos veces por mes ()		2) Entre 6h y 12h ()		3) Más de 48h ()	
8. Cobertura vegetal predominante:			1) Bosque Natural () 2) Plantación Forestal () 3) Pastos-Pobreros ()		
9. Evidencia de derrumbes o deslizamientos: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>			10. Cual es la intensidad del derrumbe:		
			1) Alta () 2) Moderada () 3) Escasa ()		
ACTIVIDADES EXISTENTES:					
11. Asentamientos humanos: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>			12. Número de viviendas: _____		
13. Ganadería: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		16. Agricultura: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		19. Industria: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
14. Intensidad:		17. Intensidad:		20. Intensidad:	
1) Alta () 2) Moderada () 3) Escasa ()		1) Alta () 2) Moderada () 3) Escasa ()		1) Alta () 2) Moderada () 3) Escasa ()	
15. Ganado predominante: _____		18. Cultivo predominante: _____		21. Industria predominante: _____	
22. Minería: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>			26. Áreas Protegidas: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
23. Tipo: 1) Oro () 2) Plata () 3) Carbon () 4) Otro. ¿Cual? _____			1) Bosques ()		
24. Intensidad: 1) Alta () 2) Moderada () 3) Escasa ()			2) Parques Naturales ()		
25. Minería predominante: _____			3) Zonas de resguardo ()		
			4) Otro. ¿Cual? _____		

INFRAESTRUCTURA

27. Vías: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	28. Estado de la vía:	1) Pavimentada () 2) Destapada () 3) Camino de herradura ()
29. Relleno Sanitario: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	30. Instituciones Educativas: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	31. Otro: ¿Cual? _____

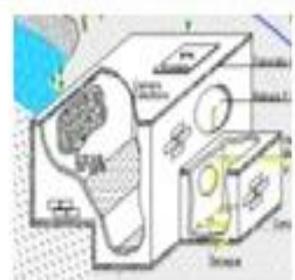
INFORMACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO

32. Marque los componentes del sistema de acueducto:

1) Bocatoma ()	2) Tubería de captación ()	3) Desarenador ()	4) Tubería de Conducción ()
5) Planta de Tratamiento ()	6) Caseta de Desinfección ()	7) Tanque de almacenamiento ()	8) Red de Distribución ()

INFORMACION SOBRE LA BOCATOMA:

33. Tipo de bocatoma

1) Fondo:	2) Lateral:	3) Lecho Filtrante:
		

34. Nombre de la vereda donde se ubica la bocatoma: _____	35. Tiempo de Construcción:	1) Menos de 5 años () 2) Entre 5 y 15 años () 3) Mas de 15 años ()
---	-----------------------------	---

36. Frecuencia de mantenimiento

Invierno:	Verano:
1) 1 vez por semana ()	5) 1 vez por semana ()
2) 2 o más veces por semana ()	6) 2 o más veces por semana ()
3) 1 o 2 veces por mes ()	7) 1 o 2 veces por mes ()
4) No hay mantenimiento ()	8) No hay mantenimiento ()

ANEXO 4. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA INSPECCION Y GEORREFERENCIACION DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO, BOCA TOMAS Y FOCOS DE CONTAMINACION

En el marco del proyecto Uso y Manejo del Agua y su Relación con Enfermedades Infecciosas Emergentes en Ocho Municipios del Departamento del Cauca, se acordó realizar la identificación de los sitios de interés mediante una georreferenciación y caracterización de los sistemas de abastecimiento, boca tomas y focos de contaminación. Para tal fin se ha desarrollado una metodología de recolección de información en campo que garantiza la homogeneidad de la información y permite conocer la posición espacial y las características de cada uno de los sistemas de abastecimiento interveredales priorizados en los ocho municipios. Esta metodología contempla la captura de información mediante un formato de **inspección** y un **dispositivo GPS** y la transferencia de información a través del **Internet** como se describe en este documento.

1. INSPECCION

1.1. ORGANIZACIÓN DE LA INSPECCIÓN

El inspector debe organizar y planificar las acciones necesarias para que la inspección resulte efectiva y eficiente. Se requieren muchas etapas críticas, las que se inician con la primera llamada telefónica para organizar la inspección en el lugar y concluyen con la debida consolidación de la información describiendo al máximo los sitios de interés identificados. El proceso de la inspección sanitaria se divide en tres componentes básicos:

- 1) preparación, incluida la investigación de antecedentes
- 2) inspección en el lugar
- 3) consolidación de la información

El proceso de la inspección debe considerarse como una «alianza cooperativa» entre el organismo inspector y el abastecedor de agua, ya que ambos comparten la meta común de identificar sitios de interés con influencia en las fuentes de abastecimiento que estén en contra del buen uso y manejo del agua.

1.1.1. Recolección de datos

Teniendo en cuenta que en el marco del proyecto “Uso y Manejo del Agua y su Relación con Enfermedades Infecciosas Emergentes en Ocho Municipios del

Departamento del Cauca” se trabaja con acueductos interveredales o con soluciones unipersonales de sistemas de abastecimiento, de los cuales se tiene poca o casi nula información, se hizo necesario la creación de un formato de inspección preliminar que permitiera la mayor colección de datos sobre los sistemas de abastecimiento. A continuación se describen los principales ítems del formato elaborado, el cual el inspector deberá garantizar de manera asistida el total diligenciamiento:

- Aspectos generales de los acueductos priorizados
- Información de la cuenca o microcuenca de abastecimiento:
 - Características naturales
 - Actividades existentes
 - Infraestructura
- Información del sistema de abastecimiento
- Información sobre la bocatoma

1.1.2. Planificación

El inspector debe calcular el tiempo requerido para distribuirlo adecuadamente. El estimado debe incluir el tiempo antes, durante y después de la inspección en el lugar. Si bien el tiempo requerido varía con la complejidad y experiencia del inspector, es práctico calcular tres horas en la oficina por cada hora en el campo. Es importante diseñar una ruta estratégica que permita abarcar la mayor caracterización de sistemas de abastecimiento.

1.1.3. Contactos (teléfono y mensaje)

El inspector debe contactar al representante del sistema de abastecimiento para explicar el propósito de la inspección sanitaria, programar la fecha y hora de reunión para que el personal esté disponible y discutir cualquier acción que el personal del sistema de agua tenga que realizar para la inspección sanitaria. Se recomienda el contacto telefónico seguido de un mensaje de notificación. El mensaje debe reiterar el contenido de la conversación telefónica.

1.1.4. Equipo recomendado para la Inspección Sanitaria

- ✓ Libreta de campo
- ✓ Cámara fotográfica con registro automático de fecha
- ✓ Binoculares
- ✓ Linterna eléctrica
- ✓ Dispositivo GPS

- ✓ Equipo de protección personal: casco de seguridad, anteojos de protección, guantes, zapatos de seguridad y respiradores.

1.2. RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA INSPECCIÓN EN EL LUGAR

1.2.1. Con el objetivo en mente:

Al realizar la inspección en el lugar, es importante que el inspector recuerde el propósito de la inspección. El inspector debe revisar la fuente de agua, instalaciones, equipos, operación, mantenimiento y manejo de la producción y distribución del agua de bebida segura. El inspector no debe dejar que la inspección se convierta en un ejercicio para completar formularios.

Debe concentrarse en la identificación de problemas potenciales o existentes y en la evaluación de riesgos.

1.2.2. Puntualidad - Participación del personal del sistema de agua:

Cuando se realiza una inspección en el lugar, el primer paso es ser puntual para que el personal del sistema no tenga que esperar al inspector. Una inspección exitosa requiere que los representantes a cargo del manejo, operación y mantenimiento, participen en el proceso de la inspección sanitaria. Además de brindar información relevante al inspector, permitirá al inspector y al personal comprender el propósito de la inspección y desarrollar la confianza en las habilidades del otro. Una vez que se ha desarrollado esa confianza, el personal puede estar más dispuesto a expresar las condiciones y problemas del sistema.

1.2.3. Responsabilidad y capacidad del personal:

En sistemas muy pequeños, la responsabilidad del manejo, operación y mantenimiento puede recaer en una sola persona. El operador también puede ser responsable de otros servicios en la comunidad (por ejemplo, del tratamiento de aguas residuales, reparación de caminos, recolección de basura, etc.). En consecuencia, el operador generalmente solo tiene un conocimiento básico del sistema de agua y sus procesos.

1.2.4. Uso de formularios y notas de campo:

Las notas de campo, diagramas y formularios de inspección son importantes para la inspección. El uso sensato del formulario: a) proporcionará uniformidad

a las inspecciones, b) asegurará el carácter integral de la inspección, c) facilitará el mantenimiento de registros, d) documentará las observaciones y e) permitirá que otro inspector haga el seguimiento de la inspección.

1.2.5. Formularios apropiados:

Un formulario diseñado adecuadamente puede facilitar y simplificar la inspección sanitaria. El formulario de inspección en el campo es un instrumento para el manejo de datos. El formulario puede servir como una guía sistemática durante la inspección para asegurar su carácter integral y evitar pasar por alto datos importantes. Un buen formulario motiva preguntas y brinda al inspector la oportunidad de centrarse en las respuestas y registrar las observaciones, sin distraerse con la siguiente pregunta.

1.2.6. Uso de un formulario “estándar”:

En la mayoría de casos, es apropiado usar un formulario estándar para ayudar al inspector a cubrir todos los aspectos del sistema. Es importante recordar que llenar el formulario no es la función primaria de la inspección. El inspector debe comprender la razón por la que hace cada pregunta.

1.3. SECUENCIA DE LAS ACTIVIDADES

La inspección en el lugar debe llevarse a cabo de manera sistemática. La secuencia debe incluir las siguientes actividades:

- 1) charla informativa inicial
- 2) revisión de formato de inspección preliminar
- 3) recorrido por las instalaciones
- 4) asimilación de los resultados por el inspector
- 5) charla informativa de despedida.

A continuación se brindan los detalles de estas cinco actividades.

1.3.1. Charla informativa inicial

El propósito de la charla es conocer al personal del sistema de agua, explicar el objetivo de la inspección sanitaria y describir la secuencia de actividades que comprenderá la fase de inspección en el lugar. También es una oportunidad para que el inspector y el personal del sistema de agua discutan los problemas que no estén directamente relacionados con la inspección (por ejemplo, reglamentos propuestos, actividades del organismo de vigilancia, etc.).

1.3.2. Revisión de formato de inspección preliminar

Durante esta fase, el inspector debe revisar el informe de inspección sanitaria preliminar para tener un panorama básico de lo que espera encontrar en su recorrido, es importante identificar los sitios de interés más influyentes sobre la fuente de abastecimiento y verificar la veracidad de su existencia, así como también la descripción de las principales instalaciones del sistema de abastecimiento.

1.3.3. Recorrido por las instalaciones

Para que la inspección tenga éxito, es indispensable que los individuos responsables del sistema de abastecimiento participen en el recorrido por las instalaciones. El inspector debe empezar por la fuente de agua y recorrer todo el sistema (siguiendo el «flujo de agua») hasta el sistema de distribución. En cada etapa del proceso, el inspector debe hacer observaciones y preguntar al personal sobre el proceso, equipo y estrategias. La manera de plantear las preguntas a los operadores no debe ser directa. Por ejemplo, es más probable que se obtenga una respuesta exacta cuando se pregunta “¿Cómo sabe cuándo debe lavar un filtro a contracorriente?” en lugar de “¿Siempre lava el filtro a contracorriente antes de que aumente la turbiedad del agua filtrada?”. Otra regla general es no suponer nada. Aun si el inspector sabe la respuesta a una pregunta específica, debe hacer la pregunta. La respuesta servirá para que el inspector evalúe el conocimiento del operador y puede motivar preguntas adicionales sobre el sistema.

NOTA: El inspector no debe tocar, intentar ajustar ni manejar ningún equipo del sistema.

1.3.4. Asimilación de los resultados por parte del inspector

En esta etapa, el inspector debe trabajar solo para completar el formulario de la inspección, identificar y otorgar prioridad a los riesgos sanitarios observados. Se debe dar mayor prioridad a los riesgos sanitarios que puedan representar una amenaza inminente para la salud pública.

1.3.5. Charla informativa de despedida

Antes de dejar el sitio, el inspector debe informar a las personas que estuvieron presentes en la charla inicial sobre los riesgos sanitarios identificados en orden de prioridad. El inspector debe explicar qué medidas generará la inspección. Observación: Como inspector, sus recomendaciones pueden ser «corregir

2.4 Para capturar un *waypoint* en un dispositivo Garmin GPSmap 62s se debe pulsar el botón “mark”, e inmediatamente aparecerá el menú “marcar *waypoint*”.



Figura 3. Botón MARK

2.5 En el menú “marcar *waypoint*” se podrá:

- Definir el nombre para nuestro punto. **Importante:** Usar como nombre del punto la nomenclatura previamente establecida, en este caso, el código asignado para el sistema de abastecimiento priorizado, el cual también es consignado en la ficha de caracterización.



Figura 4. Insertar nombre del Waypoint

- Insertar nota: Por lo general en este ítem registramos la fecha de la georreferenciación del punto, pero en ella podemos describir cualquier observación importante y relevante que describa el sitio de interés.

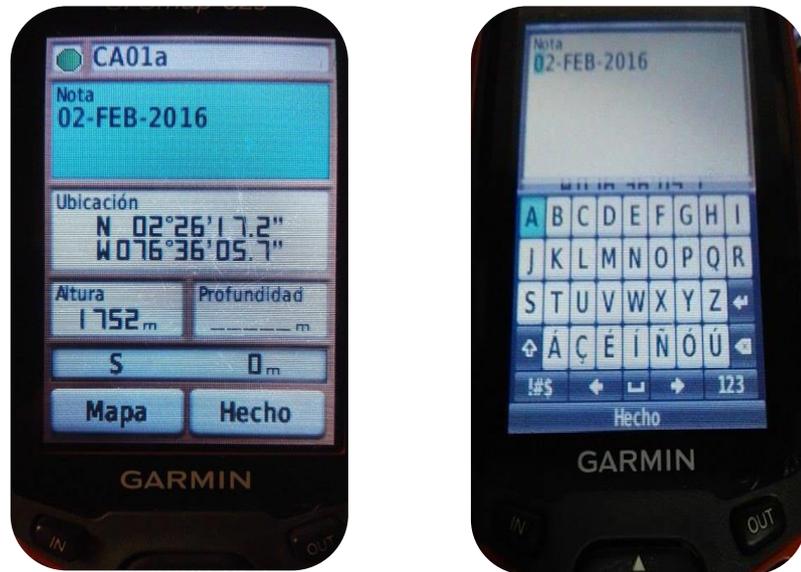


Figura 5. Insertar nota del Waypoint

- Visualizar ubicación: El Gps Garmin GPSmap 62s proporciona la ubicación global mediante datos de coordenadas N(Norte) y W(Oeste), también da como resultado la altura sobre el nivel del mar y la profundidad en el sistema de unidades el cual se tenga configurado el dispositivo.



Figura 6. Visualización del GPS

- 2.6** Guardar Waypoint: Una vez definido el nombre y nota de interés del waypoint se procede a guardarlo: marcando el botón “Hecho” mediante las teclas de dirección y pulsando el botón “ENTER”

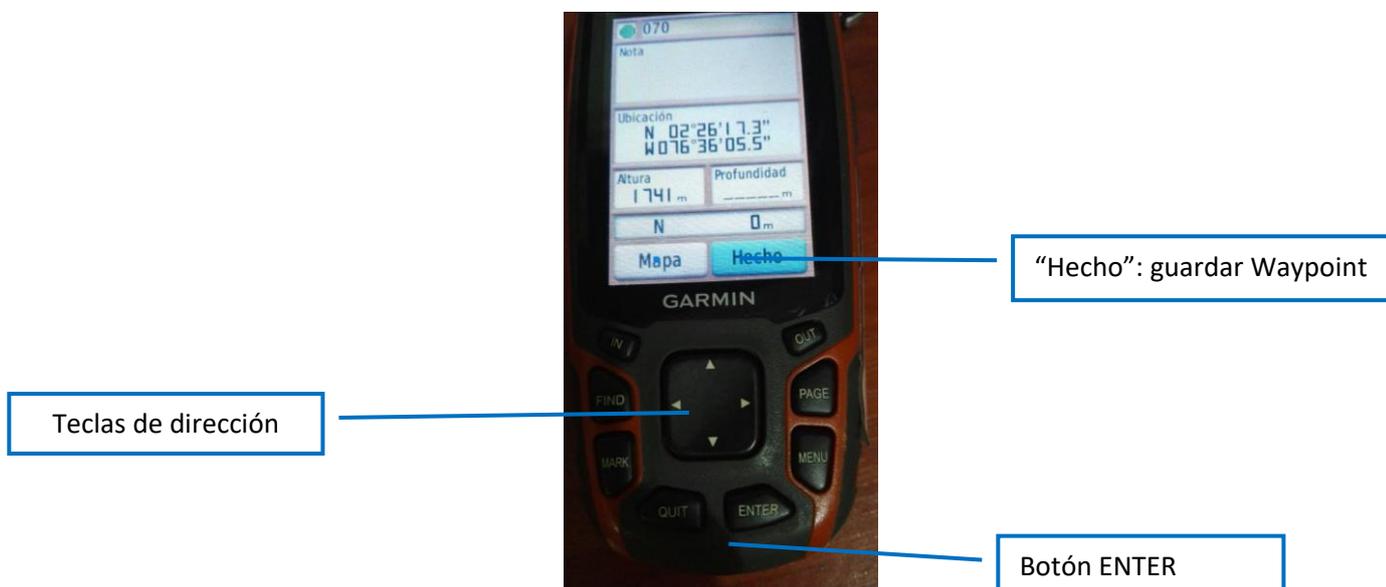


Figura 7. Guardar WayPoint

ANEXO 5. "PASO A PASO" PARA TOMAR UNA MUESTRA DE CALIDAD DE AGUA PARA ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO



PASO A PASO PARA TOMAR UNA MUESTRA DE AGUA:

