

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 CAJIBÍO, PÁEZ, PIENDAMÓ Y EL TAMBO DEL  
DEPARTAMENTO DEL CAUCA”

CARLOS ALBERTO MARTINEZ JIMENEZ  
Código No. 104911010582



UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA 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 CAJIBÍO, PÁEZ, PIENDAMÓ Y EL TAMBO DEL  
DEPARTAMENTO DEL CAUCA”

CARLOS ALBERTO MARTINEZ JIMENEZ  
Código No. 104911010582

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 INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA 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 sí para que siga progresando personal y profesionalmente.

A **Elizabeth Jiménez Jaramillo**, mí 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 **Carlos Alberto Martínez Montero**, gracias por sus consejos y tiempo, por estar pendiente en mi vida, por su apoyo en todo momento.

A mis hermanos. **Edwin Andrés Martínez Jiménez, Daniel Andrés Martínez Jiménez**, mi mejores ejemplos de perseverancia y compromiso, muchas gracias por su apoyo incondicional.

## 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 InnoGen 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.

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pag</b>
RESUMEN.....	8
INTRODUCCIÓN.....	11
1. OBJETIVOS.....	12
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	12
1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	12
2. GENERALIDADES.....	13
3. METODOLOGÍA .....	14
3.1. REALIZAR EL PROCESO DE MUESTREO PARA LA OBTENCIÓN DE PRUEBAS PILOTO DE CALIDAD DE AGUA EN LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO .....	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 INSPECCIÓN SANITARIAMENTE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO .....	16
3.3 GEORREFERENCIAR BOCATOMAS, FOCOS DE CONTAMINACIÓN DE INTERÉS, Y COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN ..	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 prioritizados .....	20
4.1.2. Definición de rutas estratégicas.....	22
4.1.3. Recolección de muestras de agua para análisis microbiológico.....	23
4.1.4. Análisis de Laboratorio: .....	24
4.2 INSPECCIÓN SANITARIA DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO	

4.3	GEORREFERENCIACIÓN DE BOCATOMAS, FOCOS DE CONTAMINACIÓN, Y COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN .....	24
4.4	ELABORACIÓN DEL MAPA DE RIESGO .....	25
5.	RESULTADOS Y ANALISIS .....	26
5.1	PROCESO DE MUESTREO PARA LA OBTENCIÓN DE PRUEBAS PILOTO DE CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA EN LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO .....	26
5.2	INSPECCIÓN SANITARIA DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO	35
5.3	GEORREFERENCIACION DE BOCATOMAS, FOCOS DE CONTAMINACIÓN, Y COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN .....	37
5.4	MAPA DE RIESGO.....	45
6.	CONCLUSIONES .....	50
7.	RECOMENDACIONES .....	51
	BIBLIOGRAFÍA.....	52
	ANEXOS.....	53

## RESUMEN

El proyecto “Uso y manejo del agua y su relación con enfermedades infecciosas emergentes en ocho municipios del departamento del Cauca” en su primera etapa de ejecución, a través de un diagnóstico participativo, logra la identificación y priorización de acueductos rurales con mayor riesgo de suministrar agua no apta para consumo humano a sus comunidades, para realizar una caracterización completa de los diferentes componentes de los sistemas de abastecimiento, bocatomas y focos de contaminación.

Esta pasantía permitió apoyar técnica y operativamente actividades particulares en el marco del proyecto mencionado, enfocadas principalmente a 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 informe contiene el reporte de las actividades dirigidas a la “identificación de los sitios de interés según población a riesgo” en los Municipios de Cajibío, Páez, Piendamó y El Tambo del departamento del Cauca, donde se obtuvo la georreferenciación y caracterización de sitios de interés y la inspección sanitaria a los sistemas de abastecimiento y focos de contaminación soportado con 20 fichas técnicas que registraran los resultados y análisis obtenidos para los diferentes sistemas de distribución priorizados, también la obtención de pruebas piloto de calidad del agua para la evaluación de los acueductos con mayor riesgo.

Finalmente se destacan conclusiones y recomendaciones presentando una documentación anexa que tiene como finalidad mostrar 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 Cajibío .....	27
Tabla 3. Resultados del análisis microbiológico de la calidad de agua municipio de Piendamó .....	27
Tabla 4. Resultados del análisis microbiológico de la calidad de agua municipio de El Tambo .....	28
Tabla 5. Resultados del análisis microbiológico de la calidad de agua municipio de Paéz .....	28
Tabla 6. Características microbiológica de agua potable.....	30
Tabla 7. Nivel de Riesgo por contaminación fecal.....	32
Tabla 8. Clasificación nivel de riesgo por contaminación fecal.....	32
Tabla 9. Tasa de morbilidad de enfermedades infecciosas.....	34
Tabla 10. Preguntas inspección sanitaria y la respuesta más frecuente .....	36

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Capacitación teórica a Fontaneros en el Municipio de Paéz. ....	20
Ilustración 2: Capacitación teórica a Fontaneros en el Municipio del Tambo. ...	21
Ilustración 3: Capacitación practica a Fontaneros en el Municipio del Cajibío. .	21
Ilustración 4: Capacitación practica a Fontaneros en el Municipio del Piendamó. ....	22
Ilustración 5: Recolección de muestras de calidad del agua en el Municipio de Cajibío .....	23
Ilustración 6: Recolección de muestras de calidad del agua en el Municipio de Paéz .....	23

## LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 1. Codificación acueducto Fundadores .....	16
Gráfico 2. Esquema tipo mapa de riesgo.....	19
Gráfico 3: Distribución de los resultados del análisis microbiológico de la calidad de agua de los sistemas de abastecimiento priorizados en los 4 municipios ...	31
Gráfico 4. Número de casos de enfermedad diarreica aguda, periodo epidemiológico IV, Colombia, 2014 a 2016 .....	34

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo 1. Cadena de custodia.....	53
Anexo 2. Procedimiento operativo estándar (POE) .....	54
Anexo 3. Formato de inspección sanitaria.....	58
Anexo 4. Manual de procedimientos para la inspección y georreferenciación de sistemas de abastecimiento, bocatomas y focos de contaminación.....	60
Anexo 5. “Paso a Paso” para tomar una muestra de calidad de agua para análisis microbiológico.....	69

## **LISTA DE FICHAS TECNICAS**

Ficha Técnica 1. Acueducto El Cairo.....	38
Ficha Técnica 2. Acueducto Arados Roblar.....	40
Ficha Técnica 3. Acueducto La Planada Avirama .....	41
Ficha Técnica 4. Acueducto Cuatro Esquinas .....	44

## **LISTA DE MAPAS**

Mapa de Riesgo 1. Municipio de Cajibío .....	46
Mapa de Riesgo 2. Municipio de Piendamó .....	47
Mapa de Riesgo 3. Municipio de El Tambo .....	48
Mapa de Riesgo 4. Municipio de Páez .....	49

## INTRODUCCIÓN

Dentro del contexto de la salud ambiental las enfermedades relacionadas con el uso y manejo de agua tienen un rol considerable, sobre todo aquellas causadas por microorganismos presentes en ella, el *Helicobacter pylori* (*H. pylori*), por ejemplo, puede causar enfermedades como el cáncer gástrico, donde el agua podría ser un factor natural de riesgo importante.

La población caucana es uno de los departamentos que tiene mayor índice de enfermedades asociados al inadecuado uso y manejo del agua, y para contribuir a la disminución de este problema de salud pública, la Fundación InnovaGen en convenio con la Gobernación del Cauca y la Secretaria Departamental de Salud se encuentran ejecutando el proyecto “Uso y manejo del agua y su relación con enfermedades infecciosas emergentes en ocho municipios del departamento Del Cauca”, el cual tiene como objetivo principal evaluar el indicador directo a través de la disminución de la infección por *H.pylori* (Aponza, 2014). El proyecto en su primera etapa de ejecución realizó un diagnóstico participativo que logró la priorización de un número de sistemas de abastecimiento rural con mayor riesgo de contraer enfermedades por el consumo de agua no potable y para esta segunda etapa, tiene como uno de sus propósitos realizar la identificación de los sitios de interés según la población a riesgo.

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 en 4 municipios del departamento del Cauca: Cajibío, Páez, Piendamó y El Tambo; además mediante un proceso de inspección sanitaria se recolectó información en campo de las fuentes de abastecimiento, focos de contaminación, bocatomas y demás componentes que constituyen los sistemas, donde toda esta información se correlaciono siempre a un proceso de georreferenciación; lo que a futuro permitirá el seguimiento y atención sobre las comunidades más vulnerables de adquirir la infección por *H.pylori* mediante la creación de un Sistema de Vigilancia Epidemiológica en Salud Ambiental, estableciendo estrategias de intervención, comunicación y educación que permitan desarrollar mecanismos para el mejoramiento de la salud ambiental de las comunidades involucradas.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Apoyar técnicamente la ejecución de actividades del proyecto “Uso y manejo del agua y su relación con enfermedades infecciosas emergentes en los municipios de Cajibío, Páez, Piendamó y El Tambo del departamento del Cauca”.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Realizar el proceso de muestreo para la obtención de pruebas piloto de calidad de agua en los sistemas de abastecimiento priorizados en los municipios de Cajibío, Páez, Piendamó y El Tambo del departamento del Cauca.
- Inspeccionar sanitariamente los sistemas de abastecimiento interveredales priorizados en los municipios de Cajibío, Páez, Piendamó y El Tambo del departamento del Cauca.
- Georreferenciar bocatomas, focos de contaminación de interés, y componentes de los sistemas de distribución priorizados en los municipios de Cajibío, Páez, Piendamó y El Tambo 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 CEPIS<sup>1</sup>, OPS<sup>2</sup>, OMS<sup>3</sup>, 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)

---

<sup>1</sup> Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria

<sup>2</sup> Organización Panamericana de la Salud

<sup>3</sup> Organización Mundial de la Salud

### 3. METODOLOGÍA

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” en el marco del proyecto “Uso y manejo del agua y su relación con enfermedades infecciosas emergentes en ocho (8) municipios del Departamento del Cauca” inicia con la realización del muestreo para la obtención de pruebas piloto de calidad del agua.

Teniendo en cuenta el diagnóstico participativo, en donde 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 seleccionaron un número de sistemas de abastecimiento con mayor riesgo (Alto) en los Municipios de Cajibío, Páez, Piendamó y El Tambo. 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**

##### **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 elaboración 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 el trabajo realizado previamente con las comunidades permitió establecer 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 el reporte de los resultados, 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. En los cuatro municipios se estableció un código alfanumérico de 4 letras con un número de dos dígitos intermedio, por ejemplo, haciendo el ejercicio para el acueducto El Manantial (Fundadores) del Municipio de Cajibío, ubicado en el corregimiento Campo Alegre y el cual se constituye de 1 (una) bocatoma, la codificación se visualiza en la Figura 1:

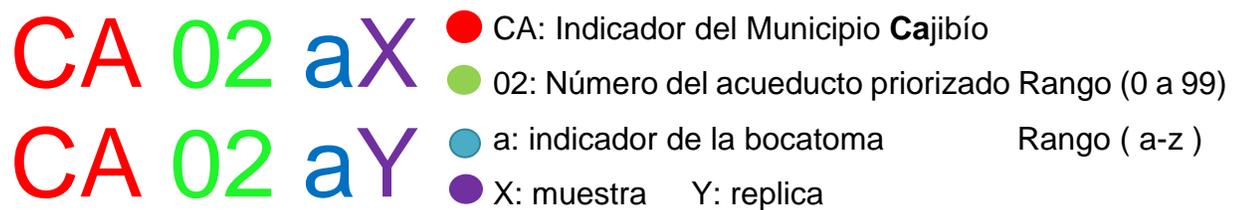


Gráfico 1. Codificación acueducto Fundadores

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 obtuvieran buenos resultados (Ver Anexo 2).

### **3.2 INSPECCIÓN SANITARIAMENTE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO**

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 priorizados del municipio. 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**

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 cuatro 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 gráfico 1 se simplifica un esquema tipo mapa de riesgo:

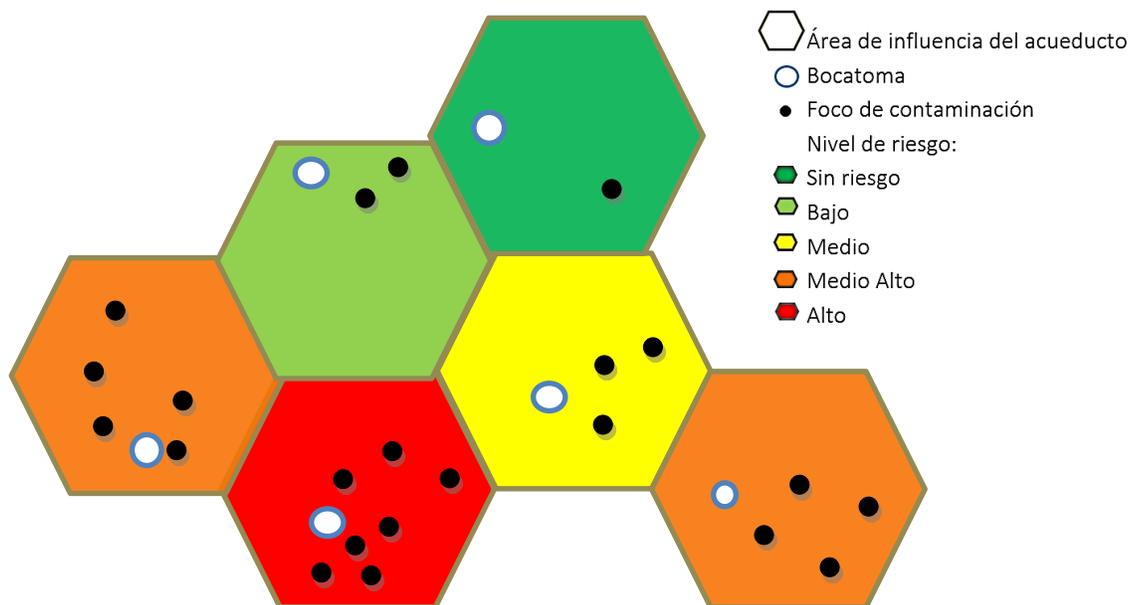


Gráfico 2. Esquema tipo mapa de riesgo

## 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 la zona rural de los municipios y el difícil acceso en las zonas, con ánimos de ejecutar el proceso de manera eficiente, se estableció la siguiente estrategia para llevar a cabo la realización de las pruebas piloto:

- 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 dió 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 de 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 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 1. Capacitación teórica a Fontaneros en el Municipio de Paéz.  
Fecha 23/05/2016



Ilustración 2. Capacitación teórica a Fontaneros en el Municipio de El Tambo.  
Fecha 16/01/2016

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, interviniendo 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 3. Capacitación práctica a Fontaneros en el Municipio del Cajibío.  
Fecha 26/11/2016



Ilustración 4. Capacitación práctica a Fontaneros en el Municipio del Piendamó.  
Fecha 02/12/2015

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 entregó junto con el material de recolección, y así garantizar aún más la calidad del muestreo.

#### **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 definieron zonas (rutas) particulares para cada municipio, así como también se concretaron 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 entregó el material de recolección 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 totalmente diligenciada, en cada uno de los municipios se cumplieron los horarios y lugares establecidos. Se empezó con el municipio de Cajibío donde se obtuvieron 18 muestras de calidad microbiológica del agua incluyendo la réplica, luego en el municipio de Piendamó se recibieron un total de 20 muestras, posteriormente en El Tambo se recogieron 30 muestras, y finalmente para el municipio de Paéz se recolectan 72, culminando con un total por todos los municipios de 140 muestras de calidad de agua para análisis microbiológico, analizadas posteriormente en el laboratorio de la Fundación InnovaGen.



Ilustración 5. Recolección de muestras de calidad del agua en el Municipio de Cajibío. FECHA 7/12/2015



Ilustración 6. Recolección de muestras de calidad del agua en el Municipio de Paéz. FECHA 16/05/2015

#### **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 10145.

#### **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 conocedor de las diferentes dinámicas relacionadas a las zonas rurales de interés.

#### **4.3 GEORREFERENCIACIÓN 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, se priorizaron nuevamente un total de veinte (20) acueductos en los cuatro municipios, aquellos con altos índices de contaminación fecal según los resultados de laboratorio y teniendo en cuenta las dinámicas incidentes sobre la calidad del agua de las fuentes de abastecimiento y el número de familias abastecidas. Se programaron las visitas de inspección para dichos acueductos, con el fin de corroborar la información obtenida en el diagnóstico y caracterizar aún más la situación real en la que se encuentran la mayoría de los sistemas de abastecimiento, a través de un proceso de georreferenciación e inspección. En general evidencian una problemática de ausencia de sistemas de

para 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, 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 DEL MAPA 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, que se consolidaron mediante los resultados de esta pasantía, 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, los 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	
Riego 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 ANALISIS

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

En los 4 municipios se logró recolectar un total de 140 muestras de calidad microbiológica del agua. En las siguientes tablas se observan los resultados promedios de la muestra X y la muestra Y para los correspondientes parámetros analizados en las bocatomas de los acueductos priorizados.

Tabla 2

*Resultados del análisis microbiológico de la calidad del agua municipio Cajibío*

NÚMERO ACUEDUCTO	NOMBRE	CODIGO	coliformes totales (UFC/100ml)	<i>E. coli</i> (UFC/100ml)
1	EL ARENAL	CA01a	12750	2800
2	EL MANANTIAL	CA02a	6200	600
3	BAJO CARRIZAL	CA03a	650	20
4	CABUDEL	CA05a	415	25
5	EL CAIRO	CA06a	750	150
6	LA PAJOSA	CA06b	2900	1100
7	EL TUNEL	CA07a	1700	500
		CA08a	875	155
		CA08b	375	20

Tabla 3

*Resultados del análisis microbiológico de la calidad del agua municipio Piendamó*

NÚMERO ACUEDUCTO	NOMBRE	CODIGO	coliformes totales (UFC/100ml)	<i>E. coli</i> (UFC/100ml)
1	ASOMICP LA MARIA BETANIA	PI01a	3550	800
2	ARADOS (EL ROBLAR)	PI02a	555	270
3	ARADOS (NARANJOS)	PI03a	785	195
4	EL PINAR	PI04a	3300	200
5	FUNDACIÓN VIVAS	PI05a	4550	400
		PI05b	670	70
		PI05c	4400	250
6	TUNIA (RIO COLCHA)	PI06a	4450	250
7	LOMA DE LOS REYES	PI07a	6650	400
8	ALTO PIENDAMO	PI08a	3950	100

Tabla 4

*Resultados del análisis microbiológico de la calidad del agua municipio El Tambo*

NÚMERO ACUEDUCTO	NOMBRE	CODIGO	Coliformes totales (UFC/100ml)	E.coli (UFC/100ml)
1	LAGUNA SECA	TA01a	3050	150
2	MANIZALES	TA02a	4700	450
3	LA LAJITA	TA05a	800	35
4	QUILCACÉ	TA06a	5350	200
		TA06b	6700	300
5	EL GUAYABO	TA08a	565	105
6	RETIRO BAJOLEO	TA09a	485	15
7	CACHIMBO	TA10a	300	50
	CABUYAL			
8	CUATRO ESQUINAS	TA11a	3450	250
9	GUELEITO-ANAYES- SEGUENGUE	TA13a	370	40
10	OJO DE AGUA	TA14a	200	25
11	LA CHICUEÑA	TA15a	205	45
12	VILLA AL MAR	TA16a	145	30
	FONDAS			
13	CHISQUIO	TA17a	125	35
	MONTERREDONDO			
14	URIBE	TA18a	9250	1350

Tabla 5

*Resultados del análisis microbiológico de la calidad del agua municipio de Paéz*

NÚMERO ACUEDUCTO	NOMBRE	CODIGO	coliformes totales (UFC/100ml)	E.coli (UFC/100ml)
1	ALTO TORRES	PA01a	195	<1
2	GUACHAYO	PA02a	440	95
3	CHUMAKIS	PA03a	55	<1
4	MINUTO DE DIOS	PA04a	9300	300
5	SAN MIGUEL	PA05a	130	<1
		PA05b	6000	150
6	LA PLANADA	PA06a	4050	200
	AVIRAMA	PA06b	2150	100
7	LA CRISTALINA	PA07a	9700	250
8	LA CEJA	PA08a	170	45
9	BARRIO AMERICAS	PA09a	6050	3350
10	EL AGUACATICO	PA10a	1810	115

Continuación tabla 5

11	ALTO RODEO	PA11a	5950	450
		PA11b	3700	100
12	EL RODEO	PA12a	2235	155
13	INTERVEREDAL	PA13a	10750	1100
	RAMO	PA13b	190	<1
		PA13c	4950	2800
14	SAN ANTONIO	PA14a	235	335
	DEL SALADO			
15	LA MARIA	PA16a	1645	230
16	SUNSHIO	PA17a	430	<1
17	LA FLORIDA	PA18a	4650	2050
18	SECTOR AGUA	PA19a	4000	<1
	BONITA			
	GUAQUIYÓ			
19	EL CASPE	PA20a	7850	200
20	CALOTO	PA21a	2850	100
21	ALTO GUAQUIYÓ	PA22a	330	40
22	GUAQUIYÓ	PA23a	1235	10
	CENTRO			
23	GUALCAN	PA24a	410	5
		PA24b	8650	150
		PA24c	1145	<1
24	EL RECUERDO	PA26a	7950	700
25	LA MESA	PA30a	5850	<1
	TOGOIMA	PA30b	6600	<1
26	GUADALEJO	PA31a	7100	50
		PA31b	11700	300
27	EL JARDIN	PA37a	6650	100

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).

A través de este tipo de 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).

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).

Si al analizar en el laboratorio una muestra de agua se descubre la presencia de bacterias coliformes, es una señal de contaminación con materia fecal, 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. Si hay un gran número, la contaminación será intensa y el consumo de esa agua es inviable sanitariamente. Si no hay ninguna o hay poca de estas bacterias, no presentan riesgo a la salud y el agua se puede considerar segura o apta para consumo humano (Murrell, et al., 2012).

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*

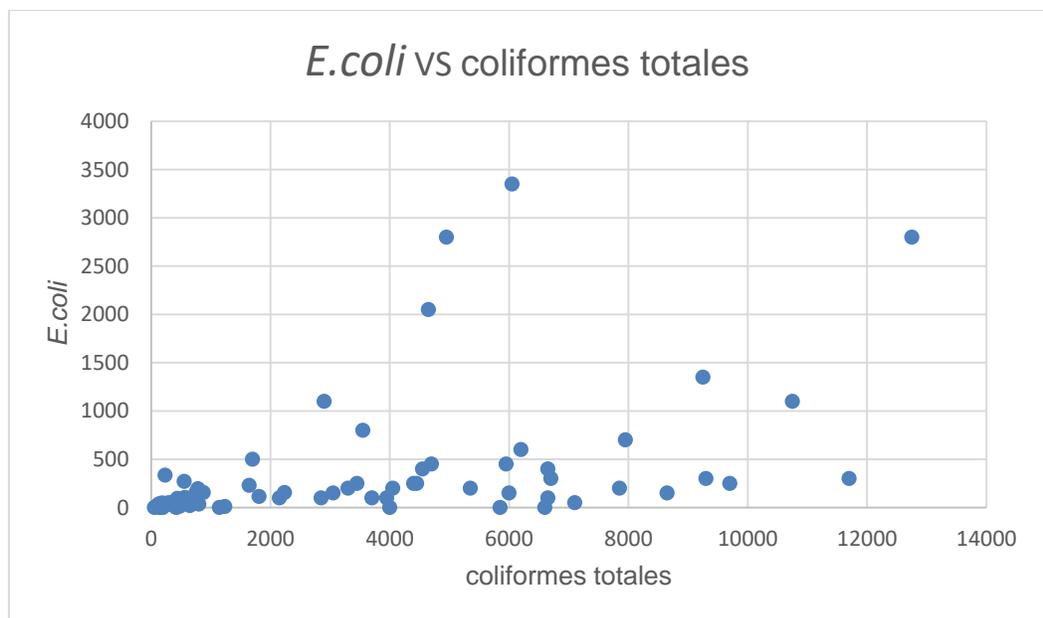
Técnica utilizada	coliformes totales	<i>Escherichia Coli</i>
Filtración por membrana	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml

Observando los resultados de las tablas 2, 3, 4 y 5 se puede evidenciar que en conjunto 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 el municipio de Paéz, los cuales presentaron resultados por debajo del límite de cuantificación de la técnica (1UFC/100ml) para *E.coli*, por lo cual se recomienda una verificación de las muestras que permita confirmar aquellos resultados, puesto que existe una incertidumbre asociada en el momento de la toma de las muestras, que depende

de diferentes factores, como por ejemplo: la distancia del municipio al laboratorio, cadena de frío no garantizada, estado del tiempo, errores de laboratorio, etc. Por lo tanto no se puede asegurar que el agua suministrada por estos acueductos sea sanitariamente viable.

En el siguiente Grafico 3, se puede observar que el 71% de los acueductos muestreados se agrupan en un rango de contaminación fecal de 0-500 (UFC/100ml) para *E. coli* y de 0-6000 (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 de cuencas por parte de los actores involucrados.

Gráfico 3: Distribución de los resultados del análisis microbiológico de la calidad de agua de los sistemas de abastecimiento priorizados en los 4 municipios



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*. (Ver tabla 7).

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 el Municipio de Paéz es el único que presenta acueductos priorizados con nivel de riesgo Bajo y algunos nulos, pero se resalta que los demás acueductos priorizados en los municipios de Cajibío, Piendamó y El Tambo se encuentran por encima de 11 UFC/100ml por contaminación fecal o *E.coli*, oscilando en los niveles de riesgo Medio Alto y Muy Alto, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 8  
 Clasificación nivel de riesgo por contaminación fecal

Municipio/Nivel de Riesgo	Sin Riesgo	Bajo	Medio Alto	Alto	Muy Alto
Cajibío	---	---	33.3%	44.44%	22.22%
Piendamó	---	---	20%	80%	---
El Tambo	---	---	53.33%	40%	6.67%
Paéz	25%	5.56%	22.22%	36.1%	11.12%

Según los informes recientes de calidad del agua para consumo humano en los años 2012,2013, y 2015 el departamento del Cauca se encuentra en un nivel de riesgo medio en los tres 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 Diarreicas 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 siguiente 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:

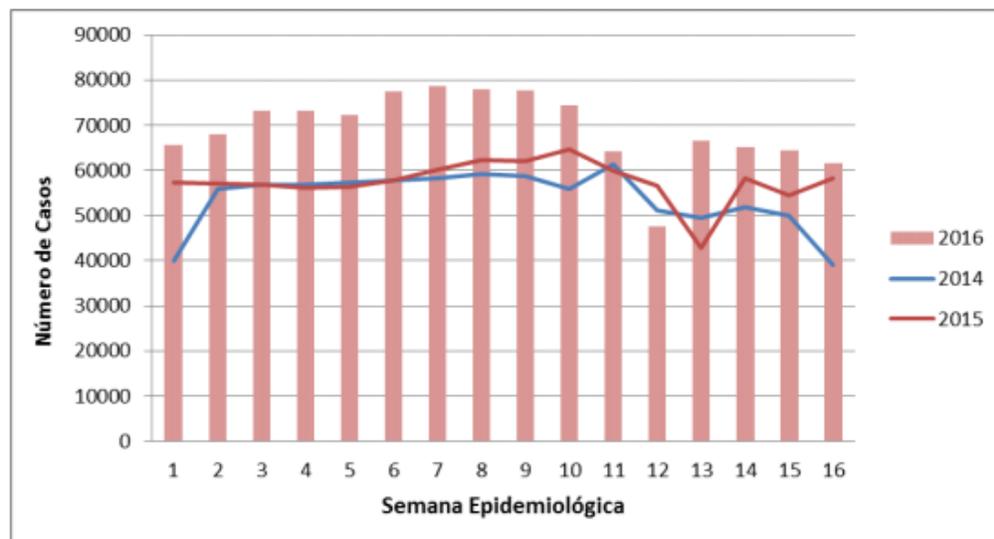
Tabla 9  
*Tasa de morbilidad por enfermedades infecciosas*

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 4:

Gráfico 4. 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 la creciente turbiedad que presenta el agua, al no contar con sofisticadas unidades de potabilización de agua, el flujo llega a los grifos de las casas con presencia de barro, color y olor, lo cual como medida de limpieza incrementa el consumo energético hirviendo el agua. En verano las fuentes de abastecimiento se reducen, 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 96% 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 servicio, y otras construidas con materiales artesanales como palos y mangueras. El 60% de los sistemas tiene desarenador pero más del 80% 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 siguiente Tabla 8 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 70 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	75,7
	¿Qué tipo de pendiente predomina cerca de la fuente?	ALTA	52,9
LLUVIAS	¿Durante el periodo de lluvias con qué frecuencia llueve?	DOS O MAS VECES POR SEMANA	90,0
	¿Las lluvias generan turbiedad en la fuente?	SI	95,7
	¿Una vez el agua esta turbia, cuanto tiempo le toma aclarar?	ENTRE 6H Y 12H	31,4
COBERTURA VEGETAL Y DESLIZAMIENTOS	¿Cuál es el tipo de cobertura que predomina en cercanías a la fuente?	BOSQUE NATURAL	77,1
	¿Hay evidencia de deslizamiento o derrumbes en cercanías a la fuente?	SI	57,1
	¿Cuál es la intensidad de estos deslizamientos?	MODERADA	34,3
ASENTAMIENTOS HUMANOS E INSTITUCIONES EDUCATIVAS	¿Hay presencia de asentamientos humanos en la microcuenca?	NO	67,1
	¿Hay presencia de instituciones educativas en cercanías a la fuente?	NO	80,0
GANADERÍA	¿Hay presencia de actividad ganadera en cercanías a la fuente?	SI	64,3
	¿Cuál es la intensidad de la actividad ganadera?	ESCASA	31,4
	De la ganadería existente ¿cuál es el tipo de ganado predominante?	BOVINO	60,0
AGRICULTURA	¿Hay presencia de actividad agrícola en cercanías a la fuente?	SI	72,8
	¿Cuál es la intensidad de la actividad agrícola?	MODERADA	64,3
	De la agricultura existente ¿cuál es el cultivo predominante?	CAFÉ	31,4
INDUSTRIA	¿Hay presencia actividad industrial en cercanías a la fuente?	NO	91,4
	¿Cuál es la intensidad de la actividad industrial?	NO APLICA	91,4
	De la industria existente ¿cuál es la predominante?	NO APLICA	91,4

Continuación tabla 10

MINERÍA	¿Hay presencia actividad minera en cercanías a la fuente?	NO	95,7
	¿Cuál es la intensidad de la actividad minera?	NO APLICA	95,7
	De la minería existente ¿cuál es la predominante?	NO APLICA	95,7
ÁREAS PROTEGIDAS	¿Existen áreas protegidas en cercanías a la fuente?	SI	81,4
	¿Qué tipo de área protegida existe?	BOSQUES	52,9
VIAS	¿Hay presencia de vías en cercanías a la fuente?	SI	77,1
	¿Cuál es el estado de las vías presentes?	CAMINO DE HERRADURA	40,0
RELLENO SANITARIO	¿Hay presencia de relleno sanitario en cercanías a la fuente?	NO	97,1

### 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 20 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, 1 por cada municipio, las restantes se encuentra en la base de datos de la Fundación InnovaGen.

<b>Ficha Técnica 1: Acueducto El Cairo</b> <b>Lugar: Municipio de Cajibío, Puente Peatonal El Cairo</b> <b>Fecha: 03 de Febrero del 2016 Hora: 05:00 pm Duración actividad: 1 horas</b>			
INSTALACIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO	COORDENADAS	OBSERVACIÓN
<b>Focos de contaminación asociados a la bocatoma (a)</b>		<b>LATITUD (N)</b> 02° 34´ 45,3"	Cultivos de Figue ubicados aproximadamente 1km arriba de la bocatoma, el lavado de cabuya se realiza de manera frecuente y casi a la orilla de la fuente, la pendiente es alta y existe una vivienda cerca
		<b>LONGITUD (W)</b> 076° 28´ 57,8"	
		<b>ALTITUD (m)</b> 2273	
		<b>LATITUD (N)</b> 02° 34´ 46,8"	
<b>Bocatoma (a)</b>		<b>LONGITUD (W)</b> 076° 29´ 24,2"	En su estructura tiene inicialmente unos filtros de PVC en 6" con lecho de grava, de allí el agua pasa a una recamara y luego a una tubería de conducción. Punto de muestreo a 200 m aguas arriba.
		<b>ALTITUD (m)</b> 2144	
		<b>LATITUD (N)</b> 02° 35´ 21,9"	
		<b>LONGITUD (W)</b> 076° 30´ 17,5"	
<b>Focos de contaminación asociados a la bocatoma (b)</b>		<b>ALTITUD (m)</b> 2019	El lavado de cabuya se realiza de manera frecuente con el agua de la fuente, se evidencia los residuos del lavado en las diferentes orillas.
		<b>LATITUD (N)</b> 02° 35´ 21,9"	
		<b>LONGITUD (W)</b> 076° 30´ 17,5"	
		<b>ALTITUD (m)</b> 2019	

<b>Bocatoma (b)</b>		<b>LATITUD (N)</b>	Punto de muestreo a 200m aguas arriba. Se evidencia un desperdicio de agua a un costado de la bocatoma.
		02° 35´ 21,9"	
		<b>LONGITUD (W)</b>	
		076° 30´ 17,5"	
		<b>ALTITUD (m)</b>	
2019			
<b>Tanque de almacenamiento</b>		<b>LATITUD (N)</b>	Este tanque tiene una capacidad de 60.000L y en él tienen un tanque de adición de cloro.
		02° 35´ 42,6"	
		<b>LONGITUD (W)</b>	
		076° 31´ 25,6"	
		<b>ALTITUD (m)</b>	
1953			

**Ficha Técnica 2: Acueducto Arados Roblar**

**Lugar:** Municipio de Piendamó, Ruta el Divino Niño Los Arados

**Fecha:** 16 de Febrero del 2016 **Hora:** 07:00 am **Duración actividad:** 4 horas

INSTALACIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO	COORDENADAS	OBSERVACIÓN
<p align="center"><b>Focos de contaminación asociados a la Bocatoma</b></p>		<p align="center"><b>LATITUD (N)</b></p>	<p>Presencia de ganado aguas arriba de la bocatoma. Se manifestó que a 200m existen 3 viviendas que están afectando directamente la fuente, puesto que utilizan el recurso hídrico para sus actividades diarias.</p>
		<p align="center">02° 42' 00,4"</p>	
		<p align="center"><b>LONGITUD (W)</b></p>	
		<p align="center">076° 30' 33,3"</p>	
<p align="center"><b>ALTITUD (m)</b></p>	<p align="center">2107</p>		
<p align="center"><b>Bocatoma</b></p>		<p align="center"><b>LATITUD (N)</b></p>	<p>Se abastece de la quebrada el Roblar, es una fuente de bajo caudal y contiene mucho arrastre de lodo, ya que la pendiente de la microcuenca es muy alta.</p>
		<p align="center">02° 42' 00,4"</p>	
		<p align="center"><b>LONGITUD (W)</b></p>	
		<p align="center">076° 30' 33,3"</p>	
<p align="center"><b>ALTITUD (m)</b></p>	<p align="center">2107</p>		
<p align="center"><b>Desarenador</b></p>		<p align="center"><b>LATITUD (N)</b></p>	<p>Ubicado a 5m aproximadamente aguas abajo de la bocatoma</p>
		<p align="center">02° 42' 00,4"</p>	
		<p align="center"><b>LONGITUD (W)</b></p>	
		<p align="center">076° 30' 33,3"</p>	
<p align="center"><b>ALTITUD (m)</b></p>	<p align="center">2107</p>		

<b>Tanque de almacenamiento</b>		<b>LATITUD (N)</b>	Aproximadamente tiene un volumen de 72.000 litros.
		02° 41' 48,7"	
		<b>LONGITUD (W)</b>	
		076° 31' 04,9"	
		<b>ALTITUD (m)</b>	
2022			

<b>Ficha Técnica 3: Acueducto La Planada Avirama</b> <b>Lugar: Municipio de Paéz, Resguardo Avirama</b> <b>Fecha: 13 de Mayo del 2016 Hora: 02:00 pm Duración actividad: 2 horas</b>			
INSTALACIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO	COORDENADAS	OBSERVACIÓN
<b>Focos de contaminación asociados a la Bocatoma (a)</b>		<b>LATITUD (N)</b>	La agricultura en esa zona es de alta intensidad, se hallaron diferentes clases de cultivos, como por ejemplo: café, maíz y plátano, donde según el fontanero se realizan constantes fumigaciones.
		2,652304	
		<b>LONGITUD (W)</b>	
		-75,987031	
		<b>ALTITUD (m)</b>	
		1758,766724	
<b>Bocatoma (a)</b>		<b>LATITUD (N)</b>	La fuente de abastecimiento Cristalina se encuentra muy desprotegida, la vegetación arbórea que la rodea es poca, predomina rastrojo y el caudal que circula es bajo. Tiene 50 años de construcción.
		2,652304	
		<b>LONGITUD (W)</b>	
		-75,987031	
		<b>ALTITUD (m)</b>	
		1758,766724	

<p><b>Focos de contaminación asociados a la Bocatoma (b)</b></p>		<p><b>LATITUD (N)</b> 2,651747</p> <p><b>LONGITUD (W)</b> -75,986269</p> <p><b>ALTITUD (m)</b> 1776,193604</p>	<p>La fuente de abastecimiento "Casper Macho" se encuentra en la misma zona de la bocatoma a y recibe los mismos focos de contaminación. Su nacimiento se encuentra a unos 60m aguas arriba de la captación.</p>
<p><b>Bocatoma (b)</b></p>		<p><b>LATITUD (N)</b> 2,651747</p> <p><b>LONGITUD (W)</b> -75,986269</p> <p><b>ALTITUD (m)</b> 1776,193604</p>	<p>Punto de muestreo</p>
<p><b>Desarenador</b></p>		<p><b>LATITUD (N)</b> 2,65261</p> <p><b>LONGITUD (W)</b> -75,98681</p> <p><b>ALTITUD (m)</b> 1724,339722</p>	<p>Esta estructura recibe los afluentes de las dos bocatomas.</p>

<p><b>Filtros Dinámicos</b></p>		<p><b>LATITUD (N)</b></p>	<p>Utiliza un lecho filtrante de piedra en diferentes dimensiones.</p>
		<p>2,656639</p>	
		<p><b>LONGITUD (W)</b></p>	
		<p>-75,98427</p>	
		<p><b>ALTITUD (m)</b></p>	
		<p>1707,86145</p>	
<p><b>Tanque de almacenamiento 1</b></p>		<p><b>LATITUD (N)</b></p>	<p>Tiene dos compartimientos, uno distribuye el agua hacia un sector de la vereda Avirama y el otro conduce el flujo al siguiente tanque de almacenamiento.</p>
		<p>2,656501</p>	
		<p><b>LONGITUD (W)</b></p>	
		<p>-75,984037</p>	
		<p><b>ALTITUD (m)</b></p>	
		<p>1692,196533</p>	
<p><b>Tanque de almacenamiento 2</b></p>		<p><b>LATITUD (N)</b></p>	<p>Abastece otro sector de la vereda Avirama y un nuevo sector de viviendas de interés social entregadas por el Estado.</p>
		<p>2,656179</p>	
		<p><b>LONGITUD (W)</b></p>	
		<p>-75,983385</p>	
		<p><b>ALTITUD (m)</b></p>	
		<p>1669,68335</p>	

**Ficha Técnica 4: Acueducto Cuatro Esquinas**

**Lugar:** Municipio de El Tambo, Cruce Cuatro Esquinas

**Fecha:** 10 de Febrero del 2016 **Hora:** 02:00 pm **Duración actividad:** 2 horas

INSTALACIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO	COORDENADAS	OBSERVACIÓN
<p align="center"><b>Focos de contaminación asociados a la Bocatoma</b></p>		<p align="center"><b>LATITUD (N)</b></p>	<p>Se encuentra ubicada en una zona de mediana pendiente, con alta influencia de contaminación por agricultura, la cual contiene diferentes cultivos alrededor, como por ejemplo: café, caña, chontaduro, palma y plátano. Aproximadamente un total de 8 viviendas rodean la bocatoma.</p>
		<p align="center">02° 25' 57,6"</p>	
		<p align="center"><b>LONGITUD (W)</b></p>	
		<p align="center">076° 50' 42,7"</p>	
<p align="center"><b>Bocatoma</b></p>		<p align="center"><b>LATITUD (N)</b></p>	<p>Punto de muestreo, tiene 30 años de construcción. Se compone de una rejilla y un canal que dirige el agua hacia un estanque. Luego el agua es transportada por tubería de 3" de PVC hacia otro estanque que re dirige el agua por tubería de 4" reduciendo a 3" y finalmente a 2" en PVC hasta el tanque de almacenamiento.</p>
		<p align="center">02° 25' 57,6"</p>	
		<p align="center"><b>LONGITUD (W)</b></p>	
		<p align="center">076° 50' 42,7"</p>	
<p align="center"><b>Tanque de almacenamiento</b></p>		<p align="center"><b>LATITUD (N)</b></p>	
		<p align="center">02° 25' 02,0"</p>	
		<p align="center"><b>LONGITUD (W)</b></p>	
		<p align="center">076° 50' 15,2"</p>	
		<p align="center"><b>ALTITUD (m)</b></p>	
		<p align="center">1631</p>	
		<p align="center">1496</p>	

#### **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 relacionan los niveles de contaminación mostrando los diferentes focos de contaminación 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.

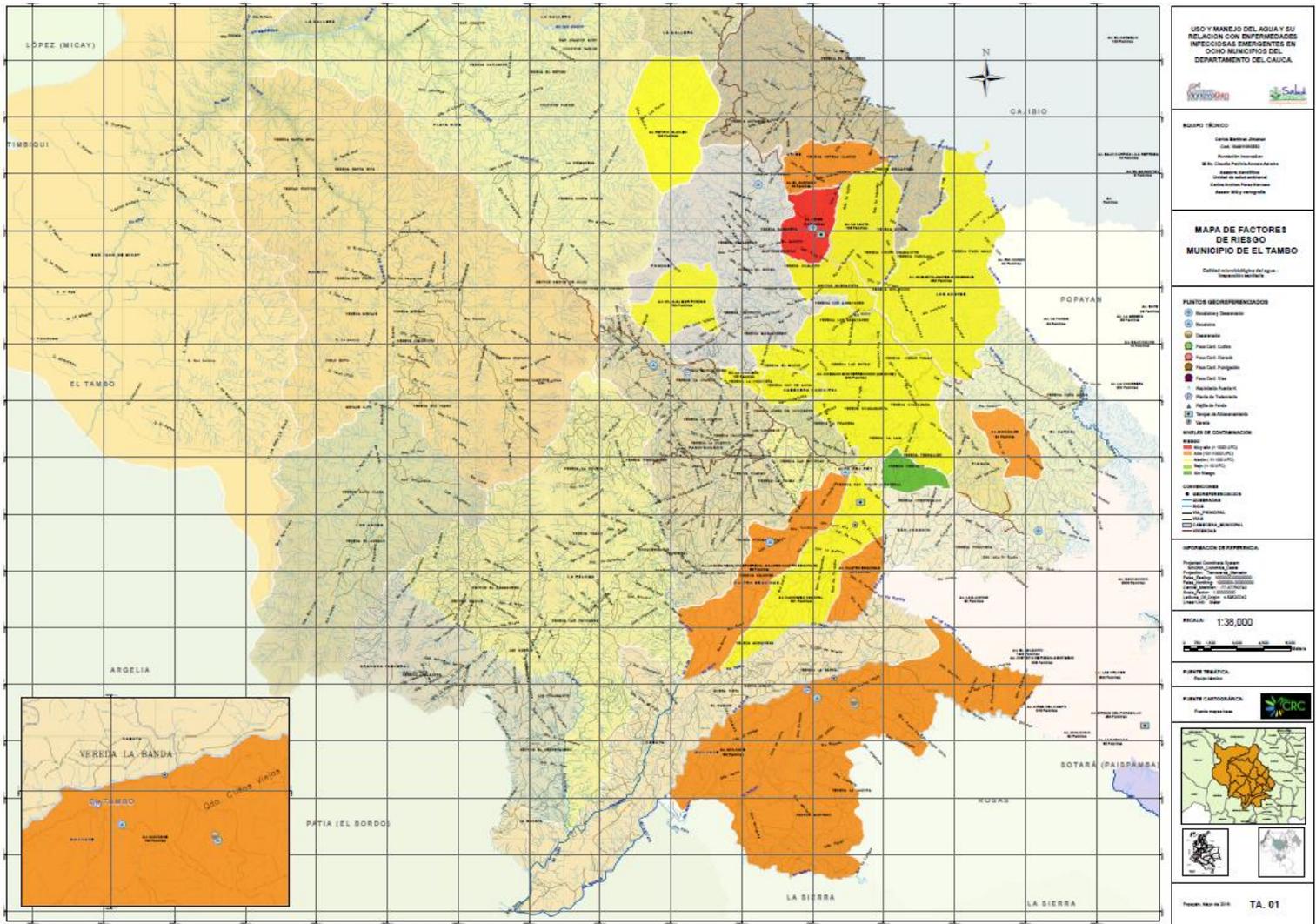
Los mapas se presentan en medio magnético, debido a la resolución y definición de los detalles de cada mapa, sin embargo en el documento se presentan los mapas en una escala menor. En el mapa de riesgo 1 se encuentra el municipio de Cajibío, en mapa 2 el municipio de Piendamó, mapa 3 el municipio de El Tambo y en el mapa 4 se presenta el municipio de Páez.

# Mapa de Riesgo 1. Municipio de Cajibío





### Mapa de Riesgo 3. Municipio de El Tambo





## 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 el municipio de Paéz y el laboratorio en la ciudad de Popayán, es un factor de error en los resultados, ya que es el único municipio que presenta baja contaminación fecal, los otros tres municipios cercanos a la ciudad, presentan mayor contaminación, en estos se presentó mayor actividad antrópica, como presencia de viviendas y de ganado alrededor de la bocatoma.
- 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.
- Los problemas de contaminación más evidentes fueron la presencia de ganado, cultivos y asentamientos humanos, evidenciando que en realidad la actividad antrópica alrededor de las microcuencas es muy elevada y hace falta una conciencia ambiental por parte de los actores involucrados, que en últimas son los mismos afectados.

## 7. RECOMENDACIONES

- Es importante que los acueductos rurales estén consolidados como entidades u organizaciones legales y tener una articulación entre actores del estado y del municipio, 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 este tipo de proyectos.
- Los sistemas de abastecimientos que presentan alto riesgo de contaminación fecal deben ser objetos 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 estas poblaciones vulnerables para prestar soluciones a las problemáticas que presentan.
- Es importante que las alcaldías municipales vinculen a la academia (universidad), para la realización de trabajos de investigación e implementación de proyectos en cuanto a sistemas de potabilización de agua enfocado a las comunidades más vulnerables como lo es la zona rural.
- 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 recurso 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. 18-19-20-21-29
- Aponza Astrid, Pomeo Libardo. Gobernación del Cauca. Fundación InnovaGen: ESTUDIOS Y DOCUMENTOS PREVIOS PARA LA CELEBRACION DE UN CONVENIO DE ASOCIACIÓN, Convenio de Asociación SEPTIEMBRE DE 2014. Pág. 1-2-3.
- 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.
- 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
- 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.
- 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
- PEREZ, D et al. Enfoque actual de la salud ambiental. *Rev Cubana HigEpidemiol* [online]. 2011, vol.49, n.
- SUÁREZ, C et al. Enfermedades emergentes y reemergentes: factores causales y vigilancia. *Rev Cubana Med Gen Integr* 2000
- 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.. Los factores ambientales como determinantes del estado de salud de la población. *Rev Cubana HigEpidemiol* [online]. 2007, vol.45, n.2.
- Yassi, A., y Kjellström, T., de Kok, T., Guidotti, Tee. *Salud Ambiental Básica*. México D.F., México: 1 ed. 2002., Pág. 16-17-28-30.

## 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: _____	
Cc: _____	
Nombre de quien recibe: _____	
Firma: _____	
Cc: _____	

NO DELIGENCIAR ESTA  
SECCION USO EXCLUSIVO  
DEL LABORATORIO

## **ANEXO 2. PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR (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).
15. 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.

### **Tanques de almacenamiento**

Como depósitos de agua que pueden estar bajo el suelo, semienterrados o sobre el suelo y de compensación de agua según demanda, situados en un lugar natural elevado o en una estructura artificial elevada.

Tener presente tipo de material y su mantenimiento, manhole de revisión, los sistemas de medición de nivel y los conductos de salida la red de distribución.

Para tanque de almacenamiento sin válvula de salida, abrir el manhole.

Utilizar frasco o bolsa de toma de muestra estériles y que se puedan abrir dentro del agua.

Sumergir recipientes quitando sellos, en el cuerpo de agua a una profundidad de 15 a 30 cm y tomar la muestra destapando frasco o bolsa girando levemente para llenar recipiente.

Tapar el frasco sellar la bolsa dentro del agua y sacarlo para su traslado al laboratorio.

En todo caso debe evitarse tomar la muestra de la superficie o el fondo del cuerpo de agua.

### **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

 <p>Fundación <b>InnoVaGen</b> Consejo de Administración: 0001-10-00001 Tel: 986-795-0734-0</p>	<p>FORMATO DE INSPECCION SANITARIA A LOS ACUEDUCTOS</p>	 <p>GOBIERNO DE CUBA SECRETARÍA DE SALUD</p>	Página	1 de 5
			VERSION	01
			CÓDIGO	

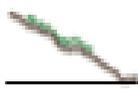
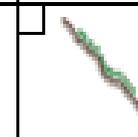
### INFORMACIÓN GENERAL

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 bocatomá 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 ( )	5) Aljibe ( )	7) Aguas Iluvias ( )			
3) Quebrada ( )					
3.Nombre de la fuente: _____					
4.Clima predominante:			1)Cálido ( ) 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 ( )		5)Más de 48h ( )	
8.Cobertura vegetal predominante:			1)Bosque Natural ( ) 2)Plantación Forestal ( ) 3)Pastos-Potreros ( )		
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"/>					
23.Tipo: 1)Oro ( ) 2)Plata ( ) 3)Carbon ( ) 4) Otro. ¿Cuál? _____			26.Áreas Protegidas: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
24.Intensidad: 1)Alta ( ) 2)Moderada ( ) 3)Escasa ( )			1) Bosques <input type="checkbox"/>		
25.Minería predominante: _____			2) Parques Naturales <input type="checkbox"/>		
			3) Zonas de resguardo ( )		
			4) Otro. ¿Cuál? _____		

**INFRAESTRUCTURA**

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

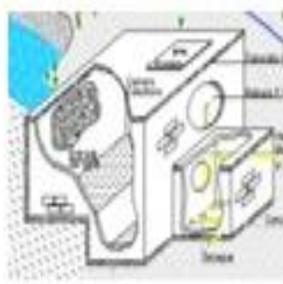
**INFORMACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO**

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 INSPECCIÓN Y GEORREFERENCIACIÓN DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO Y FOCOS DE CONTAMINACIÓN**

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.

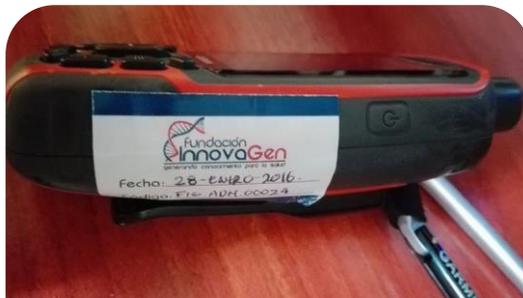
### 1.3.5. Charla informativa de despedida

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 algo,» pero no está obligado a especificar exactamente cómo se debe corregir. Si tiene dudas, mejor regrese a la oficina y discuta sus resultados antes de hacer recomendaciones y de establecer prioridades específicas.

## 2. GEORREFERENCIACIÓN DE PUNTOS DE INTERES

Los sitios de interés se georreferencian mediante una geometría de punto a través del establecimiento de un *waypoint* en el terreno donde se localiza el punto. Se debe tener en cuenta lo siguiente:

- 2.1 El funcionario se ubica con su dispositivo GPS en el sitio de interés donde se quiere obtener las respectivas coordenadas.
- 2.2 Para iniciar se debe pulsar el botón de encendido del equipo GPS GARMIN GPS map 62s ubicado en la parte lateral derecha.



**Figura 1. Botón encendido**

- 2.3 Una vez el equipo tenga comunicación con un número suficiente de satélites que le permitan generar las coordenadas de la actual ubicación, se mostrara en pantalla un mapa con la ubicación aproximada del punto de interés (Ver Figura 1), y se procede a capturar un *waypoint* en el dispositivo GPS.

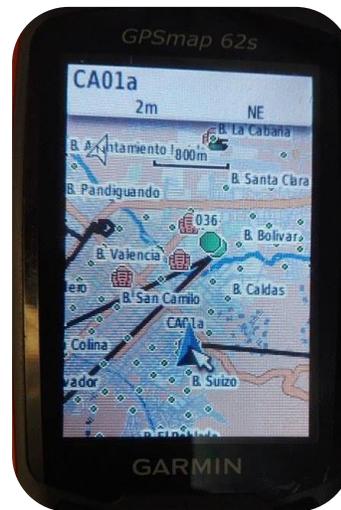


Figura 2. Ubicación en el Mapa

- 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**”.

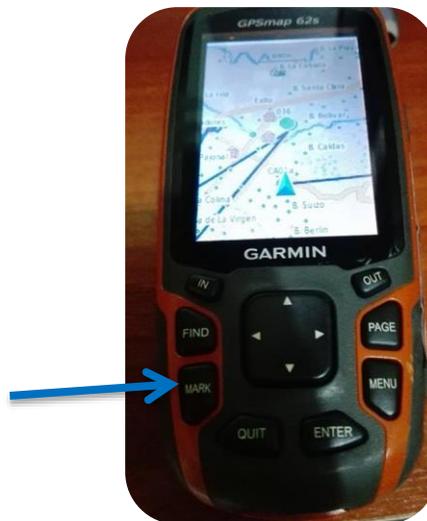
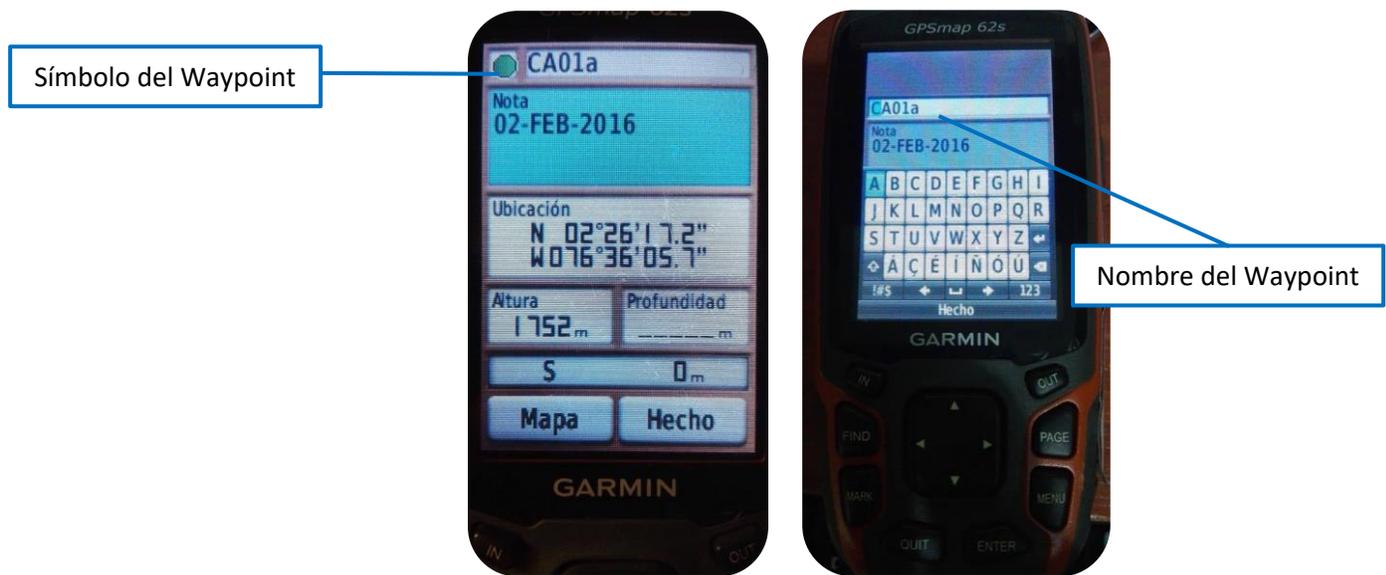


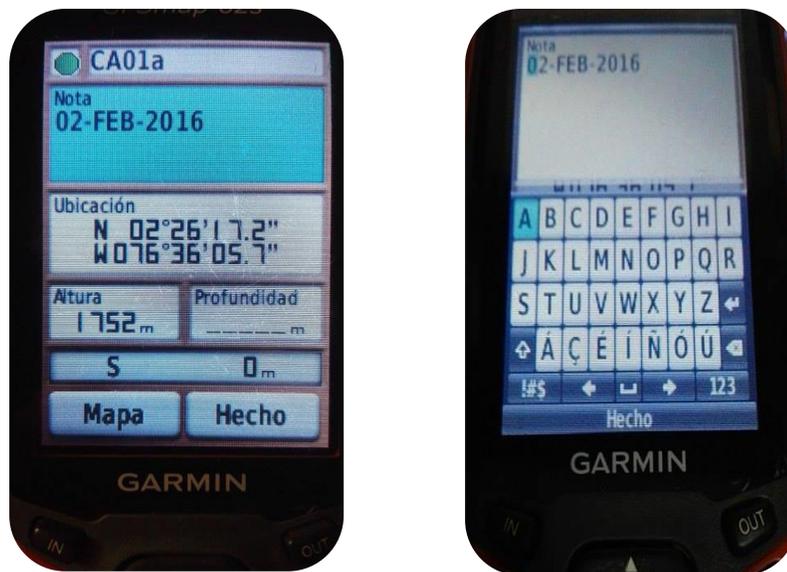
Figura 3. Botón MARK

- 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.



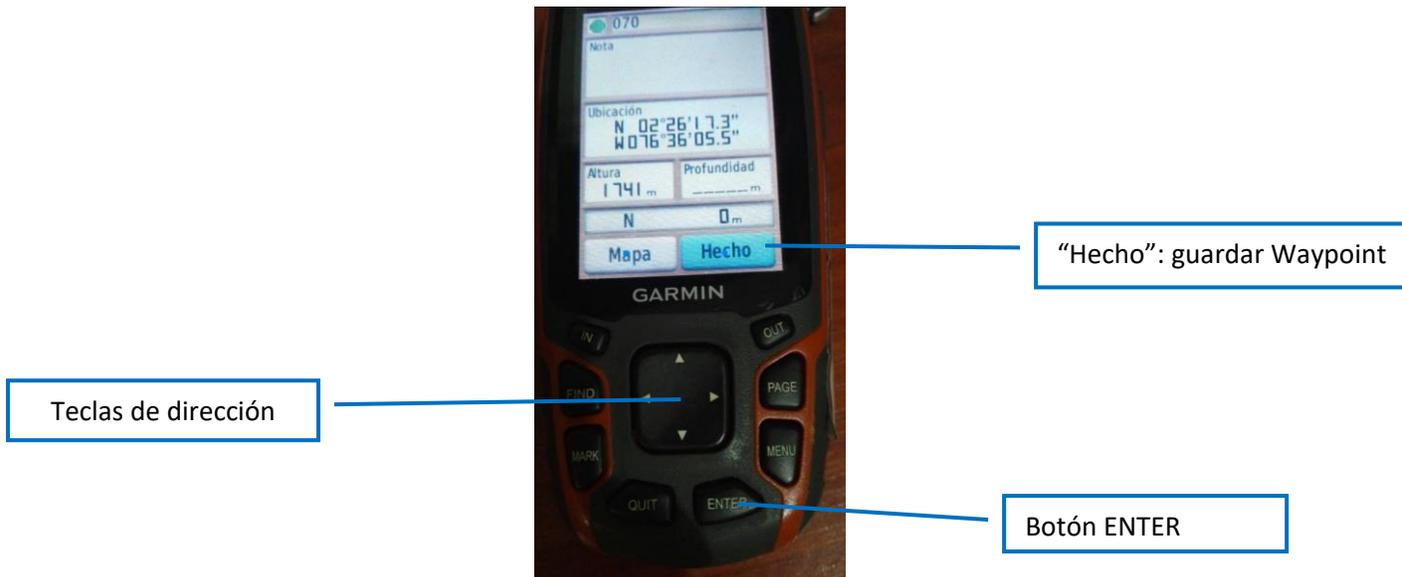
**Figura 5. Insertar nota del Waypoint**

- 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

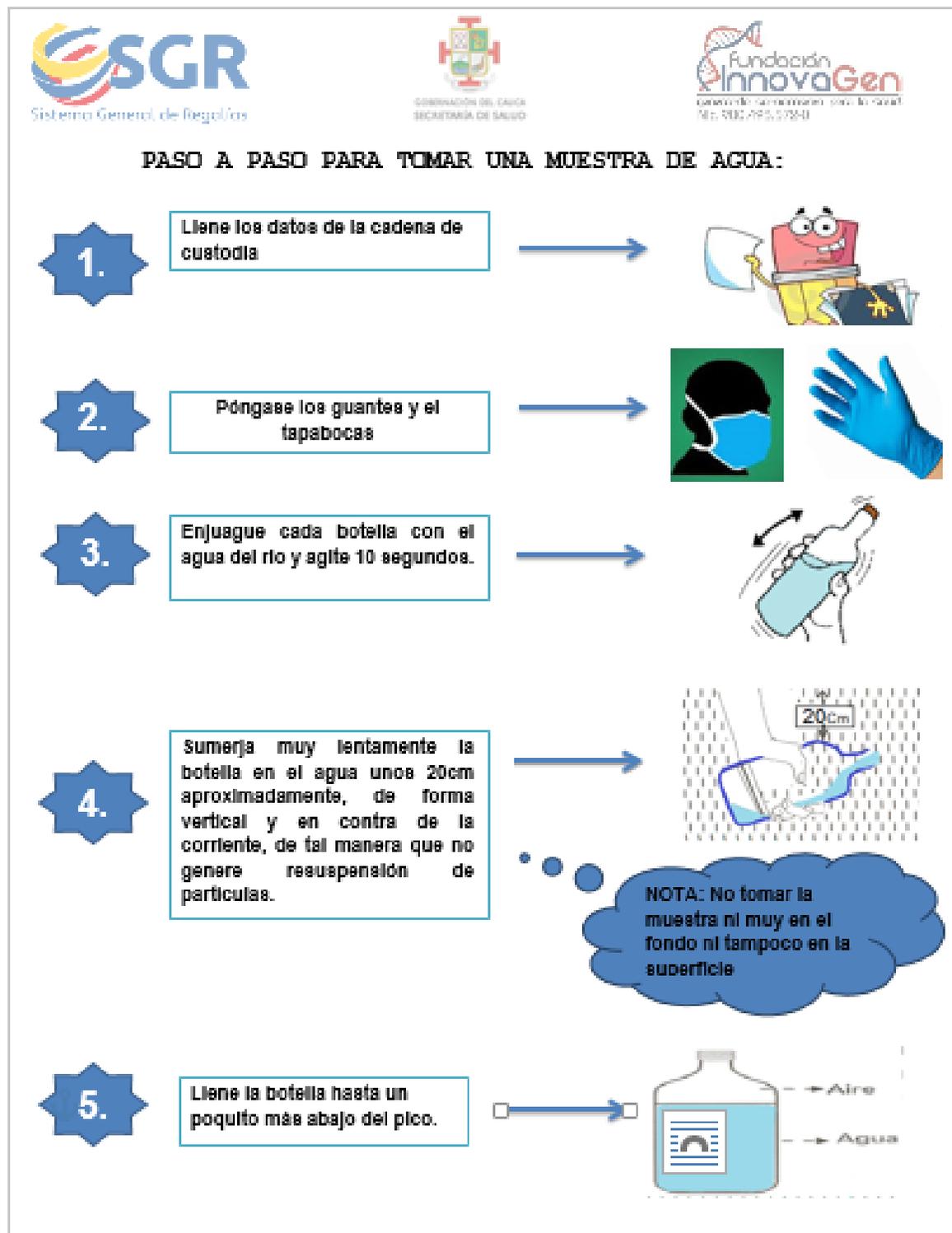
y la profundidad en el sistema de unidades el cual se tenga configurado el dispositivo.



**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”.

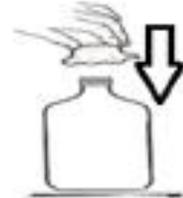


## ANEXO 5. “PASO A PASO” PARA TOMAR UNA MUESTRA DE CALIDAD DE AGUA PARA ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO



**6.**

Tape fuerte la botella con la tapa, revise que tenga el tapón y que no haya fuga para que quede asegurada.



**7.**

Coja la segunda botella, ábrala. Repita los pasos como en la primer botella



**8.**

**¡Importante!! ... Asegure la cadena de frío**

**8.1**

Introduzca la primera bolsa congelada



**8.2**

Introduzca las botellas: una para arriba y otra para abajo



**8.3**

Introduzca la segunda bolsa congelada



**8.4**

Tape la nevera y asegúrela fuertemente con la cuerda

