	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 1 de 8</b>

26.

**FECHA** martes, 6 de febrero de 2018

Señores  
**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**  
 BIBLIOTECA  
 Ciudad

**UNIDAD REGIONAL** Extensión Facatativá

**TIPO DE DOCUMENTO** Trabajo De Grado

**FACULTAD** Ciencias Agropecuarias

**NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO** Pregrado

**PROGRAMA ACADÉMICO** Ingeniería Ambiental

El Autor(Es):

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN</b>
Matallana Peralta	Angie Catherin	1.070.966.884
Robayo Rincon	Carol Dayan	1.070.967.645

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>
Castañeda Celeita	William Andres

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000  
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co  
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 2 de 8</b>

### TÍTULO DEL DOCUMENTO

Diseño de estrategias de vigilancia y control de agua para consumo humano en el acueducto veredal de San Rafael medio, municipio de Facatativá, Cundinamarca.

**TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:**  
Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía  
Ingeniero Ambiental

<b>AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO</b>	<b>NÚMERO DE PÁGINAS</b>
05/02/2018	113 pag.

### DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)

<b>ESPAÑOL</b>	<b>INGLÉS</b>
1. Mapa de riesgo	risk map
2. Plan de emergencia y contingencia	emergency and contingency plan
3. Actividades económicas	economic activities
4. Calidad del agua	water quality
5. Fuente hídrica	water source
6. Bioalarma	bioalarma

**RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS**  
(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 3 de 8</b>

El objetivo principal del proyecto es definir las acciones de inspección, vigilancia y control del riesgo asociado a las condiciones de la calidad de agua de la quebrada La Pava que abastece al acueducto veredal AUSAR del municipio de Facatativá. Para ello, se realizó inicialmente una recopilación y análisis de información secundaria como los vertimientos aguas arriba de la bocatoma, usos del suelo, concesiones, resultados del monitoreo de calidad de agua, entre otros; de otra parte, se realizaron visitas técnicas de inspección ocular a fin de determinar las actividades económicas que se llevan a cabo en la parte alta de la micro cuenca de la quebrada La Pava. Se procedió a conocer los riesgos de origen natural y antrópico expuestos en el sistema de acueducto, destacándose los fenómenos de remoción de masa, descarga de agua residual doméstica y contaminantes aportados por actividades agrícolas y ganaderas. Posteriormente, la evaluación de las concentraciones de las características físicas, químicas y microbiológicas de agua cruda permitió dar cuenta de la calidad del recurso y su relación con las actividades aledañas respecto a las afectaciones generadas, concluyendo que el cultivo de fresa es el principal influyente en la presencia de pesticidas totales, complementariamente los fenómenos de remoción de masa contribuyen a una variación significativa en las características de turbiedad y color aparente. Finalmente, se elaboraron estrategias de mitigación de los riesgos y mejoramiento de la calidad del recurso, que se centran en la recomendación de alternativas que pueden ser implementadas a corto plazo, destacando el uso de una bioalarma para alertas tempranas, aumento de la periodicidad en la limpieza y mantenimiento de las estructuras y monitoreo constante de las características de calidad del agua según la Resolución 2115 de 2007, entre otros.

### **AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN**

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000  
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co  
NIT: 890.680.062-2



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 4 de 8</b>

tenga perfeccionado una alianza, son:  
 Marque con una "X":

<b>AUTORIZO (AUTORIZAMOS)</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	X	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 5 de 8</b>

directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

**NOTA:** (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

**Información Confidencial:**

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. **SI \_\_\_ NO X\_\_.**


En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

## LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000  
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co  
NIT: 890.680.062-2

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>PAGINA: 6 de 8</b>

licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.


d) El(Los) Autor(es), garantizo (amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el "Manual del Repositorio Institucional AAAM003"

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 7 de 8</b>

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



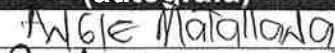
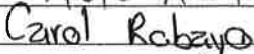
**Nota:**

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

<b>Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)</b>	<b>Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)</b>
Diseño de estrategias de vigilancia y control de agua para consumo humano en el acueducto veredal de San Rafael medio, municipio de Facatativá, Cundinamarca.pdf	texto

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

<b>APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>FIRMA (autógrafa)</b>
Angie Catherin Matallana Peralta	
Carol Dayan Robayo Rincon	

12.1.50

DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE VIGILANCIA Y CONTROL DEL RIESGO  
DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN EL  
ACUEDUCTO VEREDAL DE SAN RAFAEL MEDIO, MUNICIPIO DE  
FACATATIVÁ, CUNDINAMARCA.

PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO

ANGIE CATHERIN MATALLANA PERALTA  
CAROL DAYAN ROBAYO RINCÓN

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
INGENIERÍA AMBIENTAL  
FACATATIVÁ

2018



DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE VIGILANCIA Y CONTROL DEL RIESGO  
DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN EL  
ACUEDUCTO VEREDAL DE SAN RAFAEL MEDIO, MUNICIPIO DE  
FACATATIVÁ, CUNDINAMARCA.

ANGIE CATHERIN MATALLANA PERALTA  
CAROL DAYAN ROBAYO RINCÓN

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE  
INGENIERO AMBIENTAL

DIRECTOR  
WILLIAM ANDRÉS CASTAÑEDA CELEITA  
ING. RECURSOS HÍDRICOS Y GESTIÓN AMBIENTAL

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
INGENIERÍA AMBIENTAL  
FACATATIVÁ

2018

Página de aceptación

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

Firma de presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

*“Este trabajo de investigación está dedicado principalmente a Dios y a nuestras familias quienes con su apoyo, amor y sabiduría nos ayudaron en cada paso de este camino el cual estuvo lleno de altibajos y algunos inconvenientes que pudieron ser superados gracias a nuestras capacidades de afrontar y superar las adversidades.”*

## **Agradecimientos**

Agradecemos a nuestro director de tesis el docente William Andrés Castañeda Celeita por el apoyo brindado en la realización del proyecto de investigación, por su paciencia y dedicación.

Debemos agradecer también a la Empresa Asociación de Usuarios de Acueducto y Saneamiento Básico Vereda San Rafael Sector Medio (AUSAR), por permitirnos desarrollar el proyecto en la planta de potabilización.

A quienes se involucraron directa e indirectamente en nuestro proyecto y aportaron su granito de arena para la culminación de este.

Finalmente, a todas las personas que han conformado parte de nuestra formación universitaria y profesional.

## Contenido

1. Resumen .....	12
3. Introducción .....	14
4. Planteamiento del problema .....	16
5. Justificación.....	19
6. Objetivo.....	20
<b>6.1. Objetivo General.</b> .....	20
<b>6.2. Objetivos específicos.</b> .....	20
7. Marco de antecedentes.....	21
8. Marco teórico.....	23
8. Marco conceptual.....	27
9. Marco legal. ....	31
10. Metodología. ....	34
10.1. Recopilación de información: .....	34
<b>10.2. Análisis de información documental.</b> .....	35
<b>10.3. Visitas de inspección ocular a la fuente Hídrica de abastecimiento de acueducto de las personas prestadoras de jurisdicción.</b> .....	36
<b>10.4.2. Análisis Físicoquímicos y microbiológicos.</b> .....	39
<b>10.5. Determinación del Riesgo.</b> .....	40
<b>10.5.1. Amenazas sobre la calidad del agua.</b> .....	40
<b>10.5.2. Vulnerabilidad.</b> .....	41
<b>10.6. Evaluación de Riesgo.</b> .....	41
<b>10.7. Plan de emergencia y contingencia.</b> .....	42
11. Descripción general del municipio de Facatativá.....	43
<b>11.1. Ubicación o Localización.</b> .....	43
<b>11.2. Población.</b> .....	44
<b>11.3. Economía.</b> .....	44
<b>11.4. Agricultura.</b> .....	44
<b>11.5. Hidrología.</b> .....	45
<b>11.6. Servicios Públicos.</b> .....	46
<b>11.6.1. Acueducto municipal.</b> .....	46
<b>11.7. Usos del Suelo.</b> .....	48
12. Descripción área de estudio.....	50
<b>12.1. Población.</b> .....	50
<b>12.2. Hidrografía.</b> .....	50
<b>12.3. Actividades económicas.</b> .....	51

12.4. Uso del suelo.....	53
12.4.1. Registro de actividades económicas.....	55
12.5. Acueducto de la vereda San Rafael sector medio.....	56
12.6. Sistema de abastecimiento.....	57
12.6.1. Bocatoma.....	57
12.6.2. Desarenador.....	58
12.6.3. Aducción.....	58
12.6.4. Conducción.....	59
12.6.5. Tanques de almacenamiento.....	59
12.6.6. Red distribución.....	60
12.7. Procesos unitarios del acueducto AUSAR.....	60
12.7.1. Mezcla rápida.....	61
12.7.2. Coagulación.....	61
12.7.3. Floculación.....	62
12.7.4. Filtración.....	62
12.7.5. Desinfección.....	62
13. Análisis de resultados.....	64
13.1. Análisis fisicoquímicos.....	64
13.2. Análisis microbiológico.....	65
13.3. Análisis de Pesticidas.....	67
14. Determinación y evaluación de riesgos para la calidad de agua.....	70
14.1. Amenazas naturales.....	70
14.2. Amenaza antrópica.....	71
14.2.1. Contaminantes originados por la prestación de los servicios públicos de acueducto y manejo de aguas residuales (descarga de agua residual doméstica). .....	71
14.2.2. Contaminantes aportados por actividades sectoriales, diferentes a los servicios públicos domiciliarios.....	72
14.3. Vulnerabilidad.....	76
14.4. Riesgo.....	77
14.4.1. Matriz de calificación de los riesgos.....	78
15. Plan de emergencia y contingencia.....	81
15.1. Reducción de la vulnerabilidad.....	81
15.1.1. Manejo de la información y comunicaciones.....	81
15.1.2. Fortalecimiento el monitoreo y el seguimiento de la calidad del agua.....	83
15.1.3. Mejora del tratamiento de agua.....	84
15.2. Reducción de las amenazas.....	85

15.2.1.	Establecimiento de monitoreo y alarmas tempranas. ....	85
15.3.	Plan de emergencia y contingencia .....	87
15.3.1.	Activación de alarma. ....	87
15.3.2.	Suspensión del servicio público de acueducto.....	87
15.3.3.	Tratamiento de agua para eliminar la sustancia que le altera su calidad....	88
15.3.4.	Limpieza de la infraestructura.....	88
15.3.5.	Restablecimiento de las condiciones de normalidad. ....	88
16.	Conclusiones y Recomendaciones. ....	90
16.1.	Conclusiones. ....	90
16.2.	Recomendaciones. ....	92
17.	Bibliografía. ....	93
18.	ANEXOS. ....	97

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.

<b>Ilustración 1.</b> Agroquímicos. ....	36
<b>Ilustración 2.</b> Toma de coordenadas. ....	37
<b>Ilustración 3.</b> Toma de muestra para laboratorio acreditado.....	38
<b>Ilustración 4.</b> Medición de parámetros in situ.....	38
<b>Ilustración 5.</b> Muestras de Pesticidas.....	39
<b>Ilustración 6.</b> Toma de muestra para Laboratorio del Acueducto de Facatativá.....	40
<b>Ilustración 7.</b> Mapa veredal de Facatativá. ....	43
<b>Ilustración 8.</b> Hidrología del Municipio de Facatativá .....	46
<b>Ilustración 9.</b> Clasificación del suelo, municipio de Facatativá.....	49
<b>Ilustración 10.</b> Hidrología, Vereda la Selva y San Rafael. ....	51
<b>Ilustración 11.</b> Clasificación del suelo Veredal. ....	53
<b>Ilustración 12.</b> Cultivo de Fresa.....	54
<b>Ilustración 13.</b> Predios de actividad Ganadera.....	54
<b>Ilustración 14.</b> Vivienda.....	55
<b>Ilustración 15.</b> Estructura compacta del acueducto AUSAR. ....	57
<b>Ilustración 16.</b> Cámara de recolección.....	57
<b>Ilustración 17.</b> Desarenador. ....	58
<b>Ilustración 18.</b> Tubería de Conducción.....	59
<b>Ilustración 19.</b> Tanque de Almacenamiento. ....	60
<b>Ilustración 20.</b> Mezcla rápida. ....	61
<b>Ilustración 21.</b> Coagulante, Sulfato de aluminio.....	61
<b>Ilustración 22.</b> Tanque de Filtración. ....	62
<b>Ilustración 23.</b> Desinfectante, Hipoclorito de Sodio.....	63
<b>Ilustración 24.</b> Mapa de Riesgos Naturales. ....	70
<b>Ilustración 25.</b> Convenciones del mapa de riesgo Naturales. ....	71
<b>Ilustración 26.</b> Cultivo de fresa, Vereda La Selva. ....	72
<b>Ilustración 27.</b> Aguas de escorrentía de cultivo de fresa. ....	72
<b>Ilustración 28.</b> Canales para el manejo de agua, Cultivo de fresa. ....	73
<b>Ilustración 29.</b> Área ganadera. ....	75
<b>Ilustración 30.</b> ubicación general de estructuras hidráulicas y actividades económicas.....	76
<b>Ilustración 31.</b> convención de mapa de ubicación general de estructuras hidráulicas y actividades económicas.....	76
<b>Ilustración 32.</b> Identificación y valoración de riesgos .....	80
<b>Ilustración 33.</b> convención del mapa de Identificación y valoración de riesgos .....	80



## ÍNDICE DE TABLAS.

<b>Tabla 1.</b> Rotulado de muestra.....	39
<b>Tabla 2.</b> Clasificación de riesgos.....	41
<b>Tabla 3.</b> Puntuación de riesgo. ....	42
<b>Tabla 4.</b> Cultivos del Municipio de Facatativá.....	45
<b>Tabla 5.</b> Distribución, fuentes de abastecimiento.....	46
<b>Tabla 6.</b> Distribución agua subterránea. ....	47
<b>Tabla 7.</b> Distribución agua superficial. ....	47
<b>Tabla 8.</b> Distribución Etarea, San Rafael. ....	50
<b>Tabla 9.</b> Cultivos Transitorios, vereda San Rafael. ....	52
<b>Tabla 10.</b> Cultivos permanentes, Vereda San Rafael y la Selva.....	52
<b>Tabla 11.</b> Anexo Técnico I. ....	56
<b>Tabla 12.</b> Resultado de análisis físico químicos ....	64
<b>Tabla 13.</b> Resultado de análisis microbiológicos. ....	65
<b>Tabla 14.</b> Agentes patógenos transmitidos por el agua y su importancia en los sistemas de abastecimiento.....	66
<b>Tabla 15.</b> Anexo Técnico II.....	67
<b>Tabla 16.</b> Resultado de análisis de pesticidas.....	67
<b>Tabla 17.</b> Valores de pesticidas organoclorados. ....	68
<b>Tabla 18.</b> Identificación de sustancias químicas. ....	74
<b>Tabla 19.</b> Calificación de amenazas. ....	77
<b>Tabla 20.</b> Calificación de vulnerabilidad. ....	78
<b>Tabla 21.</b> Matriz de calificación de riesgo. ....	79
<b>Tabla 22.</b> Descripción de equipos ....	81
<b>Tabla 23.</b> Frecuencia y numero de muestra de agua para la vigilancia y control de las características físicas, químicas y microbiológicas.....	84
<b>Tabla 24.</b> Acciones para la reducción del riesgo.....	86
<b>Tabla 25.</b> Mejoramiento de la calidad del agua para consumo humano.....	86

## **ÍNDICE DE ANEXOS.**

<b>Anexo 1.</b> Resultados de análisis físico químico del laboratorio del Acueducto de Facatativá. ..	97
<b>Anexo 2.</b> Resultados de análisis microbiológicos del laboratorio del Acueducto de Facatativá. 98	
<b>Anexo 3.</b> Resultado de análisis de pesticidas en laboratorio SGS Colombia. ....	99
<b>Anexo 4.</b> Resultado de análisis de pesticidas en laboratorio SGS Colombia. ....	100
<b>Anexo 5.</b> Cadena de custodia de laboratorio de SGS Colombia. ....	102
<b>Anexo 6.</b> Registro fotográfico. ....	102

## 1. Resumen.

El objetivo principal del proyecto es definir las acciones de inspección, vigilancia y control del riesgo asociado a las condiciones de la calidad de agua de la quebrada La Pava que abastece al acueducto veredal AUSAR del municipio de Facatativá. Para ello, se realizó inicialmente una recopilación y análisis de información secundaria como los vertimientos aguas arriba de la bocatoma, usos del suelo, concesiones, resultados del monitoreo de calidad de agua, entre otros; de otra parte, se realizaron visitas técnicas de inspección ocular a fin de determinar las actividades económicas que se llevan a cabo en la parte alta de la micro cuenca de la quebrada La Pava. A partir del análisis de la información recolectada, se identificó que la principal actividad es la agricultura, seguida de la ganadería, además se reconoció la quebrada La Pava como fuente de abastecimiento del acueducto AUSAR. Se procedió a conocer los riesgos de origen natural y antrópico a los cuales está expuesto el sistema de acueducto, dentro de los que se destacan los fenómenos de remoción de masa, descarga de agua residual doméstica y contaminantes aportados por actividades agrícolas y ganaderas. Posteriormente, la evaluación de las concentraciones de las características físicas, químicas y microbiológicas de agua cruda permitió dar cuenta de la calidad del recurso y su relación con las actividades aledañas respecto a las afectaciones generadas, concluyendo que el cultivo de fresa es el principal influyente en la presencia de pesticidas totales, complementariamente los fenómenos de remoción de masa contribuyen a una variación significativa en las características de turbiedad y color aparente. Finalmente, se elaboraron estrategias de mitigación de los riesgos y mejoramiento de la calidad del recurso, que se centran en la recomendación de alternativas que pueden ser implementadas a corto plazo, destacando el uso de una bioalarma para alertas tempranas, aumento de la periodicidad en la limpieza y mantenimiento de las estructuras y monitoreo constante de las características de calidad del agua según la Resolución 2115 de 2007, entre otros.

**Palabras clave:** Mapa de riesgo, actividades económicas, calidad del agua, fuente hídrica, bioalarma.

## 2. Abstract

The main objective of the project is to define the actions of inspection, surveillance and control of the risk associated with the water quality conditions of the La Pava stream that supplies the AUSAR rural aqueduct in the municipality of Facatativá. To this end, a compilation and analysis of secondary information was performed, such as the discharges upstream of the intake, land uses, concessions, results of water quality monitoring, among others; On the other hand, technical visits of ocular inspection were carried out in order to determine the economic activities that are carried out in the upper part of the micro basin of the La Pava stream. From the analysis of the information collected, it was identified that the main activity is agriculture, followed by livestock, and the La Pava stream was recognized as a source of supply for the AUSAR aqueduct. We proceeded to know the risks of natural and anthropic origin to which the aqueduct system is exposed, among which stand out the phenomena of mass removal, discharge of domestic wastewater and pollutants contributed by agricultural and livestock activities. Subsequently, the evaluation of the concentrations of the physical, chemical and microbiological characteristics of raw water allowed to account for the quality of the resource and its relationship with the surrounding activities with respect to the effects generated, concluding that strawberry cultivation is the main influencer in the presence of total pesticides, in addition to the mass removal phenomena, contribute to a significant variation in the turbidity and apparent color characteristics. Finally, risk mitigation strategies and improvement of resource quality were elaborated, which focus on the recommendation of alternatives that can be implemented in the short term, highlighting the use of a bioalarm for early warnings, increasing the periodicity in the cleaning and maintenance of structures and constant monitoring of water quality characteristics according to Resolution 2115 of 2007, among others.

**Keywords:** Risk map, economic activities, water quality, water source, bioalarm.

### 3. Introducción.

El agua es un tema esencial para la calidad de vida del planeta, debido a que las propiedades que posee son irremplazables y su función se encuentra en diferentes procesos vitales; aun así, conociendo sus beneficios la población no es consciente de su importancia y de cómo las actividades que realizan contaminan el agua. "La contaminación del agua de consumo humano debido a la exposición con contaminantes de tipo biológico y químico es una de las mayores causas de morbilidad y mortalidad en una población" (Arias, Bejarano, & Zafra, 2014).

Según lo expuesto anteriormente, se entiende la importancia de establecer documentos, parámetros y planes de manejo, entre otros, que contribuyan en minimizar las afectaciones que pueden interferir en la calidad de vida de una población o persona; es por esto que en este documento, se realizó la formulación de un mapa de riesgos de la calidad de agua para consumo humano para el Acueducto de la vereda San Rafael Sector medio (AUSAR)<sup>1</sup>; ubicado en el municipio de Facatativá, teniendo en cuenta que un mapa riesgos de la calidad de agua para consumo humano es:

El instrumento que define las acciones de inspección vigilancia y control de los riesgos asociados a las condiciones de la calidad de las cuencas abastecedoras del sistema de suministro de agua para consumo humano, las características físicas, químicas y microbiológicas del agua de las fuentes superficiales o subterráneas de una determinada región, que puedan generar riesgos graves a la salud humana, si no son adecuadamente tratadas, independientemente de si proviene de una contaminación por eventos naturales o antrópicos (Santa Maria, 2010).

De acuerdo a lo establecido, el primer paso realizado para la formulación del Mapa de riesgo de la calidad de agua para consumo humano, fue la recolección de datos a partir de fuentes gubernamentales y de varias pruebas analíticas que ayudaron a obtener la información necesaria para evaluar los riesgos y planes de manejo correspondientes a lo encontrado en el área de estudio.

---

<sup>1</sup>Asociación de Usuarios de Acueducto y Saneamiento Básico Vereda San Rafael Sector Medio—entiéndase en adelante como AUSAR

Este documento se ejecutó con el objetivo de poder conocer el estado actual de la fuente de abastecimiento, realizando la comparación de los parámetros de calidad del agua, con el fin de generar una serie de recomendaciones que controlen las características encontradas fuera de los valores máximos permisibles de la Resolución 2115 de 2007.

Encontrándose estructurado de la siguiente manera: en primer lugar se establece la metodología se desarrolló conforme a lo establecido en la Resolución 4716 del 2010 y la Resolución 549 del 2017, en segundo lugar la descripción de municipio donde se conocen las características más importantes y los diferentes acueductos veredales que se encuentran, seguido de la descripción general del área objeto de estudio siendo las veredas San Rafael donde se encuentra el acueducto AUSAR y la vereda la Selva donde se localiza la fuente de abastecimiento (Quebrada la Pava) y captación.

A partir de la información obtenida en los ítems anteriores se procedió a realizar los análisis correspondientes determinando la afectación de algunas de las características del agua según la Resolución 2115 del 2007, por medio de la determinación y evaluación de riesgo para la calidad de agua, donde se identificaron los riesgos latentes por medio de la valoración de amenazas sobre la calidad del agua y vulnerabilidades del acueducto AUSAR; por último se desarrolló el plan de emergencia y contingencia donde se establecieron las diferentes alternativas que contribuye a la mejora de la calidad de agua que abastece al acueducto.

#### **4. Planteamiento del problema.**

Actualmente se considera el agua como un recurso esencial que requiere la máxima atención de los estados por ser indispensable para la preservación de la vida y encontrarse expuesta al deterioro, en ocasiones irreversible, ocasionado por un uso irresponsable e intensivo del recurso (Castro , Almeida, Ferrer, & Diaz, 2014).

Lo dicho anteriormente por el autor se ve expresado en el municipio de Facatativá debido principalmente a las actividades humanas que se presentan cerca a los cuerpos de agua y traen consigo consecuencias a corto, mediano y largo plazo. Como ejemplo de ello se puede traer a colación el caso sucedido en las Antillas francesas, donde se presenta una consecuencia de contaminación directa por las actividades económicas y domésticas por la persistencia del plaguicida; clordecone (Insecticida Organoclorado), donde a pesar de haber pasado gran cantidad de años aún persiste en el ambiente; encontrando cerca cuerpos de agua potable, altamente contaminados. (Estudio de una contaminación crónica del agua por un pesticida. Caso de Clodercone en las Antillas, 2010)

A nivel municipal y de acuerdo a la investigación realizada en la tesis de grado denominada "Efecto de las actividades agropecuarias y domésticas sobre la calidad de agua usada para consumo humano en la parte alta de la Quebrada Mancilla (Facatativá)", (Parra & Rivera, 2017). Se evidenció a través de pruebas de laboratorio que los valores de los compuestos organofosforados a la salida de la planta de tratamiento de agua potable de la vereda Mancilla Sector Puente Pino, supera los máximos permisibles establecidos en la Resolución 2115 de 2007. AUSAR cuenta con 50 suscriptores en el sector medio de la vereda San Rafael y capta sus aguas de la Quebrada la Pava ubicada en la vereda La Selva. La vocación agrícola es una actividad relevante del municipio donde según estadísticas agropecuarias suministradas por la Secretaria de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente de Facatativá, para el año 2016 se encuentran 60 explotaciones con 198 ha sembradas con cultivos permanentes (fresa, durazno y tomate), de las cuales el 28 % se encuentra sembrado en la vereda San Rafael y el 25% en la vereda La Selva para el caso de cultivos de fresa; y para el caso de cultivos transitorios se tienen 232 explotaciones con 792 ha donde para la vereda San Rafael se encuentra 16 % de papa criolla, 15% de lechuga y 15% de repollo. Es de

anotar que para el desarrollo de estos cultivos se utilizan variedad de plaguicidas y fertilizantes, a partir de ello se presume posibles afectaciones en la calidad de agua para consumo humano que utiliza el acueducto.

De otra parte, indagando en las fuentes encargadas del manejo del recurso hídrico en el municipio, se encontró que al respecto existe poca o nula información que permitan establecer la magnitud de la afectación de la calidad de agua para consumo humano en el área de estudio, un documento cercano a la información necesaria en este proyecto es el "Diagnóstico de la PTAP<sup>2</sup> de la zona rural del Municipio de Facatativá" realizado por la Alcaldía municipal de Facatativá y la Secretaria de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente, donde se presenta una breve descripción de la infraestructura de los acueductos Veredales para el tratamiento de agua, su estructura tarifaria y la conformación legal, mas no trata el tema concerniente a la calidad de agua para consumo humano.

Cabe resaltar que si existe algún tipo de contaminación se debe principalmente a las actividades antrópicas que influyen en la calidad del agua de las fuentes abastecedoras de diferentes lugares.

La disponibilidad y vulnerabilidad de los recursos hídricos está generando una preocupación y atención crecientes a nivel mundial, pues ya es fuente de graves conflictos socioeconómicos y ambientales.

Es por esto que se han buscado las medidas necesarias que mejoren la calidad del agua y evite que esta sea una causa de problemas de diferente índole como en la salud pública y problemas sociales. A pesar de conocer los riesgos que conlleva un agua contaminada aún no se magnifica la importancia del cuidado de esta, según el Estudio Nacional del Agua realizado por el IDEAM en el 2014, la medición de parámetros físico-químicos es una actividad rutinaria de los sistemas de potabilización de agua, en el caso del acueducto de San Rafael Medio no se encuentran la totalidad de datos rutinarios, pero si algunas de las características establecidas en la Resolución 2115 de 2007 para agua potable, pero no existe reportes de análisis de las fuentes abastecedoras que permitan analizar cómo pueden influir sobre la calidad de agua las actividades económicas realizadas aguas arriba de la bocatoma y el tipo de control necesario para estos casos.

---

<sup>2</sup> (PTAP) Planta de Tratamiento de Agua Potable.



El principal problema está dado a causa de la ausencia de información de la calidad de la fuente hídrica que abastece el acueducto y por ende el agua suministrada a la población, teniendo en cuenta especialmente las características no convencionales que pueden llegar a afectar la salud pública de la vereda; teniendo en cuenta lo anterior se debe considerar lo establecido por la Resolución 4716 del 2010 donde se tiene por objeto establecer las condiciones, recursos y obligaciones mínimas para elaborar el Mapa de Riesgo de la calidad del agua para consumo humano.

A partir de lo expuesto anteriormente surgen las siguientes preguntas de investigación: ¿Las actividades económicas y domésticas están influyendo en la calidad de agua que abastece al acueducto AUSAR?, ¿Qué características superan los valores permisibles establecidos en la Resolución 2115 de 2007? y por último ¿Qué acciones se deben realizar para el control y la vigilancia de la calidad de agua para consumo humano del acueducto AUSAR?

## **5. Justificación.**

La presente investigación se realizó con el fin de poder llenar vacíos de información sobre los diferentes contaminantes, que pueden estar alterando la calidad del agua que afecte la salud pública de la población de la vereda de San Rafael sector medio. Resulta importante conocer la calidad del recurso que ingresa al proceso de potabilización y de esta forma definir las posibilidades frente al tratamiento e intervención, teniendo en cuenta las actividades que generan perturbación en la calidad de la fuente hídrica, ya sean de origen natural o antrópico.

Gracias a la interacción existente entre la persona prestadora de la vereda San Rafael, el curso de Potabilización de aguas de la Universidad de Cundinamarca y la Empresa Aguas de Facatativá SAS ESP, fue posible la recopilación de información sobre el estado actual del afluente y efluente del sistema de potabilización de AUSAR, permitiendo conocer los puntos negativos más evidentes en el proceso de tratamiento de agua.

En este sentido, se quiere analizar si esto se presenta a causa del poco conocimiento de las características no analizadas en los estudios periódicos realizados al agua potable como lo indica la Resolución 2115 del 2007. Para poder realizar un control adecuado del riesgo que pueden tener estas características, se elaborará un documento establecido por el Decreto 1575 de 2007 en el artículo 9 donde explica la obligación que tiene la persona prestadora en hacer los análisis pertinentes físicos, químicos y microbiológicos, que permitan determinar los riesgos y plantearlos en el mapa de riesgos de la calidad de agua para consumo humano.

## **6. Objetivo.**

### **6.1. Objetivo General.**

Diseñar estrategias de vigilancia y control del riesgo asociado a las actividades económicas que afectan la calidad del agua del acueducto AUSAR del municipio de Facatativá.

### **6.2. Objetivos específicos.**

- Describir la vereda La Selva, sus actividades económicas y el uso del recurso hídrico.
- Evaluar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua cruda de la fuente de abastecimiento del acueducto AUSAR.
- Diseñar el mapa de riesgos de agua para consumo humano y el plan de emergencia y contingencia del acueducto de la vereda de san Rafael en el municipio de Facatativá.

## **7. Marco de antecedentes.**

Elaboración de Mapas de Riesgo de la calidad de agua para consumo humano.

El mapa de riesgos es uno de los documentos utilizados por los acueductos como herramienta para mejorar la calidad de agua potable suministrada a habitantes de un determinado lugar, se realiza estableciendo parámetros de control por medio de actividades que tienen que ser llevadas a cabo con el fin de obtener óptimos resultados en los valores que respectan a la calidad de agua.

Para esto se hace necesario identificar las condiciones del agua antes de su captación, así como actividades realizadas aguas arriba de la bocatoma cercanas a la ronda hídrica, que puedan estar afectando la calidad de agua cruda de la cual se abastecen los acueductos.

Para el desarrollo del proyecto se consultaron trabajos externos, debido a que no se encuentran antecedentes sobre mapa de riesgos en la Vereda San Rafael, generando como producto final un documento nuevo que será entregado al acueducto de la vereda; para el desarrollo se tomaron varios documentos relacionados con el tema, uno de ellos fue “El mapa de riesgos de la calidad de agua realizado en la vereda La Trinidad y la vereda Tocogua Municipio de Duitama”, donde la Secretaria de Salud de este municipio realizó una “Evaluación cualitativa y cuantitativa de algunos factores de amenaza y vulnerabilidad dentro de los sistemas de abastecimiento rurales ubicados en las veredas la Trinidad y la Tocogua” (Secretaria de Salud, 2013), identificando los riesgos asociados a las fuentes abastecedoras de los sistemas de acueducto de las veredas.

Un segundo trabajo tenido en cuenta fue el de La Gobernacion de Boyaca (2015) denominado “Mapa de Riesgo de la calidad de agua para consumo humano Municipio de Paipa zona Urbana”, en el cual se analizaron factores como la fuente de abastecimiento, captación, sistemas de tratamiento y la evaluación de factores de afectación relevantes, provenientes de actividades agropecuarias, al igual que amenazas hidrometeoro lógicas, naturales y fenómenos geológicos que afectan la calidad de agua para consumo humano.

De igual forma se tomó el trabajo realizado por la Secretaria de Salud de Boyacá (2014) llamado “Mapa de riesgo de la Calidad de agua para consumo humano del

nacimiento del Ojo Verdea Río de Arriba fuente abastecedora de la vereda Río de arriba sector rural del Municipio de Boavita-Boyacá”, en el cual establecieron como producto del trabajo de campo un análisis de vulnerabilidad, por medio de la matriz de riesgo de los fenómenos amenazantes y sus afectaciones en la calidad de agua para consumo humano; permitiendo realizar una comparación frente al informe desarrollado en municipio de Paipa.

Por último, se abordó lo realizado por La Secretaria Distrital de Salud (2015) en el “Mapa de Riesgo de la calidad del agua para consumo humano”, donde evaluaron los riesgos asociados al sistema Tibitoc, de la Empresa de Acueducto de Bogotá – EAB, por medio de la valoración de las actividades desarrolladas que permiten calificar los riesgos asociados a la calidad de agua para consumo humano, determinando los parámetros a controlar y la frecuencia necesaria para cada uno de ellos. Los estudios revisados permiten obtener una relación con lo ya existente en otros municipios, comparando las amenazas y riesgos de las fuentes abastecedoras, al igual que sus causas.

Un factor relevante que se debe tener en cuenta en los antecedentes, es que no existe un documento formal acorde con la normatividad del Mapa de Riesgos en el acueducto de San Rafael medio; para ello se ha trabajado entre la Alcaldía de Facatativá, la empresa Aguas de Facatativá SAS ESP y la Universidad de Cundinamarca extensión Facatativá, adelantando acercamientos de diagnósticos respecto a calidad de agua, infraestructura, procesos y otros aspectos que pueden contribuir como base para el diseño del mapa de riesgos. De otra parte se obtuvo un documento suministrado por la Secretaria de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente denominado "Diagnóstico de las PTAP de la zona rural del Municipio de Facatativá, el cual cuenta con información escasa y muy general, por ende se procede a realizar investigaciones más a fondo que permitan determinar los aspectos relevantes en el trabajo, esto será desarrollado por medio de un estudio de campo, con pruebas de laboratorio e identificación de características de que afecten la calidad de agua para consumo humano.

## 8. Marco teórico.

La calidad de agua es un tema de interés mundial a causa de los elevados problemas en la salud pública presentes por la baja calidad del agua consumida en diferentes lugares, por esta razón se han buscado estrategias que mitiguen estos de problemas siendo una de ellas la implementación de plantas de tratamiento de agua potable (PTAP). Existen diferentes PTAP, dentro de ellas se encuentran las compactas donde se realizan procesos en un solo módulo y las convencionales que manejan su tratamiento en varios módulos de acuerdo a las especificaciones técnicas.

La conformación principal de una PTAP comienza por un tratamiento físico (pre tratamiento) que consta de tamizados y decantación donde la función es retirar sólidos para mejorar la calidad física del agua, seguido de tratamientos químicos como la coagulación y floculación que permiten remover partículas por medio de sustancias como coagulantes<sup>3</sup>, además de esto se cuenta con procesos de sedimentación que por diferencia de densidad decantan las partículas, por último se realiza el proceso de desinfección que remueve microorganismos, generado una mejor calidad en el agua.

Se debe tener en cuenta que los procesos de potabilización varían según la calidad y cantidad de agua que se va a tratar. En el caso de los acueductos rurales, estos cuentan con un sistema de abastecimiento básico conformado por una estructura hidráulica denominada bocatoma, donde se realiza la captación de agua cruda, seguido de un desarenador cuyo objetivo es remover partículas de mayor diámetro, llegando al sedimentador que permite eliminar el excedente de partículas del proceso anterior seguido de la filtración, almacenamiento y distribución.

Existen algunas falencias en la potabilización de agua de los acueductos rurales debido a la falta de laboratorios o equipos in situ esto es a causa del costo que acarrea contar con equipos para el control de la calidad del agua, que vigilen el comportamiento de los valores máximos permisibles establecidos por la Resolución 2115 del 2007 y en el caso de estar en el límite o sobrepasarlo poder tomar las medidas necesarias.

La falta de implementación de equipos es relevante debido a la influencia de las actividades económicas aledañas en la calidad de agua de las fuentes hídricas,

---

<sup>3</sup>Se encuentran algunas presentaciones como el sulfato de aluminio, cloruro férrico, policloruro de aluminio, entre otros.

destacándose dentro de ellas la agricultura y la ganadería encontradas cerca de la zona de ronda hídrica sin respetar el espacio que la norma tiene estipulada<sup>4</sup> (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible , 2014).

Se pueden presentar afectaciones en los valores de las características del agua, pero una característica no convencional que se presenta por la agricultura son los pesticidas que están ligados a los procesos de transformación en condiciones naturales como la biodegradación, foto degradación, solubilidad del agua y la hidrólisis química que son llevados a cabo por medio de reacciones de oxidación, reducción, hidrólisis, ruptura y reorganización de enlaces moleculares.

Las reacciones nombradas se realizan por medio de las condiciones del medio acuático como pH, luz ultravioleta y la actividad enzimática de los microorganismos presentes en el medio; los procesos de degradación se evalúan de acuerdo a las anteriores características del agua y así mismo identificar la capacidad de degradación del ecosistema (Narvaez Valderrama, Palacio Baena, & Molina Perez, 2012). A pesar del conocimiento de diferentes procesos, se encuentra aún el impacto de los pesticidas sobre el metabolismo de los seres humanos y los ecosistemas naturales.

Para evitar las consecuencias que traen consigo estos contaminantes es necesario realizar los análisis correspondientes a la determinación de estos, además de contar con pruebas rutinarias como los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de agua tratada con respecto a la norma de calidad de agua, y en caso de requerirse determinar la eficiencia de la PTAP, se debe realizar la comparación de los anteriores con los correspondientes de agua cruda.

De acuerdo a la necesidad de la planta de corroborar la presencia o elevación de algunas sustancias, se realizan diferentes muestreos ya sean simples, definido como una muestra que representa la composición del cuerpo de agua original para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en las que se realizó su captación o compuesto determinado como una combinación de muestras sencillas o puntuales tomadas en el mismo sitio durante diferentes tiempos, por lo general se emplean para observar concentraciones promedio. Según el laboratorio químico ambiental del IDEAM el uso de muestras compuestas representa un ahorro sustancial en costo y esfuerzo del laboratorio

---

<sup>4</sup>El Decreto-Ley 2811 de 1974 establece en su artículo 83 una franja paralela a la línea de mareas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos hasta de 30 metros de ancho, como un espacio inalienable e imprescindible del estado.

comparativamente con el análisis por separado de un gran número de muestras y su consecuente cálculo de promedios.

Al elegir el tipo de muestreo se debe realizar la purga de los recipientes ya sea de vidrio o de plástico donde se transportará la muestra a analizar, se debe tener en cuenta el tipo de análisis ya que en algunas pruebas es necesario contar con preservantes para la efectividad de los resultados.

A continuación, se establecen algunos parámetros que a tener en cuenta para la toma de muestra.

- **Identificación de muestras:** Se hace necesario realizar una etiqueta para cada recipiente que tenga datos como número de muestra, nombre del recolector, fecha, hora y lugar de recolección y si es el caso la preservación realizada, todo con el fin de evitar confusiones a la hora de realizar los análisis correspondientes.
- **Registro de control y vigilancia:** Para llevar a cabo esta actividad se debe contar con la cadena de custodia otorgada por el laboratorio y diligenciada por la persona que toma la muestra donde se incluye información como: número de las muestras; firma del recolector responsable; fecha, hora y sitio de muestreo; tipo de muestra; firmas del personal participante en el proceso de control, vigilancia y posesión de las muestras y las fechas correspondientes.
- **Entrega de muestras en el laboratorio:** Las muestras son entregadas lo más pronto posible, teniendo en cuenta que para muestreos compuestos se debe mantener los recipientes a una temperatura inferior a 4°C con un sistema de refrigeración, sin que la muestra se llegue a congelar, con el propósito de retardar el crecimiento microbiano que se puede presentar desde la toma de muestra hasta la entrega al laboratorio.
- **Recepción y registro de la muestra:** La entrega de las muestras son revisadas por la persona encargada de la recepción verificando que corresponda lo escrito en la cadena de custodia con la rotulación de cada una de las muestras.



Como dato general las muestras recolectadas pueden verse afectadas por factores como presencia de material suspendido o turbidez, el método seleccionado para su remoción, los cambios fisicoquímicos en el almacenamiento o por aireación, en caso de ser así se pueden realizar procedimientos como filtración, sedimentación entre otros.

Para la evaluación de la calidad del agua para consumo humano en los acueductos veredales se realiza el mapa de riesgos, identificando las principales características físicas, químicas y microbiológicas de la fuente hídrica o cuenca abastecedora de un acueducto.

De acuerdo a lo anterior se establece el Plan de Emergencias y Contingencias que es un instrumento donde se plantean diferentes respuestas oportunas y adecuadas a las posibles situaciones de emergencias que se pueden presentar, reconociendo las amenazas y vulnerabilidades que se encuentran en la cuenca abastecedora por actividades naturales o antrópicas, que puedan generar riesgos a la salud humana; se deben proponer estrategias de vigilancia y control, incluyendo programas de mitigación y prevención para mejorar y mantener la calidad de agua que abastece a la población.

## 8. Marco conceptual.

A continuación, se exponen los principales conceptos relacionados con el tema de Mapa de Riesgo y las actividades económicas que pueden afectar la calidad del agua.

Uribe (2010) menciona el *Mapa de riesgo de calidad de agua* (Mapa de Riesgo) como un instrumento que define las acciones de inspección, vigilancia y control del riesgo asociado a las condiciones de calidad de las cuencas abastecedoras de sistemas de suministro de agua para consumo humano, las características físicas, químicas y microbiológicas del agua de las fuentes superficiales o subterráneas de una determinada región, que puedan generar riesgos graves a la salud humana si no son adecuadamente tratadas, independientemente de si provienen de una contaminación por eventos naturales o antrópicos.

Por otra parte la *Explotación Agrícola* es definida por Eustat (2012) como la unidad técnico-económica propia de la base del sector primario, equivalente a la empresa en otros sectores económicos, y cuya producción son los productos agropecuarios (agrícolas o ganaderos).

Al respecto se identifican dos tipos de cultivos descritos en el Censo Nacional Agropecuario (2014), en primer lugar los *Cultivos Transitorios* son aquellos cuyo ciclo vegetativo es generalmente menor a un año y tienen como característica fundamental que después de la cosecha se deben volver a sembrar, para obtener una nueva cosecha; en segundo lugar los *Cultivos permanentes* que son cultivos de productos agrícolas que se destinan a la alimentación humana y/o animal o para materias primas industriales u otros usos, tienen un prolongado periodo de producción que permite cosechas durante varios años, sin necesidad de ser sembrados después de cada cosecha. Particularmente en los cultivos permanentes se encuentra el *Cultivo de fresa* debido a que es un factor relevante en la investigación ya que afecta directamente la calidad de agua del área de estudio.

Se debe tener claro el concepto de *Agua Cruda*, que según Palencia (2007) es el agua natural que no ha sido sometida a proceso de tratamiento para su potabilización. Mientras que el *Agua Potable* se entiende como aquella que, por cumplir las características físicas, químicas y microbiológicas, en las condiciones señaladas en el presente decreto y demás normas que la reglamenten, es apta para consumo humano. Se utiliza en bebida directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal.

Adicionalmente, la *Calidad del Agua* es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia. (Palencia, 2007)

La *Fuente de Abastecimiento* es el depósito o curso de agua superficial o subterránea, utilizada en un sistema de suministro a la población, bien sea de aguas atmosféricas, superficiales, subterráneas o marinas, según Betancourth (2007).

Al respecto Palencia (2007) encuentra la *Inspección Sanitaria* como el conjunto de acciones que en desarrollo de sus funciones, realizan las autoridades sanitarias y las personas prestadoras que suministran o distribuyen agua para consumo humano, destinadas a obtener información, conocer, analizar y evaluar los riesgos que presenta la infraestructura del sistema de abastecimiento de agua, a identificar los posibles factores de riesgo asociado a inadecuadas prácticas operativas y a la determinación de la calidad del agua suministrada, mediante la toma de muestras, solicitud de información y visitas técnicas al sistema de suministro, dejando constancia de ello mediante el levantamiento del acta respectiva. De igual forma señala el *Sistema de suministro de agua para consumo humano* como el conjunto de estructuras, equipos, materiales, procesos, operaciones y el recurso humano utilizado para la captación, aducción, pre tratamiento, tratamiento, almacenamiento, conducción y distribución del agua para consumo humano.

Los *Laboratorios de análisis del agua para consumo humano* son establecimientos público o privado, donde se realizan los procedimientos de análisis de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano, el cual debe cumplir con los requisitos previstos en el presente decreto. (Palencia, 2007)

La Resolución 549 de 2017 encuentra *Contaminantes directos e indirectos*. Los primeros son sustancias originadas directamente de un fenómeno natural o socio natural que alteran específicamente los parámetros físicos y químicos del agua; y los segundos son sustancias que no provienen directamente del fenómeno, pero que vienen de daños causados en la infraestructura del acueducto, alcantarillado o de otros servicios, por un fenómeno natural o socio natural.

Acerca de las sustancias contaminantes de interés en esta investigación se describen los *Plaguicidas* como nombre genérico que recibe cualquier sustancia o mezcla de sustancias que es usada para controlar las plagas que atacan los cultivos o los insectos

que son vectores de enfermedades. Los plaguicidas químicos sintéticos, son el resultado de un proceso industrial de síntesis química, y se han convertido en la forma dominante del combate a las plagas, después de la segunda guerra mundial, gracias al desarrollo de la Industria química y al tipo de agricultura dependiente de estos insumos (Fernando, 1993). A diferencia de estos, los *Pesticidas* se refieren tanto a insecticidas como a muchos otros tipos de sustancias químicas; un pesticida es cualquier sustancia elaborada para controlar, matar, repeler o atraer a una plaga. Tal plaga puede ser cualquier organismo vivo que provoque daño o pérdidas económicas o que transmita o produzca alguna enfermedad; las plagas pueden ser animales (como insectos o ratones), plantas no deseadas (malas hierbas, malezas) o micro-organismos (como enfermedades y virus de las plantas)(California, 2006).

En lo relativo a la *Gestión del Riesgo*, es un proceso social orientado a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, estrategias, planes, programas, regulaciones, instrumentos, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la reducción del riesgo y para el manejo de desastres, con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible (RESOLUCIÓN 549 , 2017). En este concepto se abarcan las *Amenazas*, definidas como el peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales (Ley 1523 , 2012).

Al igual, la Ley 1523 de 2012 menciona que la *Vulnerabilidad* es la susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos.

Finalmente, los conceptos anteriores se enmarcan en el *Plan de emergencia y contingencia*, siendo el instrumento de planeación que da respuesta oportuna, adecuada y coordinada a las situaciones de emergencias causadas por fenómenos destructivos de origen natural o humano. Consiste en la organización y coordinación de organismos, personas, acciones y recursos necesarios para la atención al desastre con base en la

identificación de riesgos, disponibilidad de recursos materiales y humanos, preparación a la comunidad y capacidad de respuesta local en cuanto al agua potable. (Balquimia, 2016)

## 9. Marco legal.

La calidad de agua es uno de los factores que ha tenido mayor relevancia para tratar en el mundo, debido a esto en la Constitución Política de Colombia de 1991, se establece el capítulo de “de los derechos colectivos y del ambiente”

En los **artículos 49, 79 y 80** se establece el aprovechamiento y mejora de los recursos naturales donde ley garantizará la protección del mismos de las posibles afectaciones que se puedan generar estableciendo sanciones legales.

A continuación, se muestra la normativa que utilizada para el desarrollo del trabajo de investigación.

**Ley 1523 de 2012:** Expedida por el CONGRESO DE COLOMBIA, "Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones".

**Decreto 2811 de 1974:** Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, la normativa competente del presente Decreto en cuanto al recurso hídrico se encuentra en los siguientes artículos:

- Parte III Aguas Marítimas, TITULO I, Disposición Generales, **Art. 77 y 78**, estableciendo las disposiciones y el aprovechamiento de las aguas no marítimas en todos sus estados y formas.
- El dominio de las aguas y cauces se encuentran en el **Art. 80 a 85**, donde se establecen el derecho del agua como dominio público, inalienables e imprescriptibles
- Título II Modo de Adquirir derecho al uso de las aguas, Capítulo I por ministerio de la Ley, en los **Artículos 86 a 89**, se establece el derecho al uso del agua y en utilizar el recurso hídrico que satisfaga las necesidades fundamentales de los integrantes de un núcleo familiar; al igual que las concesiones del uso del agua.
- Capítulo II, Reglamentado por el Decreto Nacional 1594 de 1984, en el que se establece la prevención y contaminación de la contaminación, en los **Artículos 134 a 138**, se permite identificar el uso del agua y garantizar por medio de diferentes sistemas el control de la contaminación.
- Título VIII administración de aguas y cauces, Administración de aguas y cauces, en el único capítulo correspondiente a este título que se trata de las facultades de

administración, del **Artículo 155 al 157** se identifican las obligaciones que debe tener el gobierno como: El aprovechamiento, preservación, disposiciones legales; entre otras acciones que debe tomar frente al recurso hídrico, siendo un interés nacional.

**En el Decreto 1575 de 2010**, “Por la cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad de agua para consumo humano”, es una base fundamental en los procesos de protección realizado por entidades especializadas para llevar a cabo la vigilancia correspondiente a la calidad de agua para consumo humano; ofreciendo información relevante para el desarrollo del proyecto.

**Decreto 1076 de 2015**, Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.

**Resolución 0082 del 2009:** “Por medio de la cual se adoptan unos formularios para la práctica de visitas de inspección sanitaria a los sistemas de suministro de agua para consumo humano”

**Resolución 4716 de 2010**, expedida por el MPS y el MAVDT, “Por medio de la cual se reglamenta el parágrafo del artículo 15 del decreto 1575 de 2007”, cuyo objetivo es “Establecer las condiciones, recursos y obligaciones mínimas que deben cumplir las autoridades sanitarias departamentales, distritales y municipales categoría especial 1, 2 y 3 y ambiental competente para elaborar los Mapas de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano”, esta Resolución es la base fundamental del proyecto, ya que a partir de lo estipulado en el mismo se desarrollará cada uno de los ítems del mismo.

**Resolución 2115 de 2017:** Expedido por el MPS y el MAVDT, "Por medio de la cual se señalan características tanto físicas químicas y microbiológicas de las sustancias presentes en el agua, los instrumentos básicos que determinan el riesgo en cuanto a calidad de agua para consumo humano y las frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano".

**Resolución 631 del 2015**, expedida por el MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, “Por la cual se establecen los parámetros y los valores máximos permisibles cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado

público y se dictan otras disposiciones”, se conocerán los diferentes parámetros y sus valores límites máximos permisibles establecidos en el cumplimiento de vertimientos realizados por las personas cercanas a la fuente, se hace teniendo en cuenta las actividades económicas que se realicen en el lugar.

**Resolución 549 del 2017**, Expedida por el MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL , MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO, "Por la cual se adopta la guía que incorpora los criterios y actividades mínimas de los estudios de riesgo, programas de reducción de riesgo y planes de contingencia de los sistemas de suministro de agua para consumo humano y se dictan otras disposiciones", por medio de esta resolución se determinan los riesgos y la identificación de amenazas y vulnerabilidad, además de generar una idea base para los planes de contingencia.



## 10. Metodología.

Para el desarrollo del proyecto de investigación “Diseño de estrategias de vigilancia y control del riesgo de la calidad de agua para consumo humano en el acueducto veredal de San Rafael medio, municipio de Facatativá, Cundinamarca.”, se adoptó la metodología definida en la Resolución 4716 del 2010, tal cual se presenta a continuación.

### 10.1. Recopilación de información:

Para la elaboración del mapa de riegos se tuvo en cuenta información suministrada por diferentes entidades como la Secretaria de Salud, la Secretaria de Planeación, la Secretaria Agropecuaria y Medio Ambiente de Facatativá, Empresa de Aguas de Facatativá SAS ESP, Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca -CAR, Universidad de Cundinamarca y Asociación de Usuarios de Acueducto y Saneamiento Básico Vereda San Rafael Sector Medio (AUSAR) donde se recolectó información para ser analizada y procesada, en los siguientes párrafos se explica lo otorgado por cada una de ellas.

- **Información del municipio o personas prestadoras del servicio**

La información suministrada por la Alcaldía de Facatativá permitió conocer la localización de la cuenca que abastece del acueducto AUSAR, identificación de captación del agua y los posibles vertimientos que puedan afectar la calidad del agua.

- **A las entidades ambientales información como características físicas, químicas y microbiológicas del agua.**

El acueducto AUSAR no cuenta con suficiente información debido a que es un acueducto veredal; además no posee convenios o recursos propios para la realización de análisis de agua, a pesar de ello se obtiene como base algunos datos de análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados por el acueducto de aguas de Facatativá en convenio con la Universidad de Cundinamarca, que permitieron comparar y posteriormente deducir lo que puede ocurrir en diferentes periodos de toma de muestra.

- **Recolección de información del Plan de Ordenamiento Territorial (POT).**

La documentación del POT fue suministrada por la Secretaria de Planeación de la Alcaldía municipal, donde se encontraron los mapas de suelos, riesgos naturales y uso del suelo tanto rural, con ellos se pudo realizar la comparación entre lo estipulado en el POT y lo evidenciado en las visitas oculares que se realizaron en campo.

**10.2. Análisis de información documental.**

Al momento de consolidar la información suministrada por los diferentes entes gubernamentales se pudo identificar algunas características de la fuente de abastecimiento del acueducto como: tipo de fuente de abastecimiento, nombre de la quebrada que abastece el acueducto, localización e identificación de algunas actividades antrópicas cercanas a la quebrada; por medio de los mapas de uso del suelo se pudo traslapar e identificar las actividades prohibidas teniendo en cuenta lo establecido en la zona, afectando la calidad de la fuente abastecedora del acueducto AUSAR; además de ello se pudo identificar otros factores influyentes como riesgos naturales a los cuales está expuesta la vereda la Selva.

Para determinar la relevancia de la actividad agrícola a nivel municipal se tuvo en cuenta bases de datos del EVAS 2015, y a nivel veredal se contó con información de estadísticas de los diferentes cultivos que se generan en las veredas del municipio de Facatativá, suministrada por la Secretaria Agropecuaria y de Ambiente, donde se determinó la relevancia de los cultivos transitorios y permanentes en las veredas anteriormente nombradas; para la parte de la actividad ganadera se tuvo en cuenta los datos de la Secretaria Agropecuaria de Cundinamarca.

Adicionalmente se pudo identificar algunas falencias presentes en el acueducto en cuanto a estructura, tratamiento y personal para llevar a cabo las diversas actividades que se presentan en este lugar, por medio de los diferentes trabajos realizados en cursos de Diseño de Plantas de tratamiento de agua y potabilización de aguas de la Universidad de Cundinamarca, esto se ve reflejado en el formulario único de acta de inspección sanitaria a los sistemas de suministro de agua para consumo humano, encontrado en la

Resolución 00082 del 2009, que indica las buenas prácticas sanitarias que son llevadas a cabo en este lugar.

### **10.3. Visitas de inspección ocular a la fuente Hídrica de abastecimiento de acueducto de las personas prestadoras de jurisdicción.**

Para conocer las condiciones actuales aguas arriba de la bocatoma, se realizaron varias visitas de inspección ocular que dieran indicios de las causas de posibles fallas en la calidad del agua, se contó con el acompañamiento del profesional del grupo de Salud Ambiental de la Secretaria de Salud de Facatativá Ing. William Andrés Castañeda y del representante de AUSAR, donde por medio de sus conocimientos se pudo identificar y reconocer las falencias presentadas. Como primera medida se hizo el reconocimiento de la quebrada la Pava, la bocatoma y por último el englobe de las actividades económicas desarrolladas en este lugar.

En el recorrido se tuvo la oportunidad de conocer los químicos utilizados en el cultivo de fresa como se muestra en la **Ilustración 1** identificando dentro de ellos plaguicidas, herbicidas y fungicidas, con esta información se realizó el ANEXO TECNICO I y la lista de pesticidas con las características tenidas en cuenta para el desarrollo de la toma de análisis y posterior deducción, conociendo las implicaciones que se pueden generar en la salud humana y en el ambiente, encontrados en el numeral 13. Determinación y evaluación de riesgos.



**Ilustración 1.** Agroquímicos.  
Fuente: Autores.

Posteriormente se tomaron las coordenadas en campo del cultivo, la bocatoma y la planta de tratamiento como se muestra en la **Ilustración 2**, obteniendo la ubicación espacial de lo observado como la Estructura hidráulica de captación, PTAP, Actividades Económicas agrícolas, ganaderas y domésticas registrados en mapas cartográficos elaborados con ayuda del programa Auto Cad; por medio de la cartografía suministrada se identificó: Uso del Suelo, zonas de amenazas naturales y distribución hidrológica del Municipio.



**Ilustración 2.** Toma de coordenadas.  
Fuente: Autores.

#### **10.4. Análisis de calidad de agua cruda.**

Posterior a las visitas de inspección ocular se procedió a hacer la toma de muestras para los análisis de laboratorio, que permitieran determinar la importancia de las amenazas latentes observadas aguas arriba de la bocatoma. Los análisis más representativos realizados teniendo en cuenta las actividades económicas y domésticas realizadas aguas arriba que posteriormente generan afectación a la calidad de la fuente hídrica.

##### **10.4.1. Análisis de Pesticidas.**

Para determinar la presencia de pesticidas ocasionada por el cultivo de fresa cercana a la fuente hídrica se optó por realizar el análisis de organoclorados y organofosforados los cuales darán indicio si existe afectación de la actividad agrícola al cuerpo de agua, para ello se utilizó el servicio ofrecido por el laboratorio acreditado SGS Colombia S.A.S.

Se empleó el método de muestreo compuesto, definido como una cantidad de muestras individuales de agua cruda que son tomadas en intervalos de tiempo, llevado a cabo por las personas a cargo del trabajo investigativo como se puede observar en las **Ilustración 3**; se tomaron cuatro (4) muestras en la bocATOMA, con intervalos de tiempo de dos horas, iniciando desde las 10:12 a.m. y finalizando a las 4:12 p.m. el día 9 de noviembre de 2017 en la Vereda La Selva; adicionalmente se tomaron datos in situ como temperatura y pH utilizando el medidor multi parámetros de agua como se muestra en la **Ilustración 4**.



**Ilustración 3.** Toma de muestra para laboratorio acreditado.  
Fuente: Autores.



**Ilustración 4.** Medición de parámetros in situ.  
Fuente: Autores.

Para garantizar la veracidad de los resultados, las muestras siguieron un protocolo de toma conforme al definido por el laboratorio y el IDEAM, donde se establece una temperatura inferior a los 4 °C y los recipientes debidamente rotulados de la siguiente manera:

**Tabla 1.** Rotulado de muestra.

Nombre de representante legal:
Lugar de toma de muestra:
Coordenadas:
Hora:
Fecha:

Fuente: Autores

Seguido de esto se diligenció el formato de cadena de custodia **Anexo 5** establecido por el laboratorio, donde se consignaron datos como Identificación de la muestra, Matriz, fecha y Hora de la toma de muestra, Lugar del muestreo, Análisis a realizar, Tipo de recipiente y Volumen de la muestra (ml).



**Ilustración 5.** Muestras de Pesticidas.

Fuente: Autores.

#### **10.4.2. Análisis Físicoquímicos y microbiológicos.**

Para la realización de los análisis de parámetros físicoquímicos y microbiológicos, se contó con el servicio de la empresa de ACUEDUCTO AGUAS DE FACATATIVÁ SAS; para esta toma se utilizaron dos recipientes, uno de vidrio con Tiosulfato de sodio para análisis microbiológicos, este debía contener 200 ml de muestra de agua cruda a una temperatura de 4°C, y un recipiente plástico para análisis físicoquímicos que debía estar totalmente lleno para prevenir la presencia de oxígeno en la muestra.



**Ilustración 6.** Toma de muestra para Laboratorio del Acueducto de Facatativá.  
Fuente: Autores.

Los análisis microbiológicos se realizaron para verificar la presencia de Coliformes Totales y *Escherichiacoli* y en los análisis físico químicos se analizaron los siguientes parámetros: Alcalinidad total, Calcio, Cloruros, Color aparente, conductividad, DQO, Dureza total, Fenoles, Fosfatos, Hierro total, Nitratos, Nitritos, Magnesio, Oxígeno disuelto, pH, Sólidos disueltos totales, Sulfatos, Temperatura y Turbiedad.

### **10.5. Determinación del Riesgo.**

Dentro de los riesgos asociados a la calidad de agua de la Quebrada la Pava se evaluaron las amenazas y vulnerabilidades teniendo en cuenta lo establecido en la Resolución 549 de 2017.

Estas amenazas se dan por presencia de diferentes sustancias las cuales pueden generar alteraciones en la calidad del agua, modificando los valores de los parámetros físicos, químicos o microbiológicos afectando a los seres vivos.

#### **10.5.1. Amenazas sobre la calidad del agua.**

Por medio de la información suministrada por las entidades públicas y con ayuda de los mapas cartográficos se determinaron los posibles fenómenos naturales en la vereda La Selva, relacionando las amenazas naturales; mientras que la identificación de amenazas antrópicas se llevó a cabo por medio de visitas oculares y la toma de coordenadas en los puntos representativos.

### 10.5.2. Vulnerabilidad.

Este proceso consistió en identificar los componentes del sistema de suministro de agua para consumo humano susceptibles de daño o interrupción, además de los factores y contextos que pudieran impedir o dificultar de manera importante, además se tuvieron en cuenta los diferentes factores de acuerdo a las necesidades del acueducto descritos en la Resolución 549 de 2017.

### 10.5.3. Calificación de amenazas y vulnerabilidades.

Para la obtención del valor de riesgo se analizaron cada una de las amenazas y vulnerabilidades tenidas en cuenta en el numeral 13 del documento, para ello se tomó un valor estipulado a criterio propio que determinó la importancia de estos factores, evidenciado en la **Tabla 2**.

**Tabla 2.** Clasificación de riesgos

<b>Puntaje</b>	<b>Calificación</b>
1	Bajo: Cuando la amenaza o vulnerabilidad tienen baja influencia en la calidad de agua.
2	Medio: Cuando la amenaza o vulnerabilidad tienen poca influencia en la calidad de agua.
3	Alto: Cuando la amenaza o vulnerabilidad tienen relación directa con la calidad de agua.

Fuente: Autores.

### 10.6. Evaluación de Riesgo.

Después de obtener todos los valores anteriores se procedió a realizar una matriz 4 x 5 donde se muestran por un lado las amenazas y por otro lado la vulnerabilidad efectuando la siguiente fórmula:

$$F(R) = A * V$$

La fuente del riesgo (R) se expresa como el producto de la amenaza (A) y la Vulnerabilidad (V).

Para la calificación del riesgo se estipulan valores de 1- 45 con rangos de 14 puntos cada uno, encontrando una clasificación de riesgo bajo, medio y alto como se muestra en la siguiente tabla, esta calificación es de elaboración propia ya que es un acueducto



pequeño y se puede dar la puntuación que más se adecue, según la resolución 549 de 2017, en la cual está basada la determinación y evaluación del riesgo.

**Tabla 3.** Puntuación de riesgo.

<b>Puntacion del riesgo</b>	<b>Clasificacion</b>
31-45.	Riesgo Alto
16-30.	Riesgo Medio
1 - 15.	Riesgo Bajo

Fuente: Autores

Por medio de esta tabla se permitió identificar cuáles son las amenazas más relevantes según las vulnerabilidades que presenta el acueducto y en cuales de ellas se debe enfocar el plan de emergencia y contingencia, con el fin de tomar las medidas necesarias correspondientes.

#### **10.7. Plan de emergencia y contingencia.**

Mediante la Resolución 549 del 2017 se establecieron acciones de acuerdo a los resultados obtenidos anteriormente para el mejoramiento de la calidad de agua por medio de diferentes programas.

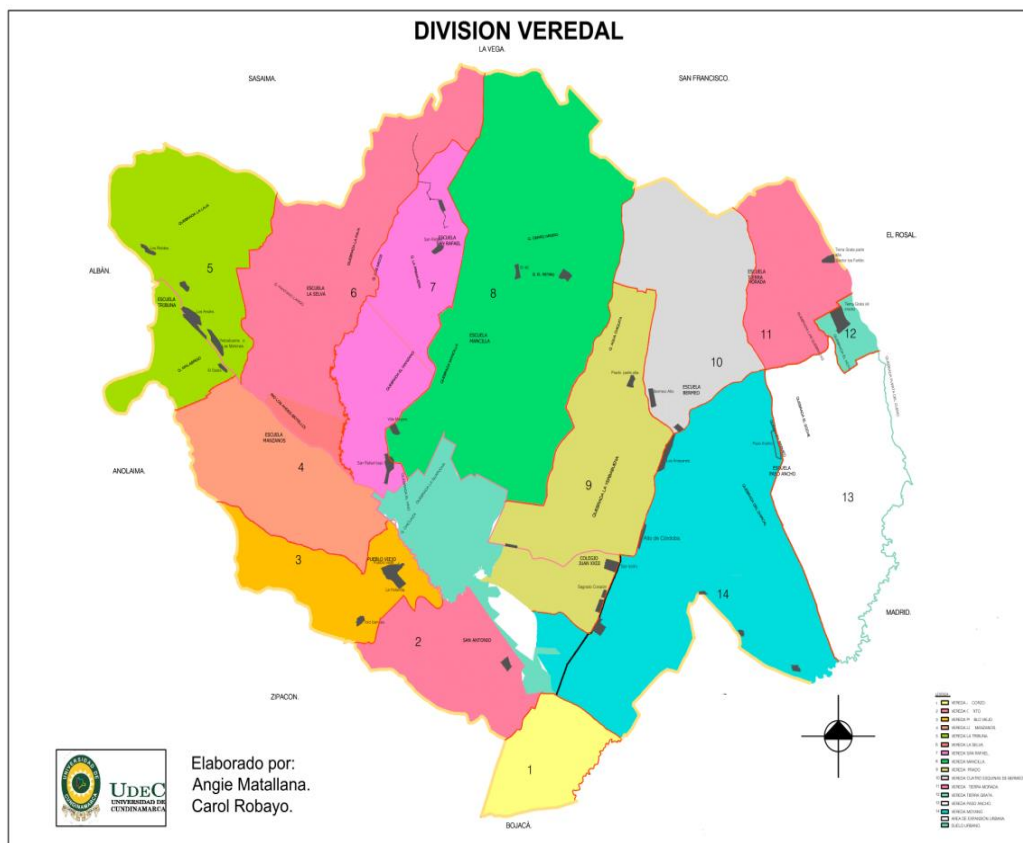
## 11. Descripción general del municipio de Facatativá

La información obtenida del municipio fue tomada del documento Diagnostico de Facatativá otorgado por la Alcaldía del municipio.

### 11.1. Ubicación o Localización.

El municipio de Facatativá se encuentra ubicado al noroccidente de la Provincia Sabana Occidente de Cundinamarca a 42 km de Bogotá, con una latitud 4°48'46" norte y longitud 74°21'00" Oeste, su altitud es de 2.586 msnm; limitando en el norte con los de San Francisco, Subachoque, El Rosal, por el sur con Zipacón y Anolaima, por el oriente con Madrid y Bojacá, por el occidente con La Vega, Sasaima y Albán.

La extensión total del municipio es de 159.60 Km<sup>2</sup> de las cuales 103.8 Km<sup>2</sup> pertenecen a la zona rural y 55.8 Km<sup>2</sup> a la zona urbana; en la **Ilustración 7** se presenta la división Veredal.



**Ilustración 7.** Mapa veredal de Facatativá.  
Fuente: Tomado y modificado de Alcaldía de Facatativá.

## **11.2. Población.**

Según la proyección de la población emitida por la Secretaría de Planeación de Cundinamarca para el año 2017 se estima unos 136.950 habitantes., de los cuales 123.901 corresponden al sector urbano y 13.019 rural. De otra parte, la cantidad de población masculina es de 68.408 y femenina de 68.542.

Según el número de hogares aproximadamente el 73% tiene 4 o más personas; el 4,9% tiene una actividad económica en su vivienda, el 95% de la población sabe escribir y leer, asiste a programas de educación el 49,1% de la población de 3 a 5 años, el 93,7% de 6 a 10 y el 85,1% de 11 a 17 años. Por grupos étnicos hay presencia de indígenas en un 0,1%, afrocolombianos 0,5% y resto 94%.

## **11.3. Economía.**

La economía del municipio está basada principalmente en el uso del sistema natural donde se encuentran actividades agropecuarias, mineras y silvícolas que abarcan un 96% de la economía, seguido por la industrialización y por último el sector comercial, que cuenta con aproximadamente 4.480 establecimiento para el año. En el sector agropecuario se encuentran 5.908 predios rurales en donde se desarrolla esta actividad económica contando 1.260 productores, utilizando en su totalidad 16.000 Hectáreas del municipio, por otro lado, se cuenta con la avicultura encontrando en ella 8.502.206 aves, teniendo una producción de huevos 914,84 anuales.

Según las estadísticas agropecuarias del 2016, el municipio cuenta con 17.676 bovinos, de los cuales existe una producción de leche 5.034 Ton/año y con un promedio de 485 kilos en bovinos sacrificados, en comparación de la población porcina que en su totalidad hay 19.000 ejemplares, con un sacrificio anual de 4.012 individuos. Además manejan 10.579 hectáreas de pasto que corresponden aproximadamente al 66% del área del municipio para pastoreo.

## **11.4. Agricultura.**

Se cuenta con actividades económicas relevantes en el sector rural como la agricultura que se desarrolla aproximadamente en 2020 predios, en promedio 1400 hectáreas sembradas los principales cultivos encontrados son la papa, arveja, maíz, hortalizas y en una gran escala explotaciones bajo invernadero (cultivos de flores) y algunos cultivos de fresa en una superficie cercana a las 1.500 hectáreas, en el municipio se encuentran

diferentes tipos de cultivos según sus características, además de esto en la **Tabla 4** se muestran los cultivos presentes en el municipio, identificando que los permanentes predominan en el área de siembra y cosecha.

**Tabla 4.** Cultivos del Municipio de Facatativá.

<b>CULTIVOS TOTALES 2016</b>	<b>AREA SEMBRADA (ha)</b>	<b>AREA COSECHADA(ha)</b>	<b>PRODUCCIÓN (t)</b>
Transitorios	129227,5	121871,3	2282999
Anuales	3788,6	3573,6	45012,6
Permanentes	143.596,4	131.763,9	718.153,1
<b>TOTAL</b>	<b>276612,5</b>	<b>257208,7</b>	<b>3046164,4</b>

Fuente: Secretaria de Desarrollo Agropecuario y Ambiente de Facatativá.

### **11.5. Hidrología.**

Los ríos y quebradas que nacen en el municipio hacen parte la cuenca media del Río Bogotá; la principal fuente hídrica del municipio es el Río Botello que atiende al alrededor del 90 % de la demanda de agua para consumo humano (225 L/s). El Botello nace en el Cerro Peñas del Aserradero, su longitud es de 20 km, ocupa 5.806 hectáreas – 37.22% del área total del municipio, recibe aguas de la Quebrada Yerbabuena, La Guapucha, Mancilla, El Manzano, La Primavera, Los Micos, La Pava, Pantano Largo, Las Cruces, Las Lajas y El Muña, tal como se presenta en la **Ilustración 8**. Otras fuentes hídricas son: Chicuaza, Guapucha, La Tribuna, Chapinero, Mancilla, San Rafael; desde los cerros localizados en el sur-oeste, bajan otras quebradas como Malabrigo.



con una capacidad de tratamiento de 280 L/s y la Planta Guapucha con 80 L/s abasteciendo a 30.020 usuarios que corresponden aproximadamente a 126.000 habitantes, la captación de la Guapucha se realiza de los pozos profundos Guapucha II y Guapucha III.

Para el abastecimiento de estas plantas el municipio cuenta con fuentes de agua superficial y subterránea como se presenta a continuación:

- **Agua Subterránea:** En total son siete pozos que cuentan con un sistema de bombeo eléctrico que llevan el líquido a la parte superior de la planta.

**Tabla 6.** Distribución agua subterránea.

<b>POZO</b>	<b>CAUDAL (L/S)</b>
San Rafael uno	20
San Rafael tres	54
Guapucha dos	45
Guapucha tres	27
Manablanca	30
Cartagenita	30
Deudoro Aponte	50

Fuente: Acueducto de Facatativá.

- **Agua Superficial:** Para el abastecimiento de agua cruda de la planta Gatillo se cuenta con el Río Andes y la quebrada Mancilla; estas aguas son retenidas en los siguientes embalses con una capacidad total de 1.100.000 m<sup>3</sup>.

**Tabla 7.** Distribución agua superficial.

<b>Embalse</b>	<b>Capacidad de almacenamiento (m<sup>3</sup>)</b>
Gatillo cero	400.000
Gatillo uno	35.000
Gatillo tres	35.000
Santa Marta	220.000
Mancilla	270.000

Fuente: Acueducto de Facatativá.

Para la potabilización de agua la empresa lleva a cabo los siguientes procesos unitarios.

- **Aireación:** Este proceso es realizado únicamente al agua obtenida de pozos profundos con el fin de remover gases disueltos, retirar malos olores y sabores, oxidar minerales y elevación del pH por medio de la reducción del dióxido de carbono.

- **Coagulación:** Para esto, el acueducto utiliza el Sulfato de Aluminio ( $AlSO_4$ ), que contribuye a la efectividad del proceso y la desestabilización de partículas coloidales.
- **Floculación:** Este proceso es llevado a cabo en un floculador tipo alabama a lo largo del cual se realiza la formación del floc; para posteriormente ser tratado en la sedimentación.
- **Sedimentación:** La planta cuenta con dos sedimentadores, uno convencional y otro de alta rata en el que se retiene la mayoría del floc formado en el proceso de floculación; dejando el agua clarificada para el siguiente proceso.
- **Filtración:** Se utilizan cuatro filtros de 64 m<sup>3</sup> de capacidad con un lecho filtrante compuesto de arena antracita y grava, asegurando la remoción de partículas resultantes.
- **Desinfección:** Se realiza por medio de cloro gaseoso, permitiendo de esta manera la eliminación de bacterias patógenas existentes.
- **Estabilización:** Para la obtención de las características óptimas del agua, se ajusta el pH con el fin cumplir con lo establecido en la normatividad.

### **11.7. Usos del Suelo.**

El municipio cuenta con varios usos del usos predominantes como el rural donde aproximadamente abarca el 80 % de Facatativá, donde se encuentra actividades económicas como la agricultura, ganadería, forestales de explotación de recursos naturales y actividades análogas; manejan políticas como la preservación y conservación de los recursos naturales, otro es el suelo de protección que abarca aproximadamente un 10% del territorio con características paisajísticas geográficas o ambientales formando parte de la utilidad pública, conformando el sistema de áreas comprendidas del municipio.

Además de ello en la **Ilustración 9** se observa que el color naranja es denominado como el uso del Distrito de conservación de suelos cuyo destino principal es la conservación y restauración ecológica, con un área de 411,07 Hectáreas, están son zonas que se encuentran en rehabilitación para que pasen a ser suelos de protección natural o de producción de acuerdo al caso, un uso del suelo importante a tener en cuenta en el proyecto es el de ronda y zona de preservación ambiental Rio Botello y quebradas





## 12. Descripción área de estudio

### 12.1. Población.

La Asociación de Usuarios de Acueducto y Saneamiento Básico Vereda San Rafael Sector Medio – AUSAR, según información suministrada por la Secretaría de Planeación municipal de Facatativá (POT Facatativá, 2012) esta se encuentra ubicada en el Nor-Oeste del municipio de Facatativá y cuenta con 773 habitantes que corresponde al 0,57 % de la población total del municipio; la vereda presenta una distribución etárea como se muestra en la **Tabla 8**.

**Tabla 8.** Distribución Etárea, San Rafael.

<b>Distribución poblacional de la vereda San Rafael</b>			
<b>Grupos de edad</b>	<b>Total</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>
0 – 9	124	69	55
10 -19	155	79	76
20 – 29	149	78	71
30 – 39	120	66	54
40 – 49	80	42	38
50 – 59	65	31	34
60 – 69	45	28	17
70 – 79	27	13	14
80 y mas	8	6	2
Total, de la población 773	Total de hogares 239		Porcentaje 3,2 %

Fuente: DANE, 2005

### 12.2. Hidrografía.

Las quebradas la Pava y los Micos son afluentes del Río Botello, recorriendo las veredas de San Rafael y la Selva como se puede evidenciar en la **Ilustración10**, siendo la quebrada la Pava la fuente de abastecimiento del acueducto AUSAR; que nace en el cerro Peñas del Aserradero en la vereda La Selva y que tiene un recorrido 8,75 Kilómetros y abarca una extensión de unas 1.980 Hectáreas.



**Tabla 9.**Cultivos Transitorios, vereda San Rafael.

<b>CULTIVO</b>	<b>VARIEDAD PREDOMINANTE</b>	<b>VEREDA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Papa criolla	Yema de Huevo	San Rafael	16%
Lechuga	Batauia	San Rafael	15 %
Repollo	Morado	San Rafael	13%

Fuente: Estadísticas Agropecuarias.

Cultivos permanentes en las veredas de San Rafael y La Selva.

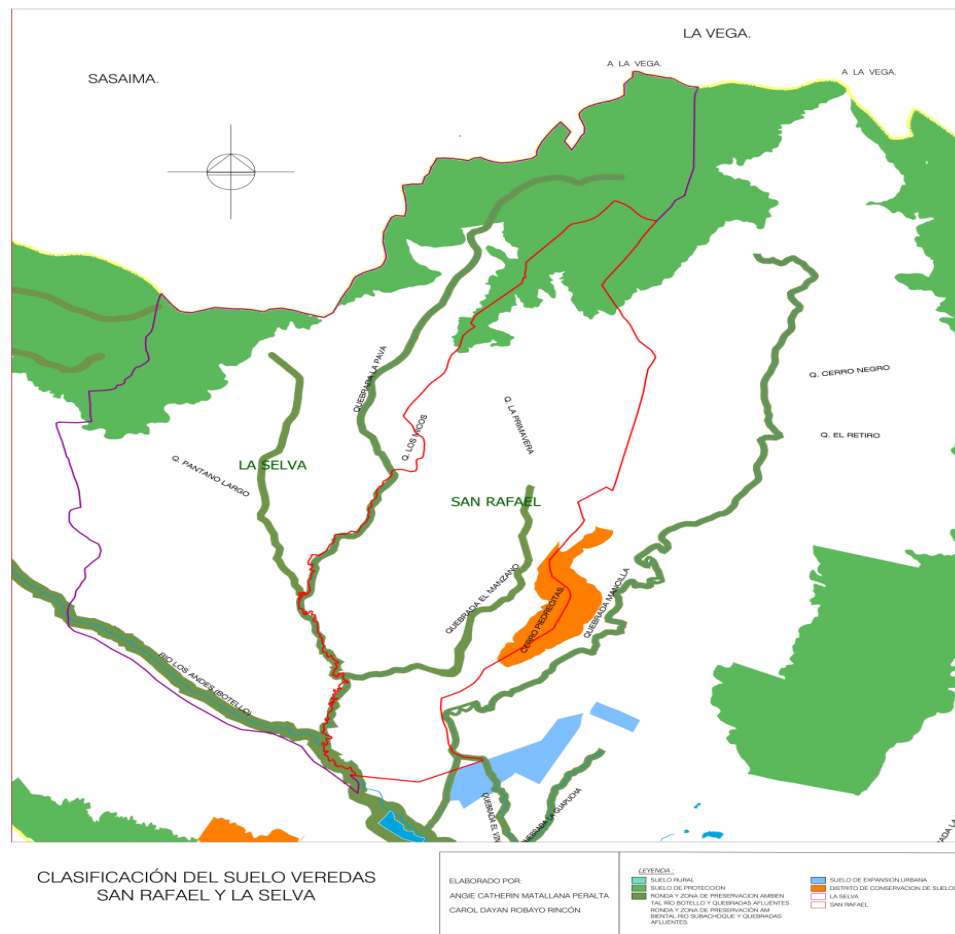
**Tabla 10.**Cultivos permanentes, Vereda San Rafael y la Selva.

<b>CULTIVO</b>	<b>VARIEDAD PREDOMINANTE</b>	<b>VEREDA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Fresa	Monterey	San Rafael	28%
Fresa		La Selva	20 %
Durazno	Dorado	San Rafael	10 %

Fuente: Estadísticas Agropecuarias.

En el 2016 los cultivos permanentes como la fresa fueron predominantes en la actividad económica de la vereda La Selva, donde se encuentra ubicada la bocATOMA; sembrando aproximadamente 174 hectáreas.

## 12.4. Uso del suelo.



**Ilustración 11.** Clasificación del suelo Veredal.

Fuente: Autores.

Como se puede observar en la **Ilustración 11** y en apoyo con el POT, la vereda San Rafael presenta usos del suelo rural, de protección y zonas de ronda hídrica con unos porcentajes de 85, 10 y 5 respectivamente; en el caso de la vereda La Selva corresponde a 70% rural, 20 % de protección y 10% zonas de ronda hídrica, encontrando dentro de ella la Quebrada la Pava proveniente de las Peñas del Aserradero y cuyo principal uso del suelo es la conservación y restauración de la vegetación; según lo establecido en el POT de Facatativá y lo observado en la Ilustración 11, se prohíben algunas actividades cercanas a estas zonas como: actividades agropecuarias, industriales, agroindustriales, aprovechamiento persistente de productos forestales primarios, urbanos y sub urbanos, loteo, construcción de vivienda, minería, disposición de residuos sólidos, tala y rocería de la vegetación. (Alcaldía Cívica de Facatativa, 2002).

Hay que tener en cuenta que las áreas de nacimientos de agua, cauces de ríos y quebradas según el POT:

*Son franjas de suelo de por lo menos 100 metros a la redonda, medidos a partir de la periferia de nacimientos y no inferior a 30 metros de ancho, paralela al nivel máximo de aguas, a cada lado de los cauces de ríos, quebradas y arroyos sean permanentes o no, y alrededor de lagos, embalses y humedales (Alcaldía Cívica de Facatativa, 2002).*

Particularmente, en primera medida se reconoció la actividad agrícola por la presencia de un cultivo de fresas con un área de 1 hectárea como se observa en la **Ilustración 12**.



**Ilustración 12.** Cultivo de Fresa  
Fuente: Autores.

Según lo anterior, se establece que lo encontrado en campo respecto a lo establecido por el POT no se está cumpliendo, ya que el cultivo existente cercano a la fuente de abastecimiento con las medidas correspondientes, encontrándose a 6 metros de distancia.

Además de ello se encontró la existencia de un potrero cerca a la bocatoma que da indicios de presencia de ganadería como se muestra en **Ilustración 13**, donde se observan surcos en el terreno lo que indica en que algún periodo del año es utilizado para este tipo de actividad que puede generar afectación a la calidad del agua.



**Ilustración 13.** Predios de actividad Ganadera.  
Fuente: Autores.

Además de ello se encontraron algunas viviendas cerca a la quebrada como se observa **Ilustración 14**, se tuvieron en cuenta debido a que es una actividad que puede generar afectación en la fuente hídrica, existen dos casas aguas arriba de la bocatoma una de ellas está ubicada en el cultivo de fresa y otra a unos siete metros de distancia, se tuvieron en cuenta ya que en la vereda La Selva no se cuenta con alcantarillado y utilizan pozos sépticos.



**Ilustración 14.** Vivienda.  
Fuente: Autores.

#### **12.4.1. Registro de actividades económicas.**

De acuerdo a lo establecido, se tomó y plasmó la información en el Anexo Técnico 1 que se muestra como **Tabla 11**, donde se identificaron los parámetros físicos químicos y microbiológicos que pueden verse alterados por las amenazas anteriormente expuestas y tomadas en cuenta para realizarlas en los posteriores análisis determinando su concentración.

**Tabla 11.** Anexo Técnico I.  
EMPRESA ASOCIACION DE USUARIOS DE ACUEDUCTO Y SANEAMIENTO BASICO  
VEREDA SAN RAFAEL SECTOR MEDIO (AUSAR)

ACTIVIDAD CONTAMINANTE DE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO	CARACTERISTICAS FISICAS, QUIMICAS Y MICROBIOLÓGICAS PREVIAS			OBSERVACIONES
	FISICAS	QUIMICAS	MICROBIOLÓGICAS	
ACTIVIDAD DOMESTICA EN LA MARGEN DE LA QUEBRADA LA PAVA LA VEREDA LA SELVA.	Turbiedad	Nitratos	Escherichia coli	Se presentan pocos y distantes asentamientos en la zona de margen de ronda, sin cobertura ni tratamiento de aguas domésticas.
	Color	Fosfatos	Coliformes totales	
		Fenoles		
ACTIVIDAD AGRICOLA EN ZONAS ADYACENTES A LA QUEBRADA LA PAVA.	Turbiedad	Nitratos	Coliformes totales	Se evidencia la presencia de cultivos de fresa que se desarrollan en zona de ronda de la fuente de abastecimiento, por lo tanto se incluye la característica de plaguicidas.
	Color	Pesticidas		
	Conductividad	Fosfatos		
		Sulfatos		
		DQO		
ACTIVIDAD PECUARIA (GANADERÍA) EN LA VEREDA LA SELVA	Turbiedad	Fosfatos	Escherichia coli	Se presenta actividad ganaderia extensiva en la Vereda la Selva cerca a la margen de la ronda (quebrada La Pava) generando.
	Color	Nitratos	Coliformes Totales	
	Conductividad	Nitritos		
APORTE DE ELEMENTOS PROVENIENTES DE MATERIAL GEOLÓGICO	Turbiedad	Magnesio	Coliformes Totales	Se presentan amenazas naturales en las veredas San Rafael y La Selva como erosionabilidad y movimiento de remoción en masa , que pueden interferir en la calidad de agua con contaminantes directos o indirectos.
	Color	Calcio		
	Conductividad	Fosfatos		
		Hierro		
		Cloruros		

**Nota:** Se realizarán los análisis de las características físicas, químicas y microbiológicas definidas en el artículo N° 13 de la resolución 2115 de 2007

Fuente: Autores.

### 12.5. Acueducto de la vereda San Rafael sector medio.

La planta de tratamiento de agua potable del acueducto AUSAR se encuentra ubicada en la vereda San Rafael Sector Medio en las coordenadas 4°51'28.28" N, y 74°21'46.47" W a una altitud de 2.728 m.s.n.m.

AUSAR abastece a 195 habitantes y cuenta con un caudal de operación de 0,85 l/s siendo abastecida por la quebrada la Pava, en la **Ilustración 15** se muestra la imagen de tipo de planta compacta, que fue construida mediante el convenio entre la Administración Municipal y la Empresa Aguas del Occidente Cundinamarques ESP, con el fin de obtener agua de alta calidad cumpliendo con lo establecido en la Resolución 2115 de 2007.



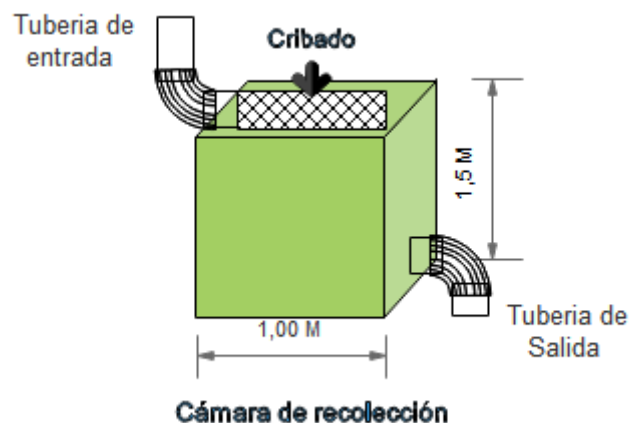
**Ilustración 15.** Estructura compacta del acueducto AUSAR.  
Fuente: Autores.

## 12.6. Sistema de abastecimiento.

### 12.6.1. Bocatoma.

La captación se hace directamente de una fuente de agua superficial como se mencionó anteriormente ubicada a 3 km de la planta, la bocatoma es una estructura hidráulica donde el agua se transporta por medio de gravedad debido a las condiciones topografía y geología del lugar, utilizando una manguera directa que es llevada hacia una cámara de recolección.

La cámara tiene dimensiones de 1 metro de ancho, 1,50 metros de largo y 1 metro de profundidad, en estas se encuentra el cribado que impide el ingreso de materiales sólidos y/o flotantes que puedan interferir en el proceso de la planta.



**Ilustración 16.** Cámara de recolección.  
Fuente: Autores.



Para el mantenimiento de la bocatoma y la cámara de recolección se tienen en cuenta los periodos de verano e invierno, ya que en el último la frecuencia de limpieza es mayor a comparación de los periodos secos en los que se realiza aproximadamente cada 15 y 30 días respectivamente.

### **12.6.2. Desarenador.**

El Desarenador retiene los sólidos resultantes que quedan del cribado como arenas, se encuentra ubicado aproximadamente a unos 25 metros de la cámara de recolección, está construido en concreto con dimensiones de: 1,2 metros de alto, 4 metros de largo y 1,5 metros de profundidad, adicionalmente esta estructura cuenta con un desnivel en el centro permite la salida de agua por medio de una válvula de desfogue para su mantenimiento.



**Ilustración 17.** Desarenador.

Fuente: Autores.

### **12.6.3. Aducción.**

De acuerdo con lo establecido por el RAS (2000), las líneas de aducción de acueducto son los conductos destinados a transportar por gravedad o por bombeo las aguas crudas, desde los sitios de captación hasta las plantas de tratamiento, prestando excepcionalmente servicio de suministro de agua cruda a lo largo de su longitud.

El proceso de aducción del acueducto se realiza por medio de manguera 2" que se encarga del transporte de agua cruda y tiene una longitud desde la bocatoma hasta el desarenador de 25 metros y 1.500 metros hasta la entrada de la planta, es de anotar que en algunos tramos la aducción se encuentra enterrada mientras que en otros está expuesta a conexiones ilegales o rupturas en el recorrido.

#### 12.6.4. Conducción.

Las líneas de conducción son aquellas destinadas al transporte de agua tratada desde la planta de tratamiento hasta los tanques de almacenamiento o hasta la red de distribución. La conducción del agua ya tratada se realiza por medio de una tubería de PVC 2" como se muestra en la **Ilustración 18**, que por gravedad recorre una longitud de 200 metros y finalmente se distribuye a todos los suscriptores.



**Ilustración 18.**Tubería de Conducción.  
Fuente: Autores.

#### 12.6.5. Tanques de almacenamiento.

Este tanque es de tipo semienterrado construido en concreto con unas dimensiones de 6 metros de largo por 6 metros de ancho y 5 metros de profundidad como se muestra en la **Ilustración 19**, cuenta con una capacidad de almacenamiento de 100 m<sup>3</sup>. Para el control de presión de la red y la evacuación de remanentes de agua posee dos válvulas de desfogue, en caso de que el tanque se colmate estos remanentes van a parar directamente a un predio colindante a la planta que comunica con la quebrada los manzanos.



**Ilustración 19.** Tanque de Almacenamiento.  
Fuente: Autores.

#### **12.6.6. Red distribución.**

La red de distribución es definida según el RAS 2000 como el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta los puntos de consumo, esta red está compuesta por una matriz que conforma la red principal, y una secundaria que se deriva de la matriz y entrega agua a todos los puntos de consumo (Título B, n.d.). La red de distribución del acueducto AUSAR cuenta con una longitud de 2.5 kilo metros, de los cuales los primeros 0.2 kilo metros están constituidos por manguera plástica con un diámetro de 2” y los restantes en tubería de PVC con un diámetro de 2”, esta conecta los micro medidores para posteriormente abastecer los 50.

#### **12.7. Procesos unitarios del acueducto AUSAR.**

Para garantizar la calidad de agua entregada a los usuarios, la PTAP cuenta con una serie de procesos unitarios como el mezclado rápido, la coagulación, floculación, filtración y desinfección para su posterior distribución. A continuación, se describe cada uno de ellos:

### 12.7.1. Mezcla rápida.

Para garantizar la dosis óptima de coagulante y desinfectante la planta cuenta con la mezcla rápida, la cual se da por medio de un cono de mezcla que genera un remolino y aumento de la velocidad, buscando la distribución uniforme y correcta mezcla de los insumos en el agua cruda que ingresa a la planta y que las posteriores etapas se den de manera correcta.



**Ilustración 20.** Mezcla rápida.  
Fuente: Autores.

### 12.7.2. Coagulación.

Para este proceso se utiliza sulfato de aluminio en polvo de tipo A en la mezcla rápida para la desestabilización de partículas coloidales, manejando 1.5 kilogramos de coagulante en 200 litros de agua cada 24 horas con el fin de favorecer la aglomeración de partículas; en la coagulación no solo se genera la eliminación de turbiedad si no también la concentración de materia orgánica y los microorganismos que se encuentran en el agua (Andía Cárdenas, 2000).



**Ilustración 21.** Coagulante, Sulfato de aluminio.  
Fuente: Autores.

### **12.7.3. Floculación.**

Una vez distribuidos los químicos en el agua se realiza el proceso de mezcla lenta en el tanque de floculación, ingresando el agua de manera ascendente para la formación de floc, presentándose la agitación de partículas que ya se han desestabilizado por el proceso de coagulación, permitiendo el crecimiento y aglomeración de los flóculos con la finalidad de aumentar el tamaño y peso necesario para sedimentarse con facilidad. (Andía Cárdenas, 2000)

### **12.7.4. Filtración.**

En el proceso de filtración es realizada en dos módulos compuestos por lechos filtrantes de material granulado como arena, grava y antracita, quedando atrapadas las partículas más pequeñas residuales de los procesos anteriores como lo son las arenas y algunos microorganismos (Martinez , 2007).



**Ilustración 22.** Tanque de Filtración.

Fuente: Autores.

### **12.7.5. Desinfección.**

Este proceso se realiza con el hipoclorito de sodio líquido (15%) para la desinfección y eliminación de los diferentes microorganismos que se encuentran presentes en el agua, según (Camargo, Lara , Sabogal , Solorzano , & Suarez , 2017) la dosis adecuada es de 0.9 mililitros de cloro por cada litro de agua logrando una desinfección adecuada cumpliendo con la concentración de cloro residual exigida por la Resolución 2115 del 2007, este dato fue tomado debido a que en el acueducto no cuentan con una

concentración exacta de dosificación para la desinfección.



**Ilustración 23.**Desinfectante, Hipoclorito de Sodio.  
Fuente: Autores.

### 13. Análisis de resultados.

Los resultados de los análisis obtenidos fueron realizados en inicio de periodo de lluvia (noviembre), tomando un solo muestreo de acuerdo a lo establecido en la Resolución 4716 de 2010, donde se establece que se deben realizar muestreos con frecuencia anual teniendo en cuenta la cantidad de habitantes que abastece el acueducto y las características establecidas por la Resolución 2115 del 2007.

#### 13.1. Análisis fisicoquímicos

A continuación, se presenta la tabla de resultados de análisis fisicoquímicos de agua cruda, donde se muestran los parámetros analizados en comparación con los valores máximos permisibles, que se encuentran en la resolución 2115 de 2007 para su posterior comparación.

**Tabla 12.** Resultado de análisis físico químico.

<b>RESULTADO DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS</b>				
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>TÉCNICA</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>RESOL. 2115/ 07</b>
Aluminio	mg/L	Fotométrica	0,17	0,2
Alcalinidad total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Titulométrica	4,00	200
Calcio	mg Ca/L	Titulométrica	3,24	60
Cloruros	mg Cl	Argentométrica	16,16	250
Color aparente	UPC	Fotométrica	23,4	15
Conductividad	µs/cm	Conductimétrica	68,7	---
DQO	mg/L	Fotométrica	38,0	---
Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Titulométrica	33,0	300
Fenoles	mg fenol/L	Fotométrica	5,00	---
Fosfatos	mg P/L	Fotométrica	0,04	0,5
Nitratos	mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L	Fotométrica	5,4	10
Nitritos	mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /L	Fotométrica	0,08	0,1
Magnesio	mg/L Mg	Titulométrica	6,0	36
Oxígeno disuelto	mg OD/L	Electrométrica	5,18	---
PH	Unidades	Electrométrica	7,20	6,5 - 9
Sólidos disueltos totales	s/cm	Electrométrica	68	---
Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> /L	Turbidimétrica	6,72	250
Temperatura	°C	Termométrica	13,3	---
Turbiedad	UNT	Nefelométrica	2,97	2

Fuente: EMPRESA AGUAS DE FACATATIVÁ SAS ESP.

Para el análisis de los resultados obtenidos se tuvo en cuenta el capítulo II de la Resolución 2115 del 2007 donde se establecen los principales parámetros para la

calidad del agua para consumo humano y el Decreto 1594 de 1984 donde ese evalúa los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico, que para su potabilización manejan solamente tratamiento convencional. En la **Tabla 12** se puede observar que los parámetros que sobrepasan estos valores máximos permisibles son color aparente y turbiedad.

Estos parámetros se pueden ver alterados debido a que en los días anteriores a la toma de muestras hubo precipitaciones, por causa de los factores de erosionabilidad presentes en el área objeto de estudio; aumentando la presencia de partículas en suspensión como arenas, arcillas y otros materiales, otra causa podría ser un exceso en la presencia de plantas microscópicas (fitoplancton) (Asociación de ciencias ambientales, 2014 ), presencia de sustancias contaminantes por actividades agrícolas o altas concentraciones de diferentes sustancias como iones metálicos naturales, humus o materiales orgánicos disueltos (Severiche Sierra , Castillo Bertel , & Acevedo Barrios , 2013).

En comparación con la información recopilada por Cacais, Duque, Medina, Romero & Sánchez, en el último trimestre de 2016, se corrobora que los valores de color aparente (60 UPC) y turbiedad (6,58 UNT) pueden verse alterados en época de precipitaciones y varían correspondiente con la intensidad de las mismas.

### 13.2. Análisis microbiológico.

Los parámetros a tener en cuenta en estos análisis fueron los de Coliformes Totales y *Escherichia coli* como se muestra a continuación.

**Tabla 13.** Resultado de análisis microbiológicos.

PARÁMETRO	UNIDADES	TÉCNICA	RESULTADO	RESOL. 2115/07
Coliformes Totales	UFC/100 ml	Filtración por membrana	660	0 UFC/100 cm <sup>3</sup>
<i>Escherichia coli</i>	UFC/100 ml	Filtración por membrana	245	0 UFC/100 cm <sup>3</sup>

Fuente: EMPRESA AGUAS DE FACATATIVÁ SAS ESP.

El valor determinado por la Resolución 2115 de 2007 de los parámetros de Coliformes totales y de *Escherichia coli* para agua de consumo humano debe ser 0 UFC/100 cm<sup>3</sup>; conociendo los resultados se observa que sobrepasa no valores permisibles como se evidencia en la **Tabla 13**, debido principalmente a factores de amenaza que pueden



influir en la introducción de microorganismos como son la ganadería y la infiltración de agua residual doméstica, presentando afectaciones a la salud y fallas en la eficiencia del tratamiento y distribución de la planta (Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales , 2007).

Además de lo mencionado anteriormente, la OMS identifica la importancia de la presencia de *Escherichia Coli* en los sistemas de abastecimiento, en la **Tabla 14** se identifican algunos factores como: Importancia para la salud, persistencia en los sistemas de abastecimiento de agua, resistencia al cloro, infectividad relativa y fuente animal importante; determinando que es un factor que se debe controlar debido a su alta importancia para la salud y moderada persistencia en los sistemas de abastecimiento, por tanto se debe tener en cuenta durante el proceso de potabilización, tomando como ventaja su baja resistencia al cloro en el momento de la desinfección.

**Tabla 14.** Agentes patógenos transmitidos por el agua y su importancia en los sistemas de abastecimiento.

Agente patógeno	Importancia para la salud	Persistencia en los sistemas de abastecimiento de agua <sup>a</sup>	Resistencia al cloro <sup>b</sup>	Infectividad relativa <sup>c</sup>	Fuente animal importante
<b>Bacterias</b>					
<i>Burkholderia pseudomallei</i>	Baja	Puede proliferar	Baja	Baja	No
<i>Campylobacter jejuni</i> , <i>C. coli</i>	Alta	Moderada	Baja	Moderada	Sí
<i>Escherichia coli</i> patógena <sup>d</sup>	Alta	Moderada	Baja	Baja	Sí
<i>E. coli</i> enterohemorrágica	Alta	Moderada	Baja	Alta	Sí
<i>Legionella</i> spp.	Alta	Moderada	Baja	Moderada	No
Micobacterias no tuberculosas	Baja	Prolifera	Alta	Baja	No
<i>Pseudomonas aeruginosae</i>	Moderada	Prolifera	Moderada	Baja	No
<i>Salmonella typhi</i>	Alta	Puede proliferar	Baja	Baja	No
Otras salmonelas	Alta	Moderada	Baja	Baja	Sí
<i>Shigella</i> spp.	Alta	Moderada	Baja	Moderada	No
<i>Vibrio cholerae</i>	Alta	Puede proliferar	Baja	Baja	No
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Alta	Corta	Baja	Baja	Sí
		Corta			

Fuente: OMS.

De acuerdo a lo obtenido anteriormente se realiza el anexo técnico II que es la recopilación donde estipulan las principales características analizadas para esta área objeto de estudio.

**Tabla 15. Anexo Técnico II**

ANEXO TECNICO II MAPA DE RIESGOS DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO									
MUNICIPIO O DISTRITO: FACATATIVÁ									
DEPARTAMENTO: CUNDINAMARCA									
PERSONA PRESTADORA DEL SERVICIO DE ACUEDUCTO: Acueducto veredal San Rafael medio									
CARACTERISTICAS FISICAS, QUIMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE LA MUESTRA DE AGUA EN LA BOCATOMA									
QUEBRADA LA PAVA					Fecha toma de muestra en bocatoma: 31-Oct-2017				
CARACTERISTICAS FISICAS			CARACTERISTICAS QUIMICAS			CARACTERISTICAS MICROBIOLÓGICAS			CARACTERISTICAS DESCARTADAS
PARAMETRO	Límite	Resultado	PARAMETRO	Límite	Resultado	PARAMETRO	Límite	Resultado	PARÁMETRO
Color Aparente	15	23,4	Aluminio	0,2	0,17	Coliformes Totales	660	0 UFC/100 ml	Aluminio
Turbiedad	2	2,97	Alcalinidad total	200	200	Escherichia coli	245	0 UFC/100 ml	Alcalinidad total
			Calcio	60	60				Calcio
			Cloruros	250	250				Cloruros
			Conductividad		68,7				Conductividad
			DQO	---	38,0				DQO
			Dureza total	---	300				Dureza total
			Fenoles	300	5,00				Fenoles
			Fosfatos	0,5	0,04				Fosfatos
			Nitratos	10	5,4				Nitratos
			Nitritos	0,1	0,08				Nitritos
			Magnesio	36	6,0				Magnesio
			OD		5,18				OD
			pH	6,5 - 9	7,20				pH
			SDT	6,5 - 9	68				SDT
			Sulfatos	250	6,72				Sulfatos
			T		13,3				T

Fuente: Autores.

### 13.3. Análisis de Pesticidas.

Los análisis realizados en este caso fueron los de pesticidas organoclorados y organofosforados que son los más sobresalientes, donde se especifica los productos utilizados en el cultivo de fresa.

**Tabla 16.** Resultado de análisis de pesticidas.

Parámetro	Valor (mg/L)	Pesticidas Totales (mg/L)
Pesticidas Organoclorados	0.001016	0.0050860
Pesticidas organofosforados	0.00407	

Fuente: Autores.

Los valores obtenidos en cada uno de los parámetros analizados individualmente no superan los 0,0001 mg/L como se muestra en el ANEXO 1. Pero al generar la sumatoria de los diferentes pesticidas el resultado fue de 0,005086 mg/L como se muestra en la **Tabla 16**, incumpliendo los rangos que se encuentran estipulados en la Resolución 2115 de 2007, donde se establece que "La suma total de las concentraciones de plaguicidas y demás sustancias, cuyo valor individual máximo admisible sea de 0,0001 mg/L podrá ser de 0,001 mg/L como máximo, sin que en ningún caso se excedan los valores individuales.", además de ello se comparó algunos valores de parámetros encontrados

en la OMS que establecen concentraciones de Aldrin y Dieldrin, Clordano y Endrin que se encuentran en los rangos permitidos por la Resolución.

**Tabla 17.** Valores de pesticidas organoclorados.

Parámetro	Valores obtenidos (µg/L)	Datos de la OMS (µg/L)
Aldrin	< 0.000053	0.00003
Dieldrin	< 0.000048	0.00003
Clordano	< 0.000052	0.0002
Endrin	< 0.000047	0.0006

Fuente: SGS y OMS

En la tabla anterior se comparan los datos obtenidos y los establecidos en la OMS para cuatro especies de pesticidas organoclorados, observando que la concentración individual no supera los niveles máximos permisibles, sin embargo, son importantes en las actividades agrícolas al igual que lo visto en las visitas, determinando así que la presencia de estos productos químicos crea una persistencia en el suelo y por ende pueden llegar al cuerpo hídrico que cada vez la dosis utilizada sea más alta y generando directamente afectaciones como la contaminación en suelo, aire y agua.

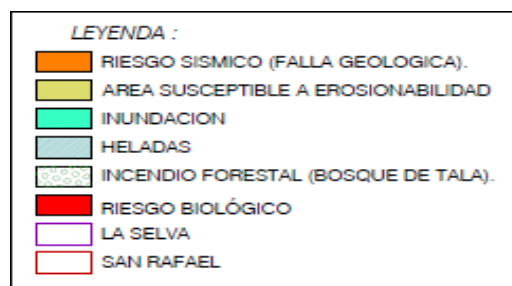
Los plaguicidas se hacen o no importantes de acuerdo a la capacidad que tenga la naturaleza de asimilarlos, es por eso que según Orta Arrazceta (2002) "La solubilidad en agua es clave para el comportamiento de los pesticidas en ese medio, pues ella influye en la bio concentración y la adsorción en sedimento".

A partir de lo anterior se toma como ejemplo la baja solubilidad de Clordano considerándose un pesticida de alta persistencia tornando una capa lechosa sobre el cuerpo de agua, debido a su composición es más propensa a generar afectaciones en la salud; esta persistencia se da por la adhesión a diversas partículas en corrientes de agua como lo menciona la Agencia para sustancias toxicas y el registro de Enfermedades.

Por otro lado, el Aldrin y Eldrin son compuestos con baja degradación en el agua, adhiriéndose al suelo y permaneciendo por un largo periodo de tiempo, en este caso debido al cultivo de fresa estos químicos terminan siendo vertidos en la fuente hídrica utilizada para recarga del acueducto AUSAR. Otra característica de estas sustancias es que tiene una evaporación lenta, por ser un compuesto orgánico persistente, acumulándose y creando afectaciones en diferentes seres vivos (Ministerio de agricultura y pesca, alimentacion y medio ambiente). Mientras que el Eldrin no es muy común que se encuentre en el agua, pero si es un componente que hay que tener en

cuenta en la calidad de la misma y pese a sus bajas concentraciones, puede acarrear un daño en la salud teniendo en cuenta su persistencia y acumulación.





**Ilustración 25.** Convenciones del mapa de riesgo Naturales.  
Fuente: Alcaldía de Facatativá

#### 14.1.1. Fenómeno de remoción de masa.

Se toma como fenómeno de remoción en masa aquel que por su actividad pueda aportar sedimentos que alteren la calidad física y química del agua como se muestra en la **Ilustración 24**, se observa que en la vereda La Selva la erosión laminar tiene una mayor influencia, mientras que los movimientos sísmicos cuentan con una menor afectación en el área de estudio. Teniendo en cuenta que "La alta escorrentía a menudo afecta la calidad del agua superficial por su carga de sedimentos erosionados del suelo, puede hacer que esta agua sea inadecuada para beber y puede incrementar los costos de los tratamientos" (Shaxson & Barber, 2005),

#### 14.2. Amenaza antrópica.

En cuanto a las amenazas por presencia de sustancias que alteran la calidad del agua, originadas en la actividad humana, es representativo el aporte de contaminantes de forma permanente, como se describe en los siguientes numerales.

##### 14.2.1. Contaminantes originados por la prestación de los servicios públicos de acueducto y manejo de aguas residuales (descarga de agua residual doméstica).

Teniendo en cuenta que la vereda la Selva no cuenta con un sistema de alcantarillado, los habitantes buscan medidas alternativas como la construcción de pozos sépticos para el manejo de las aguas residuales domésticas, provenientes de las viviendas cercanas a la quebrada la Pava; esta puede afectar la calidad de agua por procesos de infiltración y escorrentía.

## 14.2.2. Contaminantes aportados por actividades sectoriales, diferentes a los servicios públicos domiciliarios.

### 14.2.2.1. Actividad agrícola.

En la vereda La Selva se observó que el cultivo predominante cerca a la Quebrada La Pava es el de fresa, como se muestra en las **Ilustraciones 26 y 27**; ubicado a seis metros en su punto más cercano, abarcando en su totalidad dos fincas llamadas la Playita y Bella Vista, con un área de 3 y 2 fanegadas respectivamente, que aportan por escorrentía principalmente aguas con insumos químicos (fertilizantes y pesticidas) utilizados en la producción y que pueden alterar las características del agua y afectar a la salud pública.



**Ilustración 26.** Cultivo de fresa, Vereda La Selva.  
Fuente: Autores.



**Ilustración 27.** Aguas de escorrentía de cultivo de fresa.  
Fuente: Autores.



**Ilustración 28.** Canales para el manejo de agua, Cultivo de fresa.  
Fuente: Autores.

Además de identificar los aportes, áreas sembradas y distancias, se aprovechó para conocer los insumos químicos utilizados para la producción del cultivo, encontrando gran variedad de ellos, como se puede observar en la **Tabla 18**, donde se establecen varios criterios para el reconocimiento de los productos, los colores rojo, amarillo y naranja permiten identificar el grado toxicológico; a su vez se determinaron las afectaciones al ambiente y a la salud humana.



Producto	Ingrediente Activo	Categoría Toxicológica	Grupo	Toxicidad a la salud	Comportamiento en el agua	Toxicidad ambiental
Campero 304 SL (Herbicida Selectivo)	Picloram(g/L): 64,0+/- 10%	II: Altamente Tóxico	organoclorado	Evitar contacto directo de este producto con las aguas para consumo humano o para riego de cultivos.	Dilución: Solución clara después de 2 horas a 25°C (5% v/v en agua dura)	Se debe evitar el contacto directo con aguas lluvia o al suelo.
Eltra 48 EC (Insecticida)	Carbosulfan	IA: Muy Tóxico	Carbamatos	Moderadamente tóxico a la ingestión, irritación ocular	No contaminar las fuentes de agua con los restos de la aplicación o sobrantes del	Altamente tóxico para los peces y organismos acuáticos, no
Athrin brio (insecticida)	Lambda cihalotrina (100g/L)	II: Moderadamente Peligroso y dañino / DL50 Oral Rata Macho >5000	Piretroides	Efecto a una sobre-exposición aguda ya sea por inhalación, contacto en la piel, ingestión entre otras	Se debe evitar que las aguas que contengan este producto, estén en contacto	No presenta fitotoxicidad, presenta alta seguridad en los
SPAX 80 ME (Fungicida)	Difenoconazol+Prochloraz	II: Moderadamente Peligroso Ratas DL50 oral 3531.8 (hembras), >5000 (machos)	Triazoles + Limidazoles	La exposición crónica puede presentar daños al sistema nervioso central y al hígado	Depuración química rápida (95% para el día 3 del período de	No contaminar fuentes de agua, puede ser peligroso para
Sialex 50 sc (fungicida)	Procyimidone (50g/L)	III: Ligeramente Peligroso	Dicarboxamida	Existe toxicidad oral y dérmica con una DL 50 >2000	Posee actividad traslaminar y es estable frente al lavado por lluvias	No permita que tenga contacto directo con cuerpos de agua, ni
Lorsban (Insecticida)	O,O -dietil-O-(3,5,6-tricloro-2-piridinil) fosforotioato	II: Moderadamente Peligroso	Organofosforado	Puede causar daños según las concentraciones en las que se encuentre.	Emulsiona en agua, densidad de: 1,076 mg/L	Los derrames o descargas a los cursos naturales de agua
Engeo (Insecticida)	Lambda cihalotrina tiametoxam	II: Moderadamente Peligroso	Neonicotinoides-piretroides	Causa afectación en la piel, irritación moderada en los ojos y es peligroso por inhalación.	Densidad: 1.118 g/cm <sup>3</sup> a 20°C	Evite contaminar con engeo las aguas que vayan a ser utilizadas
Sistoato 40 Sec (Insecticida)	Dimetoato	II: Altamente Tóxico	Organofosforados	No inhalar los gases emitidos por el producto Oral DL50 - rata: 354 mg/kg Irritación de la piel - conejo: no	Presenta alta solubilidad en el agua.	Puede ser tóxico a las formas de vida silvestre, seguir las indicaciones
Chlorfenapyr 24% SC (Acaricida, Insecticida)	Chlorfenapyr	II. Producto Moderadamente peligroso	Organoclorado	Toxicidad aguda DL 50/CL50 oral=441 mg/Kg (M) y 1152 mg/Kg (H)	Presenta baja solubilidad en el agua además sufre fotólisis directa a pH neutro y es estable a la hidrólisis.	No presenta persistencia en el suelo
Alef 600 SL (Insecticida)	O,S-dimetifosforamidotia	I: Extremadamente tóxico peligro	Metamidofos	La DL 50 por vía oral para machos: 17 mg/kg y hembra: 21 mg/kg.	Solubilidad en el agua: Miscible (100% a 30°C)	Cuenta con una alta toxicidad para los organismos acuáticos,

**Tabla 18.** Identificación de sustancias químicas.

Fuente: Autores.

#### **14.2.2.1.1. Actividad ganadera.**

Otra de las actividades presentes en esta vereda es la ganadería, encontrada de forma ocasional o extensiva, es decir que no hay permanencia de los semovientes, por la rotación realizada entre fincas o parcelas; como se puede observar en las **Ilustración 29**, estos terrenos presentan relieve abrupto y colinas, donde la presencia de los animales puede llegar a aportar por erosión y compactación sólidos a la fuente hídrica, así como también por deposición de heces en las zonas más próximas a la quebrada



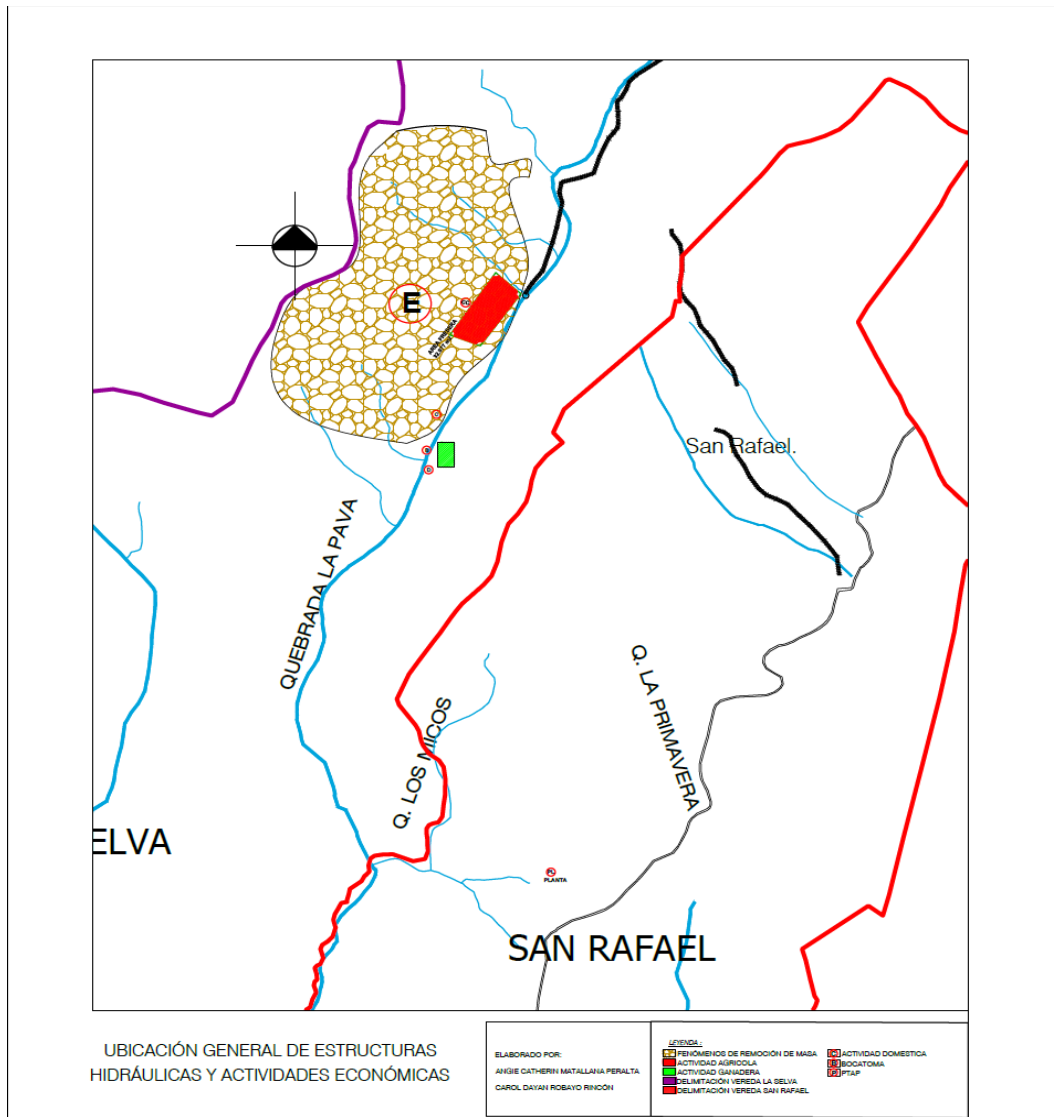
**Ilustración 29.** Área ganadera.  
Fuente: Autores.

### **14.2.3. Contaminantes transitorios.**

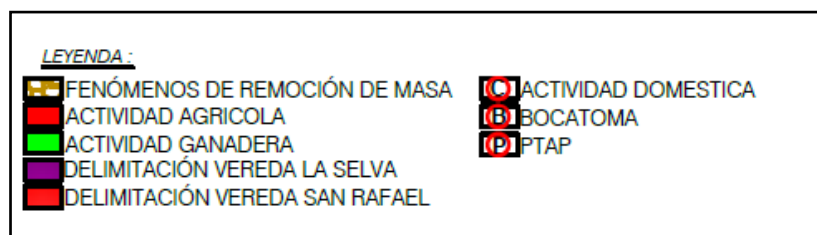
#### **14.2.3.1. Aluminio.**

Se tiene en cuenta el uso o transporte de contaminantes o sustancias químicas como en el caso del acueducto AUSAR, donde se utiliza como coagulante el sulfato de aluminio que con una inadecuada dosificación en el tratamiento puede generar alteraciones en los valores máximos permisibles estipulados en la Resolución 2115 del 2007.

Una vez realizar la identificación de las amenazas se consolida en la **Ilustración 30** la ubicación de cada una y a su vez de las estructuras que hacen parte del sistema de abastecimiento.



**Ilustración 30.** Ubicación general de estructuras hidráulicas y actividades económicas  
Fuente: Alcaldía de Facatativá.



**Ilustración 31.** Convención de mapa de ubicación general de estructuras hidráulicas y actividades económicas

### 14.3. Vulnerabilidad.

De acuerdo a la capacidad de identificar las sustancias que afectan la calidad de agua, en este ítem se determina si el acueducto tiene infraestructura y/o equipos para el control de riesgos de sustancias que puedan afectar el agua de consumo humano, en el caso de

AUSAR no cuenta con la infraestructura para la realización de los análisis, kits *in situ*, frecuencias en los análisis correspondientes, ni manuales para el manejo de diferentes contaminantes que puedan estar presentes en el agua.

La planta cuenta con procesos unitarios en los que se manejan productos químicos como Hipoclorito de Sodio (15%) y Sulfato de Aluminio en polvo tipo A que son utilizados para la desinfección y coagulación con el fin de eliminar algunos contaminantes; teniendo en cuenta lo anterior se determina que el acueducto cuenta con un alto nivel de vulnerabilidad, influyendo en la efectividad del proceso de potabilización por la falta de equipos para la vigilancia de los valores máximos permisibles establecidos en la Resolución 2115 del 2007.

#### 14.4. Riesgo.

Para la determinación del riesgo se realizó la calificación de amenazas y vulnerabilidades teniendo en cuenta el criterio evaluación estipulado en el numeral 3.5 del manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua de la Organización Mundial de la Salud donde se habla que para un sistema de suministro pequeño es suficiente con la valoración que el equipo de trabajo crea conveniente, en este caso se realizó una calificación de uno a tres para amenazas y vulnerabilidades con el fin de obtener una clasificación clara de los criterios establecidos (Bajo, Medio y Alto), mientras que para valor de riesgos se tomó lo estipulado en la Resolución 549 del 2017 Anexo Técnico “guía de criterios y actividades mínimas de los estudios de riesgo, programas de reducción de riesgo y planes de contingencia de los sistemas de suministros de agua para consumo humano” numeral 1.4

Lo anteriormente nombrado se establece en las **Tablas 19 y 20**.

**Tabla 19.** Calificación de amenazas.

<b>FACTORES DE AMENAZA</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>	<b>PUNTAJE</b>
Fenómeno de remoción de masa	Fenómenos naturales causantes de desboronamiento del suelo.	3
Descarga de agua residual domestica (pozos sépticos).	Aportes de contaminantes por agua residual doméstica.	1
Contaminantes aportados por actividades ganaderas.	Vertimientos por actividad ganadera extensivas cercanas a la fuente de abastecimiento.	2
Contaminantes por actividades agrícolas.	Vertimientos de cultivo de fresa cercano a la fuente de abastecimiento.	3

Fuente: Autores

**Tabla 20.** Calificación de vulnerabilidad.

<b>FACTORES DE VULNERABILIDAD</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>	<b>PUNTAJE</b>
Capacidad de identificar las sustancias que afectan la calidad de agua (Laboratorios y puntos de muestreo).	El acueducto no cuenta con laboratorios ni puntos de muestreo para realizar los análisis.	3
Capacidad instalada para tratar los contaminantes que transporta el agua.	El acueducto cuenta con procesos unitarios básicos como coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.	1
Capacidad financiera para tratar los contaminantes que deterioran la calidad de agua.	La planta no cuenta con recursos financieros para la compra de insumos como desinfectantes y coagulantes.	2
Disponibilidad de manual de procesos y procedimientos para tratar contaminantes.	No cuentan con manuales de operaciones que permitan identificar la amenaza que afectan la calidad del agua.	3
Capacidad humana y técnica para identificar, tratar y remover las sustancias que alteran la calidad de agua.	El operario cuenta con cursos certificados de conceptos básicos de tratabilidad, pero no se cuenta con un monitoreo constante en caso de alguna eventualidad.	3

Fuente: Autores

#### **14.4.1. Matriz de calificación de los riesgos.**

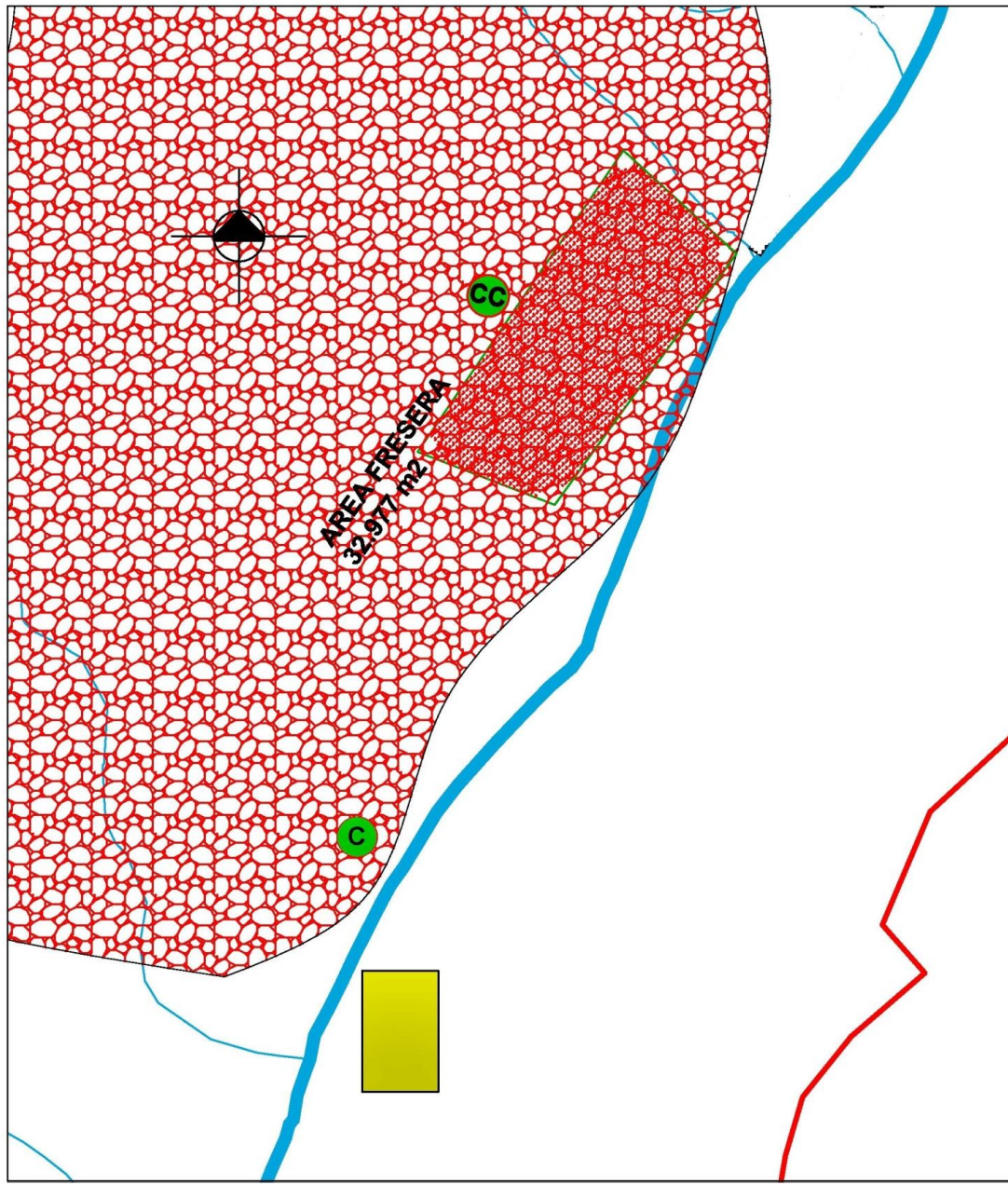
Para la elaboración de la **Tabla 21** se tuvo en cuenta los puntajes obtenidos de amenazas y vulnerabilidades en el numeral anterior, con el fin de realizar la identificación del riesgo con mayor relevancia en la vereda La Selva, generando afectaciones a la fuente de abastecimiento. El criterio utilizado en la calificación del riesgo es el establecido previamente en la **Tabla 3**. Puntuación del Riesgo.

**Tabla 21.** Matriz de calificación de riesgo.

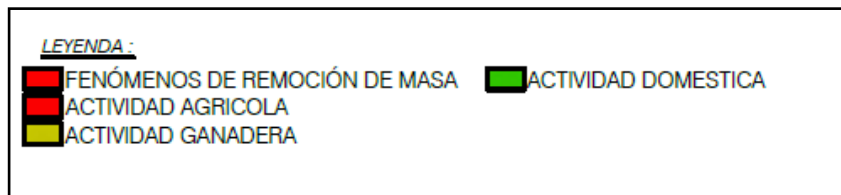
Amenaza/Vulnerabilidad	Capacidad de identificar las sustancias que afectan la calidad de agua (Laboratorios y puntos de muestreo).	Capacidad instalada para tratar los contaminantes que transporta el agua	Capacidad financiera para tratar los contaminantes que deterioran la calidad de agua.	Disponibilidad de manual de procesos y procedimientos para tratar contaminantes.	Capacidad humana y técnica para identificar, tratar y remover las sustancias que alteran la calidad de agua.	Valor de Riesgo
Fenómenos de Remoción de masas	9	3	9	9	9	39
Descarga de Agua residual domestica (Pozos septicos)	3	1	3	3	3	13
Contaminantes aportados por actividades ganadera	6	2	6	6	6	26
Contaminantes aportados por actividades agricola	9	3	9	9	9	39

Fuente: Autores

Obteniendo como resultado que los fenómenos de remoción de masas y los contaminantes aportados por actividades agrícolas, que tienen mayor incidencia en la calidad del agua que entra a la planta generando alteraciones en los procesos de potabilización. En la **Ilustración 32** se evidencia la calificación de cada uno de los riesgos encontrados al analizar la importancia y la relevancia que tiene en la calidad de agua.



**Ilustración 32.** Identificación y valoración de riesgos  
 Fuente: Tomado y modificado de Alcaldía de Facatativá



**Ilustración33.** Convención del mapa de Identificación y valoración de riesgos

## 15. Plan de emergencia y contingencia

### 15.1. Reducción de la vulnerabilidad.

De acuerdo a lo establecido en el artículo 8 de la Resolución 2115 del 2017 se recomienda al acueducto AUSAR adquirir los equipos básicos para realizar prueba de jarras, demanda de cloro, obtención de pH y turbiedad, con el fin de obtener control constante de las características esenciales que permita contar con un proceso de potabilización de agua más eficiente para la comunidad. A continuación se presenta una breve descripción de los equipos:

Tabla 22. Descripción de equipos

Equipo	Objetivo
Equipo de Jarras	Permite obtener por medio de recipientes y de simulación de procesos de potabilización la dosis adecuada de coagulante que debe ser agregada de acuerdo a la calidad de agua cruda que esté llegando a la planta.
Equipo de medición de cloro	Es necesario determinar el valor de cloro a la salida de la planta que esté cumpliendo con lo establecido en la Resolución 2115 de 2007.
pHmetro	El control del pH es necesario en la planta ya que se puede presentar variación debido a cambios en los procesos unitarios de la PTAP.
Turbidimetro	Permite determinar la cantidad de sólidos presentes en el agua y la eficiencia en los procesos de coagulación y floculación.

Fuente: Autores.

En la Resolución nombrada anteriormente se encuentran los valores máximos permisibles de cada parámetro a tener en cuenta para los posteriores análisis con los equipos recomendados.

#### 15.1.1. Manejo de la información y comunicaciones.

Según la Resolución 00082 de 2009, se debe implementar un sistema de registros y archivo donde se establezca información como:



- Reportes de auto control

Se debe contar con un libro donde se establezca información como: análisis de control de laboratorios autorizados por el Ministerio de la Protección Social donde se cumplan los parámetros establecidos por la Resolución 2115 del 2007, que garantice la calidad del agua para consumo humano, los cuales sirven como soporte o apoyo en caso de que la autoridad sanitaria llegara a realizar una inspección.

La persona prestadora debe tener actualizado y registrado en el libro como mínimo los siguientes puntos:

1. Cantidad de agua captada (en la entrada de la planta de tratamiento).
2. Cantidad de agua suministrada (contabilizada por medidores en red).
3. Resultado de los análisis microbiológicos, físicos y químicos del agua, de acuerdo con los requerimientos mínimos señalados en la presente Resolución.
4. Resultado de los análisis físicos, químicos y microbiológicos adicionales definidos en el mapa de riesgo.
5. Cantidad de productos químicos utilizados, tales como coagulantes, desinfectantes, alcalinizantes, entre otros, que deben cumplir con estándares de calidad. En el caso de los productos que están sujetos a registros sanitarios, deben indicar el número de registro del INVIMA ó el número de resolución expedida por el Ministerio de la Protección Social.
6. Bitácora o libro de novedades presentadas como anomalías, emergencias, problemas en equipos y personal, calidad de insumos y actos de orden público que puedan afectar la calidad en la prestación del servicio.
7. Registro de los resultados de las evaluaciones de demanda de cloro u otro desinfectante aprobado por el Ministerio de la Protección Social.

- Manuales de operación y mantenimiento

Se debe contar con manuales donde se describa el procedimiento que se realiza en el acueducto, esto es de ayuda en caso de que llegue otra persona ajena o uno de los operarios quiera consultar los procedimientos y mantenimiento de los diferentes procesos y equipos que se realizan en la planta en caso de que ocurra una emergencia.

- Manual de funciones.

El acueducto debe contar con un instructivo donde se establezca la estructura administrativa, las funciones de cada trabajador y la línea de mando a seguir en la toma de decisiones o en los diferentes reclamos que se realicen.

- Supervisión y asesoría.

No es usual que en los acueductos veredales se cuente con supervisores, pero es de carácter obligatorio que en la empresa este una persona que tenga estudios o conocimientos de los procesos llevados a cabo, debido a que si se está realizando un mal manejo de los insumos es a esa persona a la que se debe informar para dar solución inmediata al problema sin mayores repercusiones, también se debe contar con un libro o cartilla donde se lleve el registro de las cantidades de químicos que se adicionen a los diferentes procesos para una mayor claridad del funcionamiento de la planta.

#### **15.1.2. Fortalecimiento el monitoreo y el seguimiento de la calidad del agua.**

Para mejorar la inspección, vigilancia y control en la calidad de agua se hace necesario que el personal encargado del acueducto cuente con la certificación en normas colombianas de competencia laboral de la Titulación 18021002 Operación de sistemas de Potabilización de Agua- nivel 3 o la Norma que modifique, adicione o sustituya. (Resolución 082, 2009), establecido en "formulario único de acta de inspección sanitaria a los sistemas de suministro de agua para consumo humano" anexo I Resolución 0082 de 2009.

Además de esto se debe tener en cuenta la toma de muestra de agua realizadas en la red de distribución, para cumplir con esta especificación se debe contar con el manual de Instrucciones para la toma, Preservación y Transporte de muestras de agua para consumo Humano para Análisis de laboratorio, donde se estipula los requerimientos de la toma de muestra establecidos por el laboratorio, estos análisis se deben realizar con una frecuencia anual como se muestra en la **Tabla 23** de acuerdo a la cantidad de habitantes que abastece el acueducto, con el acompañamiento de la autoridad sanitaria en este caso la Secretaria de Salud.

**Tabla 23.** Frecuencia y número de muestra de agua para la vigilancia y control de las características físicas, químicas y microbiológicas.

Población atendida por persona prestadora por municipio (habitantes)	Persona prestadora	
	Frecuencia mínima	Numero mínimo de muestras a anaizar por cada frecuencia
Menores o igual a 2500	Anual	1
2.501-10.000	Anual	1
10.001-20.000	Anual	1
20.001-100.000	Semestral	1
100.001-500.000	Semestral	2
500.001-4.000.000	Bimestral	2
Mayor a 4.000.000	Bimestral	2

Fuente: Resolución 4716 del 2010.

Los criterios para establecer los puntos de muestro del acueducto AUSAR son establecidos dependiendo el número de habitantes, para este caso se determina que son mínimo 4 puntos de recolección de muestras cómo se estipula en la Resolución 0811 del 2008:

1. Entrada del desarenador.
2. Inmediatamente después del accesorio o componente donde terminan la tubería de conducción y se da inicio a la red de distribución.
3. A la salida de la infraestructura ubicada en la red de distribución.
4. Los extremos más alejados de la red de distribución que puedan ser representativos en la calidad del agua.

### **15.1.3. Mejora del tratamiento de agua.**

Para el mejoramiento del proceso de potabilización de agua, a continuación se establecen unas recomendaciones descritas respecto a las amenazas y vulnerabilidades identificadas anteriormente.

- En el caso de la amenaza de fenómeno de remoción de masa una de las alternativas que se puede generar a largo plazo para el mejoramiento, es la construcción de un segundo desarenador el cual es “un tanque sedimentador cuyas dimensiones dependen del caudal de diseño de la toma, de la distribución de los sedimentos en suspensión que transporta la corriente natural y de la eficiencia de remoción, la cual oscila entre el 60 y el 80% del sedimento que entra al tanque”. (Corcho Romero & Duque Serna , 2005)

Mientras que a corto plazo se recomienda realizar un lavado frecuente en los tanques de filtración, debido a que en este proceso se presenta una disminución de la carga de sólidos totales y de diferentes microorganismos que pueden quedar y así ser más eficiente el proceso que es la desinfección.

- Respecto a los contaminantes aportados por actividades ganaderas y agrícolas, una de las alternativas para el mejoramiento de estas amenazas es ejercer el cumplimiento de la normativa de respetar el espacio o franja reglamentaria para la protección de la ronda hídrica en terrenos de actividades económicas, siendo estas las actividades con mayor riesgo de contaminación. Esta alternativa contribuye con la disminución de contaminantes, ya que los árboles ayudan a la absorción de sustancias tóxicas, disminuyendo la cantidad que puede llegar al cuerpo hídrico por escorrentía, actuando como barrera de protección que dispersa los contaminantes antes de llegar al agua y de no ser así generar el cierre inmediato de estas actividades.
- Con el fin de evitar afecciones por la amenaza relacionada con la descarga de agua residual doméstica, se recomienda el ajuste de la dosis de cloro, garantizando un nivel de cloro residual libre acorde con la Resolución 2115 de 2007, permitiendo tener certeza de la eliminación de microorganismos.
- Para el caso de la vulnerabilidad del acueducto veredal AUSAR se recomienda mayor control de los parámetros de calidad del agua, con la adquisición de los equipos mencionados anteriormente.

## **15.2. Reducción de las amenazas.**

### **15.2.1. Establecimiento de monitoreo y alarmas tempranas.**

Para la identificación de sustancias que pueden alterar los parámetros de calidad se debe realizar la implementación de sistemas de monitoreo que cumplan con la especificación del Acueducto como bajos costos y fácil mantenimiento; para ello se procede a realizar la instalación de la Bioalarma que consiste en una pecera donde se puede determinar la contaminación del agua por medio de la mortandad de peces; se debe tener en cuenta las

características de la especie utilizada dependiendo la actividad generada aguas arriba de la bocatoma.

**Tabla 24.** Acciones para la reducción del riesgo.

<b>TIEMPO</b>	<b>ACCIÓN</b>	<b>RESPONSABLE</b>
Corto Plazo	Cierre de actividades ilegales que originan contaminación a la cuenca abastecedora como lo son actividad agrícola y ganadera	Autoridad ambiental competente (CAR).  Persona prestadora del servicio.
	Adquisición de equipos básicos para análisis de muestreo	
	Instalación de bioalarmas tempranas	
	Establecer los puntos de muestreo en la red de distribución para las características básicas	
	Capacitación de operario	
Mediano Plazo	Establecer convenios con un laboratorio para el seguimiento de los parámetros físico, químico y microbiológico por medio de los análisis correspondientes.	Persona prestadora del servicio.
	Implementación el plan de contingencia	
Largo plazo	Construcción de un segundo desarenador con mayor capacidad de retención de agua y sólidos suspendidos	

Fuente: Autores

**Tabla 25.** Mejoramiento de la calidad del agua para consumo humano.

<b>EJES</b>	<b>PROGRAMAS</b>	<b>PROYECTO</b>
Recurso hídrico	Cumplimiento de normativa referente a la protección de Ronda Hídrica por parte de la autoridad ambiental.	Recuperación y protección de la ronda hidráulica de la cuenca.
Sistema de suministro de agua para consumo humano	Mejoramiento del control de procesos unitarios y dosificación de insumos tratamiento de agua del acueducto AUSAR.	Mejoramiento de infraestructura y manejo de insumos del acueducto AUSAR.
Educación	Capacitaciones al personal encargado del acueducto AUSAR.	Conocimiento respecto a la prevención de los parámetros y valores máximos permisibles.

Fuente: Autores.

### 15.3. Plan de emergencia y contingencia.

Emergencia	Contingencia
Elevación en los valores de Turbiedad y color aparente	<ul style="list-style-type: none"><li>• Realizar los análisis correspondientes para determinar la concentración de cada una de ellas.</li><li>• Realizar prueba de jarras para verificar que la dosis de coagulante utilizado sea el adecuado.</li><li>• Realizar los respectivos lavados al desarenador.</li><li>• Tener en cuenta el retro lavado de los filtros para evitar colmatación de sólidos.</li></ul>
Presencia de Pesticidas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Realizar un seguimiento periódico de valores de pesticidas.</li><li>• Fortalecer la vigilancia y control sobre las actividades causantes de esta contaminación.</li></ul>
Presencia de <i>Coliformes Totales</i> y <i>E Coli</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Realizar análisis para determinar el valor del parámetro.</li><li>• Realizar la curva de demanda de cloro y determinar la dosificación adecuada.</li><li>• Verificar si el valor de dosificación es el correcto y si se cumple con el valor de cloro residual en la red de distribución, según la Resolución 2115 del 2010.</li></ul>

#### 15.3.1. Activación de alarma.

Después de la implementación de la bioalarma a la entrada de la planta de potabilización se recomienda que en caso de que exista mortandad de peces se realice inmediatamente la suspensión del recurso a los usuarios y proceder hacer los análisis de rutina correspondientes además de las sustancias provenientes como pesticidas organoclorado y organofosforados de las actividades económicas presentes aguas arriba de la bocatoma.

En caso que la suspensión sea mayor a 48 horas se recomienda contar con el servicio de otro acueducto que suplan las necesidades de la población abastecida ya sea con carros cisternas que tengan los requisitos mínimos para su transporte brindando líquido de buena calidad a la población y a la vez se evite un problema de mayor afectación.

#### 15.3.2. Suspensión del servicio público de acueducto.

Debido a lo establecido con los análisis de pesticidas organoclorados y organofosforados, al realizar la comparación con la Resolución 2115 del 2007 se

determinó que está sobrepasando los niveles máximos permisibles y por esta razón es necesario realizar una serie de análisis en periodos de lluvia y seco y así poder determinar la variación de la concentración de las sustancias en los periodos y de sobrepasar los niveles se procede a hacer una notificación de suspensión de servicio hasta que se cumpla con niveles máximos permitidos por la Resolución.

### **15.3.3. Tratamiento de agua para eliminar la sustancia que le altera su calidad.**

Debido a que los pesticidas son sustancias químicas difíciles de controlar, el acueducto debe suspender el servicio hasta que las autoridades sanitarias realicen una inspección por medio de análisis de laboratorio y se certifique que el cultivo de fresa está generando afectaciones que pueden producir enfermedades o alteraciones a la salud pública de la vereda.

Una de las alternativas es que la corporación autónoma regional (CAR) realice el cierre inmediato de la actividad económica o que el cultivo respete la franja de protección de la ronda hidráulica establecida por el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, realizando una plantación de árboles nativos que funcione como una barrera viva, la cual ayude a disminuir la contaminación directa de estos químicos en la fuente hídrica.

### **15.3.4. Limpieza de la infraestructura.**

Para prevenir posibles contaminantes por la falta de mantenimiento se recomienda de acuerdo al RAS 2000 Título B realizar un lavado de rejillas, desarenador y canales una vez al año, se debe tener en cuenta la estación del año en la que se encuentra debido a que en etapa de lluvia debe ser con mayor frecuencia debido a la presencia de terrenos de alta erosionabilidad que pueden ocasionar colmatación de sólidos.

### **15.3.5. Restablecimiento de las condiciones de normalidad.**

Al contar con el restablecimiento de suministro de agua se debe realizar un control periódico del cumplimiento de los parámetros establecidos en la Resolución 2115 del 2007, para la obtención de agua con calidad; se deben cumplir los instrumentos básicos que garanticen la calidad del agua para consumo humano, con el resultado del IRCA

poder conocer el nivel de riesgo en que se encuentra y de no ser viable, identificar a que autoridades se debe avisar de manera inmediata, encontrado en el artículo 15.



## 16. Conclusiones y Recomendaciones.

### 16.1. Conclusiones.

- Se concluye que a partir de las pruebas realizadas por los laboratorios establecidos las actividades económicas de la vereda San Rafael, desarrolladas aguas arriba de la bocatoma si influyen directamente sobre la calidad del agua que abastece el acueducto.
- La intervención de entes gubernamentales sobre la gestión de la Quebrada La Pava no es efectiva, debido a que presenta una baja regulación en los procesos de control y vigilancia de las diferentes actividades que se realizan a su alrededor, es importante resaltar que este cuerpo de agua es fuente de abastecimiento para el acueducto de la vereda San Rafael sector Medio.
- El mapa de riesgos y el plan de emergencia y contingencia son herramientas claves para el mejoramiento de procesos y así generar una reducción de forma sustancial que pueda evitar la afectación a la salud pública de los habitantes de la vereda San Rafael.
- Según la evaluación de riesgos, se determina que los fenómenos amenazantes con mayor puntaje son los de remoción de masas y contaminación por actividades agrícolas, localizadas aguas arriba de la bocatoma, interfiriendo en la calidad de agua y salud pública de la población abastecida por el acueducto AUSAR.
- Se establece que las características que sobrepasan los niveles máximos permisibles establecidos en la Resolución 2115 del 2007 son turbiedad, color, coliformes totales y *Eschericha Coli*, generando una afectación a la salud pública.
- De acuerdo con la normatividad, los valores encontrados de pesticidas no superan individualmente las concentraciones máximas permisibles en agua para consumo humano, sin embargo, la sumatoria de ellos sobrepasa el criterio a nivel nacional, lo que genera una alerta por contaminación del recurso, que puede ser mitigada con las acciones pertinentes.
- Aunque el fenómeno de remoción de masas incide directamente en la variación de algunas de las características de calidad del agua, es importante tener en cuenta la frecuencia e intensidad de las precipitaciones del lugar, que en este

caso particular es uno de los principales factores que genera la variabilidad de estos parámetros.

- La falta de recursos económicos impide la adquisición de equipos de análisis necesarios, como kit de cloro y de pH, que podrían contribuir a mantener constante la calidad de agua de este lugar, al igual que un convenio para realizar los análisis en un laboratorio certificado y así conocer el estado de la calidad del agua que está abasteciendo el Acueducto AUSAR.
- De acuerdo con el manejo de recursos económicos del acueducto AUSAR, el uso de la bioalarma es una de las estrategias con mayor viabilidad, a fines de mejorar el monitoreo de la calidad de la fuente de abastecimiento, teniendo en cuenta que es una alternativa económica que se puede implementar a corto plazo en la PTAP.

## 16.2. Recomendaciones.

- Realizar análisis frecuentes de pesticidas en tiempo seco y de lluvia que permitan comparar los resultados, determinando si existe la presencia de alguna sustancia que esté interviniendo en la calidad de agua del acueducto, por la presencia de cultivos cercanos a la fuente de abastecimiento.
- Se recomienda adquirir kits de pH y cloro para poder llevar un control de los valores diarios, que muestren las fluctuaciones en la dosis de insumos dependiendo de la calidad de agua cruda, que esté llegando a la planta y a la vez se determine en que tiempo se presenta mayor alteración por diversos factores como amenazas naturales o antrópicas.
- Realizar muestreos mensuales para determinar valores de turbiedad y color aparente; para los análisis de parámetros microbiológicos se recomienda realizar muestreos bimestrales como se encuentra estipulado en la Resolución 2115 del 2007 y llevar un registro de los resultados obtenidos.
- Se debe realizar la formación del personal encargado del acueducto fortaleciendo los conocimientos técnicos del operario, mediante capacitaciones y cursos de formación académica que fomenten la pro-actividad en el lugar de trabajo, así como contar de forma constante con los insumos que son utilizados y la exactitud en sus concentraciones.
- Adecuar instalaciones físicas para la realización de la prueba de jarras y medición de parámetros como cloro residual libre, color aparente y pH, teniendo en cuenta que estos parámetros más comunes. Estos equipos deben ser calibrados semestralmente.
- Después del reconocimiento de las estructuras de la planta se hace necesaria la implementación de micro medidores y registros que funcionen como puntos de muestreos para los respectivos análisis que se requieren.
- Una recomendación a corto plazo es la construcción de un segundo desarenador que abarque la cantidad de agua que llega al desarenador existente y así poder reducir los parámetros como turbiedad y color aparente.
- Se recomienda formalizar la empresa de acueducto AUSAR ante la superintendencia de servicios públicos, y así poder gestionar recursos para la implementación de diferentes proyectos que mejoren la eficiencia de este.

## 17. Bibliografía.

- Alcaldía Cívica de Facatativa, o. a. (20 de Junio de 2002). *Plan de Ordenamiento Territorial*.  
Obtenido de  
[file:///C:/Users/Dell/Downloads/Archivo%20uso%20del%20suelo%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Dell/Downloads/Archivo%20uso%20del%20suelo%20(2).pdf)
- Alcaldía Facatativá. (2011). *Diagnostico Facatativá*. Informe Municipal, Cundinamarca, Facatativá.
- Andía Cárdenas, Y. (Abril de 2000). *TRATAMIENTO DE AGUA DE COAGULACION Y FILTRACION*.  
Obtenido de  
[http://www.sedapal.com.pe/c/document\\_library/get\\_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154](http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154)
- Arias, B., Bejarano, D., & Zafra, C. (Junio de 2014). Mapa de riesgos para la calidad del agua en sistemas de abastecimiento municipales. Un caso Colombiano. *Revista de facultad de ingeniería-UAN*, 56-57.
- Balquimia. (Enero de 2016). *Sistema de agua potable, alcantarillado y saneamiento del municipio de colotlán*. Obtenido de Plan de contingencia para red de agua potable en el municipio de colotlan, Jalisco.:  
<http://www.transparencia.colotlan.gob.mx/downloads/SAPASCO/MANUALES/PLAN.CONTINGENCIA2016.pdf>
- Barea, J. (2000). *La calidad de las aguas en españa un estudio por cuencas*. España: Greenpare.
- Betancourth, D. (9 de Mayo de 2007). *decreto 1575 del 2007*. Obtenido de  
[http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2007/dec\\_1775\\_2007.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2007/dec_1775_2007.pdf)
- BV eLearning Blog. (13 de Enero de 2015). *Estudio de una contaminación crónica de agua por un pesticida. Caso de Clodercone en las Antillas*. Obtenido de  
<https://blogbvelearning.wordpress.com/2015/04/13/contaminacion-con-herbicidas/>
- California, A. d. (JUNIO de 2006). *Pesticida info*. Obtenido de  
<http://www.cdpr.ca.gov/docs/dept/factshts/spanish/what-s.pdf>
- Camargo, A., Lara, J., Sabogal, G., Solorzano, V., & Suarez, Y. (2017). *Evaluación de la calidad de agua de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP)- San Rafael Medio, Facatativá (Cundinamarca)*. Universidad de Cundinamarca, Facatativá.
- Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., & Diaz, D. (2014). *Indicadores de la calidad del agua: Evolución y tendencias a nivel global*.
- Corcho Romero, F., & Duque Serna, J. I. (2005). *Acueductos teoría y diseño*. Medellín Colombia: Sello editoria Universidad de Medellín.
- Estudio de una contaminación crónica de agua por un pesticida. Caso de Clodercone en las Antillas. (2010). En *Recursos de Agua: Preservación y Gestión*.
- Eustat. (Agosto de 2012). *Explotación agrícola*. Obtenido de  
[http://www.eustat.eus/documentos/opt\\_0/tema\\_502/elem\\_6297/definicion.html](http://www.eustat.eus/documentos/opt_0/tema_502/elem_6297/definicion.html)
- FAO. (2012). *Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos*.


- Fernando, B. (Septiembre de 1993). *Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México (RAPAM)*. Obtenido de <http://www.rachel.org/files/document/Pesticidas.htm>
- Fierro, L. (Agosto de 2016). *PROPUESTA SOLUCIÓN CONTABLE PARA LA POBLACIÓN RURAL*. Obtenido de [http://repository.uniminuto.edu:8080/xmlui/bitstream/handle/10656/4549/TCP\\_FierroVegaLeidyViviana\\_2016.pdf?sequence=1](http://repository.uniminuto.edu:8080/xmlui/bitstream/handle/10656/4549/TCP_FierroVegaLeidyViviana_2016.pdf?sequence=1)
- Gil , J., Soto, A., & Usma , J. (Diciembre de 2012). *Contaminantes emergentes en agua, efectos y posibles tratamiento*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf>
- Gobernacion de Boyaca. (2015). *Mapa de riesgo de calidad de agua para consumo humano municipio de paipa zona urbana*. Boyaca .
- Gomero , L. (05 de Marzo de 2013). *El uso indiscriminado de pesticidas en alimentos afecta el medio ambiente y la salud*. Obtenido de <http://www.observatorioseguridadalimentaria.org/el-uso-indiscriminado-de-pesticidas-en-alimentos-afecta-el-medio-ambiente-y-la-salud>
- IDEAM. (2007). *DETERMINACIÓN DE ESCHERICHIA COLI Y COLIFORMES TOTALES*. Bogota : IDEAM.
- Instituto de hidrologia, meteorologia y estudios ambientales . (2007). *Determinacion de escherichia coli y coliformes totales en agua por el metodo de filtracion por membrana agar chromocult*.
- Juan Pablo , C., Johan , D., Catalina , M., Diego , R., & Maria , S. (2016). *Empresa Asociaion de Usuarios de Acueducto y Saneamiento Básico Vereda San Rafael Sector Medio (AUSAR)*. Facatativá: Universidad de Cundinamarca.
- Ley 1523 . (24 de Abril de 2012). *Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones*. Colombia: Diario Oficial.
- Lidia , d. (2008). *Procesos Unitarios y plantas de tratamiento*. Obtenido de <http://www.ingenieroambiental.com/4014/tres.pdf>
- Marin , J., & Marín , R. (29 de Septiembre de 2014). *Aproximación a la gestión del riesgo en los acueductos rurales del municipio de Santa Rosa de Osos, Antioquia, Colombia*. Obtenido de [ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/download/221/210](http://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/download/221/210)
- Martinez , O. (Agosto de 2007). *Agua potable segura en especial*. Obtenido de <https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/Treatment/Filtration-Systems.html>
- Ministerio de Agricultura . (2015). *Censo Nacional Agropecuario 2014*. Inventario Agropecuario en las unidades de producción agricola (UPA).
- Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible . (2014). *Codigo nacional de recursos naturales renovables y de proteccion al medio ambiente . Decreto ley 2811 de 1974*. Bogota D.C.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Codigo nacional de recursos naturales renovables y de proteccion al medio ambiente. Decreto ley 2811 de 1974*. Bogota D.C.

- Ministerio de la Protección Social, M. d. (18 de Noviembre de 2010). *Los ministros de la protección social y de ambiente, vivienda y desarrollo territorial*. Obtenido de [http://www.ins.gov.co/sivicap/Normatividad/2010%20Resoluci%C3%B3n%204716%20Mapa%20de%20riesgo.pdf?Mobile=1&Source=%2Fsivicap%2F\\_layouts%2Fmobile%2Fdispform%2Easpx%3FList%3Ddc462e4b%252D5de8%252D4a2f%252Dbe3a%252D08ad1c837db7%26View%3D0ac5f5c5%252D4988%252](http://www.ins.gov.co/sivicap/Normatividad/2010%20Resoluci%C3%B3n%204716%20Mapa%20de%20riesgo.pdf?Mobile=1&Source=%2Fsivicap%2F_layouts%2Fmobile%2Fdispform%2Easpx%3FList%3Ddc462e4b%252D5de8%252D4a2f%252Dbe3a%252D08ad1c837db7%26View%3D0ac5f5c5%252D4988%252)
- Narvaez Valderrama, J. F., Palacio Baena, J. A., & Molina Perez, F. J. (Diciembre de 2012). Persistencia de plaguicidas en el ambiente y su ecotoxicidad :Una revision de los procesos de degradacion natural. *Revista Gestion y Ambiente*, XV(3), 27-38.
- National Academy of sciences. (Septiembre de 2013). *El agua potable segura es especial*. Obtenido de <https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/Treatment/Treatment-Processes.html>
- ONU-DAES. (2005). *Decenio internacional para la accion "Agua fuente de vida"*.
- Organización Mundial de la Salud, & International Water Association. (2009). *Manual Para el Desarrollo de Planes de Seguridad del Agua*. Suiza: Servicio de producción de documentos de la OMS.
- Palencia, D. (9 de MAYO de 2007). *MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL*. Obtenido de [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2007/dec\\_1775\\_2007.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2007/dec_1775_2007.pdf)
- Parra, C., & Rivera, S. (2017). *Efecto de las actividades agropecuarias y domesticas sobre la calidad de agua usada para consumo humano en la parte alta de la Quebrada Mancilla (Facatativá)*. Tesis de Grado , Universidad de Cundinamarca , Departamento de Ciencias Agropecuarias .
- Resolución 082, 2. (2009). *Por la cual se ordena cesar un procedimiento sanitatio y se adopta otras determinaciones*. bogota: Ministerio de Ambiente, Viivieenda y Desarrollo Territorial.
- Resolución 4716. (2010). *Por medio de la cual reglamenta el parrafo del ariculo 15 del decreto 1575 de 2007*. Bogotá D.C.: Diario Oficial No. 47.930 de 21 de diciembre de 2010.
- Resolucion 549 . (1 de Marzo de 2017). *Por la cual se adopta la guía que incorpora los criterios y actividades mínimas de los*. Colombia .
- RESOLUCIÓN 549 . (2017). *Por la cual se adopta la guía que incorpora los criterios y actividades mínimas de*. Bogotá D.C.: Diario Oficial No. 50.173 de 12 de marzo de 2017.
- Santa Maria, M. (2010). *Decreto 4716 del 2010*. Bogota: Ministerio de la proteccion social ministerio de ambiente , vivienda y desarrollo territorial.
- Secretaria de Salud. (2013). *Mapa de riesgos de la calidad de agua para consumo humano de la vereda la Trinidad y la vereda Tocogua municipio de Duitama*. Duitama .
- Secretaria de Salud de Boyaca. (2014). *Mapa de Riesgo de la Calidad de Agua para Consumo Humano del Nacimiento de la Vereda Rio de Arriba Fuente abastecedora de la Vereda Rio de arriba sector rural del Municipio de Boavita-Boyaca*. Boyaca .
- Secretaria distrital de Salud. (2015). *MAPA DE RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA*. Bogotá.



## 18. ANEXOS.

**Anexo 1.** Resultados de análisis físico químico del laboratorio del Acueducto de Facatativá.



### INFORME RESULTADOS DE ENSAYO - CLIENTE EXTERNO

#### LABORATORIO DE AGUAS

#### EMPRESA AGUAS DE FACATATIVÁ SAS ESP

Pág. 1 de 2

ID. INFORME DE RESULTADOS		IR - FQ - E - 17 - 134	
---------------------------	--	------------------------	--

INFORMACIÓN DEL ENSAYO					
Fecha de toma	2017-10-31	Fecha de recepción en el laboratorio	2017-10-31	Fecha de análisis en el laboratorio	2017-10-31
Hora de toma	8 h 25 min	Tipo de agua	ORDINA	Análisis solicitado	FQ
Muestra tomada por	KAROL ROBAYO	Tipo de muestra	PUNTUAL	Fuente	QUEBRADA LA PAVA
Lugar punto de toma	VEREDA SAN RAFAEL	Descripción punto de toma	ENTRADA A LA PLANTA	Dirección lugar punto de toma	VEREDA SAN RAFAEL
Observaciones	NO APLICA		Resultados análisis "in situ"	pH 7,30	

INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE			
No de solicitud	NO APLICA	Nombre	KAROL ROBAYO
Entidad	UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA	Ciudad y dirección	EN INFORMACIÓN
e-mail	karolrobayo@gmail.com	Teléfono	312 5585017

TABLA DE RESULTADOS								
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS								
PARÁMETRO	UNIDADES	REFERENCIA	TÉCNICA	RESULTADO	NORMA	RANGO	CONCEPTO	INCERTIDUMBRE
Alcalinidad total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	SM 2320 B	Titulación	4,50				
Azúfreo	mg AS/L	SM 3500-AS B	Fotométrica					
Amonio	mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /L	SM 4500-NH <sub>4</sub> B y G	Fotométrica					
Calcio	mg Ca/L	SM 3800-Ca B	Titulación	3,24				
Carbono orgánico total	mg COT/L	SM 810 C	Fotométrica					
Cloro residual libre	mg Cl <sub>2</sub> /L	SM 4500-Cl G	Fotométrica					
Cloruro	mg Cl/L	SM 4500-Cl B	Argentométrica	16,16				
Color aparente	UPC	SM 2100 C	Fotométrica	23,4				
Conductividad	µs/cm	SM 2510 B	Conductimétrica	88,7				
COD	mg/L	SM 8210 B	Fotométrica					
DO	mg/L	SM 8220 D	Fotométrica	38,0				
Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	SM 2340 C	Titulación	33,8				
Ferroso	mg Fe <sup>2+</sup> /L	SM 6530 D	Fotométrica	5,90				
Fluoruro	mg F/L	SM 4500-F E	Fotométrica					
Fósforo	mg P/L	SM 4500-P E	Fotométrica	0,04				
Hierro total	mg Fe/L		Fotométrica	0,16				
Nitrato	mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L		Fotométrica	5,4				
Nitrito	mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /L	SM 4500-NO <sub>2</sub> B	Fotométrica	0,08				
Magnesio	mg/L Mg	SM 3850-Mg B	Titulación	6,0				
Manganeso	mg/L Mn	SM 5500-Mn B	Fotométrica					

Carretera 1 Sur Calle 16 P.O. Box (1) 8425990 e-mail: eaf@facatativa@acueductofacatativa.com www.acueductofacatativa.com



Anexo 2. Resultados de análisis microbiológicos del laboratorio del Acueducto de Facatativá.



**INFORME RESULTADOS DE ENSAYO - CLIENTE EXTERNO**  
**LABORATORIO DE AGUAS**  
**EMPRESA AGUAS DE FACATATIVÁ SAS ESP**

Pág. 2 de 2

ID. INFORME DE RESULTADOS	IR - MB - E - 17 - 135
---------------------------	------------------------

CONTINUACIÓN TABLA DE RESULTADOS

ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS

PARÁMETRO	UNIDADES	REFERENCIA	TÉCNICA	RESULTADO	NORMA	RANGO	CONCEPTO	INCERTIDUMBRE
Oxígeno disuelto	mg OD/L	SM 4500-O G	Electrométrica	-				
pH	Unidades	SM 4500-H <sup>+</sup> B	Electrométrica	-				
Sólidos disueltos totales	s/cm		Electrométrica	-				
Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /L	SM 4500-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E	Turbidimétrica	-				
Temperatura	°C	SM 2550 B	Termométrica	-				
Turbiedad	UNT	SM 2130 B	Nefelométrica	-				

LAS PRUEBAS DE ENSAYO SON REALIZADAS BAJO LOS LINEAMIENTOS DESCRITOS EN EL STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER - EDICIÓN 22 - 2012

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	TÉCNICA	RESULTADO	NORMA	RANGO	CONCEPTO	INCERTIDUMBRE
Coliformes totales	UFC/100 ml	SM 9222 H	Filtración por membrana	660				
<i>Escherichia coli</i>	UFC/100 ml	SM 9222 H	Filtración por membrana	245				
Mesófilos	UFC/100 ml	SM 9215 D	Filtración por membrana	-				

OBSERVACIONES

\*Muestra refrigerada \* Los datos reportados en el informe, corresponden a los resultados en el laboratorio. El cliente no reportó datos en el momento de entregar la muestra.  
 \* Parámetros analizados: 2

LOS RESULTADOS SON VÁLIDOS ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA.

ESTE INFORME DE RESULTADOS NO PUEDE SER REPRODUCIDO TOTAL NI PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO.

FIRMAS AUTORIZADAS

	ANALIZÓ	REVISÓ Y APROBÓ
CARGO:	Auxiliar de Laboratorio	Profesional de Laboratorio
NOMBRE:	Alvaro Lugo Clavijo	Vanessa Ortiz Perilla
FIRMA:		

FIN DEL INFORME

FT 170-15-01-40-03/ Versión 03 / 2013-07-02

Carrera 4-Sur Calle 16 PBX (1) 8425999 e-mail: eaafacatativa@acueductofacatativa.com www.acueductofacatativa.com

Anexo 3. Resultado de análisis de pesticidas en laboratorio SGS Colombia.



ENVI-4-AB-1-F-09-05  
Versión: 4. 2016 Agosto

INFORME DE ENSAYO  
BO1709474

Página 2 de 5

Pesticidas Organ odorados

Identificación SGS Muestra Especiación del Producto Cliente Identificación de la Muestra - Cliente Lugar de Muestreo Fecha de Muestreo	BO1709474.01		BO1709474.02		BO1709474.03		BO1709474.04	
	AGM_SUPERFICIAL		AGM_SUPERFICIAL		AGM_SUPERFICIAL		AGM_SUPERFICIAL	
	CLIENTE		CLIENTE		CLIENTE		CLIENTE	
	MUESTRA N. 1 BOCATORIA AUSAAR 2017-11-02 3012		MUESTRA N. 2 BOCATORIA AUSAAR 2017-11-02 3112		MUESTRA N. 3 BOCATORIA AUSAAR 2017-11-02 3412		MUESTRA N. 4 BOCATORIA AUSAAR 2017-11-02 3612	
	L.C.	Fecha de Análisis						
4,4 DDT (mg Compuesto/L) (A)	4.95e-05	2017-11-09	2017-11-17	<0.000050	<0.000050	<0.000050	<0.000050	<0.000050
4,4 DDE (mg Compuesto/L) (A)	5.2e-05	2017-11-09	2017-11-17	<0.000052	<0.000052	<0.000052	<0.000052	<0.000052
4,4 DDE (mg Compuesto/L) (A)	5.3e-05	2017-11-09	2017-11-17	<0.000053	<0.000053	<0.000053	<0.000053	<0.000053
Aldrin (mg Compuesto/L) (A)	5.3e-05	2017-11-09	2017-11-17	<0.000053	<0.000053	<0.000053	<0.000053	<0.000053
ALPHA-BHC (mg Compuesto/L) (A)	5.5e-05	2017-11-09	2017-11-17	<0.000055	<0.000055	<0.000055	<0.000055	<0.000055
BHC (mg Compuesto/L) (A)	5.2e-05	2017-11-09	2017-11-17	<0.000052	<0.000052	<0.000052	<0.000052	<0.000052
cis-chlordane (mg Compuesto/L) (A)	5.2e-05	2017-11-09	2017-11-17	<0.000052	<0.000052	<0.000052	<0.000052	<0.000052
delta-BHC (mg Compuesto/L) (A)	5e-05	2017-11-09	2017-11-17	<0.000050	<0.000050	<0.000050	<0.000050	<0.000050
Dicacildrinol (mg Compuesto/L) (A)	--	2017-11-09	2017-11-17	0	0	0	0	0
Dieldrin (mg Compuesto/L) (A)	4.8e-05	2017-11-09	2017-11-17	<0.000048	<0.000048	<0.000048	<0.000048	<0.000048
Endosulfan I (mg Compuesto/L) (A)	5.1e-05	2017-11-09	2017-11-17	<0.000051	<0.000051	<0.000051	<0.000051	<0.000051
Endosulfan II (mg Compuesto/L) (A)	5.2e-05	2017-11-09	2017-11-17	<0.000052	<0.000052	<0.000052	<0.000052	<0.000052
Endosulfan sulfato (mg Compuesto/L) (A)	4.9e-05	2017-11-09	2017-11-17	<0.000049	<0.000049	<0.000049	<0.000049	<0.000049
Endrin (mg Compuesto/L) (A)	4.7e-05	2017-11-09	2017-11-17	<0.000047	<0.000047	<0.000047	<0.000047	<0.000047
Endrin aldrinol (mg Compuesto/L) (A)	5e-05	2017-11-09	2017-11-17	<0.000050	<0.000050	<0.000050	<0.000050	<0.000050
Endrin oxilone (mg Compuesto/L) (A)	5.3e-05	2017-11-09	2017-11-17	<0	<0	<0	<0	<0
gamma-BHC (Lindano) (mg Compuesto/L) (A)	4.9e-05	2017-11-09	2017-11-17	<0.000049	<0.000049	<0.000049	<0.000049	<0.000049
Heptacloro (mg Compuesto/L) (A)	5.3e-05	2017-11-09	2017-11-17	<0.000053	<0.000053	<0.000053	<0.000053	<0.000053
Heptacloro epóxido (isomero B) (mg Compuesto/L) (A)	5e-05	2017-11-09	2017-11-17	<0.000050	<0.000050	<0.000050	<0.000050	<0.000050
Mectodano (mg Compuesto/L) (A)	5.3e-05	2017-11-09	2017-11-17	<0.000053	<0.000053	<0.000053	<0.000053	<0.000053
Totales (mg Compuesto/L) (A)	4.7e-05	2017-11-09	2017-11-17	<0.000047	<0.000047	<0.000047	<0.000047	<0.000047
trans-chlordane (mg Compuesto/L) (A)	5.3e-05	2017-11-09	2017-11-17	<0.000053	<0.000053	<0.000053	<0.000053	<0.000053

Pesticidas Organofosforados

La fecha de análisis relacionada en la tabla de resultados corresponde a la fecha de reporte de resultados.

(A) = Estos resultados de Análisis están acreditados por el IDEAM bajo Resolución Número 1546 del 21 de Julio de 2016

N.R. = No Reportado

**ADVERTENCIA:** La(s) muestra(s) a la(s) que se refiere los datos que figuran en este informe/certificado (en lo sucesivo, "los datos") ha(n) sido proporcionado por el Cliente o un tercero de conformidad con las directrices del Cliente. En consecuencia los datos que figuran en el Informe no constituyen una garantía de la representatividad de la(s) muestra(s) y por tanto se refiere(n) única y exclusivamente a dicha(s) muestra(s). La Compañía no es responsable del origen o la fuente de donde ha(n) sido extraído(s) la(s) muestra(s).  
Los reportes emitidos como consecuencia de inspecciones o ensayos con base en muestras, contienen la opinión de la compañía, única y exclusivamente sobre las muestras que hayan sido objeto de inspección o ensayo, por lo que bajo ninguna circunstancia podrá interpretarse que contienen una opinión sobre la totalidad del lote del que haya sido obtenida la muestra objeto de la inspección o ensayo.

SGS COLOMBIA SAS | Environmental Services, Carrera 100 No. 25C-11, Bogotá - Cundinamarca

Miembro del Grupo SGS (Swiss) (Grupos de la multinacional)

Este documento es emitido por la compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página [http://www.sgslab.com/terms\\_and\\_conditions.html](http://www.sgslab.com/terms_and_conditions.html). Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio.

Se informa a cualquier persona que tenga en su poder este documento, que el contenido del mismo refleja los hallazgos de la compañía solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del cliente, si hubiere algunas. La Compañía es únicamente responsable ante su cliente y este documento no exime a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción.

Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

Las quejas, apelaciones o consultas sobre la validez de este certificado podrán ser enviadas al correo [cs.servicioalcliente@sgs.com](mailto:cs.servicioalcliente@sgs.com) o al teléfono 74 22 274 extensión 2557.

Anexo 4. Resultado de análisis de pesticidas en laboratorio SGS Colombia.



ENVI-LAB-I-F09-05  
Versión 4. 2016 Agosto

INFORME DE ENSAYO  
BO1709474

Página 3 de 5

Pesticidas Organofosforados

Identificación SGS Matriz Muestreado por Especificación del Producto Cliente Identificación de la Muestra - Cliente Lugar de Muestreo Fecha de Muestreo	BO170947401	BO170947402	BO170947403	BO170947404		
	AGM_SUPERFICIAL	AGM_SUPERFICIAL	AGM_SUPERFICIAL	AGM_SUPERFICIAL		
	CLIENTE	CLIENTE	CLIENTE	CLIENTE		
	AGM_SUPERFICIAL	AGM_SUPERFICIAL	AGM_SUPERFICIAL	AGM_SUPERFICIAL		
	MUESTRA N. 1 BO170947401 2017-11-02 06:12	MUESTRA N. 2 BO170947402 2017-11-02 07:12	MUESTRA N. 3 BO170947403 2017-11-02 08:12	MUESTRA N. 4 BO170947404 2017-11-02 09:12		
	L.C.	Fecha de Análisis				
Azinotril (g/litro) (mg Compuesto/L) (A)	0.000176	2017-11-06 - 2017-11-16	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008
Bolar (g/litro) (mg Compuesto/L) (A)	0.000194	2017-11-06 - 2017-11-16	<0.0009	<0.0009	<0.0009	<0.0009
Clorpirifos (Dursban) (g Compuesto/L) (A)	0.000219	2017-11-06 - 2017-11-16	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Coumefos (mg Compuesto/L) (A)	0.000176	2017-11-06 - 2017-11-16	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008
Diazinotril O (mg Compuesto/L) (A)	0.000216	2017-11-06 - 2017-11-16	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Diazinon (mg Compuesto/L) (A)	0.000201	2017-11-06 - 2017-11-16	<0.0000	<0.0000	<0.0000	<0.0000
Difentopos (DDVP) (g Compuesto/L) (A)	0.000211	2017-11-06 - 2017-11-16	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Diazinon (mg Compuesto/L) (A)	0.000199	2017-11-06 - 2017-11-16	<0.0000	<0.0000	<0.0000	<0.0000
Ethiofentio (mg Compuesto/L) (A)	0.000213	2017-11-06 - 2017-11-16	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Fenitrothion (mg Compuesto/L) (A)	0.000189	2017-11-06 - 2017-11-16	<0.0009	<0.0009	<0.0009	<0.0009
Fenitrothion (mg Compuesto/L) (A)	0.000225	2017-11-06 - 2017-11-16	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Fenitrothion (mg Compuesto/L) (B)	0.000196	2017-11-06 - 2017-11-16	<0.0000	<0.0000	<0.0000	<0.0000
Phosphos (mg Compuesto/L) (A)	0.000202	2017-11-06 - 2017-11-16	<0	<0	<0	<0
Methidathion (mg Compuesto/L) (A)	0.000176	2017-11-06 - 2017-11-16	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008
Phenitrothion (mg Compuesto/L) (B)	0.000224	2017-11-06 - 2017-11-16	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Malathion (mg Compuesto/L) (A)	0.000233	2017-11-06 - 2017-11-16	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Phosfite (mg Compuesto/L) (A)	0.000215	2017-11-06 - 2017-11-16	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Sinfolos (g Compuesto/L) (A)	0.000224	2017-11-06 - 2017-11-16	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Tolukon (g/litro) (mg Compuesto/L) (A)	0.000186	2017-11-06 - 2017-11-16	<0.0009	<0.0009	<0.0009	<0.0009
Totales (mg Compuesto/L) (A)	0.000176	2017-11-06 - 2017-11-16	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008
Triclorfonato (mg Compuesto/L) (A)	0.000197	2017-11-06 - 2017-11-16	<0.0000	<0.0000	<0.0000	<0.0000
Triphenilfosfato (mg Compuesto/L) (A)	0.000189	2017-11-06 - 2017-11-16	<0	<0	<0	<0

La fecha de análisis relacionada en la tabla de resultados corresponde a la fecha de reporte de resultados.

(A) = Estos resultados de Análisis están acreditados por el IDEAM bajo Resolución Número 1546 del 21 de Julio de 2016

N.R. = No Reportado

ADVERTENCIA: La(s) muestra(s) a la(s) que se refieren los datos que figuran en este informe/certificado (en lo sucesivo, "los datos") ha(n) sido proporcionado(s) por el Cliente o un tercero de conformidad con las directrices del Cliente. En consecuencia, los datos que figuran en el Informe no constituyen una garantía de la representatividad de la(s) muestra(s) y por tanto se refieren únicamente y exclusivamente a la(s) muestra(s). La Compañía no es responsable del origen o la fuente de donde ha(n) sido extraído(s) la(s) muestra(s). Los reportes emitidos como consecuencia de inspecciones o ensayos con base en muestras, contienen la opinión de la compañía, única y exclusivamente sobre las muestras que hayan sido objeto de inspección o ensayo, por lo que bajo ninguna circunstancia podrá interpretarse que contienen una opinión sobre la totalidad del lote del que haya sido obtenida la muestra objeto de la inspección o ensayo.

SGS COLOMBIA SAS | Environmental Services, Carrera 100 No. 25C-11, Bogotá - Cundinamarca

Member of the SGS Group | Société Générale de Surveillance

Este documento es emitido por la compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página [http://www.sgs.com/terms\\_and\\_conditions.htm](http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm). Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción derivadas en dichas Condiciones Generales de Servicio. Se informe a cualquier persona que tenga en su poder este documento, que el contenido del mismo refleja los hallazgos de la compañía solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del cliente, si hubiera algunas. La Compañía es únicamente responsable ante su cliente y este documento no emite a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción.

Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

Las quejas, apelaciones o consultas sobre la validez de este certificado podrán ser enviadas al correo [cs.servicioalcliente@sgs.com](mailto:cs.servicioalcliente@sgs.com) o al teléfono 74 22 274 extensión 2537.

**INFORME DE ENSAYO**  
**BO1709474**

**Control de Calidad**

MIL: Blanco del proceso.  
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.  
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.  
MSD %RPD: Porcentaje de desviación relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.  
Dup %RPD: Porcentaje de desviación relativa entre los duplicados del proceso.

**Polifenilos Organoclorados**

**Método: EPA 8211 B: Organochlorine Phenols by Gas Chromatography, Rev. 3, February 2007**

Parámetro	Unidad	L.C	Mil
Totales	ng	4,7e-005	<0,00005
ALPHA-BHC	ng	5,5e-005	<0,000
gamma-BHC (Lindano)	ng	4,9e-005	<0,000
beta-BHC	ng	5,2e-005	<0,000
delta-BHC	ng	5e-005	<0,000
Heptacloro	ng	5,3e-005	<0,000
Aldrin	ng	5,3e-005	<0,000
Heptacloro epóxido (somero B)	ng	5e-005	<0,000
trans-nonacilano	ng	5,3e-005	<0,000
4,4'-DDE	ng	5,3e-005	<0,000
cis-4,4'-DDE	ng	5,2e-005	<0,000
Dieldrin	ng	4,8e-005	<0,000
Endosulfan I	ng	5,1e-005	<0,000
Endrin	ng	4,7e-005	<0,000
4,4'-DDD	ng	5,2e-005	<0,000
Endosulfan III	ng	5,2e-005	<0,000
4,4-DDT	ng	4,95e-005	<0,000
Endrin aldehído	ng	5e-005	<0,000
Metoxidoro	ng	5,3e-005	<0,000
Endosulfan sulfoxo	ng	4,9e-005	<0,000
Endrin citona	ng	5,3e-005	<0,000

**Polifenilos Organofosforados**

**Método: EPA 8141 B: Organophosphorus Compounds by Gas Chromatography, Rev. 3, February 2007**

Parámetro	Unidad	L.C	Mil
Azinfos metil (guthion)	ng	0,000176	<0
Beltar (sufotio)	ng	0,000194	<0
Clorpirifos (Dursban)	ng	0,000219	<0
Coumalfos	ng	0,000176	<0
Dementon O	ng	0,000216	<0
Dieldrinon	ng	0,000201	<0
Diclorvos (DDVP)	ng	0,000211	<0
Disulfoton	ng	0,000199	<0
Ethoprofos	ng	0,000213	<0
Fenclorofos	ng	0,000189	<0
Fenitrothion	ng	0,000225	<0

La fecha de análisis mencionada en la tabla de resultados corresponde a la fecha de reporte de resultados.

(A) = Estos resultados de Análisis están acreditados por el IDEAM bajo Resolución Número 1564 del 21 de Julio de 2016

N.R. = No Reportado

**ADVERTENCIA:** La(s) muestra(s) a la(s) que se refieren los datos que figuran en este informe/certificado (en lo sucesivo "los datos") ha(n) sido proporcionado por el Cliente o un tercero de conformidad con las directrices del Cliente. En consecuencia los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la(s) muestra(s) y por tanto se refieren únicamente y exclusivamente a dicho(s) muestra(s). La Compañía no es responsable del origen o la fuente de donde ha(n) sido extraído(s) los muestra(s).

Los reportes emitidos como consecuencia de inspecciones o ensayos con base en muestras, contienen la opinión de la compañía, única y exclusivamente sobre las muestras que hayan sido objeto de inspección o ensayo, por lo que bajo ninguna circunstancia podrá interpretarse que contienen una opinión sobre la totalidad del lote del que haya sido obtenida la muestra objeto de la inspección o ensayo.

SGS COLONIA SAS | Environmental Services, Carrera 100 No. 25C-11, Bogotá - Cundinamarca

Membrez a l'Institut SGS Group (Société à Capital de la Suisse SA)

Este documento es emitido por la compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página [http://www.sgs.com/terms\\_and\\_conditions](http://www.sgs.com/terms_and_conditions). Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio.

Se informa a cualquier persona que tenga en su poder este documento, que el contenido del mismo refleja los hallazgos de la compañía solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del cliente, si hubiera algunas. La Compañía es únicamente responsable ante su cliente y este documento no exime a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción.

Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

Las quejas, apelaciones o consultas sobre la validez de este certificado podrán ser enviadas al correo [sgs.com@sgs.com](mailto:sgs.com@sgs.com) o al teléfono 742.2274 extensi6n 2392.



