



**Planes de Contingencia de los Sistemas de Suministro de Agua para Consumo Humano  
de los Municipios de San Pedro de los Milagros y Segovia.**

Natali Duque Salgado

Práctica académica como requisito para optar al título de Ingeniera Sanitaria.

Asesor interno

Diego Alejandro Chalarca Rodríguez, Magíster en Ingeniería

Asesor externo

Daniela María Zapata Caro, Especialista en Geo- Informática y Medio Ambiente.

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería  
Ingeniería Sanitaria  
Medellín, Antioquia, Colombia

2022

---

|                            |   |
|----------------------------|---|
| <b>Cita</b>                | (Duque Salgado, 2022)   |
| <b>Referencia</b>          | Duque Salgado, N. (2022). <i>Planes de contingencia de los sistemas de suministro de agua para consumo humano de los Municipios de San Pedro de los Milagros y Segovia</i> . [Prácticas académicas profesionales]. Ingeniería Sanitaria Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. |
| <b>Estilo APA 7 (2020)</b> |   |

---



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes

**Decano/Director:** Jesús Francisco Vargas Bonilla

**Jefe departamento:** Diana Catalina Rodríguez Loaiza

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este logro lo dedico con todo mi amor y cariño a mi madre que siempre me ha apoyado y a creído en mí, a mi hermano y padre que han sido un ejemplo y luz en los momentos más difíciles. Un agradecimiento especial al profesor Diego Alejandro Chalarca por su profesionalismo y acompañamiento durante mis prácticas, a la empresa Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A E.S. P por tantas enseñanzas, fueron fundamentales en este proceso. Agradezco infinitamente a mis compañeros y amigos que nutrieron y llenaron de aprendizaje mi paso por la universidad, por último y no menos importante a toda mi familia y mi hermosa alma mater, de la cual me siento orgullosa de haber pertenecido y a la cual siempre honraré su nombre.

## TABLA DE CONTENIDO

|   |    |
|---|----|
| RESUMEN .....   | 7  |
| ABSTRACT.....   | 8  |
| 1.INTRODUCCIÓN .....  | 9  |
| 1.1. ANTECEDENTES. ....   | 10 |
| 2. JUSTIFICACIÓN. ....  | 11 |
| 3. OBJETIVOS .....  | 12 |
| 3.1. General.....   | 12 |
| 3.2 Específicos. ....   | 12 |
| 4. MARCO TEÓRICO.....   | 13 |
| 5. METODOLOGÍA.....   | 15 |
| 5.1 Sitio de estudio .....  | 15 |
| 5.1.1 El Municipio de San Pedro de los Milagros .....   | 15 |
| 5.1.2 El municipio de Segovia .....   | 16 |
| 5.2 Recopilación de la información primaria y secundaria.....   | 18 |
| 5.2.1 Información secundaria.....   | 18 |
| 5.2.2 Información primaria .....  | 18 |
| 5.3 FACTORES DE VULNERABILIDAD. ....  | 19 |
| 5.3.1 Amenazas que enfrenta cada municipio. ....  | 20 |
| 5.3.2. Capacidades estructurales, económica y técnicas de cada municipio.....   | 22 |
| 5.3.3 Riesgos que atañen a la fuente abastecedora. ....   | 22 |
| 5.3.4. Plan de reducción de riesgo .....  | 23 |
| 5.3.5. Estrategias .....  | 23 |
| 6. RESULTADOS Y ANALISIS. ....  | 23 |
| 6.1 Recopilación de la información.....   | 23 |
| 6.2 Conocimiento del riesgo frente a la calidad del agua para consumo humano. ....  | 24 |
| 6.3 Factores de amenazas y vulnerabilidad.....  | 25 |
| 6.3.1 Contaminantes originados por la prestación de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado.....                   | 29 |
| 6.3.2 Contaminantes aportados por actividades sectoriales, diferentes a los servicios públicos de acueducto domiciliarios. .... | 29 |
| 6.3.3. Aportes de contaminantes puntuales y transitorios.....   | 30 |
| 6.3.4 Vulnerabilidad.....   | 30 |

|  |    |
|--|----|
| 6.3.4.1 Capacidad de identificación las sustancias que afectan la calidad de agua .....                                    | 30 |
| 6.3.3.2 Capacidad instalada para tratar los contaminantes que transportan el agua ....                                     | 31 |
| 6.3.3.3 Capacidad instalada para tratar los contaminantes que transportan el agua. ....                                    | 31 |
| 6.3.3.4 Procedimientos para tratar contaminantes. ....   | 31 |
| 6.3.3.5 Capacidad humana y técnica para identificar, tratar y remover las sustancias que alteran la calidad del agua. .... | 31 |
| 6.4 Riesgo. ....   | 32 |
| 6.5 Estrategias para la reducción del riesgo. ....   | 33 |
| 6.6 Plan de emergencia y contingencia. ....  | 34 |
| 6.6.1 Activación de alarma. ....   | 34 |
| 6.6.2 Suspensión del servicio público de acueducto. ....   | 35 |
| 6.6.3 Tratamiento de agua para eliminar las sustancias que altera su calidad .....   | 35 |
| 6.6.4 Limpieza de la infraestructura afectada. ....  | 35 |
| 7. Bibliografía .....  | 36 |

### **LISTA DE TABLAS**

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Registro histórico encontrado en la Base de datos de DesInventar (Sistema de Inventario de Desastre). ....                   | 20 |
| Tabla 2. Histórico de eventos (DAPARD) .....  | 20 |
| Tabla 3. Histórico de eventos (DAPARD) .....  | 21 |
| Tabla 4. Calificación de amenazas en los municipios de Segovia y San Pedro de los Milagros. ....                                      | 26 |
| Tabla 5. Resumen de sustancias originadas por fenómenos naturales y socio naturales, del municipio de Segovia. ....                   | 27 |
| Tabla 6. Resumen de sustancias originadas por fenómenos naturales y socio naturales, del municipio de San Pedro de los Milagros. .... | 28 |

### **LISTA DE FIGURAS**

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Sitio de estudio, Municipio de San Pedro de los Milagros - Antioquia. ....  | 15 |
| Figura 2. Sitio de estudio, Municipio de Segovia - Antioquia. ....  | 16 |
| Figura 3. Diseño de metodología para la ejecución de los planes de contingencia de los sistemas de suministro de agua para consumo humano. .... | 17 |
| Figura 4. Toma de muestra quebrada el Hato, municipio de San Pedro de los Milagros. ....  | 18 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 5. Conservación de la muestra, a temperatura óptimas para el traslado al laboratorio<br>Acuazul. .... | 19 |
| Figura 6. Fuente de abastecimiento del Municipio de Segovia, Quebrada Popales. ....                          | 24 |
| Figura 7. Fuente de abastecimiento del Municipio de San Pedro de los Milagros, Cuenca el<br>Hato. ....       | 25 |

## RESUMEN

La calidad del agua es un factor que limita la disponibilidad de este recurso y restringe el rango de posibles usos (IDEAM, 2010), por lo que se pretende conocer algunos factores que se podrían considerar como elementos de la vulnerabilidad, para el suministro de agua para el consumo humano. Esto se debe a que las dinámicas del municipio, son cambiantes en el tiempo, así como las vocaciones y tendencias de los habitantes propios y foráneos, constituyen hechos relevantes de significancia que hacen necesario orientar acciones futuras que den respuestas a esas aspiraciones y tendencias (Administración municipal, 2018).

La gestión del riesgo, es un proceso estructurado para el manejo de la incertidumbre referente a una amenaza, las cuales se pueden presentar por medio de eventos naturales o por el uso inadecuado del suelo y deficiencias en las prácticas de las actividades humanas, es por ello que es necesario diseñar, administrar e implementar medidas de reducción de riesgo, con el fin de garantizar la sostenibilidad, la seguridad territorial, los intereses colectivos y la calidad de vida de la población, a partir de esto, se puede contribuir a un desarrollo sostenible.

Los municipios de Segovia como en San Pedro de los milagros, requiere de la implementación de planes de contingencia para el sistema de suministro de agua potable en busca de cumplir con la Normatividad Colombiana y garantizar así la prestación de calidad y de forma continua con una cobertura del 100% en acueducto, por lo que este trabajo tuvo como objetivo apoyar el diseño y construcción de dichos planes, los cuales permitieron evaluar las amenazas que enfrenta dichos municipios desde la fuente de abastecimiento de agua.

*Palabras claves: contingencia, abastecimiento, vulnerabilidad, riesgo, amenaza.*

## ABSTRACT

Water quality is a factor that limits the availability of this resource and restricts the range of possible uses (IDEAM, 2010), so it is intended to know some factors that could be considered as elements of vulnerability, for the water supply for human consumption. This is due to the fact that the dynamics of the municipality are changing over time, as well as the vocations and tendencies of its own and foreign inhabitants, constitute relevant events of significance that make it necessary to guide future actions that respond to those aspirations and trends (Administration municipal, 2018).

Risk management is a structured process for managing uncertainty regarding a threat, which can occur through natural events or due to improper use of the land and deficiencies in the practices of human activities, that is why that it is necessary to design, manage and implement risk reduction measures, in order to guarantee sustainability, territorial security, collective interests and the quality of life of the population, from this, it is possible to contribute to sustainable development.

The municipalities of Segovia, such as San Pedro of the Milagros, require the implementation of contingency plans for the drinking water supply system in order to comply with Colombian Regulations and thus guarantee the provision of quality and continuously with coverage 100% in the aqueduct, so this work aimed to support the design and construction of these plans, which allowed evaluating the threats faced by these municipalities from the source of water supply.

*Keywords: contingency, supplying, vulnerability, risk, hazard.*



## 1. INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los compuestos más abundantes en la naturaleza, ya que abarca una gran parte de la superficie de tierra, sin embargo a pesar de su supuesta abundancia, existen diversos factores que condicionan la cantidad del vital líquido disponible para el consumo humano. Es importante resaltar que se hace necesario la utilización del agua en óptima calidad, por lo cual se han diseñado procesos que permiten la descontaminación de este recurso (Salamanca, 2016), mediante la evaluación de la calidad o el grado de calidad del agua en Colombia se encuentra muy bien definido en la normatividad, tales como la Resolución 2115 de 2007, que hace alusión a las características físicas, químicas y microbiológico, que debe cumplir el agua, para ser apta para el consumo humano.

No obstante, la disponibilidad del agua es sólo una parte del problema. Las diversas actividades generadas por el hombre han provocado una modificación de las características de los recursos hídricos, alcanzando niveles de contaminación que han dificultado el tratamiento del agua para consumo humano, por esta razón los procesos para tratar el agua son cada vez más complejos (Camacho, 2011). La dificultad de los procesos va a depender de las condiciones del agua superficial en estudio y de la vulnerabilidad en la cuenca, ante aspectos como la topografía, uso del suelo, demanda de agua, disponibilidad de agua, registros de precipitación y actividad antrópica; por tal motivo es importante proteger la calidad del agua desde la fuente para evitar incremento en costos en cuanto al tratamiento del agua, por otra parte, evitar conflictos tanto en el aspecto social y ecológico, para ello es necesario hacer una evaluación y seguimiento constante de los parámetros físicos, químicos y microbiológico de dichas cuerpos hídricos. puesto que la demanda de agua va en aumento en relación con el recurso hídrico disponible, existe una explotación desmedida de las fuentes, además de contaminación, mal uso y desperdicio, causados por la utilización de sistemas de distribución inadecuados e ineficientes (Arango, R. A., 2013).

Es necesario la implementación de planes de contingencia mediante de una metodología estructurada para el manejo de la incertidumbre referente a una amenaza, las cuales se pueden presentan por medio de eventos naturales o por la secuencia de actividades humanas, es por ello que es necesario diseñar y administrar medidas de reducción de riesgo, con el fin de garantizar la sostenibilidad, el bienestar, la seguridad territorial, los intereses

colectivos y la calidad de vida de la población y a partir de esto, se puede contribuir a un desarrollo sostenible (Congreso de la república, 2012).

Esta propuesta centra en apoyar las actividades concernientes a la realización de planes de contingencia de suministro de sistemas de agua para el consumo humano para los municipios de Segovia y San Pedro de los Milagros, el cual reúne una serie de actividades mínimas que debe de cumplir las personas prestadoras de servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo, como en este caso es la empresa AAS S.A.

## **1.1. ANTECEDENTES.**

### **LA EMPRESA**

Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A. E.S.P, la cual está dedicada a la prestación de servicios de sistemas acueductos y alcantarillado a más de 11 municipios antioqueño además de prestar servicios en el sector privado de interventoría, construcción, diseño, consultoría y calidad de agua, desde 1997.

### **PLAN DE CONTINGENCIA.**

El plan de contingencia de los sistemas de suministro de agua para consumo humano, permite a la empresa Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A. E.S.P. dar una respuesta inmediata y eficiente ante la ocurrencia de evento de origen natural y antrópico, los cuales se pueden presentar por el uso inadecuado del suelo y deficiencia en las prácticas. Es por ello mediante de una metodología estructurada se busca evaluar, diagnósticas y estudiar las amenazas, con el fin de establecer medidas de reducción de riesgo y actuar oportunamente en caso de que se presente algún evento que pueda afectar la calidad del agua de la fuente que abastece los municipios.

## **2. JUSTIFICACIÓN.**

Con la elaboración del plan de emergencia y contingencia, la empresa Acueducto y Alcantarillado Sostenible S.A E.S. P, pretende planificar una serie de actividades que deben desarrollarse cuando se presente una emergencia asociada a la alteración de la calidad del agua para la población atendida. Para la estructuración de dicho plan es necesario evaluar las capacidades, con las que actualmente cuenta la empresa tanto financiera como estructural y de personal, esto para determinar las vulnerabilidades propias de la empresa ante una alteración en la calidad de agua, también es necesario hacer una evaluación de las amenazas que atañe el municipio y para luego hacer una evaluación más detallada de la zona de la fuente de abastecimiento.

Es importante contar con un plan de contingencia de suministro de agua para el consumo humano, para tener mejor vigilancia y control del de la calidad del agua potable, ya que de la mano con el mapa de riesgo se busca que los análisis a dichas aguas sean exhaustivos, garantizando una detención temprana a cualquier irregularidad en la calidad del agua que afecte la salud humana.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. General.**

Apoyar el diseño de los planes de contingencia de los sistemas de suministro de agua para consumo humanos de los municipios de Segovia y San Pedro de los Milagros.

#### **3.2 Específicos.**

- Establecer los posibles riesgos que pueden presentar las fuentes abastecedoras de los municipios de Segovia y San Pedro de los milagros.
- Proponer estrategias para la reducción del riesgo en la calidad del agua.
- Formular los planes de contingencia de los sistemas de suministro de agua para consumo humanos de los municipios de Segovia y San Pedro de los Milagros.

#### **4. MARCO TEÓRICO.**

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial, mediante la Resolución 2115 de 2007, establece parámetros físicos, químicas y microbiológicas, que se debe de cumplir para garantizar el consumo de humano, para no afectar la salud de las personas. Para una mejor distribución o suministro de agua potable, todas las personas prestadoras de servicios de acueducto deben de estar regidas por el Decreto 1575 del 2007 del Ministerio de la Protección Social, en la cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua, teniendo como finalidad la prevención del riesgo para la salud humana por consumo de aguas contaminadas y una regulación en dichas entidades.

El déficit de agua genera problemas de disponibilidad, desabastecimiento y racionamiento de agua con sus consecuentes efectos nocivos sobre la calidad de vida de la población y sus actividades económicas. Aunque el mayor uso de agua es para la actividad agropecuaria, los aspectos más críticos de disponibilidad tienen relación con el abastecimiento de agua potable para la población, para los procesos industriales y para la generación de energía eléctrica (Minambiente, 2021).

Por lo anterior es importante, la implementación de planes de contingencia, para garantizar una atención inmediata y evitar la interrupción del servicio por un tiempo prolongado, además de tener una guía bien estructurada para saber cómo se debe de actuar ante la situación presentada, es por esto que el Ministerio de Salud y Protección Social y la Ministerio de Vivienda, ciudad y Territorio mediante la Resolución 0549 de 2017, El plan de e contingencias debe ser elaborado por la persona prestadora del servicio público de acueducto y tiene el objetivo de planificar detalladamente las actividades que deben desarrollarse cuando se presente una emergencia asociada a la alteración de la calidad del agua para consumo humano (Ministerio de salud, 2017), teniendo en cuenta las 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.

En la resolución 0549 de 2017 (Ministerio de salud, 2017), se cuenta con un anexo técnico, que establece una guía de 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. Esta guía inicia con un conocimiento sobre el riesgo frente a la calidad del agua para consumo humano que enfrenta el municipio, evaluando las amenazas

que la pueden alterar dicha calidad, por aportes de contaminantes directos, indirectos, puntuales, transitorios o de forma permanente, por lo que se debe realizar una caracterización de la fuente.

Siguiendo el modelo de la Resolución 0549 de 2017, se evaluó la reducción del riesgo asociado a la calidad del agua, determinando los procesos de muestreo y tratamiento del agua para el consumo humano, con deseo fortalecer, para ello fue necesario realizar un seguimiento continuo de los parámetros físicos, químicos y microbiológico de la cuenca, con el fin de prevenir una afectación por consumo de agua contaminada y finalmente manejo de desastre asociado a la calidad del agua para el consumo humano, que trata sobre, el accionar de la empresa frente a una posible afectación en la calidad del agua.

Aunque también fue de vital importancia contar con los mapas de riesgo, descritos en la resolución 4716 del 2010, mediante el Ministerio de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial “ Se establecen las condiciones para elaborar los mapas de riesgos de la calidad del agua para Consumo Humano “(Ministerio, 2010), los cuales, nos ayudaron a tener mayor claridad del lugar y la planificación del sitio en estudio, y adicionalmente a ellos nos indican cuantos y cuales muestreos hay que hacerle a la fuente de captación, por su exposición.

## 5. METODOLOGÍA.

### 5.1 Sitio de estudio.

Los planes de contingencia para el suministro de agua para el consumo humano entregados el 14 de diciembre de 20, se hicieron en los municipios de San Pedro de los Milagros y Segovia, a petición de la empresa Acueductos y Alcantarillado Sostenible S.A E.S. P y Aguas del Pocuné S.A E.S.P.

#### 5.1.1 El Municipio de San Pedro de los Milagros.

Está ubicado hacia el norte Antioqueño, a una distancia de 44 kilómetros del Municipio de Medellín, por la vía al mar y una extensión de 229 km<sup>2</sup>. Limita al norte con el municipio de Entrerriós y Belmira, al noroccidente con el municipio de Olaya, al Oriente con el municipio de don Matías, al occidente con el Municipio de San Jerónimo, al suroccidente con el municipio de Girardota, al sur con el municipio de Bello.

El área urbana está conformada al occidente por los barrios El Calvario, Belén, El Carmelo, San José, Barrio Nuevo y Obrero; al nororiente el barrio El Cementerio; al sur los barrios Miraflores, La Quinta, Plaza Centenario; al norte los barrios Los Encenillos y Los Garcías; al sur occidente el barrio El Milagro. El área central inmediatamente a la plaza y el barrio Guararú (A.A.S S.A E.S.P, 2008).

**Figura 1.** *Sitio de estudio, Municipio de San Pedro de los Milagros- Antioquia.*



**Fuente:** Plan municipal de gestión del riesgo de desastres del municipio de San Pedro de los Milagros.



### 5.1.2 El Municipio de Segovia.

Se encuentra en el Nordeste de Antioquia, a 227 km de Medellín y hace parte del territorio Zenufaná de Corantioquia. Su cabecera, se encuentra a los 7°04'28" de latitud al Norte de la línea ecuatorial y a los 74° 41'56" de longitud al Oeste de Meridiano de Greenwich, a 650 sobre el nivel del mar (650 m.s.n.m) (Universidad de Antioquia-Gobernación de Antioquia, 2012).

**Figura 2.** Sitio de estudio, Municipio de Segovia - Antioquia.



**Fuente:** <https://www.facebook.com/218824358215908/photos/a.218825094882501/218825104882500/>

#### ➤ **Desarrollo de la metodología.**

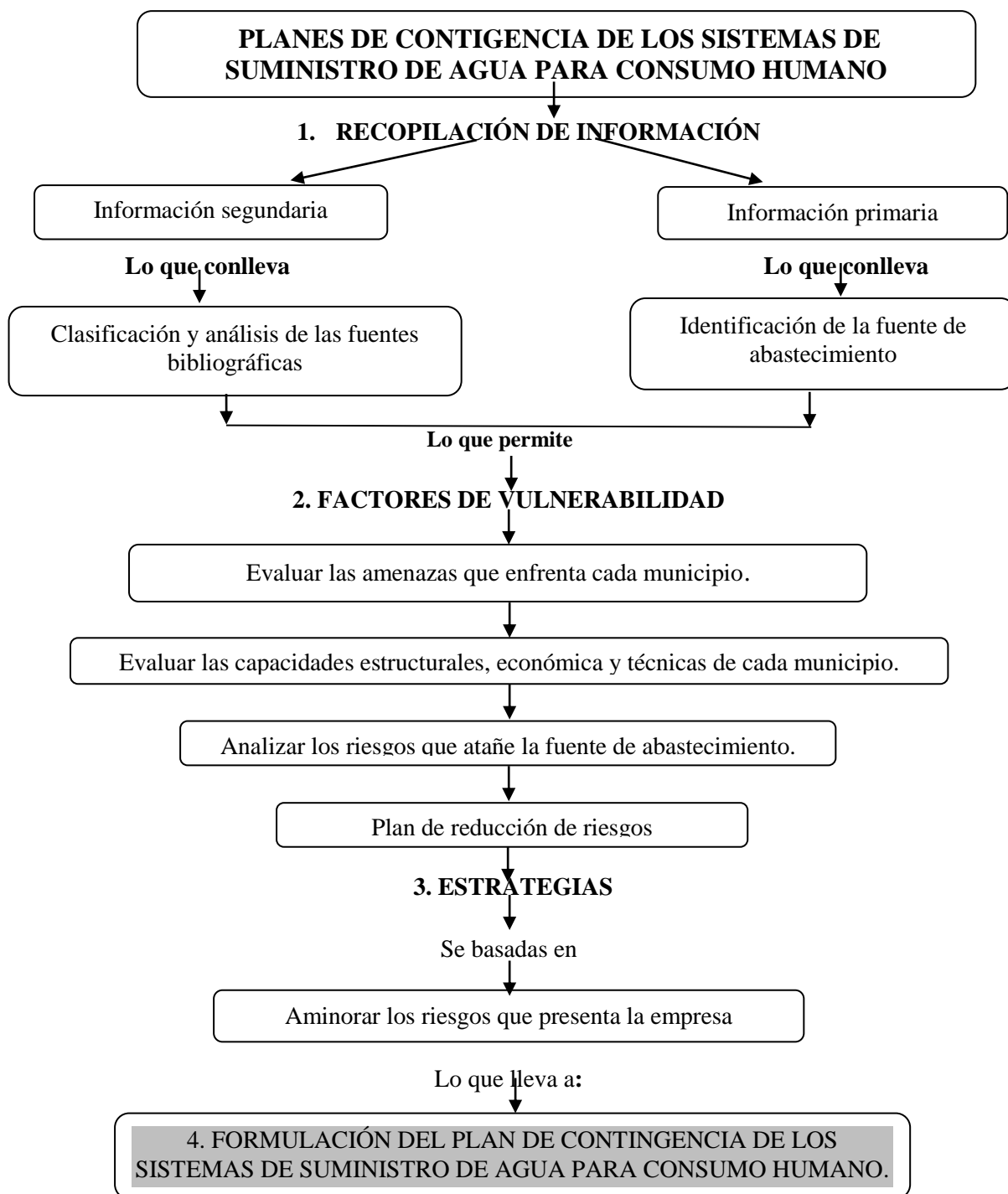
Para dar cumplimiento a los objetivos planteados se llevaron a cabo cuatro actividades principales, las cuales hacen parte de la formulación de los planes de contingencia

1. Recopilación de información
2. Identificación de “factores de vulnerabilidad” del sistema de abastecimiento de agua de la empresa
3. Estrategias de reducción de riesgos
4. Formulación de los planes de contingencia.

Estas actividades se desglosan en el organigrama que se presenta en la **Figura 3**.



**Figura 3.** *Diseño de metodología para la ejecución de los planes de contingencia de los sistemas de suministro de agua para consumo humano.*



Fuente: propia.

A continuación, se explican cada una de las etapas desarrolladas en la metodología.

## 5.2 Recopilación de la información primaria y secundaria.

### 5.2.1 Información secundaria

Para llevar a cabo la ejecución del plan de contingencia para suministro de agua para el consumo humano, se tuvo en cuenta los documentos elaborados por la empresa Acueductos y Alcantarillado Sostenible S.A E.S. P, tales como el manual de funcionamiento para la planta de agua potable, plan de contingencia de acueducto y alcantarillado, plan de saneamiento y manejo de vertimiento, entre otros.

Se recopiló la mayor cantidad de información que pudiera contribuir a dar inicio al proyecto, es por ello que se clasificó la información en primaria y secundaria, esta clasificación se hizo según la fuente en la cual se encontró dicha datos (Obtenidos en las salidas de campo realizadas, ingenieros de zona, operarios o en fuentes bibliográficas).

### 5.2.2 Información primaria.

Se hicieron visitas de campo para la identificación de la zona y tener mejor claridad del sitio en estudio, haciendo un reconocimiento visual de posibles afectaciones antrópicas y naturales, que podrían causar variación en los parámetros físicos, químicos o microbiológico en la fuente de captación, elevando a niveles tan altos con cierto tipo de contaminantes que no estén contemplados en los tratamientos que se realizan actualmente a dichas aguas y que puedan poner el riesgo la salud humana, al no cumplir con la resolución 2115 del 2017.

**Figura 4.** Toma de muestra quebrada el Hato, municipio de San Pedro de los Milagros.



**Fuente:** Propia.

Se realizó toma de muestras para conocer los parámetros de la fuente de estudio y una vez finalizada toma de las muestras se conservan adecuadamente para luego ser trasladados al laboratorio donde se le hará el respectivo análisis.

**Figura 5.** *Conservación de la muestra, a temperatura óptimas para el traslado al laboratorio Acuazul.*



**Fuente:** Propia.

Las muestras fueron enviadas a ACUAZUL, laboratorio acreditado por el IDEAM bajo la norma NTC ISO 17025 de 2006, según resolución No 3659 del 30 de diciembre de 2014 en aguas crudas y residuales. Donde se le hace análisis de Nitritos (mg NO<sub>2</sub>-/l), pH (Unidades de pH), DBO<sub>5</sub> (mg O<sub>2</sub>/L), Sólidos sedimentables (ml/L), Hidrocarburos Totales (mg/l), Nitratos (mg NO<sub>3</sub>-/l), Alcalinidad total (mg CaCO<sub>3</sub>/L), Ortofosfatos (mg PO<sub>4</sub><sup>3</sup>/L), Sólidos suspendidos volátiles (mg SSV/L). También es importante resaltar que se le realizan análisis microbiológicos como el de los coliformes totales (UFC/100 mL) y Escherichia Coli (UFC/100 mL).

### **5.3 FACTORES DE VULNERABILIDAD.**

Para ellos se evaluó las amenazas, las capacidades estructurales, económicas y técnicas y el riesgo que atañe a las fuentes de abastecimiento que enfrenta cada municipio, para con ello poder ejecutar un plan de reducción de riesgos.

### 5.3.1 Amenazas que enfrenta cada municipio.

Teniendo en cuenta que las amenazas se relacionan con el peligro latente, que representa la probable manifestación de un fenómeno físico de origen natural o socio natural, que puede ocasionar efectos en la salud de las personas, la producción, la infraestructura y los bienes y servicios. Este factor se expresa como la probabilidad de que un fenómeno se presente, con una cierta intensidad, en un sitio específico y dentro de un periodo de tiempo definido. se procedió hacer una investigación con los operarios de las plantas de tratamiento de agua potable, los ingenieros de zona y basados en los antecedentes históricos, se identificarán todas aquellas situaciones de emergencias y/o de grandes desastres que han alterado el funcionamiento normal del municipio en un pasado. Teniendo como punto de partida las amenazas que se han hecho efectivas en el municipio, se determinan cuáles serían las amenazas que en la actualidad o en un futuro podrían alterar de nuevo el normal funcionamiento (CLOPAD, 2006).

- **San Pedro de los Milagros**

**Tabla 1.** *Registro histórico encontrado en la Base de datos de DesInventar (Sistema de Inventario de Desastre).*

| Fecha de Inicio | Tipo de evento | Fecha de Inicio | Tipo de evento    |
|-----------------|----------------|-----------------|-------------------|
| 26/06/1994      | Inundación     | 15/08/1997      | Incendio forestal |
| 26/10/1956      | Deslizamiento  | 24/01/2004      | Incendio          |
| 15/05/1967      | Tempestad      | 07/07/2006      | Incendio          |
| 24/08/1995      | Deslizamiento  | 05/03/2007      | Helada            |
| 13/03/1996      | Sismo          |                 |                   |

**Fuente:** Plan municipal de gestión del riesgo de desastres, 2016.

Adicionalmente del plan municipal de gestión del riesgo de desastre del municipio de San Pedro de los Milagros, se encontraron más datos históricos de eventos en el DAPARD.

**Tabla 2.** *Histórico de eventos (DAPARD)*

| Año  | Fecha de evento | Evento  |
|------|-----------------|---------|
| 2012 | --              | N/A     |
| 2013 | --              | N/A     |
| 2014 | --              | N/A     |
| 2015 | 07/02/2015      | Lluvias |
| 2015 | 09/02/2015      | Lluvias |
| 2015 | 20/02/2015      | Lluvias |
| 2015 | 28/02/2015      | Lluvias |

| Año  | Fecha de evento | Evento             |
|------|-----------------|--------------------|
| 2015 | 06/03/2015      | Lluvias            |
| 2015 | 18/03/2015      | Lluvias            |
| 2015 | 08/04/2015      | Lluvias            |
| 2015 | 15/04/2015      | Tormenta eléctrica |
| 2015 | 20/04/2015      | Tormenta eléctrica |
| 2015 | 29/07/2015      | Vendaval           |
| 2015 | 10/11/2015      | Vendaval           |
| 2016 | 04/02/2016      | Incendio Forestal  |
| 2016 | 04/02/2016      | Incendio Forestal  |
| 2016 | 04/02/2016      | Incendio Forestal  |
| 2016 | 12/11/2016      | Deslizamiento      |
| 2017 | -               | N/A                |

Fuente: <http://antioquia.gov.co/index.php/hist%C3%B3rico-de-eventos-dapard>

- **Segovia.**

Según el histórico dado por el Departamento Administrativo del Sistema para la Prevención, Atención y Recuperación de Desastres de la Gobernación de Antioquia (DAPARD), en la ficha de Reporte de emergencias, los cuales han sido reportados por los Consejos Municipales de Gestión del Riesgo de Desastres. Se tiene:

**Tabla 3.** *Histórico de eventos (DAPARD)*

| Año  | Fecha evento       | Evento            |
|------|--------------------|-------------------|
| 2013 | 12/Agosto/2013     | Deslizamiento     |
| 2013 | 17/Agosto/ 2013    | Inundación        |
| 2014 | 29/Enero/2014      | Incendio          |
| 2014 | 07/Junio/ 2014     | Vendaval          |
| 2015 | 29/Mayo/2015       | Deslizamiento     |
| 2015 | 22/Mayo/2015       | Vendaval          |
| 2015 | 02/Junio/2015      | Deslizamiento     |
| 2015 | 25/Septiembre/2015 | lluvia            |
| 2016 | 26/Enero/2016      | Incendio Forestal |
| 2016 | 26/Enero/2016      | Incendio Forestal |
| 2016 | 20/Enero/2016      | Incendio Forestal |
| 2016 | 15/Enero/2016      | Incendio Forestal |
| 2016 | 06/Febrero/2016    | Incendio Forestal |
| 2016 | 15/Febrero/2016    | Incendio Forestal |
| 2016 | 18/Febrero/2016    | Incendio Forestal |
| 2016 | 01/Julio/2016      | Vendaval          |

Fuente: Plan de emergencia y contingencia asociados a la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado (Aguas de Pocuné S.A.S E.S.P, 2020).

Las dinámicas del municipio, son cambiantes en el tiempo, así como las vocaciones y tendencias de los habitantes propios y foráneos, constituyen hechos relevantes de significancia que hacen necesario orientar acciones futuras que den respuestas a esas aspiraciones y tendencias (Administración municipal, 2018).

En la **Tabla 1, 2 y 3**, se evidencian eventos ocurridos en el municipio y no específicamente en la fuente de abastecimiento, pero son de gran interés para evaluar las amenazas del municipio que pueden de una forma indirecta o directa afectar la calidad del agua.

### **5.3.2. Capacidades estructurales, económica y técnicas de cada municipio.**

Para la evaluación de las capacidades estructurales, económica y técnicas de cada municipio, se verifico que la empresa contara con ciertos requerimientos tales como:

- Mapa de riesgo de la calidad del agua para el consumo Humano del sistema de Acueducto Urbano de los municipios en estudio.
- La capacidad financiera de la empresa para el tratamiento de contaminantes que deterioran la calidad del agua.
- Personal Técnico certificados por el servicio Nacional de Aprendizaje – SENA en competencia laboral.
- La capacidad que tiene la empresa para identificar las sustancias que afectan la calidad del agua en cuanto a laboratorios y puntos de muestreos.

### **5.3.3 Riesgos que atañen a la fuente abastecedora.**

Para el análisis de los riesgos que atañen a la fuente abastecedora de cada municipio, se recopiló toda la información suministrada tanto primaria como secundaria y de los eventos históricos de los fenómenos naturales y socio naturales que sean presentado en el municipio a lo largo del tiempo y a partir de ello, se calificó el nivel del riesgo teniendo en cuenta la gestión organizacional, capacidad y entretenimiento y las características de seguridad, también se tuvo en cuenta el recurso mediante el suministro, edificación y equipo y por último se calificó el sistema y el proceso mediante el servicio, sistemas alternos y la recepción. Esta calificación del nivel del riesgo se dará de alto a bajo dependiendo de los puntajes obtenidos, con el fin de tener un análisis del posible riesgo que pueda enfrentar la fuente abastecedora.

#### **5.3.4. Plan de reducción de riesgo.**

Con la calificación obtenida en el nivel de riesgo, se pretende afianzar aquellas fallas que puede presentar el sistema a causa de los diferentes fenómenos naturales y socio naturales q incidiendo negativamente en la prestación del sistema, es por ellos que se pretende resaltar la importancia al sistema de alertas tempranas, tener definido protocolos de acción dado el caso de un contaminante que afecten la calidad de la fuente y tener definida una alternativa alterna para seguir basteciendo a la población atendida con este vital líquido.

#### **5.3.5. Estrategias.**

Luego de evaluar las vulnerabilidades y amenazas (riesgos) se plantearon estrategias que permitieran “resolver” estos factores identificados en la fuente de abastecimiento de cada municipio, para ellos la empresa acueducto y alcantarillados SAS para el municipio de San Pedro de los Milagros Y Aguas del Pocuné S.A para el municipio de Segovia, se establecen estrategias con el fin de aminorar el riesgo que puede provocar la presencia de algún fenómeno natural o socio natural, también con el fin de evitar las intervenciones antrópicas directas o indirectas aguas arriba de la bocatoma, para esto se establecen una metas a corto, mediano y largo plazo , con el fin de evitar fallas en el sistema de suministro de agua potable.

### **6. RESULTADOS Y ANALISIS.**

#### **6.1 Recopilación de la información.**

La información recopilada fue de vital importancia para poder llevar a cabo la estructuración del plan de contingencia de los sistemas de suministro de agua para consumo humano de cada uno de los municipios, es por ellos que se trabajó conjuntamente con los operarios de las plantas de agua potable, el área de calidad de aguas, coordinador de zona y gerente de operaciones, adicionalmente a ellos se utilizó documentos realizados por la empresa tales como: Plan de emergencia y contingencia para el manejo de desastres y emergencia asociados a la prestación del servicio público domiciliario de acueducto y alcantarillado del año 2020, manual de operaciones del 2020, el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimiento de 2021 y documento establecidos por diferentes entidades como los Mapas de riesgos de la calidad de agua de consumo humano y las concesiones de agua. Teniendo en cuenta que los planes de contingencia de los sistemas de suministro de agua para consumo humano se realizaron y se entregó el 14 de diciembre de 2021 según lo establecido



en resolución 0549 de 2017, (MIISTERIO, 2017) donde se adoptó los criterios y actividades mínimas que deberán tenerse en cuenta en la elaboración de los estudios de riesgo, programa de reducción de riesgo.

## **6.2 Conocimiento del riesgo frente a la calidad del agua para consumo humano.**

Los riesgos asociados con la calidad del agua para el consumo humano presentes en la fuente de abastecimiento que atiende a la población de los Municipio de Segovia y San Pedro de los Milagros, están estrechamente relacionados con contaminantes tanto naturales como antrópicos que pueden alterar la calidad del agua.

- **Segovia .**

La Quebrada Popales, es la cuenca que surte de agua potable para el consumo humano el Área Urbana de la cabecera municipal de Segovia, puede verse afectada por la fuerte actividad minera que data de época colonial y que se ha mantenido y reforzado en los últimos años gracias a la confluencia de diversos factores, dentro de los que destacan: el impulso de un modelo extractivista basado en la apuesta del Gobierno Nacional; el crecimiento de la inversión extranjera; y dinámicas de orden local que favorecen este tipo de actividad económica (Guzmána, 2007).

**Figura 6.** Fuente de abastecimiento del Municipio de Segovia, Quebrada Popales.



**Fuente:** Auxiliar de calidad de aguas AAS S.A.

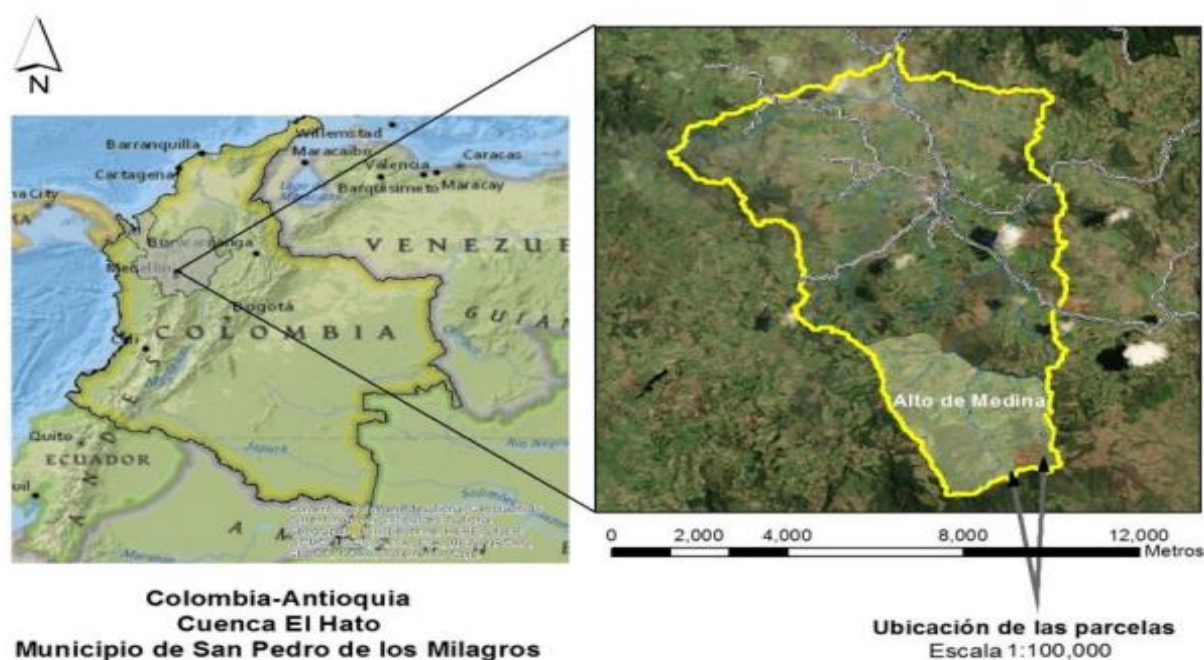
- **San Pedro de los milagros.**

La Quebrada El Hato, fuente que sirve de abastecimiento del casco urbano del municipio San Pedro de los Milagros, puede verse afectada por las actividades económicas predominantes, tales como es la agricultura, la explotación ganadera y en menor medida la explotación forestal. Las cuales pueden representar un riesgo por la alta dependencia de



insumos químicos y un alto contenido de materia orgánica, que por la escorrentía o infiltración de los terrenos llegan hasta la fuente hídrica y causar afectación en la calidad del agua (AAS S.A. E.S.P, 2020). Adicionalmente debemos tener en cuenta otras posibles amenazas potenciales que puede enfrentar la quebrada el Hato relacionadas a los fenómenos naturales debido a las alteraciones por el clima de la zona y la deforestación, las cuales son factores que podrían afectar su buen funcionamiento.

**Figura 7.** Fuente de abastecimiento del Municipio de San Pedro de los Milagros, Cuenca el Hato,.



Fuente: [repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/54381/71787760.2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/54381/71787760.2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

### 6.3 Factores de amenazas y vulnerabilidad.

Los municipios se clasificaron las amenazas según los registros históricos establecidos en las **Tablas 1, 2 y 3**, donde se le asigna una calificación según el comportamiento de eventualidad en el municipio sin tener presente que halla o no, afectado a la fuente de captación.

**POSIBLE:** Nunca ha sucedido

Color: Verde

**PROBABLE:** Ya ha ocurrido

Color: Amarillo

**INMINENTE:** Evidente, Detectable

Color: Rojo

Se encontró que las amenazas de los municipios son los siguientes

**Tabla 4.** *Calificación de amenazas en los municipios de Segovia y San Pedro de los Milagros.*

| AMENAZA                    | MUNICIPIO DE SEGOVIA |   | MUNICIPIO DE SAN PEDRO DE LOS MILAGROS |   |
|----------------------------|----------------------|---|--|---|
|                            | CALIFICACIÓN         | COLOR   | CALIFICACIÓN                           | COLOR   |
| <b>Movimiento en Masa</b>  | Inminente            |    | Probable                               |    |
| <b>Inundación</b>          | Posible              |    | Posible                                |    |
| <b>Incendio</b>            | Probable             |    | Probable                               |    |
| <b>Avenida Torrencial</b>  | Posible              |    | Probable                               |    |
| <b>Sequía</b>              | Probable             |    | Inminente                              |    |
| <b>Vendaval</b>            | Probable             |    | Probable                               |    |
| <b>Sismo</b>               | Posible              |    | Probable                               |    |
| <b>Antrópico Directo</b>   | Posible              |   | Posible                                |   |
| <b>Antrópico indirecto</b> | Inminente            |  | Inminente                              |  |
| <b>Erosión</b>             |                      |   | Probable                               |  |

**Fuente:** Propia.

A continuación, se presenta un resumen como se vería afectado el suministro de agua en caso de una ocurrir alguno de estos de fenómenos naturales y socio naturales, en zonas aledañas a la fuente de abastecimiento (Quebrada Popales y Quebrada el Hato) generando aportes de contaminantes directas e indirectas, y afectando de cierta manera la calidad del agua.

**Tabla 5.** Resumen de sustancias originadas por fenómenos naturales y socio naturales, del municipio de Segovia.

| Amenazas  |                                     | Área de análisis   | Fenómenos naturales y socio naturales |                  |                     |                    |            |            |            |            |            |
|---|-------------------------------------|--|---------------------------------------|------------------|---------------------|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|   |                                     |  | Contaminación                         | Remoción en masa | Acciones Violentas  | Avenida Torrencial | Incendio   | Sequia     | Vendaval   | Inundación | Sismo      |
| Sustancias originadas por fenómenos naturales y socio naturales | Aportes de contaminantes directos   | En la cuenca abastecedora  | Sustancias Químicas                   | Sedimentos       | Sustancias Químicas | Sedimentos         | NA         | NA         | NA         | NA         | Sedimentos |
|   |                                     | Entre la captación y la salida de la planta de tratamiento.      | Sustancias Químicas                   | Sedimentos       | Sustancias Químicas | Sedimentos         | NA         | NA         | NA         | NA         | Sedimentos |
|   |                                     | Entre la salida de planta de tratamiento acometida domiciliaria. | Sustancias Químicas                   | Sedimentos       | Sustancias Químicas | Sedimentos         | NA         | NA         | NA         | NA         | Sedimentos |
|   | Aportes de contaminantes indirectos | En la cuenca abastecedora  | Sustancias Químicas                   | Sedimentos       | Sustancias Químicas | Sedimentos         | Sedimentos | Sedimentos | Sedimentos | Sedimentos | Sedimentos |
|   |                                     | Entre la captación y la salida de la planta de tratamiento.      | Sustancias Químicas                   | NA               | Sustancias Químicas | NA                 | NA         | NA         | NA         | NA         | NA         |
|   |                                     | Entre la salida de planta de tratamiento acometida domiciliaria. | Sustancias Químicas                   | NA               | Sustancias Químicas | NA                 | NA         | NA         | NA         | NA         | NA         |

Fuente: Propia

**Tabla 6.** *Resumen de sustancias originadas por fenómenos naturales y socio naturales, del municipio de San Pedro de los Milagros.*

| Amenazas  |                                     | Área de análisis   | Fenómenos naturales y socio naturales |                  |                          |            |            |            |            |                    |
|---|-------------------------------------|--|---------------------------------------|------------------|--------------------------|------------|------------|------------|------------|--------------------|
|   |                                     |  | Sismo                                 | Remoción en masa | Incendio y deforestación | Inundación | Sequia     | Erosión    | Vendaval   | Avenida Torrencial |
| Sustancias originadas por fenómenos naturales y socio naturales | Aportes de contaminantes directos   | En la cuenca abastecedora  | Sedimentos                            | Sedimentos       | NA                       | NA         | NA         | NA         | NA         | Sedimentos         |
|   |                                     | Entre la captación y la salida de la planta de tratamiento.      | Sedimentos                            | Sedimentos       | NA                       | NA         | NA         | NA         | NA         | Sedimentos         |
|   |                                     | Entre la salida de planta de tratamiento acometida domiciliaria. | Sedimentos                            | Sedimentos       | NA                       | NA         | NA         | NA         | NA         | Sedimentos         |
|   | Aportes de contaminantes indirectos | En la cuenca abastecedora  | Sedimentos                            | Sedimentos       | Sedimentos               | Sedimentos | Sedimentos | Sedimentos | Sedimentos | Sedimentos         |
|   |                                     | Entre la captación y la salida de la planta de tratamiento.      | Sedimentos                            | NA               | NA                       | NA         | NA         | NA         | NA         | NA                 |
|   |                                     | Entre la salida de planta de tratamiento acometida domiciliaria. | Sedimentos                            | NA               | NA                       | NA         | NA         | NA         | NA         | NA                 |

**Fuente:** Propia

### **6.3.1 Contaminantes originados por la prestación de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado.**

- **Segovia**

La microcuenca abastecedora cuenta con 872 hectáreas protegidas e intervenidas por procesos de reforestación. Las viviendas aguas arriba fueron compradas con miras a evitar los vertimientos de aguas residuales (Giraldo, 2020).

La quebrada Popales no recibe los vertimientos generados en el municipio, sino que estas aguas son recolectadas, transportadas a otros afluentes que reciben las descargas de las aguas servidas domésticas, el municipio de Segovia no se cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). A esto se suma los vertimientos de mercurio y cianuro provenientes de entables mineros (Giraldo, 2020).

- **San Pedro de los Milagros.**

La quebrada el Hato, cuenta con diferentes usos del agua, pues esta además de servir para la captación del abastecimiento de agua para el consumo humano, en sus diferentes tramos reciben vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas sin tratamiento previo, Se han identificado usuarios que se encuentran fuera de la cobertura de alcantarillado y que vierten sus aguas residuales producto de las múltiples actividades a la quebrada el Hato, causando un impacto significativo este cuerpo de agua (AAS A.S, 2019).

### **6.3.2 Contaminantes aportados por actividades sectoriales, diferentes a los servicios públicos de acueducto domiciliarios.**

- **Segovia**

La economía del municipio se manifiesta mediante la minería de oro, el comercio (entables, compras de oro, provisión de víveres, venta de licores y misceláneas), (Universidad de Córdoba, 2014). La quebrada Popales se puede ver afectada por escorrentía y por la atmosfera, de contaminantes químicos.

- **San Pedro de los Milagros.**

Las actividades antrópicas, han sido un tema de bastante preocupación, puesto que se ha venido presentado de forma frecuente en los cuerpos de agua, sin excepción de su clasificación, tal como, ocurre en la quebrada el Hato, que según lo establecido

normativamente mediante el Decreto 1076 de 2015, en la *Sección 20 “Conservación y preservación de las aguas y sus cauces”* en la ubicación donde se realiza la captación de agua para el municipio se *clasifica clase 1* (AAS S.A. E.S.P, 2020): Cuerpos de agua que no admiten vertimientos (CORANTIOQUIA- U. PONTIFICIA BOLIVARIANA, 2015). Además de esto, estas intervenciones tan cerca de la quebrada, puede causar disminución de caudales ecológicos y ambientales aguas abajo, necesarias para la supervivencia de otras especies (AAS S.A. E.S.P, 2020).

### **6.3.3. Aportes de contaminantes puntuales y transitorios.**

Teniendo en cuenta, gran parte de las áreas de protección de la cuenca Popales, (parte alta y media) se encuentra destinados a programas de reforestación y son propiedad del municipio (Charria, 2005) y que la quebrada El Hato, no se cuenta con infraestructura, ni tampoco se cuenta con el transporte sustancias químicas ni tóxicas, no es posible que ocurra incidentes o eventos que atente con la calidad del agua de la fuente por este tipo de acontecimiento. Aunque no está exenta de presentar atentados de vertimientos directos con sustancias peligrosas en la fuente o en los tanques de almacenamiento.

### **6.3.4 Vulnerabilidad.**

Teniendo en cuenta el concepto de Vulnerabilidad, el cual hace alusión a la identificación de los componentes del sistema de suministro de agua para el consumo humano susceptibles de daño o interrupción (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2017), y los elementos que garanticen mantener sin riesgo la calidad del agua ante la posible eventualidad de un fenómeno que pueda desestabilizar el sistema, conllevando a una amenaza para esta. Se evaluó

#### **6.3.4.1 Capacidad de identificación las sustancias que afectan la calidad de agua**

Donde se concluyó que de presentarse eventos de afectación o contaminación a la fuente de abastecimiento del acueducto urbano del municipio de Segovia y San Pedro de los Milagros- Antioquia, la empresa Aguas del Pocuné S.A.S E.S.P de Segovia y A.A.S S.A E.S.P de San Pedro de los Milagros, cuenta con una caseta de operaciones en la planta de tratamiento de agua potable, donde se tiene un laboratorio dotados de equipos básicos para el análisis de la calidad del agua de la fuente, antes, durante y después del tratamiento, se cuenta con un laboratorio externo donde son enviadas las muestras ACUAZUL, adicionalmente a

ellos cuenta con mapa de riesgos donde están concertados puntos de muestreos con la autoridad sanitaria para realizar la toma de las muestras de agua en la red de distribución y la PTAP cuenta con un sistema de bioalarma la entrada del sistema, la cual permitirá detectar tempranamente cualquier tipo de sustancia tóxica.

#### **6.3.3.2 Capacidad instalada para tratar los contaminantes que transportan el agua.**

La planta de tratamiento de agua potable del municipio de San Pedro de los Milagro y Segovia, son de tipo convencional, que, por la caracterización del agua y la actividad productiva de la zona, no requiere de un proceso específico para la remoción de metales pesados, hidrocarburos y plaguicidas, aunque si las concentraciones en las cuales se encuentran los químicos son muy bajas, se puede remover con el tratamiento convencional. Pero si llegan a presentarse alguna contaminación por algún químico en gran proporción la planta no estaría adecuada para tratar dichas aguas y para abastecer a la población, por esta causa se tendría que detener de inmediato el suministro aguas.

#### **6.3.3.3 Capacidad instalada para tratar los contaminantes que transportan el agua.**

La empresa Aguas del Pocuné S.A.S E.S.P y AAS S.A E.S. P, cuenta con recursos económicos necesario para garantizar el funcionamiento y mantenimiento del sistema de suministro de agua para consumo humano, así como para la compra de los reactivos, productos e insumos químicos requeridos para asegurar la eliminación de las sustancias presentes en el agua que puedan llegar al sistema de suministro de agua para consumo humano.

#### **6.3.3.4 Procedimientos para tratar contaminantes.**

La empresa prestadora Aguas del Pocuné S.A.S E.S.P y AAS S.A E.S. P, cuenta con un manual de funcionamiento para la planta de agua potable sistema de acueducto, en el cual se presentan los conceptos teóricos fundamentales para la correcta operación de un sistema de tratamiento de agua potable.

#### **6.3.3.5 Capacidad humana y técnica para identificar, tratar y remover las sustancias que alteran la calidad del agua.**

Los operarios y auxiliares del sistema de suministro de agua para consumo humano, se encuentran certificados por el servicio Nacional de Aprendizaje – SENA en competencia laboral, esto con fin de que llevar a cabo satisfactoriamente las actividades solicitadas por la

empresa, además de cumplir con el perfil requerido de acuerdo con los procesos y procedimientos establecidos.

#### **6.4 Riesgo.**

El riesgo es la coincidencia en tiempo y espacio de la amenaza (A) y la vulnerabilidad (V), es decir el riesgo se expresa en función de ambas variables:  $F(R) = A * V$  (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2017). Teniendo en cuenta lo anterior y según el análisis realizado, se considera que el riesgo consiste a la alteración de la calidad del agua por un contaminante, por consiguiente, la amenaza consiste en la alteración en las características físicas, químicas y microbiológicas, mientras que la vulnerabilidad hace referencia a la limitación que se puede presentar en el sistema de abastecimiento para remover o identificar dicho contaminante en el sistema tratamiento.

Con base en lo anterior se realizó una evaluación de las amenazas que se presentan el municipio de Segovia y de la vulnerabilidad en los diferentes aspectos, para poder llegar al nivel de riesgo, que atañe a la quebrada Popales. Es por ello que mediante dicha evaluación se obtuvo un nivel de riesgo Medio (movimiento en masa, sequía antrópico indirecto) y Bajo en los demás fenómenos naturales y socio naturales, donde se debe de tomar las medidas correspondientes para evitar posibles afectaciones en los parámetros físicos, químicos o microbiológicos en la quebrada.

Para el municipio de San Pedro de los Milagros la calificación del nivel de riesgo de la Quebrada el Hato, para el suministro de agua para el consumo, se obtuvo una calificación “Alta”, en la amenaza antrópica indirecta, por lo tanto, se debe tomar medidas de intervención, ya que como se ha expresado anteriormente aguas arriba de la captación, se han estado presentado actividades, que posiblemente afectan en cierta medida la calidad del agua y la cantidad. También es importante generar medidas preventivas a las amenazas de calificación media tales como sequía, erosión incendios y deforestación, para lograr una atención oportuna ante posible suceso.



### **6.5 Estrategias para la reducción del riesgo.**

Una vez identificada cada variable, resulta necesario generar acciones para aminorar los riesgos que se pueda llegar a presentar, se establecieron algunas acciones para un plan de reducción del riesgo a corto, mediano y largo plazo por parte de las autoridades ambientales y la prestadora de servicios públicos. Las cuales son:

#### **Corto Plazo:**

- Fortalecer los procesos de muestreo y el análisis del agua cruda.
- Mejoramiento de los procesos de tratamiento para la remoción de los contaminantes identificados y seguir garantizando la protección y vigilancia permanente de las zonas aledañas en el tramo que abarca desde el nacimiento de la quebrada en estudio hasta la bocatoma.
- Monitoreos en la fuente de captación o abastecimiento.
- Cierre de actividades que afectan la calidad de agua en la captación.
- Actividades de reforestación en las zonas de nacimiento y en la bocatoma, para la protección de las laderas.
- Constante mantenimiento a la planta de tratamiento de agua potable.

#### **Mediano plazo.**

- Compra de predios.

#### **Largo plazo.**

- Optimización de la planta de tratamiento de agua potable.
- Solicitar al municipio la inclusión de la zona en el EOT la zona del nacimiento para su protección y conservación.

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

Las fuentes que abastecen el sistema de acueducto urbano del Municipio de Segovia y de San Pedro de los Milagros– Antioquia, es un factor primordial para el análisis y la evaluación en la elaboración del estudio de Riesgo y Programa de Reducción de Riesgos sobre la calidad del agua para consumo humano, que debe presentar la Persona Prestadora de acuerdo a lo definido en la Resolución 0549 de 2017, de tal forma que en ella se relacionen las medidas de prevención, mitigación, corrección y/ o compensación de los impactos generados en el desarrollo de las actividades contaminantes y que en algún momento pueden afectar la salud de la comunidad abastecida (Secretaria Seccional de Salud, 2019).

Es por ello que se realizó la evaluación de los posibles riesgos basados en las amenazas y en la vulnerabilidad del sistema de suministro de agua, lo que nos dio indicios de las posibles estrategias para la generación de un plan de reducción del riesgo y con ello proponer mecanismo para actuar en el momento que se presente dicha emergencia, las cuales serían de ayuda a la hora de estar pasando dicha emergencia a los operarios de planta y personas encargadas.

### **6.6.1 Activación de alarma.**

La activación de las alarmas se dará en el momento en que se sospeche o se evidencie la presencia de sustancias contaminantes en el agua cruda.

En caso de que se identifique a través de la biolarma la presencia de una sustancia que altere la calidad del agua cruda, se debe sacar de operación la planta de tratamiento de agua potable suspender las actividades, hasta que no se solucione dicha emergencia.

Es importante establecer prioridades puesto que el sistema puede estar más afectados por una amenaza más que por otra, para realizar la jerarquización de las amenazas, debido a la magnitud, cobertura y comportamiento. Es por ellos que el sistema de alarmas está clasificado en alerta roja (Alto), alerta amarilla (Medio) y alerta verde (Baja). Donde la alerta verde va a requerir menos tiempo para la reactivación del servicio público de acueducto en cambio la alerta roja, como la alerta amarilla, va a requerir de una suspensión de servicio, ya sea de un día o más, esto con el fin de evaluar los daños materiales en la infraestructura y en caso que se evidencie una alteración en la calidad del agua es necesario efectuar análisis

físicos, químicos y microbiológicos correspondientes al agua, que permitan la identificación del contaminante, dicha suspensión se mantendrá hasta que este superada la emergencia, ya sea porque se pudo tratar o se haya descartado la presencia de dicha sustancia en la fuente

La prioridad de las diferentes amenazas existentes que pueden afectar la fuente de abastecimiento como al sistema de acueducto se destaca principalmente las antrópicas indirectas, sequía, erosión, incendio y deforestación, como las amenazas de mayor interés y cuidado, debido a la probabilidad de ocurrencia de las mismas.

Después de clasificar las diferentes amenazas según el nivel de alarma que pueden afectar la continuidad y calidad de los servicios públicos se establece protocolos de actuación por eventos que requieran mayor atención en caso de emergencias (AAS S.A E.S.P, 2020).

#### **6.6.2 Suspensión del servicio público de acueducto.**

Si el tiempo estimado para la reparación supera el tiempo que demora en desocuparse el tanque de almacenamiento, se debe contemplar la posibilidad de abastecer de agua potable al municipio por medio de mecanismo portátiles, es decir, carros cisterna y carros tanques. Tener en cuenta que el hospital del municipio e instituciones educativas tienen prioridad (AAS S.A E.S.P, 2020).

#### **6.6.3 Tratamiento de agua para eliminar las sustancias que altera su calidad.**

La planta de tratamiento de agua potable de San Pedro de los Milagros y Segovia emplea un sistema de tratamiento de tipo convencional debido a las necesidades del municipio, en el cual se trata las aguas superficiales de la quebrada el Hato y Popales, lo que la hace vulnerable ante la presencia de contaminantes como metales pesados e hidrocarburos. El sistema de tratamiento de agua potable, que existe actualmente está condicionado para remover metales, sólidos y sustancias que afecten la calidad de agua en bajas concentración.

#### **6.6.4 Limpieza de la infraestructura afectada.**

La limpieza de la infraestructura afectada se deberá realizar teniendo en cuenta lo establecido la resolución 0330 del 2017, donde se brindan información para la realización del mantenimiento correctivo como respuesta a fallas y contingencia (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017), en el sistema de agua potable, una vez superada la emergencia y antes del restablecimiento del servicio.

## 7. Bibliografía

- A.A.S S.A E.S.P. (2008). *Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimiento*. Medellín: Acueducto y Alcantarillado Sostenible S.A E.S.P.
- AAS A.S. (2019). *Plan de saneamiento y manejo de vertimientos de municipio de San Pedro de los Milagros, departamento de Antioquia*. San Pedro de los Milagros- Antioquia.: Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A. E.S.P. .
- AAS S.A E.S.P. (2020). *Plan de emergencia y contingencia para el manejo de desastres y emergencia asociados a la prestación del servicio público domiciliario de acueducto*. San Pedro de los Milagros- Antioquia.: Acueducto y Alcantarillado Sostenible S.A E.S.P.
- AAS S.A. E.S.P. (2020). *Intervencion en el área de influencia de la Quebrada El Hato*. Medellín: Acueducto y Alcantarillado Sostenible S.A E.S.P.
- Administración Municipal. (2015). *DECRETO N°. 094*. Municipio San Pedro los Milagros: El Alcalde Municipal de San Pedro los Milagros.
- Administración municipal. (2018). *Plan Básico de Ordenamiento Territorial*. San Pedro de los Milagros- Antioquia: Concejo Municipal de San Pedro de los Milagros- Antioquia.
- Aguas de Pocuné S.A.S E.S.P. (2020). *Plan de emergencia y contingencia para el manejo de desastres y emergencia asociados a la prestación del servicio público domiciliario de acueducto y alcantarillado*. Segovia.
- Aguas del Pocuné S.A.S E.S.P. (2020). *Manual de funcionamiento Planta de Tratamiento de Aguas Potables*. Municipio de Segovia - Antioquia .
- Ahmed Djoghlafl y Sr. Anada Tiéga. (2010). *Agua potable, Diversidad biológica y Desarrollo: Guía de buenas prácticas*. Montreal: El Convenio sobre la Diversidad Biológica. Obtenido de <https://www.cbd.int/development/doc/cbd-good-practice-guide-water-booklet-web-es.pdf>
- Alcaldía de Medellín. (s.f.). *Movimiento en masa* . Medellín .
- Arango, R. A. (2013). *Crisis mundial del agua*. Producción + Limpia, Corporación Universitaria Lasallista . Caldas: SCIELO .
- Camacho, N. C. (2011). *Tratamiento de agua para consumo humano*. Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- CLOPAD. (2006). *Plan Municipal de prevención y Atención de desastre*. Municipio de San Pedro de los Milagros: COMITÉ LOCAL PARA LA PREVENCIÓN, ATENCIÓN Y

RECUPERACION DE DESASTRES - CLOPAD, Secretaria de Planeación e infraestructura.

Congreso de Colombia . (2012). *Ley 1523* . Bogotá: 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.

Congreso de la Republica. (2012). *Ley 1523 DE 2012*. Gestión del riesgo, responsabilidad, principios, definiciones y sistema nacional de gestión del riesgo de desastres. Bogota: 48 Paginas.

CORANTIOQUIA - U. nacional de colombia. (2015). *actualizacion y ajuste plan de ordenacion y manejo de la cuenca de los rios grandes y chicos, municipios de Belmira, San Pedro de los Milagros, Entrerriós, Santa Rosa de Osos, Don Matias y Yarumal*. Medellin: Universidad Nacional de Colombia.

CORANTIOQUIA. (1996). *zonas de amenaza en la jurisdiccion de la corporación Autonoma Regional del Centro de Antioquia* . Medellin.

CORANTIOQUIA- U. PONTIFICIA BOLIVARIANA. (2015). *CAPITULO VII "Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico para el Río Grande y sus principales triburarios"*. MEDELLÍN: Universidad Pontificia Bolivariana.

CORANTIOQUIA- UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. (2015). *CAPITULO II. "Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico para el Río Grande y sus principales triburarios"*.. Medellín: Grupo de investigaciones ambientales-GIA.

CORANTIOQUIA-GAIA. (2020). *Actualizacion de la línea base de gestión del riesgo y mapa de susceptibilidad al cambio climatico 2014-2015 en la juridiccion de CORANTIOQUIA informe final*. Medellín: La Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia.

Diaz, J. S. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Bucaramanga : Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos. .

González, M. Y. (2013). *el acceso al agua para consumo humano en Colombia*. Bogotá: SCIELO.

Guzmána, L. J. (2007). *Minería de oro en el Nordeste antioqueño: una disputa territorial por el desarrollo*. Bogotá: Instituto de Estudios Ambientales, Universidad Nacional de Colombia.

Henao, A. F. (2016). *análisis de la gestión del riesgo por inundación en tres municipios del departamento de Antioquia*. Envigado : Universidad EIA.

- IDEAM. (2010). *Estudio Nacional del agua* . Bogotá D.C: Republica de Colombia, Ministerio de Medio Ambiente, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios ambientales, IDEAM .
- Mejía, J. A. (2020). *Determinar el índice de calidad del agua ( ica) a través del uso de macro invertebrados como indicadores biológicos, de la quebrada el hato, ubicada en el municipio de San Pedro de los Milagros Antioquia a través de información secundaria*. Medellín: Tecnológico de Antioquia.
- Ministerio de Salud (2017). *Resolucion 0549*. Bogotá.: Ministerio de Salud y Protección Social y la Ministerio de Vivienda, ciudad y Territorio. 39 paginas.
- Ministerio de Salud (2017).Anexo *Resolucion 0549*. Bogotá.: Ministerio de Salud y Protección Social y la Ministerio de Vivienda, ciudad y Territorio” *Guía de 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*”. 39 paginas.
- Minambiente. (2021). *El riesgo en la gestión integral del recurso hídrico*. Bogotá.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Ministerio de Ambiente (2007) *Resolución 2115*. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial. Bogotá. 23 paginas.
- Ministerio de la Protección Social. (2007). *Decreto número 4716*.: Por el cual se reglamenta el parágrafo del artículo 15 del Decreto 1575 de 2007.
- Ministerio de la Protección Social. (2010). *Decreto número 1575*. Bogotá: Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua.
- Ministerio de protección social. (2009). *Resolución 82 de 2009*. Bogotá.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). *Resolución 0330*. Bogotá: Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS.
- Molina, L. F. (2014). *Evaluación comparativa del papel de diferentes coberturas vegetales sobre algunos servicios ecosistémicos en los Andes colombianos*. Antioquia . Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Olarte, J. M. (2017). *Clasificación de movimiento en masa y su distribución en terrenos geológicos de Colombia*. Servicio Geológico Colombiano .
- PÉREZ, H. D. (2016). *Plan municipal de gestión del riesgo de desastres. municipio de San Pedro de los Milagros*. San Pedro de los Milagros: la unidad nacional de gestión del riesgo de desastres. actualizado por: Actualizado por: Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres. Alcalde Munucipal.

- Salamanca, E. (2016). Tratamiento de aguas para el consumo humano. Manizales, Colombia: Universidad de Manizales. Manizales, Colombia.
- Secretaria Seccional de Salud. (2019). *Mapa de Riesgo de la Calidad del Agua*. Medellín: La secretaria seccional de salud y proteccion social de Antioquia, " Por medio de la cual se adopta el Mapa de Riesgo de la Calidad del Agua para el Consumo Humano del Sistema de Acueducto Urbano del Municipio de Segovia- Antioquia".
- SNGRD. (2017). *Terminología sobre Gestión del Riesgo de Desastres y Fenómenos Amenazantes*. Bogotá, Colombia : Comité Nacional para el Conocimiento del Riesgo, Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastre SNGRD.
- UNGRD. (2020). *Riesgo por movimientos en masa en Colombia*. Bogotá: Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.
- Universidad de Antioquia- Gobernación de Antioquia. (2012). *Diagnóstico Técnico Municipio de Segovia 12012 Gerencia Asesora Programa Agua la Prosperidad Universidad de Antioquia-Gobernación de Antioquia Diagnóstico Técnico – Municipio de Segovia(Antioquia)*. Municipio de Segovia(Antioquia): Gerencia Asesora Programa Agua la Prosperidad.
- Universidad del Norte. (s.f.). Vendavales y tornados: Mitos y realidades. *Uninorte ciencia a tu alcance*. Obtenido de <https://www.uninorte.edu.co/web/dip/vendavales-y-tornado>.