EVALUACIÓN DE LA MALLA ATRAPANIEBLA COMO MÉTODO ALTERNATIVO PARA MEJORAMIENTO DE LA OFERTA HÍDRICA, SUS USOS POTENCIALES Y LA GOBERNANZA DEL AGUA. ESTUDIO DE CASO: ESTACIÓN ATRAPANIEBLA COLEGIO AGUSTÍN FERNÁNDEZ SEDE – C. BARRIO SANTA CECILIA, USAQUÉN.

Presentado por:
MANUEL SEBASTIÁN QUINCHE BAUTISTA

UNIVERSIDAD EL BOSQUE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.
2019

EVALUACIÓN DE LA MALLA ATRAPANIEBLA COMO MÉTODO ALTERNATIVO PARA MEJORAMIENTO DE LA OFERTA HÍDRICA, SUS USOS POTENCIALES Y LA GOBERNANZA DEL AGUA. ESTUDIO DE CASO: ESTACIÓN ATRAPANIEBLA COLEGIO AGUSTÍN FERNÁNDEZ SEDE – C. BARRIO SANTA CECILIA, USAQUÉN.

Presentado por:
MANUEL SEBASTIÁN QUINCHE BAUTISTA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO REQUISITO PARA OPTAR POR EL TITULO DE:
INGENIERO AMBIENTAL.

DIRECTOR DEL PROYECTO:
JOSÉ ALFONSO AVELLANEDA CUSARÍA

Área de aplicación:

- Ingeniería Socio – Técnica.

Línea de investigación:

- Manejo integrado del recurso hídrico.
- Ingeniería y educación.

UNIVERSIDAD EL BOSQUE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.
2019

UNIVERSIDAD EL BOSQUE
Vigilada Mineducación

SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE GRADO

ACTA No: 1029

El día 13 MAYO 2019, en las instalaciones de la Universidad El Bosque, se desarrolló la sustentación del trabajo de grado titulado **EVALUACIÓN DE LA MALLA ATRAPANIEBLA COMO MÉTODO ALTERNATIVO PARA MEJORAMIENTO DE LA OFERTA HÍDRICA, SUS USOS POTENCIALES Y LA GOBERNANZA DEL AGUA. ESTUDIO DE CASO: ESTACIÓN ATRAPANIEBLA COLEGIO AGUSTÍN FERNÁNDEZ SEDE "C" BARRIO SANTA CECILIA, USAQUÉN.**, escrito por **MANUEL SEBASTIÁN QUINCHE BAUTISTA, CÉDULA 1026584184**, bajo la dirección de **JOSE ALFONSO AVELLANEDA CUSARIA, CÉDULA 19220589**, como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Ambiental. El trabajo fue evaluado por los jurados **MARIO OPAZO GUTIERREZ CÉDULA CE211536 y HERNANDO NIÑO PARRA CÉDULA 19128303**, quienes deliberaron y concluyeron que cumple con los criterios de calidad.

Por lo tanto, el trabajo es: **Aprobado**. 13 MAYO 2019

En constancia, se firma en Bogotá, D.C.

KENNETH OCHOA VARGAS
Director
Programa de Ingeniería Ambiental

GERMÁN AGUDELO ASCENCIO
Secretario Académico
Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD EL BOSQUE
SECRETARÍA ACADÉMICA
Facultad de Ingeniería

La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velara por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

Se lo dedico a la magnífica Madre Naturaleza, fuente de inspiración en el que hacer de mi día a día.

A mi Madre, quien en cada instante ha sido una viga que me fortalece a seguir adelante y a continuar por el sendero del éxito.

A mi Titi, por ser el motor de mi vida, ese ser que siempre me quiso ver brillar y me brindo tan grande oportunidad de ser Ing. Ambiental.

A mi Abue, por su trato constante de amor y comprensión durante toda mi vida, además de ser mi alcahueta.

A mi Padre y mis hermanos por su comprensión y apoyo en todo este lapso de tiempo.

Agradecimientos

En primer lugar, debo agradecer a Alfonso Avellaneda, quien me orientó durante todo el camino de mi investigación y quien, desde su sabiduría y aprendizaje continuo, me permitió enfocarme hacia el camino de la enseñanza desde una mirada ancestral y con una perspectiva hacia lo social. Un docente que me deja miles de aprendizajes y me honra de haber podido trabajar en conjunto con él.

Al Colegio Agustín Fernández Sede – C, por abrirme las puertas de sus instalaciones para poder realizar con éxito el trabajo de investigación propuesto, pero principalmente a las profesoras Judith Hernández y Isabel González, por su ayuda e interés en cada uno de los proyectos y actividades planteados desde la investigación.

Por último, a la Universidad El Bosque, lugar en donde me pude formar como Ing. Ambiental, y donde recibí cada una de las bases para mi formación como profesional.

Tabla de Contenido

RESUMEN. **10**
1. Introducción **11**
2. Planteamiento del problema **12**
3. Justificación **13**
4. Pregunta de investigación **14**
5. Hipótesis **14**
6. Objetivos **14**
6.1 General 14
6.2 Específicos 14
7. Marco de referencia **15**
7.1 Estado del arte 15
7.2 Marco Conceptual. 18
7.2.1 Cambio climático 18
7.2.2 Precipitación directa y horizontal. 18
7.2.3 Aspectos sociales y de gestión del recurso hídrico. 19
7.3 Marco Teórico. 20
7.3.1 Cuencas atmosféricas 20
7.3.2 Aguas atmosféricas 21
7.3.3 Oferta Hídrica 22
7.3.4 Gobernanza del agua 23
7.4 Marco Normativo 25
7.4.1 Normas legales 25
7.4.2 Normas técnicas 26
7.5 Marco Geográfico 27
7.6 Marco Institucional 29
8. Metodología **30**
8.1 Alcance 30
8.2 Enfoque 30
8.3 Método 30
8.4 Técnicas e Instrumentos 31
8.5 Variables e Indicadores. 33
8.6 Diseño y fases de la investigación. 34
9. Resultados, análisis y discusión. **38**
9.1 Objetivo I 38
9.1.1 Comparación: Precipitación directa vs. Precipitación horizontal. 38

9.1.1.1 Precipitación Horizontal 39
9.1.1.2 Precipitación directa 41
9.1.2 Variabilidad climática y meteorológica 42
9.1.3 Discusión 46
9.2 Objetivo II 48
9.2.1 *Programa de educación ambiental: Fortalecimiento de la gobernanza del agua.* 48
9.2.1.1 Análisis de la encuesta. 50
9.2.2 *Recomendaciones para la implementación del PRAE en la institución.* 54
9.2.3 Discusión 58
9.3 Objetivo III 59
9.3.1 *Análisis sobre la calidad del agua y la salud ambiental.* 59
9.3.1.1 Calidad del agua. 59
9.3.1.2 Salud Ambiental. 64
9.3.2 Usos potenciales del recurso hídrico: Agua atmosférica. 65
9.3.3 Discusión 66
10. Conclusiones 68
11. Recomendaciones 70
12. Bibliografía 71
13. Anexos. 76
13.1 Bebamos las nubes. 76
13.2 Encuesta 77

Lista de Figuras.

Figura 1: *Aguas atmosféricas y servicios ecosistémicos* 21
Figura 2: *Barrio Santa Cecilia. Carrera 7ma* 27
Figura 3: *Barrio Santa Cecilia* 27
Figura 4: *Vista desde C.A.F. Barrio Santa Cecilia* 27
Figura 5: *Colegio Agustín Fernández, Sede – C* 28
Figura 6: *Mapa de la delimitación geográfica del área de estudio* 28
Figura 7: *Localidad de Usaquén* 29
Figura 8: *Unidades de planeación zonal, Usaquén* 29
Figura 9: *Fases de la Investigación* 34
Figura 10: *Metodología del objetivo I* 35
Figura 11: *Metodología del objetivo II* 36
Figura 12: *Metodología del objetivo III* 37
Figura 13: *Estructura base* 39
Figura 14: *Malla atrapaniebla* 40
Figura 15: *Bidón para almacenamiento* 40
Figura 16: *Probeta para medición* 40
Figura 17: *Pluviómetro* 41
Figura 18: *Comparación pluviométrica por estaciones* 43
Figura 19: *Precipitaciones estación CAF – Sede C* 44
Figura 20: *Precipitaciones estación Torca* 44

Figura 21: *Precipitaciones estación Usaquén*……45
Figura 22: *Comparación porcentual de la precipitación mensual por estación*…… 45
Figura 23: *Aporte porcentual de Precipitación Horizontal*…… 46
Figura 24: *Grafica curva de isoyetas por precipitación horizontal en zonas altoandinas*…… 47
Figura 25: *Vista colorimétrica de la muestra*……48
Figura 26: *Práctica alumno 1*……49
Figura 27: *Práctica alumno 2*……49
Figura 28: *Colorimetría para pruebas físico-químicas*…… 49
Figura 29: *Resultados del taller "Bebamos las nubes"*……50
Figura 30: *Encuesta: Pregunta 1*…… 50
Figura 31: *Encuesta: Pregunta 2*……51
Figura 32: *Encuesta: Pregunta 3*…… 51
Figura 33: *Encuesta: Pregunta 4*…… 52
Figura 34: *Encuesta: Pregunta 5*……53
Figura 35: *Encuesta: Pregunta 6*…… 53
Figura 36: *Encuesta: Pregunta 7*……54
Figura 37: *Encuesta: Pregunta 8*…… 54
Figura 38: *Siembra externa 1*……55
Figura 38: *Siembra externa 2*…… 55
Figura 40: *Jardín interno*……56
Figura 41: *Jardín piso 1*……56
Figura 42: *Jardín piso 3*……56
Figura 43: *jardín piso 2*……56
Figura 44: *Huertas colgantes*…… 56
Figura 45: *Taller: Educación Ambiental. 501*……57
Figura 46: *Taller: Educación Ambiental. 502*…… 57
Figura 47: *Resultados Taller. Grupos a, b, c, d, e, f, g y h*…… 58
Figura 48: *Uso del multiparámetro*……60
Figura 49: *Multiparámetro*…… 60
Figura 50: *Gráfica sobre el pH en las muestras*…… 61
Figura 51: *Gráfica sobre Conductividad en las muestras*……62
Figura 52: *Gráfica sobre el Salinidad en las muestras*……63
Figura 53: *Gráfica sobre Temperatura en las muestras*…… 63
Figura 54: *Noticia 1. Febrero 15 de 2019*……64
Figura 55: *Noticia 2. Marzo 07 de 2019*……64

Lista de Tablas.

Tabla 1: *Normativa aplicable*…… 25
Tabla 2: *Técnicas e instrumentos*…… 32
Tabla 3: *Variable e indicadores*…… 33
Tabla 4: *Datos de precipitación (Directa y horizontal)*…… 38
Tabla 5: *Dato para cálculo 1*…… 40
Tabla 6: *Dato para cálculo 2*…… 41
Tabla 7: *Precipitación mensual por estaciones*…… 43
Tabla 8: *Cantidad de precipitación Horizontal*…… 47
Tabla 9: *Valores de frecuencia*…… 52
Tabla 10: *Distribución de parámetro físicos y químicos de la precipitación*…… 60
Tabla 11: *Clasificación de la lluvia por nivel de pH*……61

RESUMEN.

En el siguiente trabajo de grado se realiza el análisis y evaluación de la malla atrapaniebla ubicada en el Colegio Agustín Fernández Sede – C, como herramienta para fortalecer la gobernanza del agua en el territorio Santa Cecilia Norte. Para tal fin, se investigaron características meteorológicas, asociadas a la malla atrapaniebla; se desarrolló un programa de educación ambiental para la comunidad educativa y se analizó la calidad en la que se capta el recurso hídrico en el área de estudio. Para lo cual, resulto una efectividad positiva de la malla, proveyendo 1,035 L/m^2-día, una cifra acertada en relación con el tipo de régimen hídrico presente en la zona, monomodal; además, la realización de talleres de educación ambiental, abrieron un paso coyuntural entre el ambiente y la sociedad, entendiendo mejor su territorio y brindándole la importancia necesario respecto a su cuidado y conservación con una mirada hacia el desarrollo, por último, es importante trabajar en variables de calidad, pues se evidenciaron escenarios de lluvia ácida, con valores de pH que oscilan entre 5 – 7,62 para precipitación directa y 5 – 6,78 para precipitación horizontal. Variables que deberán ser estudiadas y manejadas de acuerdo con a sus características. No obstante, el agua captada, tiene potenciales para su uso en fines agrícolas o para la limpieza, en razón de que la investigación se realizó en un centro educativo.

Palabras claves: *Oferta hídrica, precipitación horizontal, malla atrapaniebla, gobernanza del agua.*

1. Introducción

La presente investigación se hizo dentro del marco del proyecto PCI2016-8890 sobre Análisis de los servicios ecosistémicos y la gobernanza del agua en la microcuenca de la quebrada el cedro, localidad de Usaquén.

A través del tiempo, lo desigualdad social y los problemas ambientales han ido en constante aumento, puesto que en nuestro territorio se han presentado diferentes etapas de conflicto que han marcado abruptamente este tipo de escenarios. Un problema remoto en Colombia, se da desde el siglo XIX cuando comienzan a darse las rivalidades entre los partidos tradicionales, no obstante, para la década de los 60's con la aparición de las guerrillas se crean una marca de violencia aún más notoria en el país, fruto de la exclusión social y política, la distribución desigual de las tierras, y la injusticia social. Acto, al que hoy en día se enfrentan muchas familias colombianas, pues este no ha sido un tema que genere anhelos, desde un gobierno tan desigual, para darle un giro y acabar con esta brecha en el desarrollo de alguna parte de la población colombiana (Amar Amar, 2001)

Esto a su vez, provoca que dentro de nuestro territorio, se vean delimitaciones estratificadas las cuales se asocian a la capacidad monetaria y participativa, de la que cuentan solamente ciertas personas dentro del mismo; Ahora bien, a partir de estas personas, se crean escenarios de política y gobierno, el cual no se puede calificar como una afable gestión, pues la ausencia de una perspectiva más amplia, que involucre y cobije a toda la población, ya que como dice la constitución de Colombia, todos estamos amparados bajo las mismas normas y leyes establecidas allí. Por consiguiente, se dice que la pobreza es un problema de derechos humanos. Entre las distintas manifestaciones de la pobreza figuran el hambre, la malnutrición, la falta de una vivienda digna y el acceso limitado a servicios básicos como la educación o el agua, esta última, no menos importante, pues garantiza el derecho a una vida digna y tiene gran influencia sobre la salud y el bienestar humano, por lo que será un tema central dentro de esta investigación. Sin embargo, además de estos limitantes, y grandes problemas se encuentran la discriminación y la exclusión social, que incluye la ausencia de la participación de las personas de más bajos recursos en la adopción de decisiones, especialmente de aquellas que les afectan y que podrían ser pieza pro desarrollo (Naciones Unidad, S.F).

La desigualdad social, que es una muestra de la perpetuación de la pobreza, en particular, está muy relacionada a la imposibilidad para gran parte de la población rural de acceder a activos productivos como la tierra. Si se considera que la propiedad privada no es la única forma de acceder a la tierra, otras formas de acceso a su uso pueden dar lugar a una reforma rural. En esta perspectiva, la tributación para castigar la sustracción de las mejores tierras de su uso productivo es una herramienta poderosa, de la cual solo pueden tener acceso, hablando del mayor de los casos, las clases altas y más poderosas, por lo que quedan a un lado la población marginada, por violencia, desigualdad, política, en fin, un sin número de causas para este problema (Gómez Jiménez, 2003).

Dados estos casos, se establece la razón de ser para promover formas alternativas en pro de generar una mejor gobernanza del agua, destinado a poblaciones vulnerables, cuya calidad de vida se ha visto denigrada por el déficit en el suministro de los recursos necesarios que dignifican el diario vivir. Por tal motivo, se empezará por trabajar con los niños del Colegio Agustín Fernández – Sede C, ubicado en el barrio Santa Cecilia, para generar una concientización desde las primeras etapas de la vida, en el cuidado y la importancia que tiene el agua, más desde una locación favorable en donde se encuentran nacimientos de quebradas como la San Cristóbal y El Cedro. Además de esto, aportar a las iniciativas de implementación de métodos alternativos de captación de agua, por lo que se implementa un plan piloto dentro de las instalaciones del colegio en donde se analizará la eficiencia que esta representa en un territorio ubicado entre los 2700 y 3100 m.s.n.m.

Se espera, que la eficiencia de la malla atrapaniebla, nos permita mejorar y brindar una mejor calidad de vida a las personas del barrio Santa Cecilia, sin embargo, en un comienzo, buscamos generar una mejorar educación ambiental sobre los estudiantes del Colegio, para que la información dada sea transmitida en sus hogares y de esta manera aportemos a una mejor gobernanza del agua, desde los lugares más vulnerables en un comienzo, para que esto no sea un obstáculo en el desarrollo de dichas poblaciones, sino por el contrario aporte a ello desde la utilización de métodos alternativos de captación del agua y por consiguiente promoviendo el cuidado de este recurso vital más aun en un lugar que cuenta con nacimientos de quebradas que terminan en uno de los afluentes del río Bogotá (Río Torca), el cual conforma la estructura ecológica principal del mismo.

2. Planteamiento del problema

El problema se genera a partir del análisis de las poblaciones vulnerables de Bogotá, pues son zonas donde prima la pobreza, acompañada de otra gran parte de conflictos sociales, como la violencia, la desigualdad, la baja escolaridad, entre otras. Dada esta parte, también se conoce que el servicio de agua, que como dice la constitución es *"el derecho de todos de disponer de agua suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal o doméstico"* (Constitución Política de Colombia, 1991).

Sin embargo, de la realidad a lo que dice en el papel aún continúa existiendo una brecha muy grande, puesto que la necesidad de la implementación o generación de alternativas como mecanismo de cooperación social, con cuyas personas donde lo ya nombrado anteriormente no existe, pues allí, zonas marginadas, donde el Gobierno ni siquiera presta el apoyo necesario para dignificar la vida de quienes habitan en estos territorios, lo que nos hace pensar en los graves problemas de desigualdad social y monopolización del recurso quizá en bienes o personas particulares (Foladori, 1999).

Además de ello, resulta difícil que existan iniciativas por parte de la población, pues al haber un índice de personas que tienen accesibilidad al estudio, tan bajo, se vuelve complejo esperar acciones de tal tipo que generen beneficios ambientales y sociales para la misma población ya que estas características se reflejan en bajos niveles de gobernanza del territorio y sus recursos; no obstante, esto no lo hace imposible, pues puede existir un acercamiento por parte de terceros que trasminan este tipo de prácticas alternas de forma que se empiecen a ejecutar tales ideas en proyectos socio-ambientales; dado tal planteamiento, al evidenciar la mala gobernanza sobre el recurso hídrico por parte de los habitantes del barrio Santa Cecilia, notoria puesto que es una zona estratégica, por el nacimiento de dos quebradas fundamentales, dentro del drenaje que conecta al río Bogotá, lo que las convierte, a la quebrada el Cerro y la quebrada San Cristóbal, como artería fundamental de generación de agua para Bogotá, es importante establecer medidas de prevención y recuperación, optimizando el recurso, esto se puede dar a partir del funcionamiento de métodos alternos que faciliten la obtención del mismo (Zurbriggen, 2011).

A partir de ello, determinamos que aquí el problema es el déficit que hay en el recurso hídrico para suplir a la población el su porcentaje total, pues existe una mala gobernanza del agua en sintonía con una débil gobernabilidad institucional, pues es un bien de todos, y para todos, que se convierte en derecho fundamental y una pieza clave para una calidad de vida mucho más óptima y próspera. A partir de ello, se implementa un plan piloto de recolección o captación de niebla para la recolección de esta y su posterior uso en algún proceso que aporte al desarrollo y permita un mejor vivir a la población en cuestión. Especialmente se quiere enfocar en las zonas donde el suministro de agua es mínimo o restringido y especialmente en periodos secos, se ven escasos de agua, y quizá en un límite muy al margen de los límites de dotación establecidos como necesarios para vivir, durante cierto periodo de tiempo. (Mejía, Requena, Rivera, Pardón, & Rais, 2012).

3. Justificación

La localidad de Usaquén, número uno de Bogotá y hasta 1954 fue un municipio de Cundinamarca. Cuenta con una extensión total de 6.531,32 hectáreas, se ubica en el extremo nororiental de la ciudad, tiene una característica que la distingue de otras localidades, y es ser parte de la conformación de la cadena de los cerros Orientales de Bogotá, así como su origen de humedal, de la cual sobreviven la cuenca Torca, de ello dan cuenta los canales que aún quedan, de donde se estima que más del 95% del humedal de Torca ha sido perdido en un lapso de aproximadamente 41 años, a causa del crecimiento poblacional y falta de planeación urbanística (AITEC , 2014).

Por tal motivo, hoy en día es evidente el bajo compromiso de la ciudadanía local frente al cuidado de su entorno y en lo que ello contempla, pues la presencia de diversos ecosistemas lo hace un territorio de cuidado y protección para mantener de manera sostenible nuestros espacios naturales que día a día nos proveen de diversos recursos, es por esto, que se evidencia la necesidad de implementar modelos de sensibilización con la comunidad en cuanto a la protección ambiental, pues dentro de este concepto holísticamente analizamos variables sociales, económicas y ecológicas, aspectos que conforman nuestro ambiente, y de igual forma el territorio que se está enfocando.

Es por ello, que es importante trabajar con la comunidad, haciendo esfuerzos en el reconocimiento del potencial ambiental que presenta el territorio, pues es una zona que tiene diversos ecosistemas, sin embargo por el aumento poblacional, que ha venido generando asentamientos ilegales por su condición de apropiación de terrenos, se ha presentado pérdida de cobertura vegetal, y por ende afección en las quebradas o zonas boscosas que se presentaban allí, sin embargo, hoy en día es posible ver que la quebrada San Cristóbal y la quebrada el Cerro aún corren su cauce, y tomando en cuenta el mal manejo que se le ha dado para su protección, estás aún siguen de forma natural, abasteciendo la cuenca Torca.

La deficiente gobernanza del agua, por la falta de conocimiento y accesibilidad a la información, han provocado que la función o servicio natural, a la que están catalogadas estas quebradas, no sea el adecuado, es por esto que es necesario trabajar con la comunidad en el fortalecimiento de mejorar la gobernanza del agua, que conlleva a mejorar su cuidado para contribuir a no contaminarla, mejorar las prácticas de consumo, el equitativo suministro y las condiciones óptimas en el mismo, trabajando con actividades de sensibilización y capacitación de la comunidad (Motta & Ramírez, 2016).

Por otro lado, el incentivar a la población en prácticas no convencionales que permitan ahorrar agua, en cuanto a su uso y captación, puesto que el implementar métodos alternativos para captar agua, son un modelo de desarrollo por lo que ello implica, es decir, aprovechar de forma natural el agua que se nos provee día a día cuando llueve o por la densa niebla que cubre los cerros de Bogotá, si se aprovecha de manera eficiente este potencial que presenta la zona, la ciudadanía informada podrá mejorar su calidad de vida, pues podrán tener acceso al agua para diversos usos que no requieran de agua potable (Aldunce, Lillo, Vidal, & Maldonado, 2016).

Por último, mejorar la gobernanza del agua, o trabajar en pro de ello, disminuiría diferentes impactos ambientales que pudiesen presentarse, puesto que se trabaja en pro del desarrollo de la comunidad aportándole a la conservación ecosistémica y paisajística, de forma que se aprovechen mejor los recursos naturales, y dándole la debida importancia que representa el agua en un ser como lo es el humano, por eso tras los años y el avance tecnológico e investigativo, implementar alternativas para garantizar el suministro de agua en actividades que no requieran de su potabilización, beneficia a la comunidad pues se aprovecha de forma natural como lo provee la tierra, y se usa garantizando su cuidado y disminuyendo el exceso uso de agua potable, sin embargo, para ello se debe trabajar de manera globalizada en todo el territorio que comprende la actividad, pues se debe extender la idea de forma elocuente, dando la importancia que posee el termino de gobernanza del agua.

4. Pregunta de investigación

¿Cuáles son las variables que caracterizan la malla atrapaniebla como herramienta que contribuye a la captación de precipitación horizontal como método adaptativo para mejorar la oferta hídrica para poblaciones vulnerables en escenarios de escasez del recurso?

5. Hipótesis

Mejoramiento de la eficiencia de los métodos de captación de agua (poco convencionales) y fortalecimiento de la gobernanza del agua mediante la sensibilización y enseñanza a los alumnos del colegio Agustín Fernández Sede – C, en la localidad de Usaquén, acerca de la importancia del recurso hídrico, para generar un razonamiento crítico de los servicios ecosistémicos asociados a este recurso.

6. Objetivos

6.1 General

- Evaluar la malla atrapa niebla como método adaptativo para captar agua, contribuyendo al mejoramiento de la educación ambiental en la gobernanza del agua en el colegio Agustín Fernández Sede - C. Barrio Santa Cecilia.

6.2 Específicos

- Investigar las características meteorológicas asociadas a la malla atrapaniebla como alternativa para captación de agua atmosférica en escenarios de escasez hídrica en los cerros Orientales de Bogotá.

- Desarrollar un programa de educación ambiental con la comunidad escolar orientado hacia la gobernanza del agua.

- Analizar la calidad del recurso hídrico atmosférico que puede ser recolectado por la malla atrapaniebla, su utilidad y sus usos potenciales.

7. Marco de referencia

7.1 Estado del arte

La investigación sobre las potencialidades de captación de la precipitación horizontal asociada a la presencia de nubes en ecosistemas de alta montaña andina, ha tenido interés en los últimos años en países como Perú, Chile, Colombia, Guatemala, entre otros, en relación con escases hídrica, debido a la variabilidad y cambio climático. A continuación, se presentan algunas de las investigaciones sobresalientes en algunos países de la zona andina.

Con base a los objetivos de esta investigación, se tuvieron en cuenta diferentes resultados obtenidos tras un barrido de información que le aporta y brinda bases teóricas a está; principalmente, Robert S. Schemenauer, un investigador canadiense, que en los 80's empieza a tener un acercamiento con la captación de niebla, por lo que realiza una serie de estudios que le permitieron identificar cómo y mediante qué instrumentos lograrlo, es así como en "The collection efficiency of a massive fog collector" Schemenauer explica y analiza, como la malla en polipropileno, aumenta su eficiencia según las medidas que tiene entre cada espacio de la malla y el grosor de la misma, esto debido a la variabilidad que se ha presentado en el tamaño de las gotas de agua suspendidas en el aire y que por efecto del choque, debido a que la velocidad y dirección del viento, golpearían la malla y proporcionarían el cumplimiento del objetivo, la captación de agua de niebla. El estudio fue realizado en el norte de Chile, debido a la altitud y condiciones meteorológicas de la zona, que genera una nube de niebla espesa la cual permite fortalecer la investigación y presentar resultados contundentes (Schemenauer & Joe, 1989).

Posteriormente, en Chile 1994, R. Schemenauer & P. Cereceda, propusieron un modelo de captación de lluvia horizontal. En la investigación que titularon "A Proposed Standard Fog Collector for Use in High-Elevation Regions" vieron la viabilidad y necesidad de tener en cuenta no solo datos meteorológicos y climatologícos, también involucraron la elevación del terreno, pues vieron como esta variable puede generar cambios sobre las dos primeras y a su vez mejorar el procedimiento para calcular la cantidad de niebla disponible en diferentes áreas. En el marco de la investigación, determinaron que puede recolectarse en promedio de 1 – 10 litros de agua/día por cada malla, teniendo en cuenta que esta deberá medir $1m^2$ y esto en temporadas secas, pues se puede alcanzar a captar hasta 30 – 40 L/día en épocas de lluvia; por lo tanto, se determina la importancia de la altitud en las zonas donde se pretende implementar o tener un acercamiento a la captación de niebla, pues de esta manera como dicen los autores, es posible determinar fenómenos en la deposición de humedad y tener una acercamiento a factores hidrológicos de las cuencas atmosféricas. (Cereceda & Robert, 1994)

En 2004, en la Orinoquia Colombiana, se hizo investigación justo en la cuenca del río Cusiana, pues este territorio comprende una selva nublada sobre la cual se pretende conocer su dinámica hídrica, por lo cual se explica la metodología usada y probada para recolectar niebla, en primer lugar de forma natural, pues los arboles debido a su estructura y forma, son capaces de retener la niebla y suspenderla al haber contacto con el mismo, no obstante, se hace la investigación de forma paralela con el uso de una malla de $1m^2$, y con los mismos materiales que usaremos en el transcurso de la investigación, *malla raschel* de una densidad del 35% de g, pues por lo descrito por los autores, y estos basados en investigaciones de Pilar Cereceda, este material brinda una mayor eficiencia en la captación de agua niebla; a partir de la investigación determinaron como puede influir las características propias de cada territorio, como lo son la vegetación y el suelo, pues estos cambian las dinámicas hídricas o actúan como barreras que alteran los resultados, no obstante, los bosques de niebla presentan un gran potencial como captadores de precipitación horizontal y a su vez la utilización de métodos alternativos para su captación, bajo un seguimiento técnico y basados en recomendaciones ya existentes, efectuarían una eficiencia alta que brindaría un potencial para continuar en su implementación (Fonseca & Ataroff, 2005).

Como principal fuente de información, se tomó la tesis que tiene por nombre: "Evaluación del potencial de captación y aprovechamiento de la precipitación horizontal como medida de adaptación al cambio climático: Estudio de caso barrio el oasis, Cazucá (Soacha)", esta fue realizada en el 2015 por Gina Cortés, egresada de

la Universidad el Bosque del programa de Ingeniería Ambiental, este trabajo de grado, expresa e informa de manera detallada, la implementación de un plan piloto en donde se construyó una malla de captación de niebla, con el fin de ayudar a una población de bajos recursos, para poder satisfacer sus necesidades del recurso hídrico (Cortés & Avellaneda, 2015).

Otra investigación fue la "Evaluación para consumo humano de la captación de aguas nieblas en el municipio de San Antonio (Cundinamarca)" en el cual se recolectó agua niebla mediante un prototipo de captador de 6 m^2, que se instaló en el área durante 53 días consecutivos y se analizó el agua recolectada para evaluar su viabilidad para consumo humano. Como resultado se obtuvo que el volumen promedio diario de captación en la zona fue de 7.21 L/m^2-dìa y los parámetros de potabilidad evaluados cumplen con los valores mínimos establecidos en el Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000, con excepción del pH. El proyecto fue realizado en el año 2013, bajo la dirección de César García, de la Universidad Distrital; Martha Vaca, de la Universidad de los Andes; y Juan García, de la Universidad Nacional (Vaca, García, & García, 2013).

Para otros autores es importante establecer las características físicas y químicas de la niebla, además de los parámetros relacionados con la temperatura, la humedad relativa, radiación solar, presión, velocidad y dirección del viento. Los captadores de niebla cuentan con distintas especificaciones según el uso que se le quiera dar y las características ambientales del mismo (Mateus & Antonio, 2015).

Se han propuesto diversos criterios metodológicos para la definición de sistemas de captación de aguas con base en lluvia horizontal. "Hay diversas formas de aprovechamiento del agua para consumo humano, en actividades como riego de cultivos, consumo doméstico y en general, la necesaria para labores productivas o industriales". La niebla, es un recurso que no ha sido tenido en cuenta suficientemente como para beneficiarse de esta como recurso. Los sistemas de captación de agua con base en lluvia horizontal, es una alternativa viable que suple en parte la demanda de agua, en zonas donde las fuentes hídricas no son suficientes (poblaciones pequeñas). Para su instalación es necesaria la captación de agua, para que de esta manera se pueda hacer una infraestructura para la misma." También se deben conocer la oferta de humedad de las nubes para obtener los mejores beneficios; se deben verificar las condiciones físicas del área de instalación y el entorno para identificar el mejor lugar para los equipos". (Mendoza & Castañeda, 2014)

Otra investigación ha propuesto el "Diseño de un sistema de recolección de agua por rocío y niebla para el abastecimiento de agua en la comunidad del barrio La Esperanza, localidad de Chapinero". Esta población pertenece a la UPZ 89 San Isidro Patios y actualmente no tienen acceso al servicio de agua potable que suministra ACUALCOS E.S.P. Se instalaron mallas en la dirección predominante de viento (oriente – occidente). Viendo la eficiencia como el vínculo entre la energía que se invierte y en la energía que se aprovecha en el sistema. La neblina se forma normalmente en las partes bajas cerca al suelo donde el agua se condensa, "debido a esto se pudo determinar que a menor altitud mayor será la recolección de agua, prueba de esto son los 85,20 L de agua recogidos en un mes lo cual equivale a un promedio de 2,66 L/m^2-dìa, recolectados a 3165 metros sobre el nivel del mar (msnm) contra 58,3 L de agua recogidos en un mes lo cual equivale a un promedio de 1,82 L/m^2-dia recolectados a 3181msnm". (Castillo & Cabeza, 2016).

Por otro lado, la investigación titulada "Captación de agua lluvia como alternativa comunitaria ante la escasez y la contaminación para el consumo humano y actividades agropecuarias en las veredas El Salado y La Aguada del municipio de Lebrija Santander, Colombia". Se realizó para evaluar en términos sociales y económicos el impacto de la captación de agua lluvia como alternativa comunitaria ante la escasez y la contaminación del agua para el consumo humano y actividades agropecuarias en las veredas mencionadas del municipio de Lebrija - Santander, Colombia. Para tal fin se identificaron los diseños y los componentes que hacen parte del

sistema para la captación, almacenamiento y tratamiento del agua lluvia, a través de pruebas realizadas en laboratorio se evaluó las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua lluvia utilizada para el consumo humano y se valoró el agua para usos agrícolas y domésticos, tomando como caso el estudio de la finca Los Mulatos. A nivel comunitario, se identificó el número de familias que han replicado la experiencia de captación de aguas lluvias en las veredas La Aguada, El Salado, El Santero y El Oso para uso en las actividades agropecuarias y domésticas" (Gualdron Becerra, 2014)

En páramos andinos, se hizo una prueba para determinar la "Capacidad de interceptación de la niebla por la vegetación de estos ecosistemas", mediante el cual se cuantificó la cantidad de agua de la niebla que es interceptada por la vegetación del páramo, se colectaron al azar 48 muestras vivas de cada cobertura (frailejón, F; bosque natural, BN y pasto, P), las cuales fueron expuestas a los eventos de niebla, y se registró la ganancia o pérdida de peso, por el método termo•gravimétrico. Para ello, se registraron los pesos de cada muestra antes del evento de niebla e inmediatamente después de éste. Adicionalmente, para cada evento de niebla, se llevó un registro de la duración del evento y su densidad, utilizando el criterio de distancia y visualización de los objetos (Tobón & Gil Morales, 2007)

Por otro lado, en Guatemala, año 2017, se realizó una investigación sobre mallas atrapaniebla, la cual comprendía la implementación de sistemas básicos de captación de agua de niebla, caso de estudio las Verapaces. En el cual esclarece la importancia que tienen las mallas atrapaniebla y la perspectiva ascendente que adoptan como fuente alternativa de agua, siendo económica y no dañina al medio ambiente y por otro lado, hacen énfasis en la producción de agua, detallando en dimensionamiento de los sistemas frente a lo que se espera obtener de agua, es decir, relacionan el tamaño de la malla atrapaniebla con su producción, esto por un largo periodo de muestreo, en donde se basan también en datos meteorológicos de la zona de estudio. (Rivera, 2017)

En el artículo The design of an optimal fog water collector: A theoretical analysis, dan explicación cómo determinar la eficiencia de diferentes modelos de captación de niebla, en su investigación se emplean varios modelos de ecuaciones, en un rango de aplicabilidad determinado, para poder calcular la eficiencia de estos sistemas, además de ello, se caracterizan diferentes variables que pueden afectar la captación de niebla como la dirección del viento o tan solo la geometría en la que se diseña el sistema. En este caso, la investigación es netamente teórica, aunque se empleen modelos matemáticos en sus procedimientos, sin embargo, la investigación aportó significantes resultados para la temática, pues considera los pasos y variables más recomendados para tener un sistema con máxima eficiencia, en donde el flujo de la niebla sea aprovechado al máximo, por lo que la hace una guía excepcional en una amplia variedad de mallas atrapaniebla artificiales (Regalado & Ritter, 2016)

7.2 Marco Conceptual.

Los aspectos conceptuales de esta investigación sobre lluvia horizontal se enmarcan en las implicaciones que tiene esta variable climatológica con los fenómenos de variabilidad y cambio climático, neblina, precipitación directa, humedad relativa y sus aplicaciones para el aprovechamiento de la oferta hídrica que se deriva de ella, para fortalecer el conocimiento del recurso hídrico en comunidades de los cerros Nororientales de Bogotá y la necesidad de conservación de los ecosistemas de alta montaña andina, como depositarios de esta oferta hídrica, de gran utilidad para solventar necesidades en comunidades rurales de la zona, frente a fenómenos de escasez hídrica en periodos de fenómeno del Niño.

7.2.1 Cambio climático.

Al pasar el tiempo, en el planeta tierra se han evidenciado diferentes fenómenos naturales y alteraciones en la temperatura, la precipitación, con los fenómenos del Niño y la Niña, la dirección de los vientos, entre otras variables meteorológicas, a lo cual se denomina **cambio climático,** que, en un largo plazo, y a causa de todas las actividades antrópicas que de forma directa e indirecta afectan la composición de la atmósfera mundial y puede conllevar a cambios tan abruptos sobre el ambiente, que un día el hombre no podrá resistir y será causal de desastres irremediables sobre toda la superficie global. El cambio climático se ha convertido en el gran problema ambiental del siglo XXI a nivel mundial, puesto que las consecuencias futuras, derivadas del calentamiento global, sobre el ser humano y el medioambiente no responden a criterios de fronteras de Estados, sino que se trata de un problema transfronterizo (Galán & Garrido, 2012).

7.2.2 Precipitación directa y horizontal.

Al momento de definir un balance hidrológico, es muy importante determinar **la precipitación pluvial,** pues tiene un papel vital en abastecimiento de agua en las zonas urbanas, ya que de ella depende, en gran parte, la cantidad de agua disponible para sus habitantes. **La precipitación directa** se determina en estaciones meteorológicas, usualmente mediante el uso de un pluviómetro. Sin embargo, existe otro tipo de precipitación que no se toma en consideración, **la precipitación horizontal,** esta es acarrada por el viento, puesto que debido a su pequeño tamaño y la acción gravitacional sus gotas se mantienen suspendidas en el aire, y es colectada por cualquier superficie, como lo son los árboles (de forma natural). Mediante este fenómeno la vegetación en general y los árboles en particular contribuyen con una cantidad abundante de agua que se pasa por alto en el balance hidrológico de una región. (Barradas, 1983)

A medida que ha ido en aumento el crecimiento poblacional, las prácticas de supervivencia más artesanales se han ido alejando de la realidad, pues al pasar el tiempo se adoptan nuevas prácticas que emplean tecnologías que aumenta su eficiencia, pero de cierto modo traen consigo más impactos, es por ello que la **captación de agua lluvia** se ha ido dejando a un lado y con la implementación de sistemas de tubería abastecemos nuestros espacios mediante esta, sin embargo tiene ciertos limitantes, pues la cobertura de agua potable mediante tubería no es del cien por ciento, y a su vez los costos que esta implica, inhabilitan la capacidad de obtención de grupos particulares de poblaciones, los más vulnerables o de poco acceso a lo urbanístico por sus características de asentamiento rural. Por lo tanto, **la captación artificial** de agua e Es un método de uso doméstico y de bajo costo, el cual, en una gran alternativa para el medio urbano y zonas vulnerables, durante las temporadas de lluvia, pretendiendo así reducir costos en los servicios de acueducto. (Caballero, 2006)

Existe un fenómeno natural, que es cuando la visibilidad desde la superficie es reducida, esto debido a la suspensión de gotas pequeñas en un gas, esto lo llamamos **niebla o neblina,** esta es de vital importancia dentro del ciclo hidrológico, la presencia de esta puede deberse a los diferentes ecosistemas que se presentan en una zona determinada, como los sistemas de cordilleras o ecosistemas boscosos y de páramo, pues el fenómeno resulta luego de la formación de gotas pequeñas y ligeras, que por su tamaño microscópico se mantienen en el aire y forma una nube superficial, que por su composición y desarrollo mantiene temperaturas altas que es lo que da pie a su formación a partir de la saturación de una masa de aire. (Shih-Chieh , I-Ling , & Jiunn-Tzong , 2002).

Dentro de un territorio, es posible identificar diferentes **ecosistemas**, el cual se identifica como la conformación de sistemas complejos integrados por agentes bióticos y abióticos interactuando en un espacio y tiempo

determinados. En contraste con la ecología organísmica, la ecología de ecosistemas centra su atención en los procesos funcionales del ecosistema a diferentes escalas de tiempo y espacio, mediante el análisis de sus almacenes, balances y flujos de agua, energía y nutrientes. Estos estudios están revelando los vínculos existentes entre diferentes procesos eco hidrológicos (entrada, flujos y almacenes de agua) así como identificar el origen de las fuentes de agua que permiten a los ecosistemas mantener sus funciones a través del tiempo. (Martinez, Álvarez, & Maass, 2017).

7.2.3 Aspectos sociales y de gestión del recurso hídrico.

Cuando se analizan conceptos como pobreza y desigualdad, tanto en su versión relativa como absoluta, esto evidencia un grado de **exclusión social,** en función de ella, se derivan consecuencias sobre las nociones de desempleo y de precariedad laboral, que evidencian la crisis de la sociedad de mercado y, finalmente, la concepción de ciudadanía y sus limitaciones. Por tanto, se dice que **la pobreza,** a no debe basarse en la satisfacción de un conjunto absoluto de necesidades básicas, sino de las oportunidades individuales de participación en la comunidad de pertenencia. Ello implica que los recursos para alcanzar la participación son relativos (tiempo y espacio), esto es, dependen del contexto bajo análisis. Por otro lado, **la desigualdad,** es percibida como un concepto indistinguible al de la pobreza, pues está sólo puede identificarse a partir de las trayectorias (seguimiento) de los individuos. Es decir, los procesos de acumulación de desventajas no son un problema particular de un curso de vida desviado de la persona, sino de una estructura de oportunidades que hace a este proceso más incierto y complejo. (Donoso & Schiefelbein, 2007)

Por otro lado, la capacidad de conducción que tienen las instituciones sobre los territorios, se contempla como la **gobernabilidad,** puesto que se refiere al conjunto de capacidades que debe poseer la institucionalidad pública para estar en condición de guiar a la sociedad hacia unos objetivos específicos de bienestar y de responder a sus demandas, la legitimidad de las instituciones encargadas del ejercicio de dichas funciones y de los gobernantes pasa a quedar en entredicho (González, 2017).

No obstante, también existen discursos que señalan modalidades inversas a la ya expuesta, entendida como la **ingobernabilidad, "***un planteamiento retórico construido para negar la crisis de legitimidad de los estados occidentales, que radicaba en la incapacidad de responder a las demandas de sus sociedades, y una oportunidad para cambiar el carácter pluralista y democrático alcanzado en los años de posguerra por un escenario propicio para la reducción del estado, a partir del cual se abría espacio a formas de gobierno supranacional encargadas de garantizar el comercio mundial*", es decir la ingobernabilidad fomenta una reorganización institucional que culminaría con el adelgazamiento o vaciamiento de los mismos y el consecuente recorte en las responsabilidades sociales que poseen cada una de las instituciones (González, 2017).

En aras de la inclusión de aspectos ecológicos, se determinan propuestas lógicas y pertinentes frente a ello, de donde se puedan dar resultados eficientes sobre la investigación, por lo tanto, bajo el vínculo de la misma con la institución educativa referente del desarrollo del proyecto, se analiza la posibilidad de implementar o fortalecer los **proyectos ambientales escolares,** los cuales son proyectos pedagógicos que promueven el análisis y la comprensión de los problemas y las potencialidades ambientales locales, y generan espacios de participación para implementar soluciones acordes con las dinámicas naturales y socioculturales. La óptica de su quehacer es la formación desde una concepción de desarrollo sostenible, con referentes espacio-temporales y sobre la base del respeto a la diversidad y a la autonomía y que contempla no sólo aspectos económicos sino sociales, culturales, políticos, éticos y estéticos en pro de una gestión sostenible del entorno (Ministerio de educación, 2005).

7.3 Marco Teórico.

El marco teórico de esta investigación está encaminado principalmente en el conocimiento de las cuencas atmosféricas y a su vez el agua atmosférica, en primera instancia para el análisis de la oferta hídrica atmosférica correspondiente a ecosistemas de alta montaña andina, para fortalecer su aprovechamiento de forma sostenible, mediante el mejoramiento de la gobernanza del agua en lo que comprende el territorio delimitado por la cuenca atmosférica propia de los cerros Nororientales de Bogotá.

7.3.1 Cuencas atmosféricas

Como efecto de una trayectoria de tiempo se ha venido determinando las posibles causas que generan variabilidad de aspectos físicos, biológicos y químicos dentro de un territorio, generando fenómenos en la naturaleza que requieren de un análisis o de su estudio para que se posibilite la determinación de las causas o que permita tener un acercamiento a lo que sería el causal de estos factores. Por consiguiente, este tipo de divisorias territoriales, las cuales determinamos como fronteras naturales que a su vez son consideradas *cuencas atmosféricas*, puesto que se caracterizan como una región geográfica, delimitada por los obstáculos topográficos de origen natural (líneas costeras, formaciones montañosas etc.) (Río, 2018).

Por tal motivo, se enfatizó en las cuencas atmosféricas, esto como objeto de estudio fundamental al analizar las dinámicas climáticas, relacionadas principalmente con la precipitación en función de la generación de agua naturalmente y la variabilidad que se presenta sobre esta, teniendo en cuenta los limitantes que se dan bajo los efectos del cambio climático; además se tendrá en cuenta los ecosistemas conformados por diferentes cuerpos de agua dados naturalmente en un espacio, el cual está delimitado por la cuenta atmosférica, ya que este ejerce una presión sobre el mismo, la cual permite a cada territorio adoptar características propias en cuanto a su funcionamiento y desarrollo, visto desde las variables que el mismo presenta (Río, 2018).

Los contaminantes atmosféricos también se convierten en una variable dentro del contexto de formación de la cuenta, pues estos a su vez determinan dentro del área de flujo, lugar donde se presenta una sinergia dada por el intercambio de aire y energía dentro de la misma matrix, las fuentes de contaminación que pueden ser identificadas con una alta claridad, partiendo de la base de la caracterización primaria de la misma, puesto que una cuenca atmosférica es afectada por emisiones de origen urbano, suburbano, marino, agrícola, entre otras, así como por fuentes naturales, las cuales sufren transformaciones que afectan la calidad del aire y por tal motivo ejercen presión sobre los factores naturales contemplados desde una misma cuenca atmosférica (Río, 2018).

Además de ello, su limitante también cualifica una zona determinada desde el punto de vista de las formaciones atmosféricas, es decir una cuenca está dada a partir de las características atmosféricas, por lo que se considera un espacio geográfico delimitado parcial o totalmente por elevaciones montañosas u otros atributos naturales con características meteorológicas y climáticas afines, donde la calidad del aire a nivel estacional está influenciada por las fuentes de emisión antropogénicas y naturales en el interior de la misma, y en ciertos casos, por el transporte de contaminantes provenientes de otras cuencas atmosféricas (Peña, Velasco, & Cervantes, 2007).

En contexto, al definir la cuenca como el área total drenada por un río y sus ramificaciones, el cual no genera una comunicación horizontal con el océano abierto en todas las profundidades. La profundidad máxima a la que hay comunicación horizontal es la profundidad del umbral (meteorology, 2012). Se comprende la necesidad de abordar de manera completa el área que hace ronda a la quebrada San Cristóbal, pues de allí parten un sin número de circunstancias que caracterizan el territorio y a la cual se le atribuye el bajo índice de gobernanza hídrica por su reducido esfuerzo comunitario en su preservación y cuidado en marco a una planificación territorial deficiente, por la débil postura institucional frente al control por asentamientos y además por permitir poblar este tipo de espacios que comprenden un territorio natural, que ha de necesitar un modelo encaminado a su desarrollo mediante proyectos, obras o actividades que permitan su evolución en cuanto a la adaptabilidad que presenten sus mismos pobladores (Manosalva Fonseca, 2012).

7.3.2 Aguas atmosféricas

Cuando nos referimos a un elemento como el agua, este de tan altas magnitudes sobre el planeta tierra, llega un punto en donde dimensionarle se convierte en una ardua labor, casi catalogada como imposible, pues se ha dicho que la capa de agua sobre la tierra es de casi un 70% y después de ello es tierra firme, solo el 30%; no obstante, de ese 70% se derivan diferentes fuentes hídricas, y decimos fuentes por cómo se catalogan dependiendo su origen y funcionalidad (Scuka, 2009).

A lo largo del planeta tierra, es posible observar cada una de las fuentes hídricas existentes, en donde podemos encontrar los océanos y los mares, los glaciares y las nieves, los ríos, los lagos, la humedad del suelo y el vapor atmosférico, no obstante, de todos ellos, solo los primeros dos son el 93% del total de agua sobre la tierra, la cual es agua salada; El 7% comprendido por las siguientes fuentes mencionadas, es agua dulce, la cual es la que día a día nos da la posibilidad de vivir, pues requiere de un tratamiento más simple, si se puede llamar así, para que pueda ser apta para el consumo humano (Scuka, 2009).

Ahora bien, en el marco de esta investigación, nos centramos en el agua atmosférica, pues refiere al tipo de agua suspendida en la atmosfera, como gas o vapor, que de una forma rápida y sencilla se puede convertirse en precipitación, o partículas pequeñas de agua que dan formación a las nubes, también en nieve, granizo, cristales de hielo o neblina. Sin embargo, este vapor de agua (agua atmosférica) tiene una relación de 1:100,000 sobre la cantidad de agua sobre el planeta tierra (Te Chow, Maidment, & Mays, 1994). Pero más allá de eso, sobre el ciclo hidrológico cumple una función vital y muy centralizada, pues anualmente solamente los océanos evaporan 449000 km^3 de agua, la cual, por efectos naturales dentro del mismo ciclo queda desalinizada y en espera de precipitarse (Scuka, 2009).

En la actualidad, el planeta tierra pasa por un momento de agotamiento y uso excesivo de los recursos, especialmente el agua, por su alta demanda en actividades, agrícolas, industriales, entre otras. Por lo tanto, las aguas superficiales y subterráneas, que por años han sido la principal fuente de agua para la humanidad están llegando a tope, por tal motivo surge la necesidad de dar uso al agua atmosférica, que por naturaleza podría ser el agua más "potable" recolectada empíricamente. Sin embargo, hoy día, la atmosfera también pasa por momentos críticos, pues contaminantes quedan suspendidos en ellos, ejerciendo un efecto negativo sobre el recurso hídrico que allí se almacena (OpenMS, S.F)

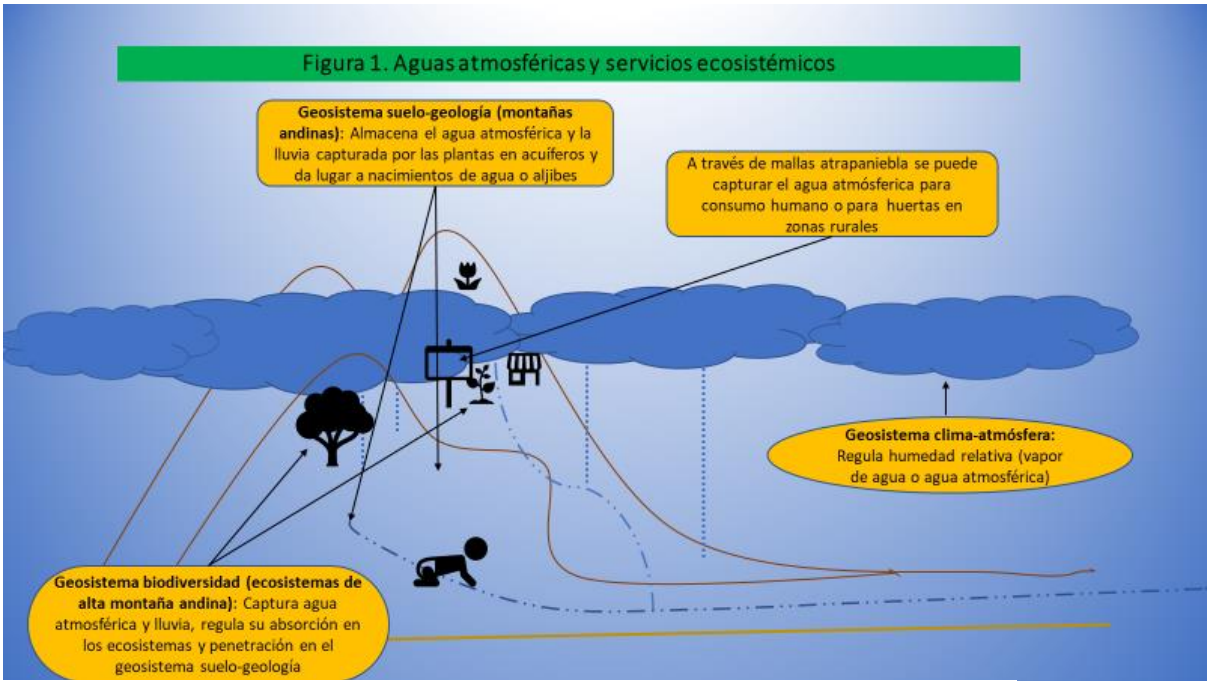


Figura 1: *Aguas atmosféricas y servicios ecosistémicos*. **Fuente:** Avellaneda, 2018.

La figura 1, está directamente relacionada con los servicios ecosistémicos, pues funciona de diferentes maneras aportando en cada una a la base del ciclo hídrico, para entender un poco mejor, se dice que los servicios ecosistémicos surgen como una necesidad de enfatizar esta estrecha relación que existe entre los ecosistemas y el bienestar de las poblaciones humanas. Este acercamiento a la problemática ambiental está teniendo una creciente aceptación tanto en los medios académicos como en los gubernamentales, incorporándose tanto al bagaje científico actual como al diseño de políticas (Balvanera & Cotler, 2007).

Ahora bien, estos servicios ecosistémicos brindan beneficios a las personas que hacen uso de ellos y por tanto se caracterizan en cuatro tipo según su finalidad; en primer lugar están los de apoyo, que dan equilibrio y fuerza a la tierra y sus componentes; en segundo lugar, los servicios de abastecimiento, puesto que de allí derivan aquellos que brindan recursos para subsistir o poder generar mecanismos de supervivencia; en tercer lugar están los servicios culturales, tomando como referencia la recreación o el ecoturismo, pues utilizan el ambiente como el espacio para el desarrollo de sus actividades; y por último los servicios de regulación, que son aquellos que mantienen en equilibrio y armonía cada una de las variables que se pueden presentar en el medio (Montes & Sala, 2007)

Por lo tanto, es posible observar como las aguas atmosféricas están asociadas con cada uno de estos tipos de servicios que se nos proveen, es decir, las aguas atmosféricas brindan diferentes servicios, cada uno relacionado con los tipos de estos, mencionados anteriormente, lo cual da una gran importancia sobre estas, pues su débil análisis las hace casi que desconocidas ante las personas y sin embargo, día a día están aportando al funcionamiento del medio ambiente y evitando o disminuyendo impactos ambientales que se presentan en cada momento.

7.3.3 Oferta Hídrica

La oferta hídrica es un término asociado a la porción de agua que luego de precipitarse sobre el área de la cuenta y de haber cumplido las cuotas de evapotranspiración e infiltración que se realizan mediante la cobertura vegetal ubicada en el sistema conocido como suelo, se escurre a través de los causes mayores de los ríos u otras corrientes de agua superficial, con el fin de alimentar lagos, lagunas, reservorios, entre otros, se confluyen con otras corrientes llegando de forma directa o indirecta a aguas marinas (Corponariño, 2011).

Usualmente esta porción de agua que escurre por los ríos es denominada por los hidrólogos como escorrentía superficial y su cuantificación conforma el elemento principal de medición en las redes de seguimiento hidrológico existentes en los distintos países (Corponariño, 2011).

La oferta hídrica de una cuenca, corresponde también al volumen disponible de agua para satisfacer la demanda generada por las actividades sociales y económicas del hombre. Al cuantificar la escorrentía superficial a partir del balance hídrico de la cuenca, se está estimando la oferta de agua superficial de la misma. El conocimiento del caudal del río, su confiabilidad y extensión de la serie del registro histórico son variables que pueden influir en la estimación de la oferta hídrica superficial. Cuando existe información histórica confiable de los caudales con series extensas, el caudal medio anual del río es la oferta hídrica de esa cuenca (Corponariño, 2011).

Enfocados ahora en los tipos de oferta hídrica, está en primer lugar, la oferta hídrica superficial, la cual representa el volumen de agua continental que escurre por la superficie e integra los sistemas de drenaje superficial. Esta variable se analiza para unidades temporales anuales y mensuales en condiciones hidrológicas promedio, humedad y año típico seco (IDEAM, 2010).

La oferta natural del país se determina a partir de la escorrentía superficial y está directamente asociada con los aportes e las áreas de las cuencas correspondientes, representados en caudal especifico o isolíneas de rendimiento hídricos y escorrentía, no obstante, es necesario hablar de su disponibilidad, pues está resulta de sustraer, sobre la oferta hídrica superficial, la cantidad de agua que garantice el uso para el funcionamiento de ecosistemas, sistemas fluviales y en alguna medida los caudales mínimos para usuarios que dependen de las fuentes hídricas asociadas a estos ecosistemas (IDEAM, 2010).

A nivel nacional el país se encuentra dividido en cinco áreas hidrográficas, 41 zonas hidrográficas y 316 subzonas hidrográficas. Dichas áreas se entienden de la siguiente manera (IDEAM, 2019):

- Caribe
- Pacífico
- Magdalena-Cauca
- Orinoco
- Amazonas

Del volumen total anual de precipitación en Colombia que se tomó para el año 2014 fue de un total de 3.267 km3, el 62% se convierte en escorrentía superficial, equivalente a un caudal medio de 63.789 m3/s, correspondiente a un volumen de 2.025 km3 al año. Se asume a la escorrentía superficial como la lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje para un intervalo de tiempo dado. Del caudal total que se tuvo para el año en cuestión (63.789 m^3/s) de escorrentía superficial de Colombia, la cuenca Magdalena-Cauca contribuye con el 14% (8.595 m^3/s), la Amazonia con 37% (23.626 m^3/s), la Orinoquia con 26% (16.789 m^3/s), el Caribe, incluida la cuenca del rio Catatumbo, contribuye con el 9% (5.799 m^3/s) y el Pacifico aporta el 14% (8.980 m^3/s) (IDEAM, 2019).

En Colombia resulta difícil poder realizar estudios para estimar la oferta hídrica sobre el territorio, puesto que se cuenta con información muy reducida debido a que no hay hoy en día las suficientes estaciones de control meteorológicas y climatológicas, por lo que, resulta complejo aplicar modelos de estimación de la oferta hídrica mediante información escasa o en ciertos casos desactualizada, por lo que resulta muy interesante e importante para elaborar planes de manejo de las cuencas hidrográficas y hacer valoraciones económicas del recurso hídrico ofrecido por ellas. Sin embargo, es necesario contar con información más actualizada y cada vez más precisa, sobre la distribución regional y local de sus disponibilidades de agua y la distribución territorial de sus usos, a fin de precisar y ordenar las áreas con mayores peligros de desabastecimiento y adelantar las acciones de planificación y regulación del uso del recurso hídrico (Otaya, Vásquez, & Bustamante, 2008).

7.3.4 Gobernanza del agua

Dado el grado de importancia frente al actuar de la investigación y aras del cuidado y la preservación del recurso hídrico, la gobernanza del agua mantiene un hito a través del tiempo, pues desde la lógica que se crea frente a la postura del cuidado del agua, este término debe mantener un crecimiento exponencial en cuanto a su adopción en las posturas de pensar de solo quienes busquen un interés por dar frente al cuidado y preservación del recurso hídrico, esto desde un accionar individual que represente el momento ideológico o postura que se haya adoptado por cada ser en respuesta a sus intereses como miembro de un territorio en el cual se desarrolla o por el cual se crean vínculos que requieren del aporte y la participación en el desarrollo de sus actividades en pro de mejorar la gobernanza del agua (Domínguez Serrano, 2011).

Por su parte, la gobernanza del agua se refiere de manera amplia a la formulación, el establecimiento e implementación de políticas, legislación e instituciones asociadas a la gestión del agua, y a la clarificación de las funciones y responsabilidades del gobierno, la sociedad civil y el sector privado en relación con los recursos y servicios hídricos (Bocarejo Suescún, 2018). Es decir, el accionar que se presenta, en conjunto, con los diferentes actores involucrados en un objetivo, que, para este caso, sería el cuidado del agua, a partir de una serie de pasos fundamentados en la obtención de un beneficio común.

Sin embargo, desde la gobernanza del agua se debe hacer una diferenciación de la gobernabilidad que se da sobre la misma, que aunque parezcan similares existe una gran diferencia en su connotación, puesto que dentro de la gobernanza se destaca la capacidad de decisión e influencia que los actores no gubernamentales adoptan frente a las actividades y mecanismos que permitan completar este objetivo a fin de definir cómo opera la sociedad en un tema en específico y cuál sería la capacidad de generar una solución pertinente para el mismo,

mientras que la gobernabilidad tiene como objetivo la aplicabilidad de los mismos procesos, pero con la finalidad de cumplir labores administrativas o estatales, dadas por políticas, que en su mayoría demuestran ineficiencias frente a estos (Domínguez Serrano, 2011).

Ahora bien, si se habla netamente de gobernanza, cuando la noción implica el agua, se refiere a la capacidad de un sistema social para movilizar las energías, de manera coherente, para un desarrollo sostenido de los recursos hidráulicos. La noción incluye la capacidad de diseñar políticas públicas (y movilizar los recursos sociales que las sustenten) que sean socialmente aceptadas, y que tengan como meta el desarrollo y el uso sostenido de los recursos hidráulicos, así como lograr que su implementación se lleve a cabo de manera efectiva por los diferentes actores/grupos de interés involucrados en el proceso. Por lo que, es vital conocer en qué aspecto se requiere actuar, pues de aquí depende la forma en cómo se dará parcial o totalmente los resultados en cuanto a la eficiencia de la gobernanza (Rogers, 2002).

Dentro de la gobernanza del agua, existen una serie de principios que definen la metodología sistémica para poder tener una gobernabilidad sobre la misma; En primer lugar, Abierta, en donde cada institución trabaja de forma individual; Transparente, referida a la ética que se debe tener durante el proceso; Participativa, de allí la apropiación comunitaria en cuando a la gobernanza; Responsable, dando cumplimiento a unos roles dados por quien mantiene la iniciativa de generar gobernanza; Efectiva y coherente, para dar pie a la continuación y resultados pertinentes de la misma, Ética, como principal característica de quien quiere generar gobernanza; y por último Integral, haciendo unificación de cada mecanismo para demostrar el cumplimiento de la misma (Rogers, 2002).

7.4 Marco Normativo

A partir de la siguiente información, se da pie al marco normativo vigente, que se debe cumplir pues mantiene un estrecho vínculo con los objetivos propuestos en la investigación y de ello también depende el éxito de la propuesta para el mejoramiento de la gobernanza del agua.

7.4.1 Normas legales

Norma	Significado
Ley 99 de 1993 *Ley Nacional Ambiental*	A partir de su instauración, se buscó mejorar la gestión ambiental y el uso de los recursos mediante nuevos entes encargados de velar por el cuidado del ambiente y potencializar actividades en aras del desarrollo sostenible.
Ley 134 de 1994	Mediante dicha norma se vinculan los mecanismos de participación ciudadana, teniendo en cuenta la débil gobernabilidad para nuestra zona de estudio y en búsqueda del fortalecimiento de la gobernanza comunitaria es clave la participación ciudadana, pues es un derecho y deberá cumplirse en cuanto así lo requiera la ciudadanía.
Ley 115 de 1994 *Ley general de educación.*	Establece como un fin primordial de la educación la adquisición de una conciencia para la calidad de vida, el uso racional de los recursos naturales, la prevención de desastres dentro de una cultura ecológica y del riesgo, la defensa del patrimonio cultural de la Nación y la conservación, protección y mejoramiento del medio ambiente.
Ley 373 de 1997	Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Todo plan ambiental regional y municipal debe incorporar obligatoriamente un programa para el uso eficiente y ahorro del agua.
Decreto 1541 de 1978	Mediante este decreto se regulan los usos, racionales, del agua, teniendo en cuenta su aprovechamiento según el sujeto o prioridad; Además, presenta restricciones y limitaciones al dominio en orden a asegurar el aprovechamiento de las aguas por todos los usuarios.
Decreto 1743 de 1994	Por el cual se instituye el Proyecto de Educación Ambiental para todos los niveles de educación formal, se fijan criterios para la promoción de la educación ambiental no formal e informal y se establecen los mecanismos de coordinación entre el Ministerio de Educación nacional y el Ministerio del Medio Ambiente.

Tabla 1: *Normativa aplicable.* **Fuente:** Autor, 2019.

7.4.2 Normas técnicas

No existe en la normatividad colombiana aspectos reglamentarios que apunten sobre el uso y aprovechamiento de lluvia horizontal, sin embargo a lo largo de esta investigación abordamos temas normativos que se establecen por el "Manual de diseño y construcción de sistemas de captación de aguas", el cual fue instaurado por la Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe, el cual tiene el objetivo de establecer un adecuado desarrollo de las capacidades de innovación tecnológica al momento de generar mecanismos para recolección de aguas lluvias o niebla y mantener controlado la inserción del proyecto, aumentando su eficiencia y generando un mejor control, durante la ejecución de alguno de los nombrados.

También para ello existe un manual técnico << **Sistemas de captación de agua lluvia para uso doméstico en américa latina y el caribe**.>> el cual tiene como objetivo preservar el agua como recurso natural renovable, básico para el desarrollo sustentable, a través de ejemplos de cálculos y diseños para la construcción de almacenamientos de agua (IICA, 1998).

Además, es importante tener un seguimiento sobre el **Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico** (RAS), pues fija los requisitos técnicos que deben cumplir los diseños, las obras y procedimientos correspondientes al Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y sus actividades complementarias (Ministerio de ambiente y desarrollo territorial, 2000). Y pese a que el proyecto no busca producir y/o tratar el agua en el marco de la potabilización, si es importante conocer sobre ello con el fin de poder ampliar los alcances del mismo o por el contrario establecer un punto final al que se quiere abordar.

Por último, y centrados en nuestra zona de estudio, es importante vincular la **Política Nacional de Educación Ambiental,** pues como se ha venido trabajando con los estudiantes del colegio, se hace valioso fortalecer con ellos a través de la educación ambiental, actividades que les aporten en su formación y dar lugar a la elaboración de proyectos ambientales escolares (PRAE), pues en la formación de jóvenes y niños, esto les aporta a ampliar su visión sobre el cuidado de su entorno y adquirir hábitos sustentables.

7.5 Marco Geográfico

El barrio Santa Cecilia se encuentra ubicado al nororiente de la ciudad de Bogotá, el pertenece a un grupo de urbanizaciones populares que, como pequeñas colmenas, se encuentran diseminadas entre los Cerros Orientales, una cadena montañosa que sirve de frontera natural de la ciudad. Al barrio Santa Cecilia llegaron la mayoría de sus habitantes después de 1991 (Congreso, 2007), su origen fue por un proceso de urbanización pirata en terrenos pertenecientes a un particular y su fundador fue un urbanizador pirata. El barrio está conformado por lotes con un tamaño promedio de los 72 m² y está conformada por asentamientos humanos de origen ilegal, con uso residencial predominante de estratos 1 y 2, con serias deficiencias de infraestructura, accesibilidad, equipamientos y espacio público (Del Castillo, 2016).

Figura 2: *Barrio Santa Cecilia. Carrera 7ma.*
Fuente: Autor, 2018.

Figura 3: *Barrio Santa Cecilia.*
Fuente: Autor, 2018.

Más que un barrio, Santa Cecilia constituye un territorio para muchos de sus habitantes. Más que una división física o un espacio de residencia, consumo y reproducción de fuerza de trabajo, este territorio es el resultado de formaciones históricas y culturales que nos hablan de un escenario de sociabilidad, luchas y experiencias asociativas a través de las cuales se construyen sentidos e identidades (Del Castillo, 2016). Sin embargo, Santa Cecilia a estada marcado por espacios de violencia y conflicto por el apoderamiento del territorio, lo que abrió paso a la creación de pandillas o grupos ilegales que querían apropiarse del territorio, tal como relatan algunos de sus habitantes, el día a día se fue convirtiendo en robos, asaltos y momentos en los que solo se escuchaban los disparos (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2010).

Figura 4: *Vista desde C.A.F. Barrio Santa Cecilia.* **Fuente:** Autor, 2018.

Sin embargo, su ciudadanía busca libertad y paz, por ello se han venido centralizando en la participación colectiva en actividades en pro del desarrollo local, pues en marco del desarrollo global de Bogotá, como grande ciudad que alberga millones de barrios, los habitantes de Santa Cecilia no sienten el apoyo que se brinda desde la alcaldía, pues es poco o nada lo que estas entidades gubernamentales hacen allí para mejorar la calidad de vida de sus habitantes, algunos ya desde hace más de 50 años, según se nos fue relatado por ellos mismos.

Dentro de este territorio, encontramos el Colegio Agustín Fernández – Sede C, espacio que cuenta con 398 alumnos que van desde el grado primero a quinto, además tiene el apoyo de 18 docentes orientadores en la formación de estos niños habitantes del barrio Santa Cecilia (Hernández, 2018). En este espacio fue posible

aprovechar su infraestructura, pues cuenta con una azotea en donde se pudo adecuar la malla atrapaniebla gracias al interés por parte del colegio en fomentar con los niños y jóvenes el cuidado del agua, y además aportarle a su implementación para suplir algunas necesidades que se presenten allí.

Figura 5: *Colegio Agustín Fernández, Sede – C.*
Por: Autor, 2018.

También fue clave para la instalación de la malla, que el colegio está en una altitud entre los 2700 y 2730 m.s.n.m., lo cual es fundamental, para su funcionamiento (Cereceda & Robert, 1994); el acceso a Santa Cecilia es sencillo aunque inusual, pues cuenta con un "terminal" donde periódicamente o por lo menos hasta completar el cupo, realizan el ascenso carros 4x4 que por un valor de $2.100, de los cuales $1.100 son por subir desde la carrera séptima hasta "la cruz" ubicada en el pico del cerro, ya en la mayor aproximación que hay en la zona con el bosque nativo perteneciente a la montaña y luego $900 por bajar nuevamente hasta el punto de partida.

Santa Cecilia no cuenta con servicio de transporte público, pues sus estrechas vías "imposibilitan" según la alcaldía de Bogotá, el acceso de buses del sistema integrado, lo que, por cuestión económica, resultaría más económico para sus habitantes, además de ello, la deficiente infraestructura de las vías, en algunos tramos totalmente destapada (Pava, 2018); No obstante, cuenta con servicio de aseo, el cual opera por parte de la empresa LIME todos los días miércoles para la recolección de residuos sólidos, y los días lunes recogiendo escombros y otros (Alcaldía Local Usaquén, 2019).

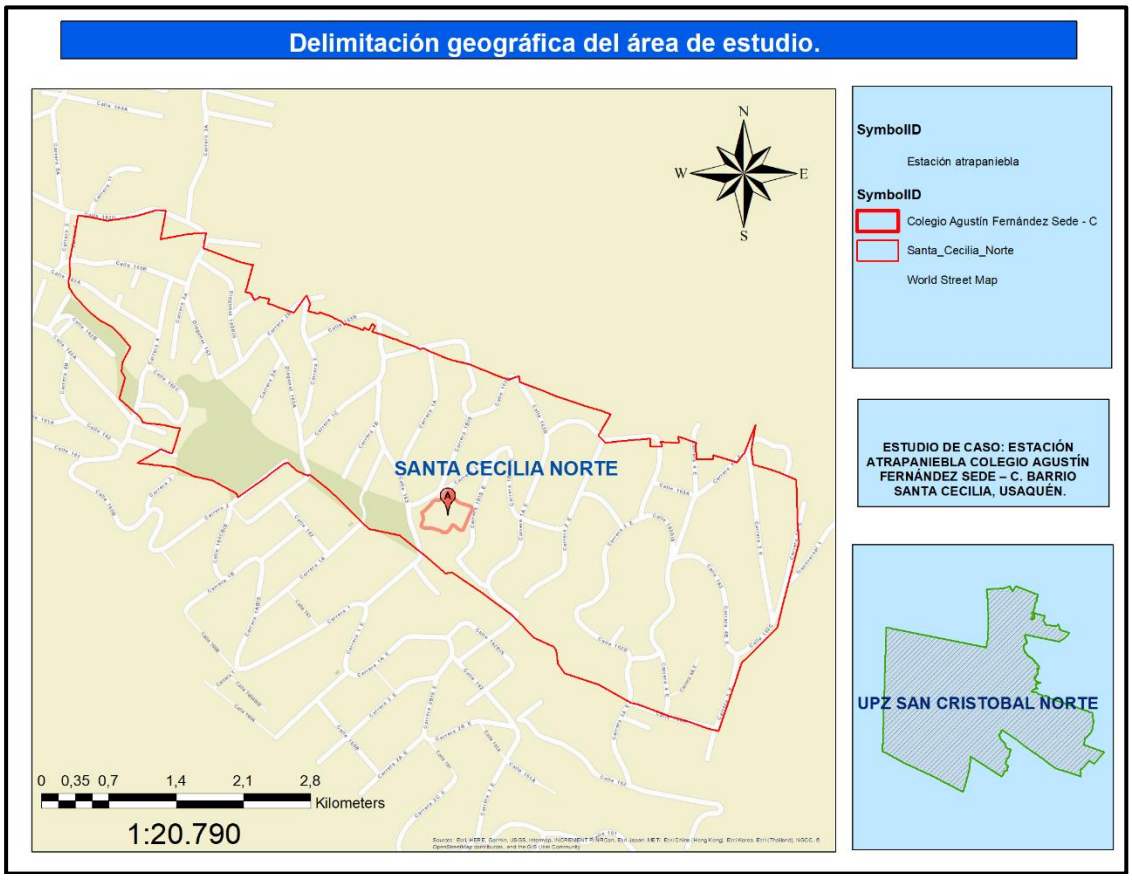


Figura 6: *Mapa de la delimitación geográfica del área de estudio.* **Fuente:** Autor, 2018.

7.6 Marco Institucional

En Bogotá, especialmente hacia los cerros y en las afueras de la metrópoli encontramos algunas de las zonas más marginales de Bogotá, caracterizadas por su infraestructura y su escalafón político, económico y social, que, según una previa investigación, se dice que las urbanizaciones de origen clandestino que presentan procesos de exclusión económica, social, cultural, política y espacial se agruparon dentro de la categoría de Tratamientos de Mejoramiento Integral. El POT identificó 1437 barrios o desarrollos clandestinos, que ocupan aproximadamente el 23% del territorio urbanizado, en una superficie de 375.000 predios y una población de 1´400.000 habitantes (Carrasco Rey, 2004).

Usaquén es reconocido como uno de los últimos municipios circunvecinos anexados a Bogotá en 1954; históricamente fue reconocido por qué abastecía a Bogotá, de materiales como arena y piedra, situación que en la actualidad está muy reducida. Cabe resaltar que el territorio que hoy se conoce como Usaquén, tiene una característica que la distingue de otras localidades, y es ser parte de la conformación de la cadena de los cerros orientales de Bogotá, así como su origen de humedal, de la cual sobreviven la cuenca Torca, de ello dan cuenta los canales que aún quedan, como la quebrada San Cristóbal, fuente hídrica que se encuentra en nuestra área de estudio (CLGR-CC, 2017).

Con una extensión total de 6.531,32 hectáreas, se ubica en el extremo nororiental de la ciudad y limita, al occidente con la Autopista Norte, que la separa de la localidad de Suba; al sur con la Calle 100, que la separa de la localidad de Chapinero; al norte, con los municipios de Chía y Sopó y al oriente, con el municipio de la Calera. Esta localidad está dividida en nueve UPZ (Unidades de Planeamiento Zonal): Paseo Los Libertadores, Verbenal, La Uribe, San Cristóbal Norte, Toberín, Los Cedros, Usaquén, Country Club y Santa Bárbara. Su población está conformada por 449.621 habitantes (Secretaría de Educación, 2018)

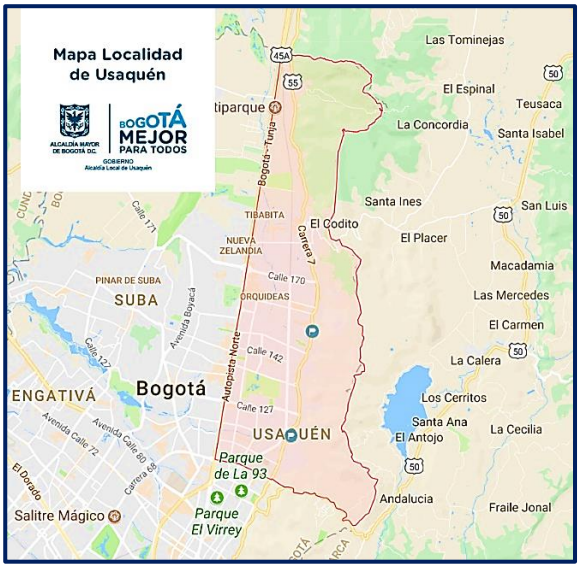


Figura 7: *Localidad de Usaquén.* **Fuente:** http://www.usaquen.gov.co/mi-localidad/mapas

De las UPZ que conforman Usaquén, nos enfocamos en la UPZ San Cristóbal Norte, la cual se localiza en el área central de la localidad de Usaquén, tiene una extensión de 275 hectáreas, equivalentes al 4,2% del suelo de la localidad. Esta UPZ limita, al norte, con la calle 165, carrera 7ª y la Avenida San Juan Bosco (calle 170); por el oriente, con el perímetro urbano; por el sur, con la avenida Alberto Lleras Camargo (carrera 7.ª), Avenida la Sirena (calle 153), y por el occidente, con la avenida Laureano Gómez (carrera 9.ª) o Avenida del Ferrocarril (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2010).

Figura 8: *Unidades de planeación zonal, Usaquén.* **Fuente:** https://ceds2013.files.wordpress.com/2014/06/upzs.png?w=584

8. Metodología

8.1 Alcance

Dentro de este apartado se define el alcance que tuvo la investigación durante cada una de sus fases, este será de carácter **descriptivo y explicativo**, puesto que se evidencia con base a una recolección periódica de datos, los resultados que puede llegar a tener en correlación con la implementación de los métodos no convencionales de captación de lluvia; además de ello, se darán respuestas aproximadas a las posibles causas que se dan desde el problema que se evidencia allí, por lo que mediante indicadores socio-ambientales, podrá ser posible dar solución a los diversos factores de cambio que se involucran dentro de un territorio generando afectación en los ecosistemas y consigo los recursos que este podría proporcionar de forma natural (Sampieri, Fernández, & Baptista, 2014).

Además de ello, mediante las actividades realizadas, explicamos la baja gobernanza del agua que existe sobre el territorio, para sobre estos datos, poder ejercer acciones e incentivar a la comunidad para fortalecer está, brindando herramientas que les permite aportar más al cuidado del agua, y mediante la malla atrapaniebla mejorar la oferta hídrica o por lo menos poder generar un mejor aprovechamiento del agua atmosférica en función de las actividades que se realizan en el territorio (Sampieri, Fernández, & Baptista, 2014).

8.2 Enfoque

Ahora bien, el trabajo de investigación tuvo un enfoque **mixto**, en donde abarque importantes conceptos que logren dar respuesta al por qué existe un déficit en el conocimiento y la aplicación de la gobernanza del agua, específicamente en el barrio Santa Cecilia, importante drenaje de la cuenca principal del río Bogotá, lo cual relaciona el aumento de las cargas de contaminación, sin saber que se puede trabajar en su protección; esto haciendo un modelo cualitativo de investigación. Sin embargo, el proyecto aporta datos importantes en cuanto a la recolección del agua, para analizar su potencial con respecto a la zona de estudio, además del muestreo constante para la construcción de una base de datos del muestreo, se procedió a implementar pruebas físico – químicas, lo que permite desarrollar un aproximación más detallada en lo que respecta a la recolección de datos y monitoreo de los sistemas de recolección de agua niebla y con respecto a sus características comparadas con las normas o parámetros ya claramente establecidos. (Sampieri, Fernández, & Baptista, 2014)

8.3 Método

Esta investigación requirió de una constante practicidad como modelo de desarrollo, pues se hace indispensable la constante participación y relación con la comunidad como muestra del empirismo aplicado en este proyecto, pues copila información de la cotidianidad y se hace una trazabilidad a través del tiempo en cuanto a cambios y factores que afectan las mediciones aquí necesarias para comprobar y corroborar la hipótesis planteada; El método que abarca a grandes rasgos el proyecto es el método **empírico**, por su aproximación a la objetividad del conocimiento en sí y al uso de las practicas experienciales, como la observación y las mediciones (Ena., 2008).

El método empírico está marcado fuertemente, por el experimental pues desde allí se define la lógica que puede llegar a tener este, ya que el experimento genera transformaciones con un trasfondo que establece premisas las cuales podrían optar en primera instancia por argumentar la hipótesis, o tener un acercamiento a ella desde el punto empírico, pues se crean las condiciones necesarias o adecua las existentes, para el esclarecimiento de las propiedades y relaciones del objeto de estudio; Mediante la experimentación, se busca dar conocimiento a lo desconocido a partir de la objetividad que se maneje sobre la lógica de la investigación a realizar (Ena., 2008).

Sin embargo, esta serie de métodos desglosa a una particularidad que brinda la capacidad de establecer un método en donde el alcance se convierte en lo más importante dentro de la investigación. Por lo tanto, en este caso, se establece que la investigación se basa en el *Método hipotético-deductivo* puesto que a partir de la hipótesis previamente planteada; planteada por la envergadura propia de los datos empíricos o la lógica dada por la praxis en un escenario cotidiano y, por consiguiente, mediante formulación deductiva se completa el método para la investigación. (Ena., 2008)

8.4 Técnicas e Instrumentos

Para lograr dar cumplimiento a lo previamente establecido, se llevaron a cabo ciertas técnicas, las cuales aluden a procedimientos de actuación concreta y particular de recogida de información relacionada con el método de investigación que estamos utilizando. Por lo cual, está será la forma en la que se irá haciendo la compilación de datos que nos permitirán darle análisis a una serie de resultados, y por medio de estos tener un acercamiento a la hipótesis que se planteó durante la investigación en busca de una respuesta, obedeciendo a la premisa que tiene la pregunta de investigación. (Campoy & Gomes, 2009)

En aras de que el trabajo maneja un enfoque mixto, se requirieron de técnicas que cumplan con los objetivos que conllevan cada uno de estos, por lo que se tuvo en cuenta para las variables cuantificables encuestas y entrevistas, que nos permitan conocer información a base del empirismo que tiene la ciudadanía que habita la zona de estudio pues han adquirido experiencias a través del tiempo que brinda información relevante sobre la investigación; y por otro lado, están las variables cualitativas, para las cuales se han venido adoptado técnicas como la observación, la fotografía, las notas de campo y los relatos por parte de la comunidad, que aportan en la medida en que se van recopilando información que se adquiere a través de la praxis de vida y de los momentos sensoriales y experimentales que se dan durante el contacto con los actores involucrados y el área donde se desarrolla cada aspecto que afecte o alteren los datos para brindar resultados a la investigación. (ITSON, s.f.)

Ahora bien, se requirieron de una serie de instrumentos para lograr operatividad para cada una de las técnicas, es decir, son herramientas que me permiten alcanzar las metas propuestas para cada una de las técnicas a utilizar , estos deben tener un alto grado de confiabilidad y validez; en cuanto a confiabilidad se refiere a la congruencia y grado de veracidad con la que cuente el instrumento, pues sus resultados deberán ser lógicos y podrán relacionarse para determinar silogismos en marco del problema de investigación, y validez en cuanto a su finalidad, logrando aportar los resultados para los cuales fue diseñado. (ITSON, s.f.)

Por lo tanto, dentro del trabajo de investigación, se tuvieron en cuenta los siguientes instrumentos que están enlazados con las técnicas a utilizar, serán las preguntas que llevarán los cuestionarios de entrevistas y encuestas, esto para la parte cuantitativa; en relación del cumplimiento de las técnicas cualitativas se necesitará un cámara, una libreta de campo, una grabadora de voz y del reconocimiento y apropiación del territorio para desde la observación hacer énfasis en las variables perceptibles en la zona. En la tabla 2 es posible observar cada una de las características mencionadas anteriormente.

Objetivo	Objetivos específicos	Actividades	Técnicas	Instrumentos	Resultados esperados
Evaluar la malla atrapa niebla como método adaptativo para captar agua, contribuyendo al mejoramiento de la educación ambiental en la gobernanza del agua en el colegio Agustín Fernández Sede - C. Barrio Santa Cecilia.	Investigar las características meteorológicas asociadas a la malla atrapaniebla como alternativa para captación de agua atmosférica en escenarios de escasez hídrica en los cerros Orientales de Bogotá.	• Reconocimiento del área de estudio. • Establecer factores que afectan la dinámica del agua. • Caracterizar las diferentes posturas de la población frente al uso del agua. • Reconocer las variables meteorológicas propicias a la zona de estudio.	Revisión bibliográfica	Documentación sobre el área de estudio.	Determinar las características meteorológicas correspondientes a la zona de los cerros orientales y establecer si la malla atrapaniebla contribuye a mejorar la oferta hídrica en la zona.
			Recopilar datos de estaciones meteorológicas.	Geoportales	
				IDEAM – Base de datos	
			Encuestas	Preguntas base en términos generales.	
			Entrevistas	Relatorías digitales y auditivas.	
			Observación	Libreta de campo	
				Cámara fotográfica.	
	Desarrollar un programa de educación ambiental con la comunidad escolar orientado hacia la gobernanza del agua.	• Planificar talleres didácticos enfocados en el recurso hídrico. • Explicar de forma práctica el funcionamiento de la malla atrapaniebla. • Fortalecer la participación e interés de los niños en actividades ambientales.	Talleres de educación ambiental	Guías prácticas	Programa de educación ambiental enfocado a los niños del colegio Agustín Fernández para ampliar su conocimiento sobre la oferta hídrica ambiental y de esta forma mejorar la gobernanza del agua en su territorio.
				Metodología WET (CAR).	
			Exposición sobre el funcionamiento de la “malla atrapaniebla”	Gráficas que explican el funcionamiento de la misma.	
			Proyecto ambiental escolar.	Elaboración de proyectos que involucren el agua captada.	
	Analizar la calidad del recurso hídrico atmosférico que puede ser recolectado por la malla atrapaniebla y sus usos potenciales.	• Toma de muestras periódicas del agua captada. • Medir la precipitación directa en el área de estudio. • Medir variables físicoquímicas de las muestras • Establecer usos potenciales del agua captada	Análisis de datos	Tablas en Excel	Conocer la cantidad de agua que tiene como potencial de captura la malla atrapaniebla en los diferentes periodos de tiempo y analizar sus características fisicoquímicas para establecer los posibles usos que se le pueden dar.
				Gráficas	
			Medición volumétrica del agua captada.	Pluviómetro: Stratus	
				Probeta	
				Malla atrapaniebla	
			Medición de variables (*pH, conductividad, salinidad, temperatura).*	Multiparámetro - YSI Modelo 63	
			Análisis de las variables	Bibliografía respecto al uso del agua según sus condiciones fisicoquímicas.	

Tabla 2: *Técnicas e instrumentos.* **Fuente:** Autor, 2019.

8.5 Variables e Indicadores.

Para poder entender e interiorizar como se llevó a cabo la investigación, se tienen unas variables las cuales por su condición, nos brindan características u atributos sobre lo que puede darse en ciertos momentos del desarrollo de la investigación, pues estás se entienden como conceptos clasificatorios que permiten categorizar o clasificar los resultados y son susceptibles de identificación y medición (Tavárez, 2011). En ello radica la importancia de definir las variables correspondientes para este trabajo y a su vez establecer cómo estás se relacionan con el proceso para el cumplimiento de los objetivos propuestos todo ello a partir de la hipótesis establecida para la investigación.

En el caso del proyecto, se tienen variables **dependientes,** pues se tienen en cuenta los cambios sobre lo medido para lograr determinar el efecto sobre lo que se observó; también variables **cuantitativas** y **cualitativas**, las cuales se relacionan, en primer lugar por las características o propiedades que se presentan en diversos grados de intensidad, es decir, admiten una escala numérica de medición y por otro lado, puesto que refieren atributos o cualidades sobre un fenómeno, en este caso, el mismo que se cuantifica para luego poder ser analizados (Tavárez, 2011).

En continuación, se definen unos indicadores, los cuales son elementales para evaluar, dar seguimiento y predecir tendencias de la situación de las variables establecidas dentro del proyecto, pues de este modo se dan valores de desempeño a cada actividad encaminada a lograr las metas y objetivos fijados en cada uno de los ámbitos de acción de las fases de la investigación. La comparabilidad de los aspectos ecológico, económico y social es otra de las funciones de los indicadores, ya que estamos inscritos en una cultura donde el valor asignado a los objetos, logros o situaciones sólo adquiere sentido respecto a la situación de otros contextos, personas y poblaciones, es decir, es el valor relativo de las cosas lo que les da un significado (Tavárez, 2011).

Hipótesis	Aspectos	Variables	Indicadores
Mejoramiento de la eficiencia de los métodos de captación de agua (poco convencionales) y fortalecimiento de la gobernanza del agua mediante la sensibilización y enseñanza a los alumnos del colegio acerca de la importancia del recurso hídrico, para generar un razonamiento crítico de los servicios ecosistémicos asociados a este recurso.	Ecológico	Oferta hídrica ambiental	$\frac{Precipitación\ vertical\ (m^3)}{Precipitación\ Total}$
			$\frac{Precipitación\ horizontal\ (m^3)}{Precipitación\ Total}$
		Eficiencia malla atrapaniebla	$Volumen\ de\ agua\ captada\ (m^3)$
	Social	Fortalecimiento de la gobernanza del agua.	$Cantidad\ de\ alumnos\ capacitados$
			$Cantidad\ de\ talleres\ realizados$
	Económico	Disminución gasto hídrico (suministro del acueducto).	$\frac{Volumen\ de\ agua\ captada\ m^3}{Total\ consumo\ de\ agua\ bimestral}$

Tabla 3: *Variable e indicadores.* **Fuente:** Autor, 2019.

8.6 Diseño y fases de la investigación.

A partir de lo estipulado anteriormente, ahora se marca un mecanismo que categoriza cada acción dentro de una fase que permitirá desempeñar cada paso que en conjunto permitan el desarrollo satisfactorio de la investigación, dando cumplimiento a los objetivos y metas planteadas durante la investigación, por lo tanto, se desarrolló la investigación en cuatro fases nombradas en orden: *preparatoria*, *aplicación*, *analítica e informativa*. Las cuales mantienen un diseño de la metodología emergente, flexible, en tanto que es interactivo con la propia investigación y con los sujetos participantes en ella (Meneses, 2007).

Posteriormente, una descripción de la metodología propuesta para el cumplimiento de cada uno de los objetivos, basados en capa apartado de la sección de metodología, pues se trabajan de forma integral para poder obtener resultados pertinentes para la investigación y estos enmarcados dentro del marco lógico de la misma, por lo que, es necesario que se lleven a cabo cada una siguiendo lo estipulado allí y contrarrestando las acciones en contra de su realización ya sean antrópicas o naturales, pues son impedimentos que se pueden dar y no hay garantía de condiciones favorables u optimas, siempre, durante su realización.

Figura 9: *Fases de la Investigación*. **Fuente:** Autor, 2019.

Metodología objetivo I

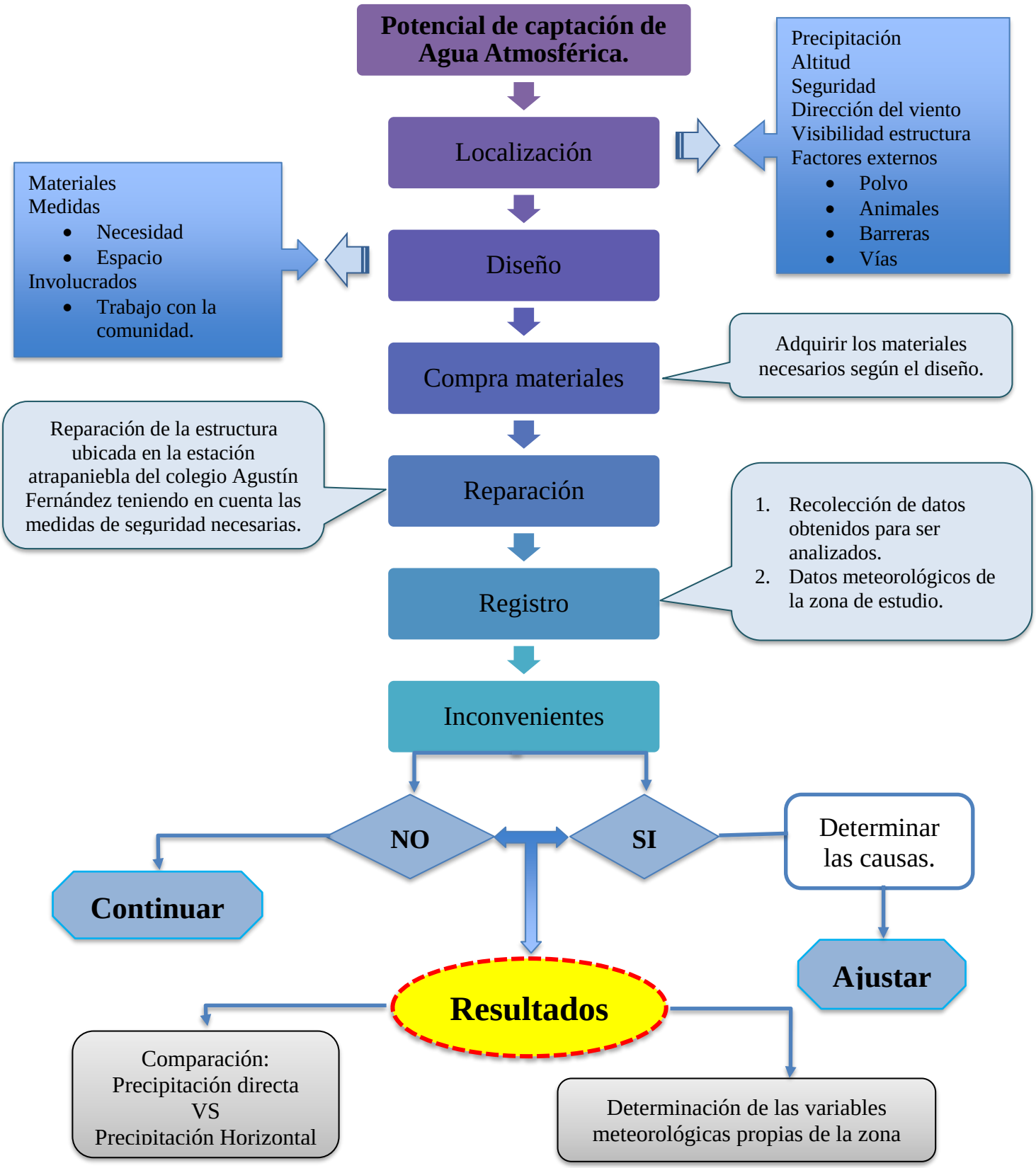


Figura 10: *Metodología del objetivo I.* **Fuente:** Autor, 2019.

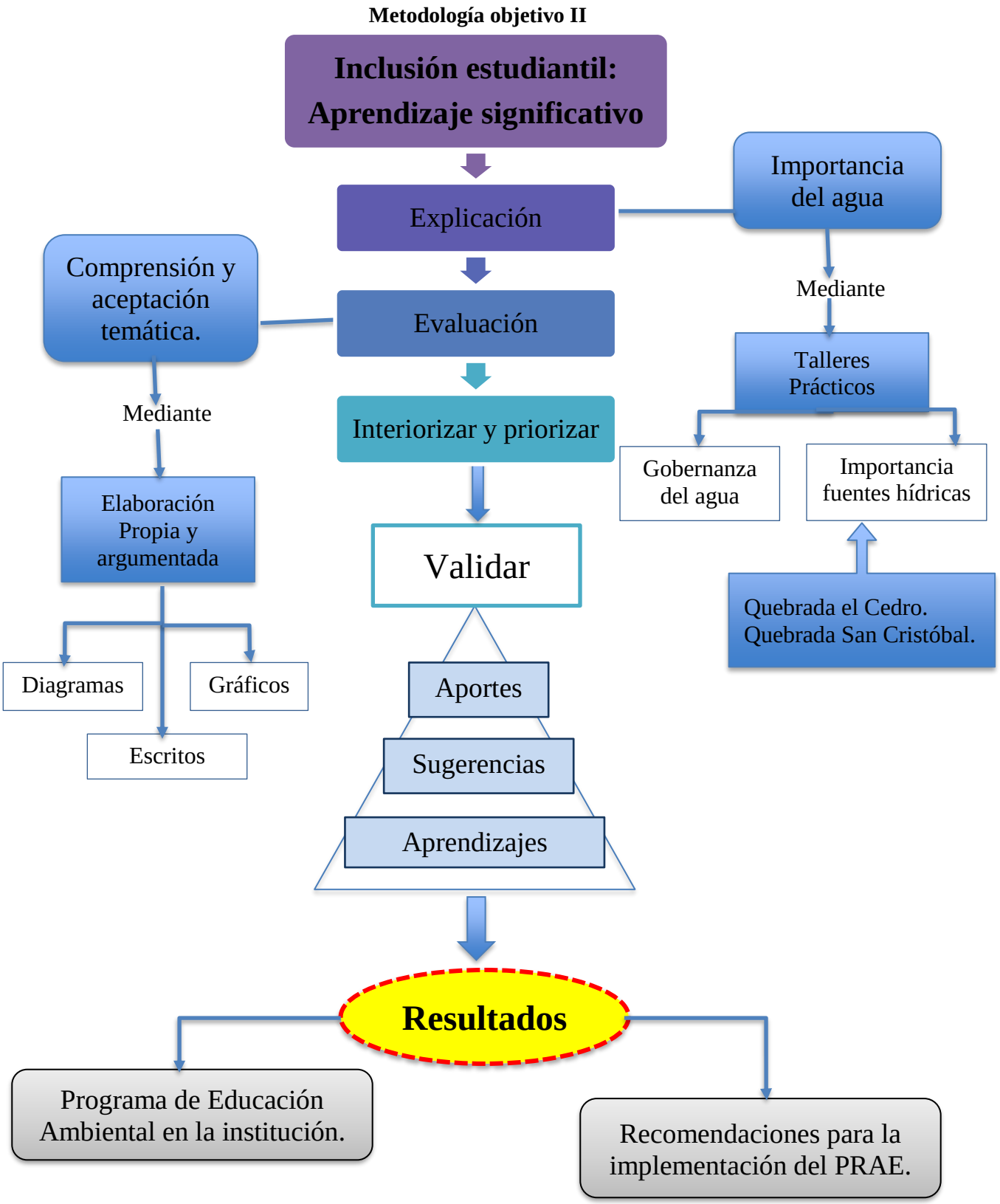


Figura 11: *Metodología del objetivo II.* **Fuente:** Autor, 2019.

Metodología objetivo III

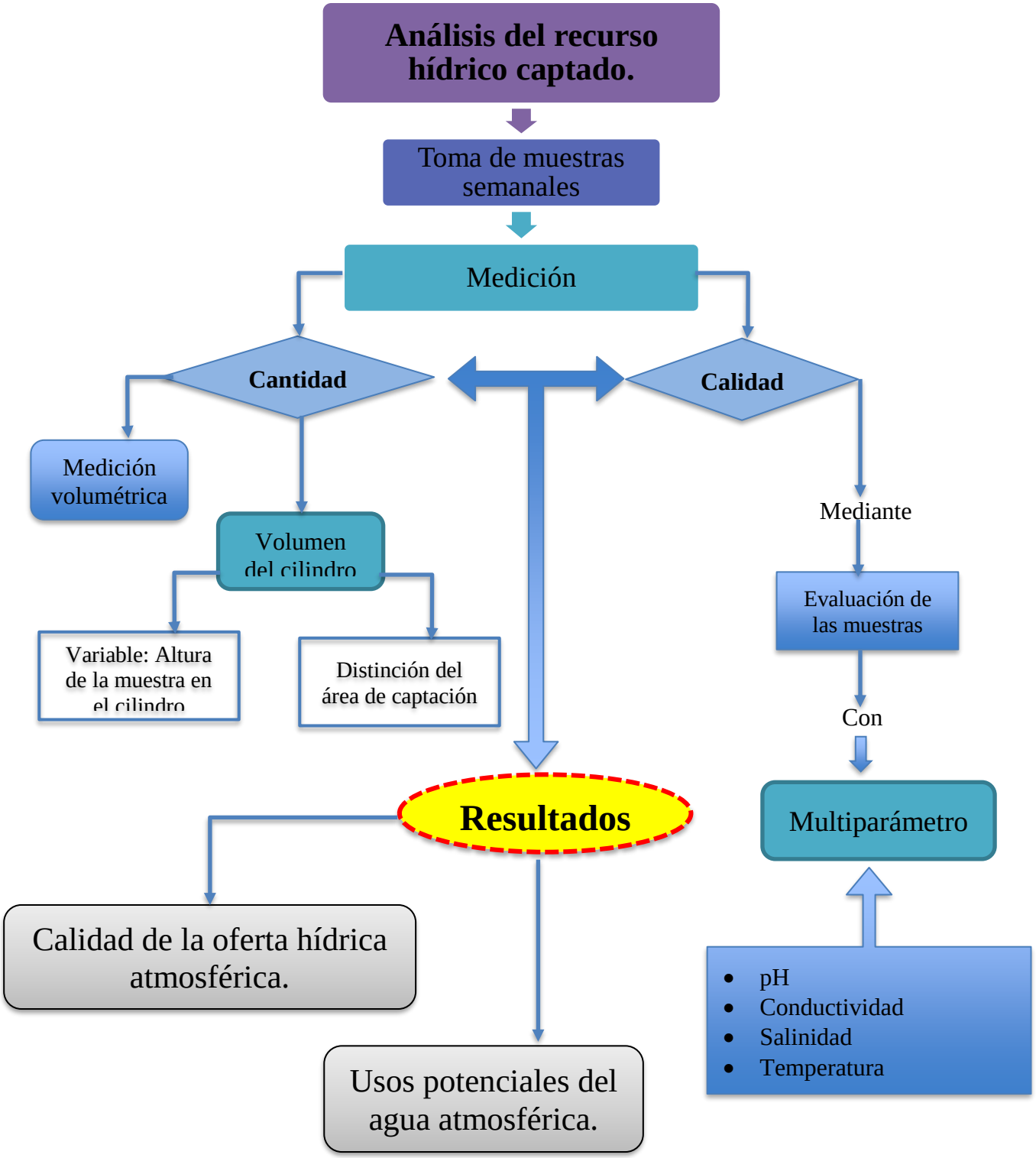


Figura 12: *Metodología del objetivo III.* **Fuente:** Autor, 2019.

9. Resultados, análisis y discusión.

Con base a los objetivos planteados y en armonía con su respectiva metodología, se logró obtener una serie de datos que interpretamos como resultados, dependiendo cada una de las variables dadas, desde el planteamiento metodológico de la investigación, a su vez, estos resultados fueron objeto de análisis y discusión con el fin de establecer datos verídicos y propios sobre las teorías que se dieron en su desarrollo, por lo tanto, a continuación se presentan los resultados, análisis y discusión con el fin de demostrar u objetar con respecto a la hipótesis planteada.

9.1 Objetivo I

9.1.1 Comparación: Precipitación directa vs. Precipitación horizontal.

Para dar cumplimiento a lo propuesto, se necesitó de una toma de muestras periódicas de la oferta hídrica, por precipitación directa y horizontal, las cuales de empezaron desde el mes de mayo de 2018, hasta marzo de 2019 (tabla 4), en donde semanalmente se registró el volumen del recurso hídrico que fue posible recolectar. En primer lugar, para determinar la precipitación horizontal, se retiraba el agua depositada en el tanque de almacenamiento de la malla atrapaniebla, para poder medir su volumen y, por otro lado, mediante la utilización del pluviómetro, se hicieron mediciones del volumen de la precipitación directa.

Muestra	Precipitación (cm^3/m^2)		Fecha
	Horizontal	Directa	
1	376,05	8280,00	30/05/2018
2	983,95	17280,00	06/06/2018
3	38,17	3690,00	13/06/2018
4	1661,12	9000,00	20/06/2018
5	1319,71	8820,00	27/06/2018
6	2445,03	9990,00	04/07/2018
7	892,76	10890,00	11/07/2018
8	2405,44	6030,00	16/07/2018
9	3678,50	12600,00	23/07/2018
10	890,64	11520,00	30/07/2018
11	5117,67	9450,00	06/08/2018
12	5343,86	11970,00	13/08/2018
13	2290,23	16200,00	20/08/2018
14	749,27	33480,00	27/08/2018
15	16,96	18000,00	03/09/2018
16	268,61	12240,00	10/09/2018
17	183,78	18540,00	17/09/2018
18	397,96	10800,00	24/09/2018
19	256,59	13050,00	01/10/2018
20	778,96	4770,00	08/10/2018
21	538,63	16380,00	15/10/2018
22	685,65	12780,00	22/10/2018
23	446,03	9000,00	29/10/2018
24	462,29	12533,74	05/11/2018

Muestra	Precipitación (cm^3/m^2)		Fecha	
	Horizontal	Directa		
25	287,69	19080,00	13/11/2018	
26	338,59	29790,00	19/11/2018	
27	236,09	15533,49	26/11/2018	
28	240,33	17501,91	03/12/2018	
29	192,97	16529,16	10/12/2018	
30	108,15	14667,69	17/12/2018	
31	1178,76	11671,76	24/12/2018	
32	1178,76	11671,76	31/12/2018	
33	1178,76	11671,76	07/01/2019	
34	1178,76	11671,76	14/01/2019	
35	1178,76	11671,76	21/01/2019	
36	398,67	8384,26	28/01/2019	
37	445,60	12566,84	04/02/2019	
38	523,08	11231,22	11/02/2019	
39	577,50	19382,48	18/02/2019	
40	668,27	18334,61	25/02/2019	
41	1221,45	33742,04	04/03/2019	
42	90,48	539,85	11/03/2019	
Total	43450,54	572936,09	Σ	616386,63
Porcentaje	7,05%	92,95%		100%
Promedio Cm^3/m^2-día	1034,54	13641,34		14675,88
Promedio L/m^2-día	1,035	13,641		14,676

Tabla 4: *Datos de precipitación (Directa y horizontal)* **Fuente:** Autor, 2019.

9.1.1.1 Precipitación Horizontal

Para efecto de los cálculos de la precipitación horizontal, se tiene en cuenta la estructura de la malla atrapaniebla, ubicada en el colegio Agustín Fernández Sede C, la cual está instalada por el Programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad El Bosque en el año 2014 y consta de un tubo de acero que funciona como soporte de la misma, a una distancia desde la superficie de *4 m*, luego se encuentra la malla atrapaniebla (tipo Raschel), la cual mide *1m x 1m*, la cual tiene en su base un tubo PVC, que conecta con una manguera que conduce el agua captada de la niebla hasta un tanque recolector, bidón plástico con capacidad de *20 litros*, ubicado en la superficie de la zona donde se encuentran los equipos. Las siguientes figuras (13, 14 & 15) presentan, los materiales utilizados en la experiencia.

Figura 13: *Estructura base.*
Fuente: Autor, 2018.

Figura 14: *Malla atrapaniebla*
Fuente: Autor, 2018.

Figura 15: *Bidón para almacenamiento.*
Fuente: Autor, 2018.

El cálculo de la cantidad de agua captada, se hizo mediante la medición volumétrica de un cilindro plástico, cuya funcionalidad es asegurar la altura que alcanza la muestra de agua sobre la misma, y de este modo poder calcular su volumen. A continuación, se demuestra las operaciones realizadas para determinar el volumen de agua captada mediante la utilización de los instrumentos anteriormente mencionados.

$$Volumen\ cilindro = \pi * r^2 * h \quad \underline{Ecuación\ 1}$$

Para constatar las operaciones, es necesario saber una serie de variables sobre el mismo, por lo menos este cilindro tiene como diámetro *3 cm* por lo cual al momento se utilizar la fórmula el radio será *1,5 cm*, por otro lado, se utilizaron cuatro cifras decimales en el número PI para poder dar más confiabilidad sobre los cálculos.

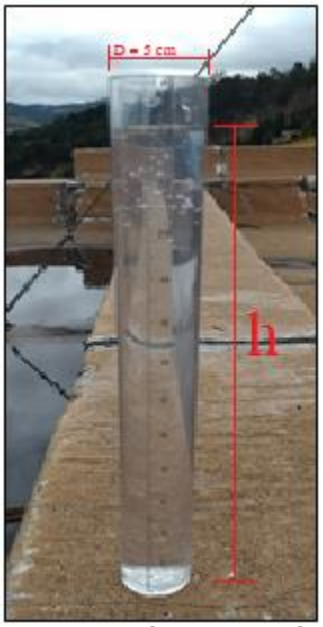


Figura 16: *Probeta para medición.*
Fuente: Autor, 2018.

$$Volumen\ muestra\ 1 = \pi * r^2 * h$$

$$Volumen\ muestra\ 1 = 3.1416 * (1.5cm)^2 * h$$

Muestra	Precipitación (h=cm)		Fecha
	Directa	Horizontal	
1	9,2	53,2	30/05/2018

Tabla 5: *Dato para cálculo 1.* **Fuente:** Autor, 2019.

$$Volumen\ muestra\ 1 = 3.1416 * (1.5cm)^2 * 53{,}2$$

$$Volumen\ muestra\ 1 = 376{,}05\ cm^3$$

En el caso de la precipitación horizontal, el área de captación son 10000 cm^2, por lo tanto, el resultado obtenido corresponde al total captado dentro del análisis de las muestras en factor al área de recolección.

9.1.1.2 Precipitación directa

En esta fase de la investigación, se utilizó un pluviómetro de precisión Stratus con soporte de montaje, como se muestra en la figura 17, este se ubicó a dos metros de la malla atrapaniebla, adherido a un tubo de acero mediante abrazaderas plásticas, se colocó aproximadamente a 1.5m desde la superficie en donde se encuentra, este se retira de su base, para poder tomar la muestra y calcular su volumen utilizando un cilindro plástico, el cual trae unas medidas, en *cm*, las cuales corresponden a la altura que alcanza la muestra sobre este. Posteriormente, para poder calcular su volumen, utilizamos la fórmula para determinar el volumen de un cilindro, y de esta manera conocer, en cm^3, la cantidad de recurso captado.

Figura 17: *Pluviómetro.* **Fuente:** Autor, 2018.

Para efecto de los cálculos, se hizo la primera parte de la misma manera como se realizó con la precipitación horizontal, el número PI se utilizó con cuatro cifras decimales "*3.1416",* por otro lado, el diámetro del cilindro usado para la toma de muestras es de *3 cm* por consiguiente el valor de su radio es *1,5 cm* y por último el valor de la altura está al margen de la cantidad de agua captada en cada semana, para su demostración haremos el cálculo de la primera muestra tomada.

$$Volumen\ muestra\ 2 = \pi * r^2 * h$$

$$Volumen\ muestra\ 2 = 3.1416 * (1.5cm)^2 * h$$

Muestra	Precipitación		Fecha
	Directa	Horizontal	
1	9,2	53,2	30/05/2018

Tabla 6: *Dato para cálculo 2.* **Fuente:** Autor, 2019.

$$Volumen\ muestra\ 1 = 3.1416 * (1.5cm)^2 * 9.2cm$$

$$Volumen\ muestra\ 1 = 65.03cm^3$$

De esta forma se determinó el volumen de agua que almacena el pluviómetro durante cada uno de los períodos de muestreo, variando con respecto a la altura dada en cada uno de los muestreos, sin embargo, el pluviómetro maneja un área de captación en razón con su diámetro, para este caso el diámetro que tiene la tapa del pluviómetro es de *10 cm*, en razón a ello, calcularemos el área de captación que maneja este pluviómetro.

$$Área\ del\ círculo = \pi * r^2$$ *Ecuación 2*

Por consiguiente, el área del pluviómetro tendría las siguientes dimensiones, igualmente teniendo el número pi como *3.1416.*

$$Área\ del\ pluviómetro = 3.1416 * (5cm)^2$$

$$Área\ del\ pluviómetro = 78.54cm^2$$

A partir de los cálculos realizados, decimos que se captó, en la primera toma, 65.03 cm^3 de agua en un área de 78.54 cm^2, sin embargo, este resultado no es unidimensional con el área de captación de la precipitación horizontal, por lo cual hacemos una equivalencia en cuanto a áreas de captación, para de esta manera trabajar en razón a una misma área, por consiguiente, la equivalencia queda plasmada de la siguiente manera.

$$78.54\ cm^2 = 65.03\ cm^3$$

$$10000\ cm^2 = X\ cm^3$$

Área de captación de precipitación horizontal por la malla atrapaniebla.

$$X\ cm^3 = \frac{10000\ cm^2 * \ 65.03\ cm^3}{78.54\ cm^2}$$

$$X\ = 8279.86\ cm^3$$

Es decir, que por cada 10000 cm^2 en el terreno, se recolectaron 8279.86 cm^3 de precipitación directa correspondiente al primer periodo de muestreo. De esta misma manera, se hizo con cada uno de los datos recolectados durante el tiempo de muestreo, y estos últimos fueron utilizados para el análisis y la comparación de los mismos.

9.1.2 Variabilidad climática y meteorológica

Con respecto a la variabilidad climática, se realizó su estudio dentro de la investigación, a partir de los valores de precipitación mensuales de tres estaciones, en primer lugar, teniendo en cuenta nuestro estudio de caso, la estación Colegio Agustín Fernández - Sede C (CAF – Sede C), y además de estás, dos estaciones hidrometeorológicas, operadas por la corporación autónoma regional de Cundinamarca (CAR), la primera, la estación de Usaquén y en segundo lugar, estación Torca, para a partir de estas extraer datos meteorológicos y realizar la comparación con la estación propia de la investigación.

En cuanto a las estaciones de la CAR, la primera, la estación Usaquén, opera en la ciudad de Bogotá desde 1955, está se encuentra ubicada a una altura de 2647 m.s.n.m y el código con la cual se identifica dentro de su base de datos es 2120111; por otro lado, la estación torca opera en Bogotá desde 1960, su altura es de 2579 m.s.n.m y el código de identificación es 2120077. En cuanto a sus generalidades, las dos estaciones hacen parte

de la cuenca del río Bogotá, además funcionan como sistema de información climatológica e hidrológica y, por último, se encuentran en la categoría de precipitación mensual.
En la siguiente tabla (No. 7), se observa el copilado de datos, de cada una de las estaciones, para todos los meses del año, en el caso de la estación CAF – Sede C, los valores del mes de abril son nulos, debido a que no hubo muestreo durante dicho mes, además, el mes de mayo del 2018, presenta valores bajos, al igual que marzo de 2019, puesto que, en ambos periodos, solo se hizo muestreo 1 o 2 semanas dentro del mismo.

Respecto a los datos tomados para las estaciones de la CAR, la estación torca presenta datos actualizados hasta el año 2018, por el contrario, Usaquén, se encuentra un poco desactualizados, ya que los últimos datos informados corresponden al año 1994, sin embargo, en ambos casos, se hizo un promedio de precipitaciones anuales, correspondientes a cada mes, con el fin de consolidar de una manera más exacta los datos, teniendo en cuenta periodos de variabilidad climática severa, en donde estos pudiesen no ser significativos en la investigación.

Precipitación total mensual (mm)			
Meses	Estación		
	CAF -Sede C.	Torca	Usaquén
Enero	47,33	68,13	58,53
Febrero	63,73	68,86	80,48
Marzo	35,59	99,32	89,69
Abril		105,82	129,51
Mayo	8,66	97,31	98,43
Junio	42,79	63,11	68,95
Julio	61,34	67,44	55,88
Agosto	84,60	48,74	55,14
Septiembre	60,45	72,43	55,98
Octubre	58,69	117,91	140,13
Noviembre	78,26	130,77	154,45
Diciembre	74,94	68,48	83,83

Tabla 7: *Precipitación mensual por estaciones.* **Fuente:** Autor, 2019.

Luego de haber recopilado los datos de cada una de las estaciones, se realizó una comparación de la misma para definir momentos de variabilidad climática y comportamientos de la precipitación en la zona de estudio. Tal como se muestra en la figura 18.

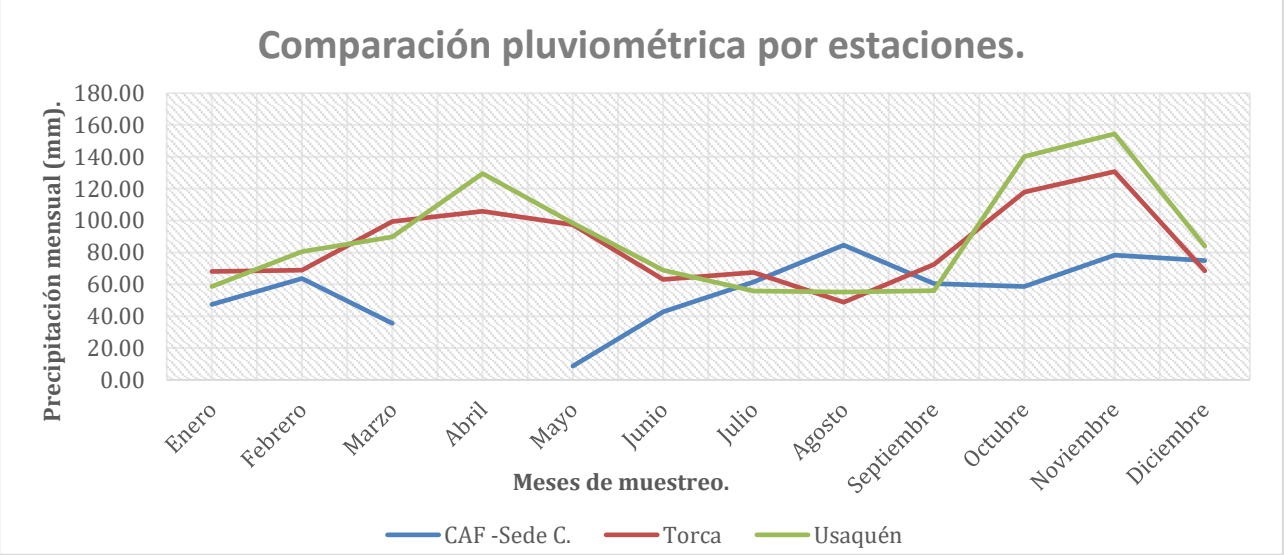


Figura 18: *Comparación pluviométrica por estaciones.* 43
Fuente: Autor, 2019.

En razón a la variabilidad presente dentro de los datos de precipitación de las tres estaciones que conforman la compilación de datos para la investigación, se precisa que la relación en cuanto a ubicación de las estaciones, pues estás están ubicadas relativamente dentro de la misma región hidroclimática, esto no garantiza que se presente un mismo comportamiento climatológico estacional, por tal razón se observó en que periodos y cuales estaciones pudieron presentar comportamientos homogéneos, y de esta forma caracterizar el comportamiento de la precipitación, teniendo en cuenta el régimen de lluvias, si es de tipo monomodal o bimodal, esto con el fin de establecer variabilidad en las mismas. (Arango, Dorado, Guzmán, & Ruiz, 2012)

Las tendencias de lluvias más bajas se presentaron en la estación *CAF – Sede C,* en donde se presentaron mayores precipitaciones en el mes de agosto (84,60 mm), y el mes de mayo presente el valor más bajo de precipitación (8,66 mm), sin embargo, tiene un comportamiento atípico en comparación con las otras dos estaciones, cuyo comportamiento es bimodal, al tener dos picos de lluvias, el primero de año en abril y el segundo, casi finalizando el año, en octubre – noviembre.

De forma inusual, vemos que el mes más seco, según las dos estaciones de la CAR, es agosto, sin embargo, fue dicho mes en el cual se presentó una mayor precipitación en la estación CAF – Sede C, entendiendo dichas condiciones, vemos que esta zona puede tener una tendencia a presentar un régimen hídrico de comportamiento monomodal, cuyas precipitaciones máximas serían en los meses de agosto y las épocas de escasez hídrica, asociada a la precipitación, sería el mes de enero. No se tienen en cuenta, los periodos de tiempo en donde los muestreos no fueron continuos y completos.

A continuación, mediante las figuras 19, 20 y 21, es posible observar el comportamiento de la precipitación propio de cada una de las estaciones, con el fin de establecer variabilidad y entender el régimen hídrico acorde con los datos que están plasmados allí. Además, se precisa resaltar la importancia de conocer estos valores de precipitación, para de esta manera entender como fenómenos climatológicos pueden intervenir en razón a su variabilidad y ejerciendo presiones sobre la oferta hídrica.

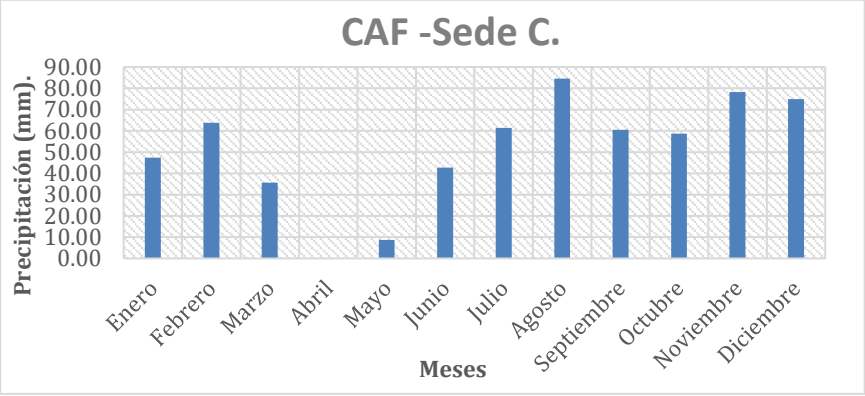


Figura 19: *Precipitaciones estación CAF – Sede C.* **Fuente:** Autor, 2019.

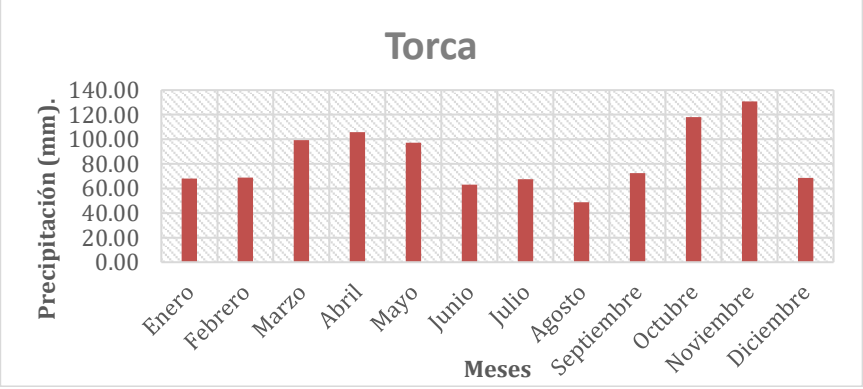


Figura 20: *Precipitaciones estación Torca.* **Fuente:** Autor, 2019.

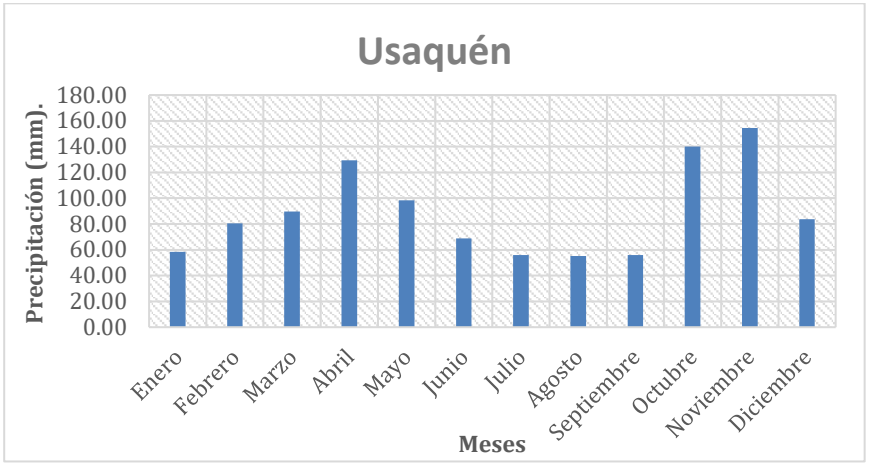


Figura 21: *Precipitaciones estación Usaquén.* **Fuente:** Autor, 2019.

En sintonía con la información recopilada, se buscó entender como fue la distribución de valores entre cada una de las estaciones, pues es complejo entender que puedan verse escenarios de variabilidad abruptos en zonas que se encuentran bajo un mismo territorio, es decir, que están en la misma región hidroclimática, ya que las condiciones y características meteorológicas es la misma, teniendo en cuenta dicho caso.

A continuación, la figura 22, hace una caracterización porcentual de los valores obtenido en cada una de las estaciones durante los doce meses del año, de esta forma se muestra el porcentaje con el que contribuye cada estación en razón al tiempo en que el que fueron tomadas las muestras.

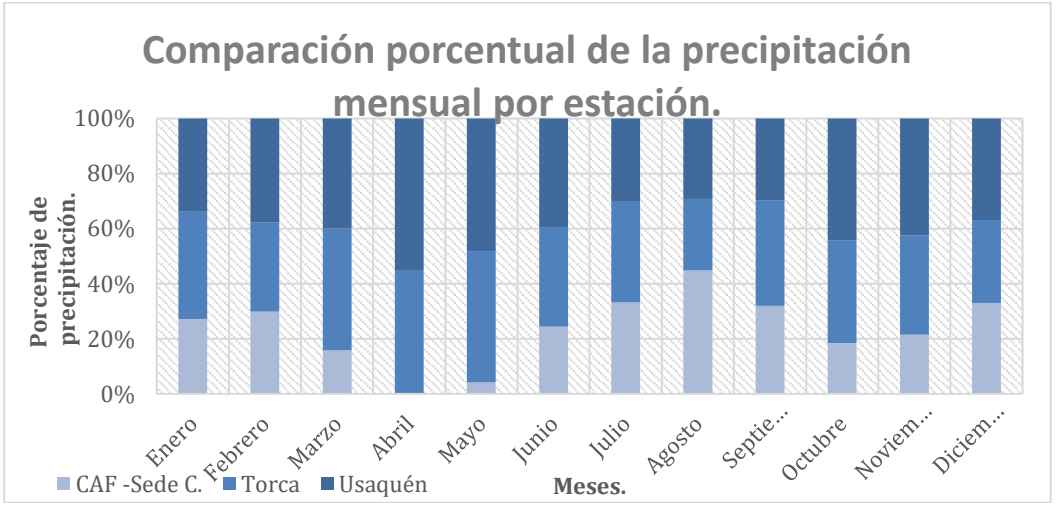


Figura 22: *Comparación porcentual de la precipitación mensual por estación.*
Fuente: Autor, 2019.

Teniendo en cuenta estos valores, se precisan los mayores porcentajes en las estaciones CAR, pues como ya se había dicho, fueron donde se encontraron mayores resultados en relación a que tienen un régimen hídrico de tipo bimodal, el cual se caracteriza por presentar dos temporadas lluviosas al año, la primera de las cuales ocurre entre abril y mayo, y la segunda de octubre a noviembre; mientras tanto, los periodos secos comprenden, uno entre enero y febrero y otro entre julio y agosto. Tiene incidencia sobre la Sabana de Bogotá y Valles de Ubaté y Chiquinquirá, aunque en la zona occidental cambia al registrarse lluvias estivales entre enero y marzo, y el periodo seco entre julio y agosto es más intenso en relación con lo que ocurre en la zona central. (Dirección de Recursos Naturales: CAR, 2017) Sin embargo, es posible encontrar cambios, y atípicos, que, aunque lo

parezcan no lo son, pues en efecto con los resultados mostrados, existen fenómenos atmosféricos, que son recurrentes y permiten estimar con cierto grado de certeza su aparición, destacándose la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), que, al combinarse con algunos parámetros físicos locales, define la distribución espacial y temporal de las lluvias, así como los regímenes pluviométricos bimodal y monomodal. (Dirección de Recursos Naturales: CAR, 2017)

Por esta razón, le atribuimos a la zona de la estación atrapaniebla del Colegio Agustín Fernández – Sede C, características del régimen hídrico de tipo monomodal, puesto que presenta una temporada seca seguida de otra húmeda. Los meses secos comprenden desde diciembre hasta marzo (en situaciones atípicas, inclusive hasta abril); la temporada húmeda, por su parte, se inicia en junio y se prolonga hasta agosto, momento en que el volumen de lluvias se reduce notablemente. Además, según datos CAR, este tipo de fenómeno impacta la zona nororiental y oriental de la Sabana de Bogotá, así como las cuencas que drenan hacia la Orinoquía. (Dirección de Recursos Naturales: CAR, 2017)

9.1.3 Discusión

En primer lugar, se relacionó la precipitación que fue posible captar en la estación atrapaniebla del C.A.F – Sede C, en donde partir de los resultados obtenidos, es preciso resaltar las apreciaciones de (Cereceda & Robert, 1994), quienes exponen los diferentes tipos de malla para la captación de agua atmosférica y con ellos su funcionalidad respecto a la eficiencia de cumplir el objetivo propuesto, por consiguiente el uso de la malla raschel (35%) es preciso, puesto que permite mejorar el sistema de captación de niebla, lo cual queda evidenciado en el aporte porcentual de agua atmosférica para la zona de estudio. En la investigación (Cortés & Avellaneda, 2015) realizan una comparación de estos porcentajes en razón del tipo de ecosistema en donde se está trabajando y a su vez la altura que esta presenta sobre el nivel del mar, en la figura 23 se observa la gráfica acorde con la distribución realizada es aquella investigación.

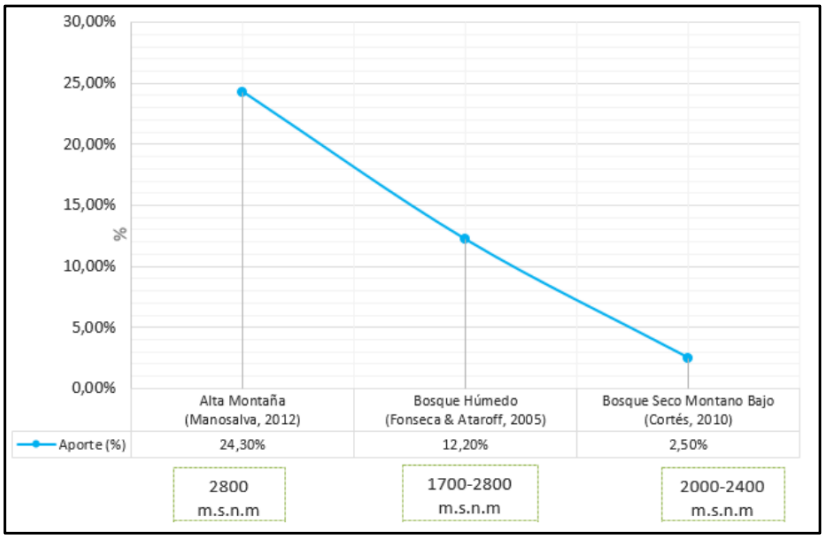


Figura 23: *Aporte porcentual de Precipitación Horizontal.*
Fuente: (Cortés & Avellaneda, 2015).

Por lo tanto, al estar ubicada la estación atrapaniebla del colegio a 2730 m.s.n.m, comparado con resultados de (Fonseca & Ataroff, 2005), se espera encontrar un porcentaje de captación de precipitación horizontal del 12,20%, sin embargo, en el caso de esta investigación, fueron 7,05% del total de precipitación captada que correspondieron a agua atmosférica, un dato que aunque es más bajo de lo que muestran las investigaciones anteriores, es significativo, en sentido que la ubicación de la estación es en perímetro urbano, cercano a la vía de acceso al barrio Santa Cecilia y además teniendo en cuenta que es una zona en donde las actividades de extracción de material de construcción, como lo son las canteras, es común y hace parte de las características propias de esta zona.

Esto en razón a las recomendaciones dadas en la investigación de (Cortés & Avellaneda, 2015), ya que allí parten de las interferencias que puede tener dichas variables sobre la cantidad que se puede obtener al captar la precipitación horizontal, ya que el polvo, proveniente de actividades industriales o algunas otras actividades antrópicas, dificulta e imposibilita el perfecto funcionamiento de la malla, debido a que puede generar taponamientos o dificultades para el flujo del agua, aumentando así el margen de error en cuestión a los porcentajes de la oferta hídrica por precipitación horizontal.

Posteriormente, se comparó la cantidad de precipitación horizontal, medida en Litros/ m^2 – día, en razón a la altura en donde estaban ubicada la malla atrapaniebla, dicha comparación se realizó con tres investigaciones que en común fueron realizadas en ecosistemas de montaña altoandina, propiamente en los cerros Orientales que limitan de forma natural la ciudad de Bogotá, esto para hacer una comparación en donde la variabilidad climática no afecte los resultados, pues el tipo de clima está relacionado con la precipitación propia de cada territorio y esto tendría efectos al realizar la curva de isoyetas para el territorio que se está analizando.

En la siguiente tabla (No. 8), se reúnen los resultados que fueron tomados de diversas investigaciones, siendo que en la misma tabla se presenta la fuente, y posterior a ello se construyó una gráfica que muestra la curva de isoyetas por precipitación horizontal, es decir, de la lluvia impulsada por el viento, en zonas altoandinas (cerros orientales) de Bogotá.

Altitud (m.s.n.m)	L/m²-día	Fuente
2700	1,08	(Cortés & Avellaneda, 2015)
2730	1,034	(Autor, 2019)
3165	2,66	(Castillo & Cabeza, 2016)
3181	1,82	(Castillo & Cabeza, 2016)

Tabla 8: *Cantidad de precipitación Horizontal.* **Fuente:** Autor, 2019.

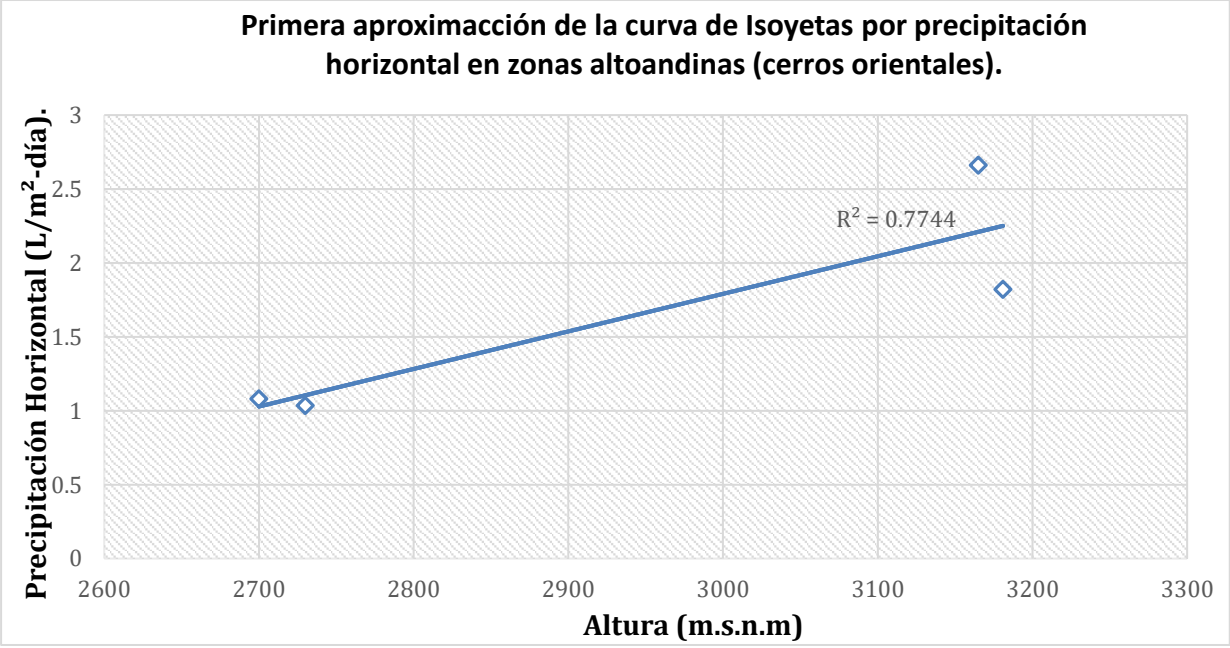


Figura 24: *Grafica curva de isoyetas por precipitación horizontal en zonas altoandinas.* **Fuente:** Autor, 2019.

En la curva de isoyetas que se realizó, figura 24, es posible observar la dispersión de los puntos en relación a las dos variables en cuestión, altura y L(precipitación horizontal)/m^2- día, la cual entendemos mediante el coeficiente de correlación (R) propio de la gráfica, en primer lugar, al ser este dato positivo, vemos que se

presenta una relación ascendente o directa, ya que en medida que aumenta la variable del **eje x** (altura) también aumenta la variable del **eje y** (L/ m^2- día), en general se consideran altos, valores absolutos de **r > 0,8**, sin embargo esto depende de la cantidad de datos que se estén analizando, por lo tanto, en este caso, obtener un valor próximo (r=0,7744) es significativo, pues solo se toman cuatro datos de muestreo, lo que es significa que nuestras variables tienen un alto grado de relación. (Sánchez, 2015). Sin embargo, se requieren mayor número de mediciones para poder corroborar o negar esta tendencia, que por ahora se considera como una primera aproximación a la interpretación de este fenómeno.

Para la construcción de la gráfica no se tomaron datos como los que presenta (Fonseca & Ataroff, 2005) y (Vaca, García, & García, 2013), pues aunque la metodología de captación es la misma, los datos de precipitación horizontal relacionados con la altura genera una variabilidad muy amplia, lo cual disminuye la significancia de la curva de isoyetas, además que limita el análisis, puesto que como se mencionó anteriormente, el territorio donde estas fueron realizadas tiene características topográficas y meteorológicas distintas a las ya expuestas, y disminuye considerablemente la relación entre las variables que se tienen como objeto de análisis para la cantidad de precipitación horizontal.

9.2 Objetivo II

9.2.1 ***Programa de educación ambiental:*** ***Fortalecimiento de la gobernanza del agua.***

Una vez analizada la situación actual del territorio, y definido los problemas presentes en este, se precisó potencializar, mediante la realización del proyecto los conocimientos que la comunidad tenía respecto a la oferta hídrica, pues es claro reconocer como desde una visión bastante amplia, la oferta hídrica ambiental se convierte en un servicio ecosistémico que aunque se encuentre presente, aun hoy en día existe mucho desconocimiento sobre ello, es decir, las personas asocian este concepto exclusivamente a fuentes de agua superficiales y en ciertos casos subterráneas, pero se desconocen las aguas atmosféricas, entendidas en este caso como la precipitación horizontal.

En primer lugar, para tener un acercamiento más profundo sobre el tema, nos dirigimos a la comunidad docente y al grupo de los vigías ambientales, conformado de un alumno por grado, en donde mediante la realización de un taller, nombrado “Bebamos las nubes” (Anexo 1), el cual se realizó en septiembre 03 de 2018, mediante este se dio a conocer más sobre la importancia de las nubes en el ciclo hidrológico y sus posibilidades de aprovechamiento a través de la captación de las mismas mediante mallas atrapaniebla.

Este taller, se llevó a cabo en las instalaciones de la institución educativa, el cual constaba en tres partes, la primera el reconocimiento de las nubes y su importancia, la segunda parte, demostrar las características físicas y químicas del recurso recolectado, mediante la utilización de un “kit de aguas” que por colorimetría nos dio algunos resultados de patrones fisicoquímicos contenidos dentro de las muestras y el tercer momento, la interpretación que el grupo de estudiantes, dividido en cuatro grupos hizo de la experiencia mediante carteleras. Con esto se buscó conocer sobre los aprendizajes significativos que obtuvo el grupo de estudiantes sobre el estudio del fenómeno de precipitación horizontal y su captación con la malla atrapaniebla.

Figura 25: *Vista colorimétrica de la muestra.*
Fuente: Autor, 2018.

En un comienzo se hizo la introducción al tema, mediante la explicación del profesor Alfonso Avellaneda, quien profundizo con los asistentes al taller en la importancia y funcionamiento de las nubes, dando a conocer que es posible captar el recurso hídrico que se encuentra suspendido en las nubes, el cual por su diminuto tamaño no alcanza a suspenderse, y por el movimiento en masa del aire, este se desplaza en relación con la dirección de los vientos, un fenómeno que día a día sucede pero es poco percibible, pues los árboles cumplen de forma intrínseca con esta función de captación de niebla y regulación climática.

Durante la realización del taller, los vigías junto con los docentes pudieron hacer uso de los equipos evidenciando el funcionamiento de la malla atrapaniebla, en cuanto a la recolección de las muestras y posterior a ello, pudieron hacer las pruebas fisicoquímicas mediante el "kit de aguas" para determinar el *pH y cloro* contenidos sobre estas, para dicho procedimiento se les explico a los niños como operar el kit, y ellos mismos llevaron a cabo cada uno de los pasos necesarios para obtener resultados, a continuación se presenta en las figuras 26, 27 y 28 como los niños realizaron esta actividad, participando activamente y con un logro exitoso en la culminación de la misma.

Figura 26: *Práctica alumno 1.*
Fuente: Autor, 2018.

Figura 27: *Práctica alumno 2.*
Fuente: Autor, 2018.

Figura 28: *Colorimetría para pruebas físico-químicas.* **Fuente:** Autor, 2018.

Siguiente a esto, los niños realizaron una actividad de producción gráfica, la cual consistió en plasmar mediante un dibujo junto a una breve frase, lo que habían aprendido durante la realización del taller, a lo cual fue notable el interés y aprendizaje por parte de ellos, pues fueron muestras gráficas bastante satisfactorias en relación con lo dialogado durante la sesión, además de ello la creatividad e interés que demostraron fue clave en la demostración, a continuación se muestran las ilustraciones plasmadas por los niños. En la figura 29, se haca una compilación de cada uno de los grupos de estudiantes que participaron en el taller, junto con su actividad desarrolla en la cartelera.

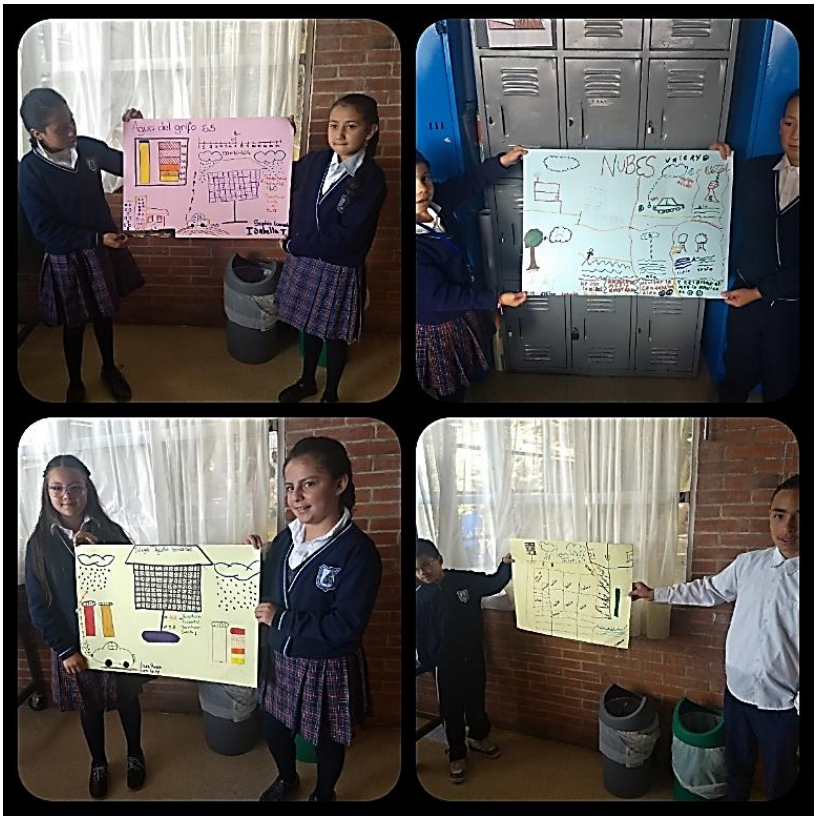


Figura 29: *Resultados del taller "Bebamos las nubes".* **Fuente:** Autor, 2018.

9.2.1.1 Análisis de la encuesta.

Siguiendo la metodología propuesta, en el año en curso se realizó una encuesta a los miembros del cuerpo docente de la institución (Anexo 2) la cual tuvo como finalidad determinar la postura de los mismos frente a la gobernanza del agua, luego de realizado el taller y algunos encuentros que hubo durante la toma de muestras periódica que se llevaron a cabo allí, y de esta forma entender la dinámica de los mismos en la aceptación de este término y posible apropiación para el territorio y en su proceso de enseñanza con los estudiantes del colegio.

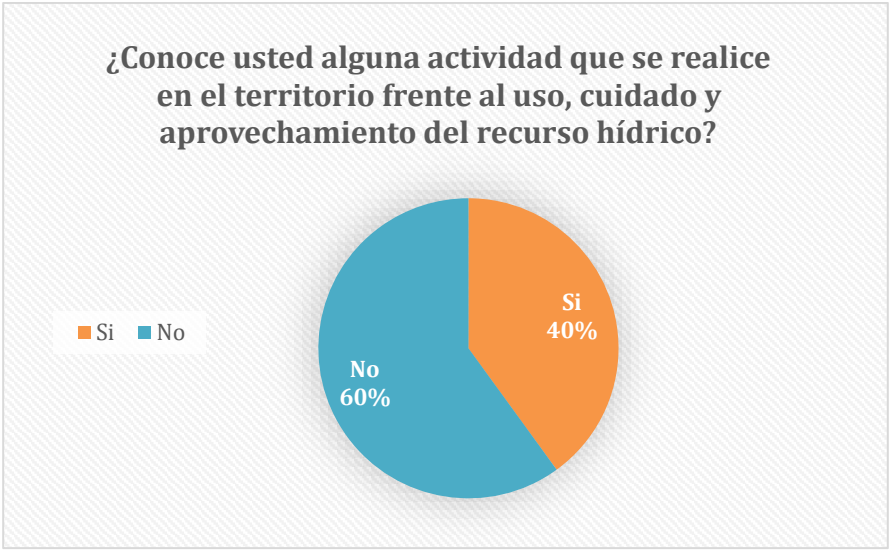


Figura 30: *Encuesta: Pregunta 1.* **Fuente:** Autor, 2019.

En relación a la primera pregunta, el 60% de los docentes desconoce la existencia de algún tipo de actividad frente al uso, cuidado y aprovechamiento del recurso hídrico, no obstante, el 40% restante dice conocer sobre estas, puesto que quienes respondieron "Si" tuvieron que especificar cuál era aquella actividad que conocían, en donde pudimos observar que estos docentes la asocian con las actividades que adelantamos desde la Universidad el Bosque, por una parte la realización de esta investigación y por otro lado, los semilleros de investigación que se trabajan allí.

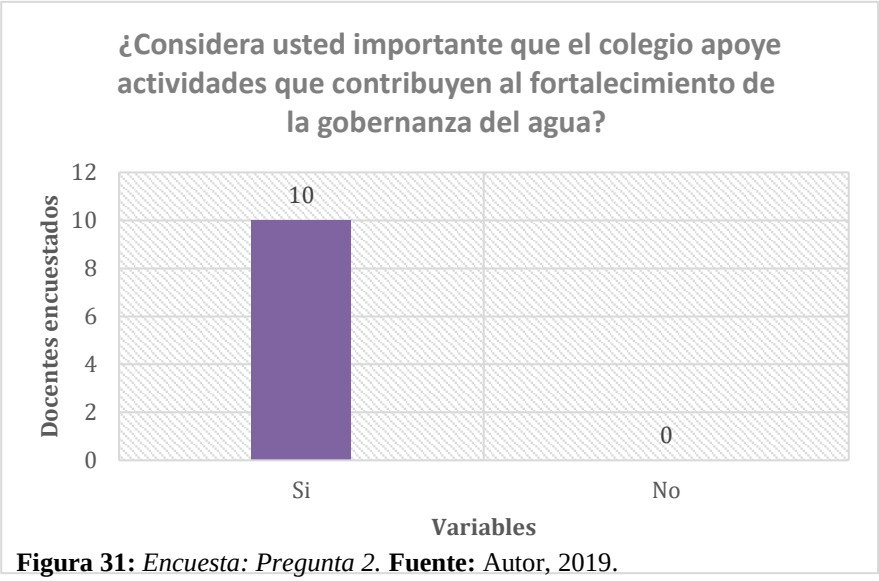


Figura 31: *Encuesta: Pregunta 2.* **Fuente:** Autor, 2019.

Por otro lado, la totalidad de los encuestados coinciden en que el colegio debe continuar apoyando y ejerciendo actividades que contribuyan al fortalecimiento de la gobernanza del agua, puesto que según como ellos mismos lo expresan es un recurso vital, y debemos ser consecuentes para cuidarlo y administrarlo a no llegar a tal punto de que se agote o sea suministrado no como un recurso de todos sino destinado a unos pocos, además expresan los docentes que se debe trabajar desde las pequeñas generaciones, pues son quienes necesitarán de esta en un futuro y deberán continuar en el camino de su cuidado y preservación, pues es pieza clave en la formación de un infante inculcar la importancia del recurso hídrico y exponerles cómo funciona la oferta hídrica ambiental, pues si adquieren la capacidad de apoderarse de los recursos con los que cuenta su territorio podrán tener hábitos más sustentables que les garanticen una mejor calidad de vida.

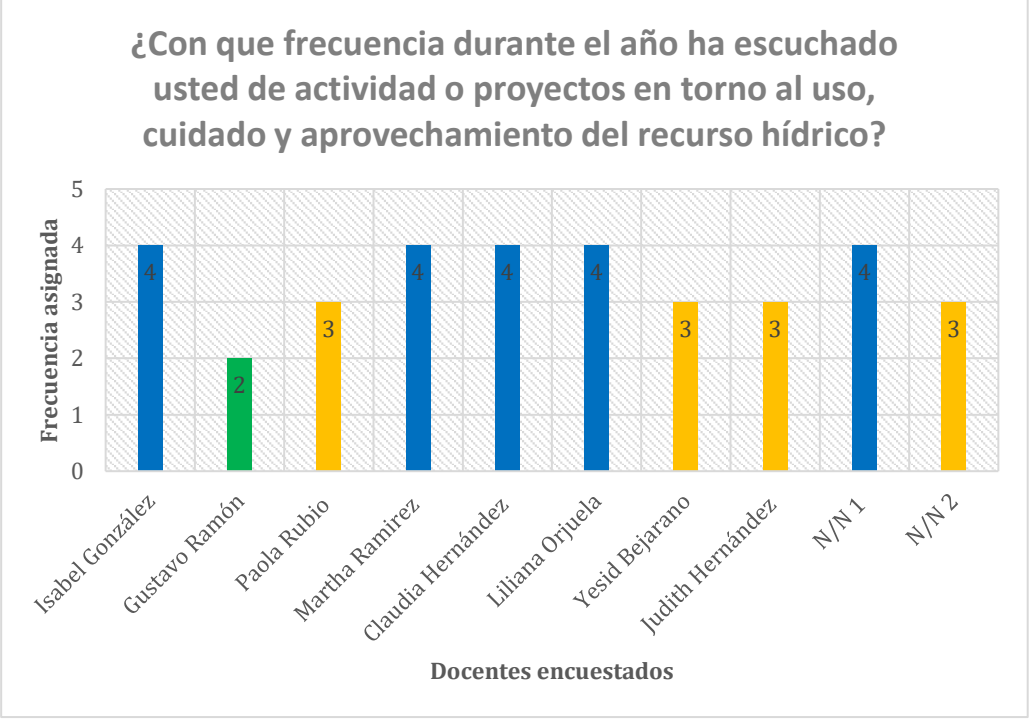


Figura 32: *Encuesta: Pregunta 3.* **Fuente:** Autor, 2019.

La siguiente pregunta, estuvo relacionada con grados de frecuencia expuestos por cada uno de los docentes con respecto a las veces durante el año en las que han escuchado sobre la realización de actividad o proyectos en torno al uso, cuidado y aprovechamiento del recurso hídrico, en donde mediante un valor, tal como lo muestra la tabla 9, calificaron este grado de frecuencia, para tal caso 5 de los docentes han escuchado muchas veces sobre estos proyectos, esto puede ser debido a su interés sobre estos temas o los vínculos que estos manejan respecto a actividades relacionadas con el ambiente y el cuidado del entorno.

A su vez, cuatro del total de docentes encuestados, dicen solo haber escuchado sobre esto algunas veces, lo que no es deficiente en la medida que por lo menos es natural que se den estos espacios en un territorio con una alta importancia sobre el recurso hídrico, pues sus quebradas son importantes afluentes hídricos de la capital. Solo un docente escucho al menos una vez sobre estas actividades lo que no deja mal a la postura que tiene la ciudadanía de este territorio, además es satisfactorio ver que ninguno de los encuestados respondió nunca haber escuchado sobre esto, por lo que vemos que desde la comunidad de van fortaleciendo día a día sus prácticas sobre el cuidado del recurso hídrico.

Frecuencia	Valor
Muchas veces	4
Algunas veces	3
Al menos una vez	2
Nunca	1

Tabla 9: Valores de frecuencia. **Fuente:** Autor, 2019.

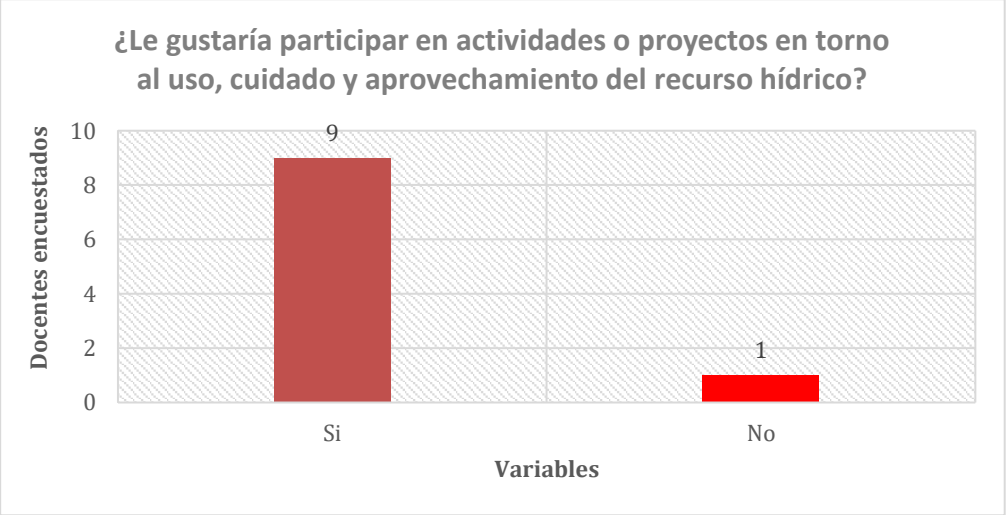


Figura 33: *Encuesta: Pregunta 4.* **Fuente:** Autor, 2019.

En relación con la pregunta anterior, les preguntamos a los docentes si les gustaría participar en dichas actividades, por lo menos las que respectan al recurso hídrico, en donde obtuvimos resultados favorables pues el 90% de los encuestados dice gustarle o involucrarse en estas actividades o proyectos, sin embargo uno de los docentes no le gustaría, sin conocer las causas, podemos decir que pueden influir variables como el tiempo, el dinero o el lugar, puesto que no todos los docentes viven en esta zona y sus condiciones socio-económicas no son las más favorables.

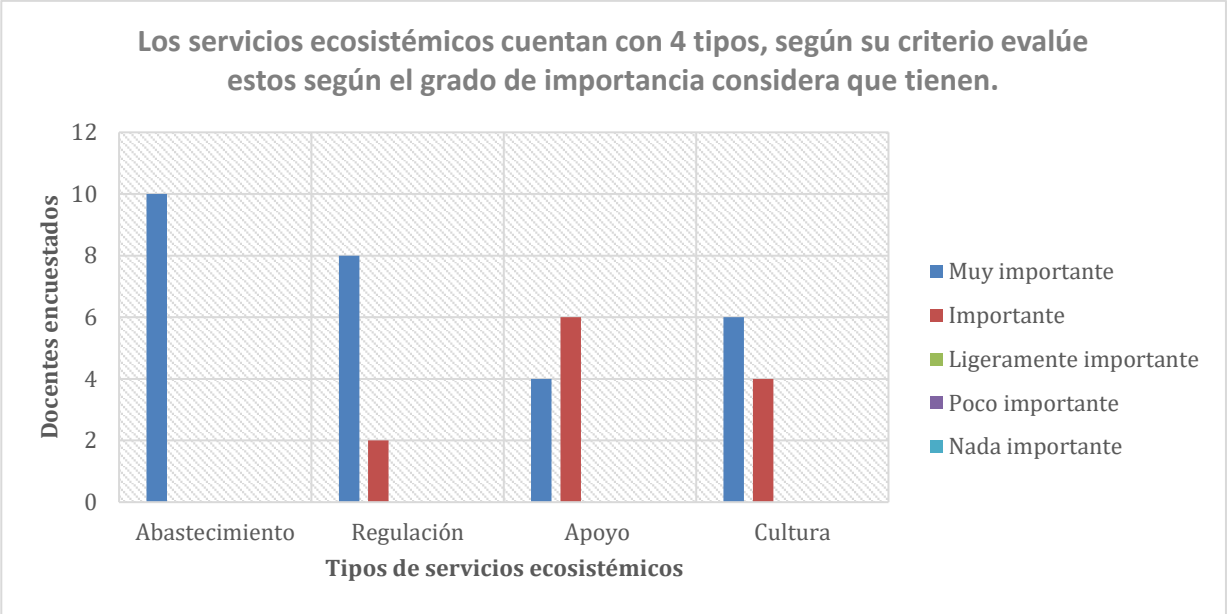


Figura 34: *Encuesta: Pregunta 5.* **Fuente:** Autor, 2019.

Para determinar que percepción tiene cada uno frente a los servicios ecosistémicos, según los cuatro tipos que existen: *Abastecimiento, regulación, apoyo y cultura*, les pedimos a los docentes que le dieran una calificación según el grado de importancia que veían pertinente frente a cada uno, en donde resulto ser "muy importante" los servicios de abastecimiento para todos; para los servicios de regulación, el 80% los calificó como "muy importantes" y el 20% como "importante"; los servicios de apoyo y regulación, fueron calificados como "muy importantes" por 4 y 6 docentes respectivamente y como "importantes" por 6 y 4 docentes respectivamente; lo que quiere decir que hay un alto grado de importancia adoptado por estos, pues ninguno se remitió a las 3 variables más bajas de la calificación.

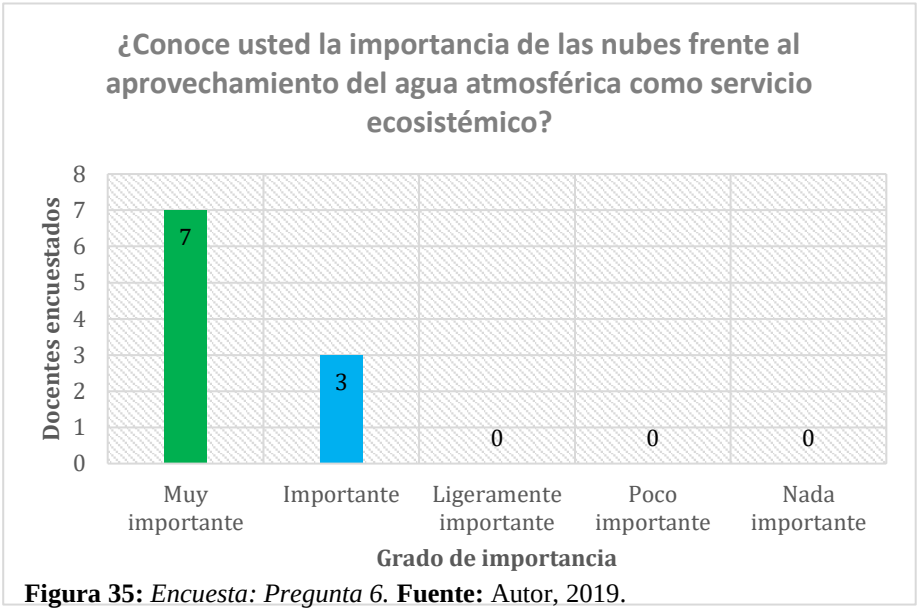


Figura 35: *Encuesta: Pregunta 6.* **Fuente:** Autor, 2019.

En continuación a ello, se asoció la siguiente pregunta a los servicios ecosistémicos que brindan las nubes, específicamente el agua atmosférica, en donde también los encuestados se tuvieron que remitir a la escala de calificación utilizada en la pregunta anterior. Como resultado, siete de los docentes encuestados consideran las nubes como "muy importantes" y tres de ellos las ven como "importantes", unas respuestas bastantes favorables luego de los talleres realizados con ellos, pues se evidencia que ya el déficit de desconocimiento sobre el tema se ha visto reducido gradualmente, y en una zona de alta presencia de agua atmosférica y con alto potencial de captación es favorable que se amplié el conocimiento sobre el aprovechamiento de está como servicio ecosistémico.

Es importante que, según esta pregunta, el total de los encuestados apoya la necesidad de seguir fortaleciendo la gobernanza del agua dentro del territorio, pues conocen las características propicias al mismo, y apoyan continuar la apropiación de este en lo que respecta al recurso hídrico, pues de su cuidado adecuado también influye el desarrollo de su comunidad y el aporte hacia una mejor calidad de vida, con condiciones dignas a las cuales todos tenemos derecho como ciudadanos de esta nación.

Figura 36: *Encuesta: Pregunta 7.* **Fuente:** Autor, 2019.

Para la última pregunta, relacionada con el proyecto ambiental escolar (PRAE), los diez docentes están de acuerdo con su implementación enfocada en la oferta hídrica, pues aunque en la institución ya se realiza, se debe fortalecer mejorando la cultura ambiental que tienen todos los miembros de la institución, además precisan que esto genera más conciencia sobre los alumnos desde su pequeña edad y además mantiene vivo el interés de los mismos sobre el medio ambiente y cómo cuidarlo, por otro lado, la ley general de educación exige esto dentro de las actividades académicas y adelantar dichos proyectos optimizando los recursos e implementando el recurso hídrico captado en su desarrollo aporta a mejorar cada día en la elaboración del mismo.

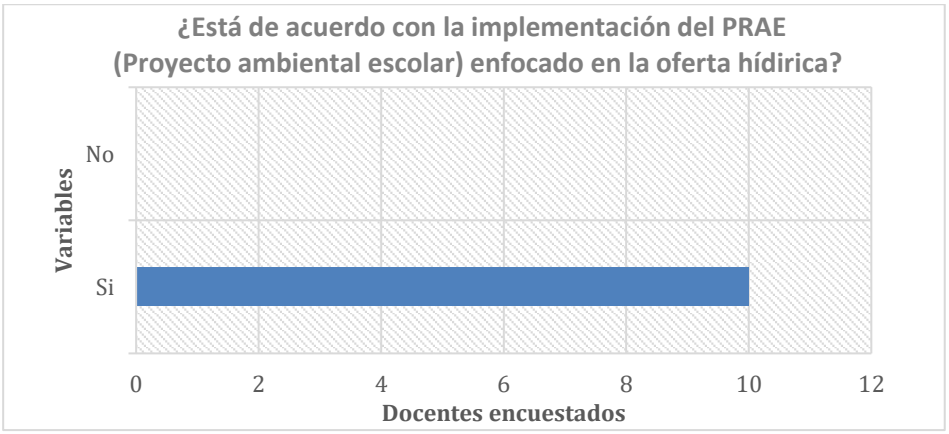


Figura 37: *Encuesta: Pregunta 8.* **Fuente:** Autor, 2019.

9.2.2 *Recomendaciones para la implementación del PRAE en la institución.*

En cuanto al proyecto ambiental escolar PRAE, te tuvo un acercamiento con las directoras del departamento de medio ambiente del Colegio, las profesoras Judith Hernández y Claudia González, esto con el fin de conocer las características mediante las cuales han venido adelantando proyectos ambientales en el colegio y a partir de ello generar estrategias que nos permitan continuar con su fortalecimiento y direccionarlo en torno al cuidado de su territorio y el uso, manejo y aprovechamiento del recurso hídrico.

No obstante, aunque el PRAE, es una medida relativamente nueva implementada por el Ministerio de Educación, desde los años 90’s y en los comienzos del 2000, cuando aspectos de seguridad y violencia eran mucho más bajos o casi nulos, estudiantes del colegio, en dirección de las profesoras, se dieron a la tarea de

recuperar y mantener en buen estado la quebrada San Cristóbal, pues es un afluente hídrico que colinda con el colegio, y es de vital importancia en lo que respecta a las fuentes de abastecimiento principales de Bogotá, pues alimenta el afluente Torca – Guaymaral.

En estas acciones, hacían recorridos por la cuenca de esta quebrada, casi hasta llegar a su nacimiento, zona caracterizada por ser un ecosistema de bosque de niebla, que se encuentra a una altura entre los 2800 y 2900 m.s.n.m., y la cual funciona como límite natural de la ciudad de Bogotá, propio de sus cerros Nororientales. Mediante estas actividades, buscaban mejorar la apropiación por el cuidado del territorio, y quizá, aunque desconociendo el término de gobernanza del agua, también apoyaría en su fortalecimiento trabajando con las generaciones más pequeñas de territorio.

Sin embargo, con el pasar del tiempo, condiciones de seguridad y violencia fueron imposibilitando la realización de dichas actividades, puesto que su acceso se complicaba, a medida que se fue deteriorando el espacio natural de está y con la continua ampliación de la frontera urbanística, invadiendo casi que toda la ronda de la quebrada, y dejándola expuesta a impactos negativos por contaminación y vertimiento, además de ello, el riesgo que implicaba el acceso al haberse perdido el control por parte de las autoridades, y estar este sujeto a pandillas o grupos criminales que funcionaban en la zona.

Es este el motivo, por el cual las profesoras en su programa de medio ambiente, tuvieron que dejar a un lado la realización de estas actividades y focalizarse en aquellas que se pudieran realizar específicamente al interior del Colegio, garantizando la salud e integridad de sus alumnos y de ellas mismas.

Posteriormente, desde los años 2012 – 2013, se inició en el Colegio la implementación del PRAE, en su comienzo este tuvo una tendencia dada hacia acciones de reciclaje, como la construcción de objetos mediante materiales reciclados en aras de darle un segundo uso y alargar su vida útil, no obstante, con el tiempo, ampliaron sus enfoques y visibilizaron la posibilidad de realizar nuevos proyectos que vinculen a todos los estudiantes, desde transición hasta grado quinto, y fortalezcan su relación con el cuidado del medio ambiente.

Con este fin, crearon una huerta urbana, cuyo objetivo fue ver la importancia de la agricultura y conocer el funcionamiento e importancia de las plantas para los humanos, poniendo a prueba las habilidades de los niños y empoderándolos en la realización de estas actividades, también mostrándoles una herramienta para adquirir suministros básicos para el hogar, como lo son las verduras, legumbres, tubérculos, hierbas, entre otras, que podrían ser cosechados por cualquier persona en la facilidad de sus hogares, así como se realizó con la huerta ubicada allí.

Siguiente a ello, se dieron a la tarea de reforestar el área perimetral al Colegio, para lo cual utilizaron árboles nativos, y de esta forma evidenciar el interés del colegio por contar con áreas donde la naturaleza prevalezca y se mantenga activo el sentido de cuidado del entorno y la conservación ecosistémica. A continuación, se presentan imágenes que muestran los espacios reforestados en las inmediaciones del Colegio.

Figura 38: *Siembra externa 1.*
Fuente: Autor, 2019.

Figura 39: *Siembra externa 2.*
Fuente: Autor, 2019.

Dándole continuidad al programa descrito anteriormente, se tomó en cuenta una nueva medida, pero esta vez fue de carácter más individual, es decir, un nuevo programa dirigido hacia cada curso en especificó, que buscaba mejorar la apariencia física del Colegio, sembrando plantas ornamentales para que fuesen instaladas al interior del mismo, y de esta forma adornar su fachada, sin perder el objetivo principal de mejorar la relación con la naturaleza y entender desde la lógica natural, cuál es su importancia, esto sin perder el enfoque con los alumnos de todo el colegio de trabajar en pro del medio ambiente.

Con base a ello, en cada uno de los pasillos de la institución, se sembraron plantas que abarcaban todo el ancho del mismo, para esta labor, cada uno de los cursos tuvo que sembrar sus plantas y ponerlas allí, de forma que cubrieran todo el espacio que abarcaba su salón, y así se fue completando la siembra en cada uno de los tres pisos con los que cuenta la institución.

Además de ello, en cada uno de los balcones, uno por cada piso, se instalaron materas flotantes, que también cooperan en el proyecto de siembra y decoración de las áreas generales de la institución, medida que fue aceptada por la mayoría de alumnos, demostrado en su interés y carisma a la hora de realizar estas labores y en la medida que se ha visto que han cuidado sus propias plantas.

Figura 40 *Jardín interno.* **Fuente:** Autor, 2019.

Para mostrar un poco como fue la distribución y organización de este proyecto, a continuación, se ven imágenes de cada zona del colegio, en donde fue implementado el proyecto, vale la pena resaltar que fue un proyecto que se cumplió con éxito y hoy en día se continúa trabajando en el para tener una mejora continua y seguir en el cumplimiento de su objetivo.

Figura 41: *Jardín piso 1.*
Fuente: Autor, 2019.

Figura 42: *Jardín piso 3.*
Fuente: Autor, 2019.

Figura 43: *jardín piso 2.*
Fuente: Autor, 2019.

Figura 44: *Huertas colgantes.*
Fuente: Autor, 2019.

En continuación a ello, y aras de la realización de la investigación, buscamos ampliar el enfoque del PRAE y vincular a él, la importancia que tiene el uso, manejo y aprovechamiento adecuado del recurso hídrico, por lo tanto, se buscaron alternativas que pudiesen dar pie con este nuevo reto propuesto para la institución y así continuar trabajando con los estudiantes sin que perdieran el enfoque sobre el cuidado del ambiente.

Para ello, en un principio se trabajó con los alumnos de grado quinto, a quienes se les desarrollo un taller de educación ambiental enfocado al uso, manejo y aprovechamiento del recurso hídrico de forma sustentable y teniendo en cuenta la oferta hídrica propia para cada territorio, mediante su desarrollo se fue explicando principalmente la importancia que tiene el agua en distintos escenarios que día a día es posible evidenciar y así dar instructivos lógicos de cómo abordar problemáticas, relacionadas al tema, en cada de que se presenten en una eventualidad.

Con el taller, el objetivo era fortalecer el conocimiento de los estudiantes de Quinto Grado, sobre distintos escenarios en dónde el actor principal es el agua y está presente algún grado de riesgo, caracterizado por su grado de vulnerabilidad teniendo en cuenta impactos ambientales naturales y antrópicos.

El taller fue desarrollado por grupos, y consistió en plasmar gráficamente, luego de la charla direccional que se brindó sobre educación ambiental con enfoque en el recurso hídrico, lo que cada uno de ellos entendieron sobre está, y como fue interiorizada desde la lógica natural para mejorar el cuidado del ambiente. La dinámica de trabajo fue excelente, pues fue bien recibida por parte de los alumnos quienes en su totalidad cumplieron a cabalidad cada una de las instrucciones que se les fueron dadas.

Figura 45: *Taller: Educación Ambiental. 501.*
Fuente: Autor, 2018.

Figura 46: *Taller: Educación Ambiental. 502.*
Fuente: Autor, 2018.

Cada grupo plasmó en una hoja, lo que fue para ellos está charla de capacitación, y además de ello, crearon una frase que describía el dibujo, desde la perspectiva que tuvieron frente a la actividad. Es acertado que para todos los grupos de trabajo es importante el cuidado y la preservación del ambiente, y además hay un deseo muy particular y casi de tipo general, salvar el planeta, pues es una mirada que desde la niñez es fuertemente escuchada, y que se debe promover como directriz para adoptar hábitos sostenibles y tener una mirada amplia de los problemas ambientales por los cuales hoy en día estamos atravesando.

A continuación, en la figura 47, se muestran cada una de las ilustraciones gráficas realizas por cada uno de los grupos, para un total de ocho, acerca del taller de educación ambiental que se les realizó durante sus clases de ciencias naturales y en apoyo con la profesora Judith Hernández.

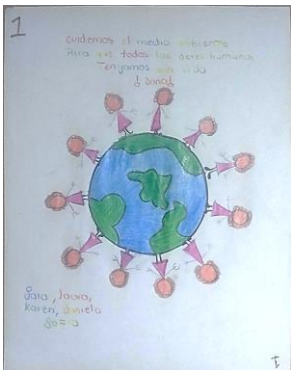
Resultados de la interpretación gráfica del taller de educación ambiental.			
			
a).	b).	c).	d).
e).	f).	g).	h).

Figura 47: *Resultados Taller. Grupos a, b, c, d, e, f, g y h.* **Fuente:** Autor, 2019.

9.2.3 Discusión

La implementación de un programa de educación ambiental requiere de trabajo conjunto entre las partes interesadas en su aplicación y los directamente involucrados en este, puesto que de esto depende el éxito que puede llegar a tener este durante las fases de su desarrollo.

Para el caso del Colegio Agustín Fernández Sede – C, es gratificante que la mayoría de su personal que trabaja como docentes orientadores demuestran interés en integrarse y hacer parte activa de los programas de educación ambiental, que durante el desarrollo de esta investigación se plantearon en la institución en aras de promover prácticas que mantengan un vínculo positivo con el cuidado del ambiente y en específico con el uso del agua, obteniendo una mejor gestión comunitaria e institucional sobre la misma.

En cuanto al fortalecimiento del programa de educación ambiental, los talleres que se llevaron a cabo, conjunto con maestros y alumnos, evidencian cómo una estrategia inmersa en su desarrollo, lograr sensibilizar a cada uno de los participantes, ya que luego de su realización, fue posible ver mejoras en cuanto a que cada persona tuvo una percepción positiva de estas prácticas y a raíz de ello y de su interiorización, la lógica individual dada sobre los cuidados del recurso hídrico y el concepto de oferta hídrica, en referencia al agua atmosférica como medida adaptativa a fenómenos de escasez hídrica , en efecto tuvieron mejores posturas sobre cada uno de estos aspectos a diferencia del antes de su realización.

La mayoría del personal que asistió a los talleres o aquellos que tuvieron un acercamiento con las actividades que se desarrollaron en aras de profundizar la investigación, evidencian un comportamiento proambiental, puesto que existe una relación especifica entre factores individuales de valores, actitudes, conocimientos y habilidades que buscan disminuir los impactos de las conductas humanas sobre el ambiente, y así, demostrar su interés en la participación dentro del mismo. (Merchán & Pinzón , 2017)

Con respecto al Proyecto Ambiental Escolar (PRAE), basados en los resultados obtenidos, funciona como una estrategia para vincularse a la solución de los problemas ambientales locales y regionales teniendo claro el contexto, la lectura del territorio y las interrelaciones que en él se dan. (Vahos, Pedraza, & Campuzano, 2012)

Por tal motivo, ya que el Colegio está dispuesto a continuar trabajando en el PRAE, es importante determinar variables para su desarrollo a partir de las interpretaciones de los trabajos realizados con los alumnos y de lo dialogado con las directoras del departamento de medio ambiente, con quienes se trabajó en conjunto y en base a ello se pudo lograr ampliar la visión que se tiene sobre este proyecto.

Continuar el trabajo que se venía realizando es acertado, en la medida que se mantenga fortaleciendo su desarrollo y sea un trabajo aceptado por los estudiantes, teniendo en cuenta las edades de los niños, de 6 a 12 años, que se forman allí, además de ello, con una previa explicación sobre los sistemas de captación de precipitación horizontal, orientar el desarrollo del PRAE al uso y aprovechamiento de dicho recurso mediante una gestión adecuada del mismo, aporta grandes beneficios no solo en lo que respecta al mantenimiento de las huertas y los arboles sembrados, por su mantenimiento, sino que implica un ahorro consecuente en relación al uso del agua con fines de sembrío y jardinería.

Por otro lado, comprender la importancia del agua al este ser un elemento fundamental de la vida y para la vida misma, lo hace un elemento esencial en la transformación que se requiere llevar a cabo, con las nuevas generaciones, sobre la cultura ambiental, y más al hablar de un recurso como el agua, que es patrimonio natural que brota, fluye, crea, recrea, cambia. Por consiguiente, el diseño de un PRAE con una mirada amplia en el cuidado de los recursos naturales y la conservación ecosistémica, lleva consigo un hilo articulador, que, de acuerdo al contexto, a la lectura del territorio que se habite, permitirá direccionar el mismo y de esta forma mitigar y disminuir impactos asociados a la deficiente enseñanza sobre lo natural y su importancia en cada uno de los territorios. (Vahos, Pedraza, & Campuzano, 2012)

9.3 Objetivo III

9.3.1 *Análisis sobre la calidad del agua y la salud ambiental.*

Teniendo en cuanta, que durante la investigación también se tuvieron en cuenta variables de calidad, en la siguiente fase de hizo una caracterización de las mismas, con el fin de definir condiciones en las que se encuentra el recurso hídrico en la lluvia y la niebla, y a partir de ello, ver que causas y consecuencias pueden traer estas condiciones a la salud ambiental.

9.3.1.1 Calidad del agua.

Para el análisis sobre la calidad del agua y las implicaciones que esta conlleva en la salud ambiental, se tomaron muestras del agua captada, y posteriormente mediante el uso del multiparámetro YSI Modelo 63, pudieron ser cuestión de estudio, y de esta forma determinar sus características físicas y químicas a partir de las cuales es posible caracterizar el estado del agua, sus causas y consecuencias dependiendo los niveles en los que se encuentre la misma. En las siguientes figuras, 48 y 49, se muestra el procedimiento llevado a cabo con cada una de las muestras para determinar cada una de las variables para luego analizarlas.

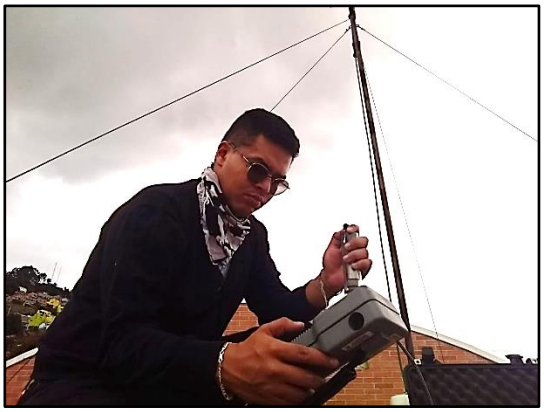


Figura 48: *Uso del multiparámetro.*
Fuente: Autor, 2019.

Figura 49: *Multiparámetro.*
Fuente: Autor, 2019.

A continuación, en la tabla 10, se presentan las variables analizadas, en las cuales encontramos *pH*, *Conductividad*, *Salinidad y Temperatura*, datos que fueron tomados durante 6 semanas del periodo de investigación.

Precipitación	Parámetro				Fecha
	pH	Conductividad (µS)	Salinidad (ppt)	Temperatura (°C)	
Directa	*5*	----------	----------	----------	03/09/2018
	7,02	----------	----------	27,4	22/10/2018
	6,5	----------	0	22,3	29/10/2018
	7,62	462	0	20,6	19/11/2018
	5,04	73	0	21,7	04/03/2019
	6,06	235	0	21,1	11/03/2019
Horizontal	5	----------	----------	----------	03/09/2018
	6,47	----------	----------	19,4	22/10/2018
	6,5	----------	0,1	20,4	29/10/2018
	6,78	519	0	19,1	19/11/2018
	5,48	218,3	0,1	18,6	04/03/2019
	5,05	849	0,5	21,3	11/03/2019

Tabla 10: *Distribución de parámetros físicos y químicos de la precipitación.*
Fuente: Autor, 2019.

En primer lugar, veremos la comparación entre los niveles de *pH* de la precipitación directa y horizontal, en donde, mediante la figura 50 se analizará las causas y consecuencias propias a esta variable dependiendo el nivel que se pudo ver en cada fecha de muestreo. De esta manera analizamos e identificamos la cantidad de nutrientes que puede haber en nuestra muestra o si presenta niveles de toxicidad.

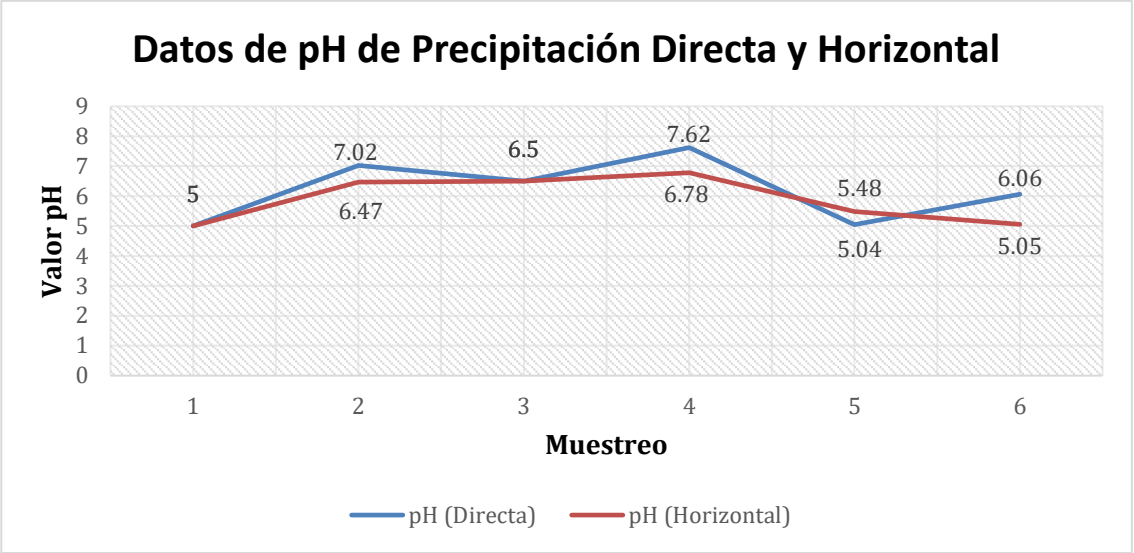


Figura 50: *Gráfica sobre el pH en las muestras.* **Fuente:** Autor, 2019.

Se recomienda que para que el agua se apta para el consumo humano, los valores de esta deberan oscilar entre 6,5 – 7.5. No obstante, La lluvia es considerada como una sustancia ácida, ya que en su estado natural tiene un pH alrededor de 5,6 unidades. La acidez natural del agua lluvia se genera por el equilibrio existente con el bióxido de carbono (CO_2), formando el ácido carbónico (H_2 CO_3) considerado como un ácido débil. En la siguiente tabla (No. 11) se presenta la clasificación de la lluvia de acuerdo con el pH. (IDEAM, 2004)

pH	Clasificación de la lluvia
pH > 5,6	Lluvia no acida
4,7< pH > 5,5	Lluvia ligeramente ácida
4,3 < pH > 4,6	Lluvia medianamente ácida
pH < 4,2	Lluvia fuertemente ácida

Tabla 11: *Clasificación de la lluvia por nivel de pH.* **Fuente:** (IDEAM, 2004)**.**

Por tal motivo, identificamos mediante la figura 52 que hubo momentos en los que las muestras obtuvieron valores de calificación de su pH, en las cuales este tiende a ser ácido, sin embargo, no consideramos esta como lluvia acida por lo descrito anteriormente. No obstante, también se sabe que estos valores tienden a disminuir, en cuento los óxidos de azufre y nitrogeno se presentan dentro de la reacción natural de la atmosfera, dando paso a una disminución en su valor de pH.

Dicho problema, repercute fuertemente en esta zona, al estar en inmedicaciones a las canteras del norte de la ciudad, las cuales llevan operando decadas en esta zona. Además. se conoce que las canteras con la extracción de piedra y arena, fue una de las primeras formas de explotación ambiental en esta parte de los cerros orientales (Salas, 2004), cuyo impacto fue visibilizado hasta hace unos años y por lo tanto su plan de contingencia de igual manera, pero, los problemas en la calidad del aire no disminuyen y parece que son los menos tratados por las mismas canteras y en las regulaciones institucionales.

La extracción y tratamiento de minerales de las minas de superficie y canteras producen emisiones significativas como resultado de actividades, tales como voladura, transporte por carreteras sin pavimentar, carga primaria, trituración y almacenamiento. Emisiones de polvo fugitivo no controladas pueden producir impactos sobre el medio ambiente, la salud humana, la seguridad y productividad de una mina; cuestiones que afectan tanto al personal que trabaja en el sitio como a la comunidad en general. (Silvester, Lowdnes, & Hargreaves, 2009)

Otro impacto, se puede decir que son los procesos de combustión realizados en diferentes actividades económicas las cuales generan gases considerados como contaminantes primarios (óxidos de nitrógeno y de azufre). Estos compuestos son oxidados para convertirse en contaminantes secundarios (formas más reactivas con el agua), que son hidrolizadas para convertirse en ácidos fuertes como el ácido sulfúrico y el ácido nítrico. Entre los procesos involucrados con la transformación química de los precursores de la lluvia ácida se encuentran las reacciones de sus formas gaseosas y al nivel de gotas de vapor de agua. Estos procesos tienen lugar en la tropósfera y en las nubes, respectivamente, correspondiendo así mismo, a las dos etapas de la depositación húmeda: fotoquímica y catalítica. (IDEAM, 2004)

Ahora, en cuanto a la conductivdad del agua, es una medida indirecta de la concentración de sales de una solución, basada en el hecho de que, si bien el agua pura es mala conductora de la electricidad a las sales les sucede lo contrario. (Monge, 2017) Por lo tanto, la conductividad eléctrica es proporcional al contenido total de sales disueltas en el agua. A continuación, mediante la figura 51, podemos observar los valores que se obtuvieron, para conductividad, en las muestras análizadas.

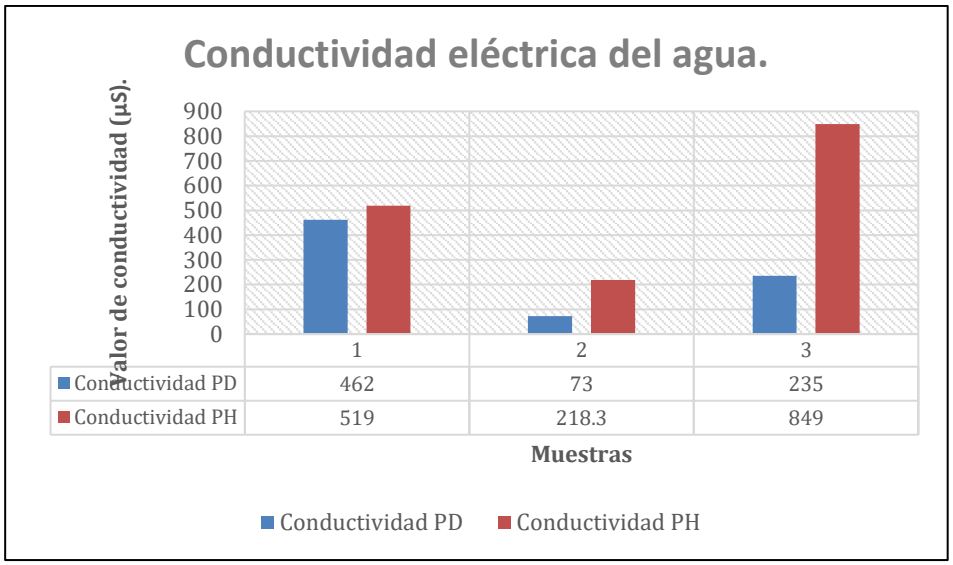


Figura 51: *Gráfica sobre Conductividad en las muestras.* **Fuente:** Autor, 2019.

La conductividad es la capacidad que tiene un material de dejar pasar a través de él la corriente eléctrica. Para conocer la conductividad del agua hay que saber de qué tipo de agua hablamos. El agua pura, H_2O, no conduce la electricidad. Sin embargo, prácticamente toda el agua con la que estamos en contacto diariamente, no es agua pura, sino que es agua con una disolución de sales en diferente concentración. Las sales dentro del agua tienen la capacidad de transportar la energía eléctrica. (Santoro, s.f)

En nuestro caso, las muestras de precipitación horizontal, evidencian tener valores más altos a comparación de la precipitación directa, dicho fenómeno se debe a que la niebla se forma en la capa más baja de la atmósfera, donde los aerosoles y los gases son más abundantes, por tal razón se ha reportado que el agua de niebla puede contener mayor cantidad de iones que el agua de lluvia, el agua de niebla es una fuente importante de deposición iónica. Su composición química está influenciada por las emisiones naturales y antropogénicas (NO_x, SO_2, NH_3, Ca_2+, Mg_2+ y K+). (Vásquez, Alfaro, Sibaja, Esquivel, & Valdés, 2012).

Por otro lado, encontramos la salinidad en las muestras, pero como se menciona anteriormente, la conductividad y la salinidad son variables directamente proporcionales, casi que se dice que la una influye sobre la otra, y para su medición se emplea el mismo instrumento, el multiparámetro, el cual tiene un sensor, el mismo que utiliza para las mediciones anteriores, pero en este caso, el equipo de medición aplica un factor de corrección a la lectura. El factor de corrección toma la lectura de conductividad y la convierte en ppt (partes por trillón) de una sal específica. La sal varia de fabricante en fabricante, en el caso del multiparámetro que se utilizó, usan el NaCl con la sal de referencia.

La salinidad se determina automáticamente a partir de las lecturas de conductividad y temperatura de acuerdo con los algoritmos encontrados en “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater) (ed. 1995)”. En donde se da como resultado valores sin unidades, dado que las mediciones se realizan con referencia al agua estándar en 15°C. Sin embargo, los valores de salinidad sin unidades son muy cercanos a aquellos determinados por el método usado previamente donde se reporta la masa de las sales disueltas en una masa de agua dada (partes por mil (ppt)). Por lo tanto, en el instrumento se reporta la designación "ppt" para proporcionar una salida más convencional. (YSI, 1998).

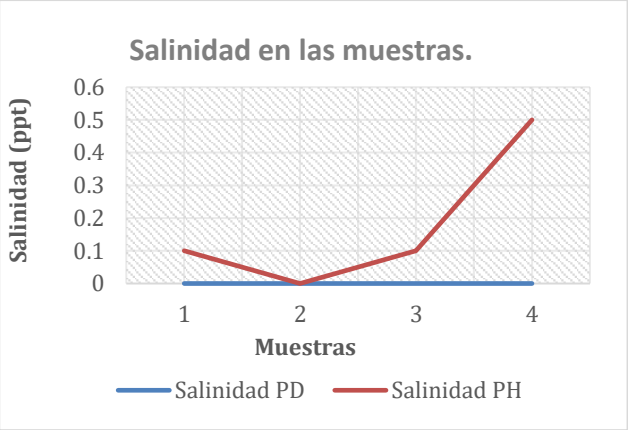


Figura 52: *Gráfica sobre el Salinidad en las muestras.*
Fuente: Autor, 2019.

Por tal motivo, al presentar valores bajos en la conductividad de la precipitación directa, ahora nos encontramos que en cuanto a salinidad, representa valores de cero, por lo que no alcanzan a ser percibibles sales en dichas muestras, por el contrario, en la precipitación horizontal, en donde los valores de conductividad son considerablemente más altos, si hay presencia de sales en estás muestras, demostrado en la figura 52 en donde se ve que tiene una tendencia más alta con mayor dispersión del punto cero.

Por último, en cuanto a la temperatura, está es medida de igual forma por el multiparámetro, mediante un sensor, conocido como termistor, el cual calcula la temperatura en grados Celsius. La temperatura es una variable muy importante, pues a partir de esta se pueden establecer variables como la conductividad o variaciones en el pH, como ya se había explicado anteriormente. La siguiente figura (53), se evidencia la variación que hubo en los datos de la temperatura durante los días de muestreo.

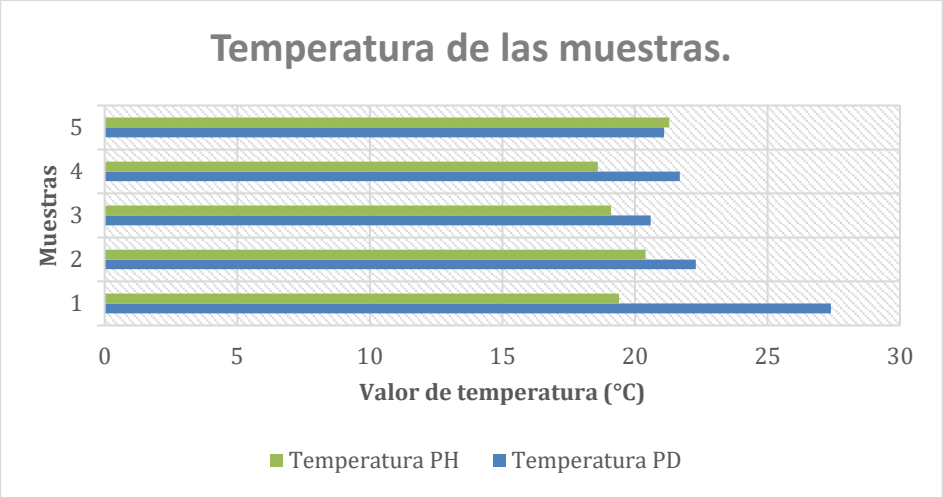


Figura 53: *Gráfica sobre Temperatura en las muestras.* **Fuente:** Autor, 2019.

Sin embargo, los valores presentes allí, tienen a variar en cuanto a las condiciones climatológicas propias del día de la muestra, puesto que son muestras relativamente pequeñas, las cuales fácilmente pueden variar su temperatura al entrar en contacto con la radiación solar, puesto que los tanques donde se almacenaron las muestras no tienen características de aislante térmico, por lo tanto, son valores que pueden cambiar con facilidad, no obstante, la gran mayoría se encuentran en una escala propia del agua, en condición normal.

9.3.1.2 Salud Ambiental.

En cuanto a la salud ambiental, se hizo un análisis de la misma a partir de los valores de los parámetros físico-químicos propios de los muestreos realizados. A partir de dichas variables, se investigó cómo podrían estás afectar a la salud ambiental, de tal forma que quede en evidencia los impactos causados por contaminación atmosférica y que son visibles a través de la precipitación, tanto directa como indirecta.

La acidez pronunciada de la lluvia proviene de la reacción de contaminantes del aire, primariamente óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno, con el agua presente en la atmósfera para formar ácidos fuertes (como los ácidos sulfúrico y nítrico). Las principales fuentes de estos contaminantes son los vehículos motores y las plantas industriales y de generación de energía. (Bluhm, Núñez, Valle, Aguirre, & Magallanes, 2009)

Teniendo en cuenta los niveles de cada una de las variables que se tuvieron en cuenta durante la investigación, ponemos en evidencia dos momentos en los que hubo crisis ambiental en la ciudad de Bogotá, por la deficiente calidad en el aire, uno de los momentos más críticos en la historia, esto por cantidad de partículas de PM 2.5 y PM 10, asociados a fuentes fijas como los son las industrias y fuentes móviles como la industria automotriz, y además de ello, por los periodos de incendios forestales en toda Colombia, las partículas generadas por la incineración, quedan suspendidas y por el desplazamiento del viento se desplazaron hasta el centro del país. (Beltrán, 2019)

Dichos niveles de contaminación, se ven asociados con el movimiento en masa del aire, en sentido Noreste, que trasladan dichos contaminantes presentes en el aire, los cuales al estar en la atmosfera contaminan el agua que se precipita y, además, aquella que queda suspendida, por eso se evidencian periodos en los que hubo lluvia ácida y las partículas de contaminantes, asociadas a la conductividad, que se encontraban en suspensión, se depositan por medio de la lluvia o en el caso de la investigación, se captan por medio de la estación atrapaniebla, ya que en la niebla, también quedan estos contaminantes.

Estos fenómenos pusieron en alerta a la ciudad, ya que la calidad del aire bajo considerablemente, lo que puso a las autoridades al frente de este problema y tuvieron que decretar alerta en la ciudad, no obstante, dicha alerta fue sectorizada, pensando que son casos puntuales en un territorio, pero es evidente que el desplazamiento del viento, genera que sea un impacto de tipo global, en términos de la ciudad, y no solo en un punto en específico.

A continuación, se recopilaron algunas noticias asociadas a esta problemática, figuras 54 y 55, como evidencia de los daños que se vienen presentando en Bogotá, a nivel de calidad del aire, y los cuales no se tratan de la mejor manera, ya que no existe un plan de contingencia, frente a crisis ambientales de Bogotá, que incluya el manejo de la calidad del aire y acciones que permitan mitigar la misma.

Figura 54: *Noticia 1. Febrero 15 de 2019.*
Fuente: https://bit.ly/2N7UMjN

Figura 55: *Noticia 2. Marzo 07 de 2019.*
Fuente: https://bit.ly/2FZYxom

En cuanto a la remoción de los contaminantes en la atmósfera, ocurre también a través de la depositación húmeda, donde interviene el agua de las nubes y las gotas de niebla, lluvia y nieve, o por la deposición seca, en la cual no hay intervención del agua y las partículas caen generalmente por gravedad. (Vásquez, Alfaro, Sibaja, Esquivel, & Valdés, 2012) No obstante, al caer las partículas, no se mitiga su impacto de esta forma, pues esta acción trae consigo más consecuencias, esta vez, en cuanto al suelo, o los ecosistemas presentes en la zona donde se depositen dichos contaminantes.

Existen varios efectos nocivos de la lluvia ácida. En primer lugar, genera la acidificación de las fuentes naturales de agua, provocando la afectación y en algunos casos la disminución de la vida silvestre en todas sus formas, además de perjudicar las condiciones de las fuentes de suministro de agua para abastecer a la población. También da lugar a una lixiviación de los nutrientes del suelo. Esta desmineralización generada por la lluvia ácida puede provocar una pérdida de productividad en los cultivos y en las masas boscosas, así como perjuicios en la vegetación natural. (Bluhm, Núñez, Valle, Aguirre, & Magallanes, 2009)

Además de los efectos ya mencionados, uno de los más visibles, por la contaminación y la lluvia ácida, es el deterioro acelerado de construcciones y monumentos. La contaminación del aire, particularmente en áreas urbanas, podría acelerar el ritmo natural y normal del deterioro de cualquier clase de roca, por lo que prematuramente se perderían edificios y esculturas de gran valor histórico y cultural. Los efectos negativos de la lluvia ácida generan implicaciones económicas, debido a que ocasiona la acidificación de suelos y aguas, causando la destrucción o degradación de los recursos naturales (Bluhm, Núñez, Valle, Aguirre, & Magallanes, 2009).

9.3.2 Usos potenciales del recurso hídrico: Agua atmosférica.

Teniendo en cuenta escenarios donde la oferta hídrica es reducida, por casusas naturales o antrópicas, nos dimos a la tarea de establecer momentos en donde la oferta hídrica por agua atmosférica pudiera ser aprovechada, dándole un uso potencial, en cuanto a su cantidad y calidad, pues son factores que influyen al momento de determinar usos para el agua. Sin embargo, es una acción que, de estar bien fundamentada y establecida en un contexto apropiado, puede generar grandes beneficios, sociales, económicos y ecológicos.

Por lo tanto, ante la situación de escasez de agua, apta para el consumo humano o para otras actividades básicas, que sufren muchas zonas del planeta, o los problemas de abastecimiento puntuales a raíz de catástrofes naturales, esta opción, de captación de agua atmosférica, es una tecnología viable y cada vez más desarrollada. Sin embargo, el inconveniente al que se enfrenta es que la cantidad del agua dependa de las condiciones meteorológicas, como la temperatura, punto de rocío, humedad relativa, entre otras. Aunque la estación atrapaniebla que fue diseñada para mejorar condiciones de vida de poblaciones vulnerables, presente dichos "riesgos", juega un papel fundamental, en cuanto a la apropiación por parte de la comunidad si buscan sacar provecho de la misma.

Es por esto, que como usos potenciales resaltamos actividades de agricultura, en donde el agua captada servirá para suplir las actividades de riego dentro de esta, haciendo efectiva su captación y dándole un segundo uso. No obstante, para ello, relacionamos su estado físico y químico con el fin de que no existan repercusiones negativas dentro de la actividad. Debido a que la calidad del agua para el riego por está ligada a la terna suelo-agua-planta, porque, además de considerar el efecto sobre la nutrición de la planta, se debe de considerar el efecto que la calidad del agua produce en el equilibrio del suelo.

En primer lugar, debemos tener en cuenta que, el valor del pH de un suelo suele oscilar entre 4 y 9. Los suelos que menos problemas dan para los cultivos son los de pH comprendido entre 6,0 y 7,5, ya que los nutrientes de las plantas en general presentan su máxima solubilidad en este intervalo. A medida que el valor del pH se aparta de dicho intervalo pueden presentarse los problemas de asimilación de nutrientes. (Monge, 2017). Por consiguiente, tener agua con pH relativamente no tan bajos, da aceptabilidad en cuanto al uso de la misma con fines agrícolas.

Sin embargo, Las directrices para valorar la utilización de un agua para el riego en actividades agrícolas, tan solo pretenden dar una primera apreciación en cuanto a características óptimas de la misma, observando previamente los síntomas que en las plantas nos indiquen una determinada reacción ante las sales y otros iones que generan cambios en estas. Con respecto al suelo, habrá que realizar análisis periódicos que nos permitan controlar la evolución del contenido en sales en el tiempo. (Monge, 2017)

Por otro lado, Las sales presentes en el agua o en el suelo reducen la disponibilidad de agua para el cultivo, provocan un estado de marchitamiento y afectan por tanto a los rendimientos. No obstante, los niveles de salinidad, resultado de las muestras presentan niveles bajos que implican un riesgo bajo en cuanto a dichas características. Aunque algunas sales, cuando se acumulan en cantidad suficiente, resultan tóxicas para los cultivos u ocasionan desequilibrios en la absorción de nutrientes, por lo tanto, se deben monitorear sales como el sodio, el cloro y el boro, pues en concentraciones altas, pueden presentar riesgo de toxicidad afectando considerablemente el desarrollo de actividades agrícolas. (Monge, 2017)

A manera de aclaración, el uso para consumo humano del agua captada, es casi que inaceptable, pues, aunque se deberán medir otros parámetros físicos y químicos de esta, solo con aquellos que se midieron, ya sobrepasan los límites permisibles del agua para consumo humano.

Otro uso potencial, sería en actividades de limpieza, ya que se reduciría el consumo de agua potable para este fin, y podría emplearse el agua captada, minimizando gastos, y aprovechando el recurso captado en la estación atrapaniebla. Además, en dicha actividad, el agua recolectada, no requiere cumplir con características particulares, pues no generan afectaciones directas en cuanto a las condiciones en las que ya se presenta, aquellas descritas anteriormente, por lo tanto, su uso sería adecuado y pertinente para dar no dejar de aprovechar los diferentes tipos de oferta hídrica.

9.3.3 Discusión

Con respecto a los resultados encontrados, es clave hablar de los componentes del agua que fue captada, pues se encontraron niveles de toxicidad, respecto a bajos niveles de pH en algunos periodos de muestreo, según la agencia de protección ambiental de Estados Unidos, precisan que del agua con estas características, resulta del transporte en la atmosfera, mediante corrientes de aire, de agentes contaminantes como dióxido sulfúrico (SO_2) y oxidos de nitrógeno (NOx), estos se mezclan con el agua y el oxígeno, para posteriormente caer suspendidos sobre la capa terrestre.

El problema radica, en los efectos que esto produce, ya que contamina la naturaleza en general, y primordialmente fuentes hídricas, generando efectos de acidificación en términos macro, que afecta la flora y fauna propia de los ecosistemas; también, los efectos que trae con respecto a las estructuras y construcciones, ya que al ser elementos ácidos, generan corrosividad, deteriorándolas de cierto modo; y para la salud humana, la lluvia acida, por su alto contenido de sales, afecta la piel, con efectos cancerígenos, pues al tener contacto directo con la lluvia ácida, la piel se ve afectada considerablemente.

Por otro lado, lluvia con valores altos de conductividad, refiere a presencia de sales, que en contacto con el agua, también generan toxicidad, y consecuencias negativas a nivel global, pues las partículas que el agua, en estado gaseoso, antes de precipitarse, quedan en suspensión en la atmosfera, para posteriormente depositarse por la lluvia y su efecto de arrastre vertical, y con respecto a la niebla, su efecto es de arrastre horizontal, pues arrastran dichas partículas en relación al viento, su dirección y velocidad son variables que regulan dicha traslación de contaminantes.

Otra variable, en relación al agua, es la certeza en cuanto a su pureza y características, puesto que no hay seguridad de que el agua extraída del aire sea pura, ya que el aire transporta partículas contaminantes a diario, emitidas por actividades antrópicas o naturales, es casi imposible tener la certeza de que el aire es puro en

algún lugar, por eso se lo trata como si estuviera posiblemente contaminado en cada escenario en donde se vaya a utilizar agua atmosférica.

La importancia del agua radica en que es el medio en el que ocurre la mayoría de las reacciones bioquímicas, dado que los reactivos y productos de las reacciones metabólicas, los nutrientes y los productos de desecho dependen del agua para transportarse dentro de las células y entre ellas. (Voet, Voet, & Pratt, 2007)

La contaminación del agua tiene un gran impacto tanto en la salud como en el medio ambiente. La apreciable concentración de componentes indeseables (por ej., cloruros, nitratos y metales pesados) limita la viabilidad del líquido y aumenta su toxicidad, por lo que el estudio de la contaminación, la medición de sus efectos y el control de su evolución son aspectos de suma importancia. (Pérez, 2016).

Por último, para la determinación de usos potenciales del agua atmosférica se debe tener en cuenta las variables físicas y químicas en las que se encuentre la muestra, pues a partir de ello se pueden determinar usos para la misma, en relación a la actividad que se vaya a usar, ya que cada actividad tiene unos límites máximos, en razón a dichas características, para que no existan consecuencias negativas, ya sea bien para la salud humana o la salud ambiental.

10. Conclusiones

Mediante el uso de continúo de la estación atrapaniebla del Colegio Agustín Fernández Sede – C, es posible aprovechar de forma eficiente la oferta hídrica generada a partir de la atmósfera, pues en escenarios de escasez hídrica, tomando en cuenta factores climáticos, entendidos como naturales, o de la deficiente gobernanza del agua, como factor antrópico, es una herramienta que permitiría suplir algunas necesidades básicas de la población en razón a su captación, teniendo en cuanta ubicación y dimensionamiento a la hora de querer implementarse en un territorio determinado.

La población de Santa Cecilia y en especial, el cuerpo docente y el estudiantado del Colegio, son muy receptivos a recibir información relacionado con el proyecto que se llevó a cabo en sus instalaciones, un aspecto muy importante para que se pueda aprovechar continuamente estás herramientas de captación de agua poco convencionales, y mediante capacitaciones y enseñanza continua sobre el cuidado del recurso hídrico, mejorar las acciones que se realizan, enmarcadas estás en acciones sostenibles que no generen mayor impacto sobre el ecosistema, y por el contrario se haga un uso responsable de los servicios ecosistémicos que se prestan en su territorio.

Dentro de una comunidad en condiciones de vulnerabilidad, en donde la institucionalidad es deficiente, trabajar como actores del fortalecimiento de la inclusión social, aportando herramientas para mejorar la educación ambiental, permite a un territorio apostarle al desarrollo del mismo, y específicamente en este caso, utilizar instrumentos que permitan adaptarse a las condiciones climáticas y empoderando a la comunidad en torno al cuidado de su territorio y uso eficiente del agua, demostrando el potencial que esta tiene en cuanto a la oferta atmosférica local, no obstante, para ello, es fundamental la participación de la ciudadanía local, y el empoderamiento en cuanto a la toma de decisiones y acciones encaminadas al uso, manejo y aprovechamiento sostenible del recurso.

Una gobernanza del agua fuerte, brinda seguridad en un territorio en relación con el recurso hídrico, teniendo en cuanta, fuentes hídricas como la quebrada San Cristóbal en Santa Cecilia, o el agua atmosférica, un potencial de oferta hídrica en la zona, pues de esta forma se garantiza un uso adecuado, teniendo en cuenta su importancia y promoviendo un manejo responsable del mismo.

En razón con las condiciones topográficas y geográficas del territorio donde se llevó a cabo esta investigación, el potencial de captación de agua atmosférica, en razón de su porcentaje, es correspondiente teniendo en cuenta el total de precipitaciones, directa y horizontal. Además, dadas las investigaciones previas en cuanto a captación de niebla, es precisa la cantidad que es posible recolectar en relación, con tiempo, dimensionamiento y características de la ubicación de la estación atrapaniebla.

Teniendo en cuenta la cantidad de niebla que se puede captar, en relación con el área de captación, es preciso que se pueden continuar fomentando estas herramientas de aprovechamiento de la oferta hídrica atmosférica, para atender escenarios de escasez que se presentan en los cerros orientales por cambios en aspectos climáticos y meteorológicos, como por ejemplo los fenómenos del Niño y la Niña.

Por otro lado, en la zona de Santa Cecilia, conocida como los cerros nororientales de Bogotá, se presenta una característica particular en el régimen hídrico, puesto que, aunque se encuentra en la misma región hidroclimática del resto de Bogotá, allí se presentan precipitaciones de forma monomodal, una condición atípica, teniendo en cuenta que la zona andina en su mayoría se da un régimen hídrico de tipo bimodal.

En sintonía con la investigación, la implementación de un programa de educación ambiental, permitió a la comunidad conocer más afondo sobre la importancia del agua, además trabajar con los alumnos, da una mirada más amplia sobre su territorio, y aporta en el desarrollo de su formación temas de suma importancia como la apropiación de sus recursos en torno a un cuidado sostenible.

La participación tanto de docentes y alumnos en los talleres realizados fue favorables y muy productiva, pues se pudo entrar a fondo con los temas de la investigación, a lo cual se obtuvieron respuestas muy favorables, ya que se evidencia el interés por conocer sobre está, además de continuar trabajando en fortalecer aspectos negativos que se pudieron observar en el trascurso del tiempo que se llevó a cabo la investigación.

Dentro de una comunidad educativa, como lo es el Colegio Agustín Fernández Sede – C, es muy importante apostarle a la realización de proyectos ambientales que generen interés por parte de los alumnos abriendo paso a trabajar en talleres donde se evidencia el aprendizaje significativo relacionado con las temáticas que se tratan en los mismos, por tal motivo, la realización del PRAE en conjunto con la estación atrapaniebla CAF – Sede C, es un plus para la institución, pues fomenta actividades en el marco de la sostenibilidad, además dando un aprovechamiento eficiente de la oferta hídrica presente en las zonas del alta montaña andina.

En cuanto a la calidad del recurso atmosférico, hubo periodos de captación en donde nos encontramos con aguas bajo estándares normales acordes con las características físicas y químicas propias de la precipitación, no obstante, también fue posible observar cambios abruptos sobre algunas de estas, encontrando escenarios de lluvia ácida.

Con unos valores de pH bajos y altos niveles de conductividad asociada a sales o sustancias tóxicas presentes en el recurso hídrico, se estableció una relación con los periodos de crisis ambientales en Bogotá, que se dieron a partir de la mala calidad del aire por la que se atravesó en ciertos periodos comenzando el 2019, por lo tanto, es importante desarrollar planes de control frente a dichos escenarios, puesto que, aunque su punto de desarrollo pudo no haber sido el territorio en donde se hizo la investigación, fenómenos de traslación del viento, arrastra contaminantes que quedan dispersos por toda la ciudad, afectando principalmente aquellas zonas más vulnerables, por contener ecosistemas primarios dentro de la misma o ser zona objeto de conservación.

Resulta importante tomar medidas frente a escenarios de lluvia ácida por las consecuencias que esta tiene en relación con la salud ambiental y la salud humana, ya que pueden seguir aumentando sus niveles de acides sino se toman medidas de control frente a la misma.

Bajo las características en las que se encontró el agua en la mayor parte del tiempo, es posible darle uso en actividades de limpieza dentro de la institución, o también en actividades agrícolas, por tanto, es posible hacer uso de está en las actividades que realizan en el PRAE, de esta forma encontrando beneficios ecológicos, sociales y económicos para la institución y su comunidad.

11. Recomendaciones.

- ✓ Se recomienda que, para próximas investigaciones, se tengan en cuenta muestreos periódicos de mínimo un año de corrido, pues de esta forma, sería más efectiva la caracterización meteorológica de la zona de estudio.

- ✓ En relación a la demanda hídrica, si está supera la oferta, se deberá pensar en ampliar la malla de captación en razón a su área, o implementar otras mallas atrapaniebla en la zona de la azotea del Colegio.

- ✓ Deberá tenerse en cuenta la cantidad del recurso recolectado, pues factores externos como suciedad o polvo, pueden interferir el funcionamiento de la misma.

- ✓ Si el Colegio busca utilizar el agua captada en la implementación del PRAE, se debe verificar la relación que hay entre el consumo hídrico del proyecto que se pretenda realizar y la cantidad del mismo que es recolectada.

- ✓ Es necesario para continuar fortaleciendo cada día más la gobernanza del agua en Santa Cecilia, mostrando a la comunidad la importancia de esta, mediante talleres o actividades prácticas, en donde estos pueden verse involucrados y trabajar de forma precisa cada una de las variables planteadas a modo de lograr el objetivo planteado.

- ✓ Se recomienda al Colegio Agustín Fernández Sede – C, seguir realizando talleres formativos en torno a la educación ambiental, pues esto es clave en un territorio en busca del desarrollo, pues los hábitos sostenibles le aportan considerablemente a este.

- ✓ A las instituciones que trabajan por el cuidado del ambiente, mantener regulados aspectos en los que se vea afectada la calidad del aire por agentes contaminantes que se desplazan por la atmosfera, generando fenómenos de lluvia ácida, lo cual es nocivo para la salud ambiental y humana, por el grado de toxicidad que esta puede generar.

- ✓ Si se quiere seguir utilizando el recurso hídrico captado, es importante regular los parámetros físico – químicos para que no exista ningún percance ocasionado por la utilización de agua que no cumpla con los límites permisibles en cuanto a la actividad que se requiera.

- ✓ A la Universidad El Bosque, fomentar los espacios para la investigación, y brindar más apoyo al momento de proveer herramientas que faciliten y complementen dichas acciones, en pro de abrir nuevos vínculos del estudiantado para con la investigación.

- ✓ Esta investigación se realiza en aras de construir una mejor relación entre la sociedad y el ambiente, por lo cual es importante continuar trabajando con la comunidad, apostándole a encontrar cada día un territorio con una perspectiva más amplia hacia lo Natural, por consiguiente, se incentiva a la Universidad a continuar por el sendero de la enseñanza y el aprendizaje desde una mirada ecológica, social y económica, que evidencie una sinergia entre dichos aspectos fortaleciendo cada día más a la comunidad.

12. Bibliografía

AITEC . (2014). *FORMULACIÓN PARTICIPATIVA DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARQUE ECOLÓGICO DISTRITAL DE MONTAÑA CERRO DE TORCA*. Obtenido de Alcaldia Mayor de Bogotá: ftp://ftp.ani.gov.co/Iniciativas%20Privadas/IP%20ACCESOS%20NORTE%20FASE%201/PMA%20Cerro%20de%20torca/Definitivo_TOMO%20I_PMA%20CERRO%20DE%20TORCA_16_feb_2015.pdf

Alcaldía Local Usaquén. (2019). *Distribuidor de operadores de aseo*. Obtenido de ALcaldía Local de Usaquén: Mapas: http://www.usaquen.gov.co/mi-localidad/mapas

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2010). *Diagnostico Local con participación local 2009 - 2010.* Obtenido de Localidad de Usquen.: http://www.saludcapital.gov.co/sitios/VigilanciaSaludPublica/Diagnosticos%20Locales/01-USAQUEN.pdf

Aldunce, P., Lillo, G., Vidal, M., & Maldonado, P. (2016). *Base de datos de prácticas de adaptación a la variabilidad y cambio climático.* Obtenido de center for climate and resilience research : http://www.cr2.cl/datos-practicas-adaptacion/

Amar Amar, J. &. (2001). *LA CONSTRUCCIÓN DE REPRESENTACIONES SOCIALES ACERCA DE LA POBREZA Y DESIGUALDAD SOCIAL EN LOS NIÑOS DE LA REGIÓN CARIBE COLOMBIANA.* Investigación & Desarrollo, 09 (2), 592-613.

Aparicio, F. (2001). Evaporación. En F. Aparicio, *Fundamentos de hidrología de superficie* (pág. 19). México: Limusa.

Arango, C., Dorado, J., Guzmán, D., & Ruiz, J. (Diciembre de 2012). *CAMBIO CLIMÁTIO MÁS PROBABLE PARA COLOMBIA A LO LARGO DEL SIGLO XXI RESPECTO AL CLIMA PRESENTE*. Obtenido de Subdirección de Meteorología – IDEAM: http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Escenarios+Cambio+Climatico+%28Ruiz%2C+Guzman%2C+Arango+y+Dorado%29.pdf/fe5d64fb-3a82-4909-a861-7b783d0691cb

Balvanera, P., & Cotler, H. (Julio de 2007). *Acercamientos al estudio de los servicios ecosistémicos*. Obtenido de Gaceta Ecológica: https://www.redalyc.org/html/539/53908502/

Barradas, V. (1983). *Capacidad de captación del agua a partir de la niebla.* Obtenido de Biotica: https://www.researchgate.net/profile/Victor_Barradas3/publication/263226509_Capacidad_de_captacion_de_agua_a_partir_de_la_niebla_en_Pinus_montezumae_Lambert_de_la_region_de_las_Grandes_Montanas_del_estado_de_Veracruz/links/02e7e53a2f8af772f9000000/Capacid

Beltrán, D. F. (3 de Abril de 2019). Medición niveles de contaminación. (C. Raigoso, Entrevistador)

Bluhm, J., Núñez, E., Valle, S., Aguirre, C., & Magallanes, J. (Octubre de 2009). *Aspectos de la medición del pH del agua de lluvia*. Obtenido de Conference: Coloquio de Investigación de la UAZ 2009: https://www.researchgate.net/publication/291166684_Aspectos_de_la_medicion_del_pH_del_agua_de_lluvia

Bocarejo Suescún, D. (2018). *Gobernanza del agua: pensar desde las fluctuaciones, los enmarañamientos y políticas del día a día.* Obtenido de Revista de Estudios Sociales: https://revistas.uniandes.edu.co/doi/pdf/10.7440/res63.2018.09

Caballero, T. (2006). *Captación de agua lluvia y almacenamiento en tanques de ferrocemento. Manual Técnico. méxico D.F:*. Obtenido de Instituto Politécnico Nacional: http://caminosostenible.org/wp-content/uploads/BIBLIOTECA/ferrocemento.PDF

Campoy, T., & Gomes, E. (16 de Junio de 2009). *Técnicas e instrumentos cualitativos de recogida de datos.* Obtenido de file:///C:/Users/ACER/Downloads/_Tecnicas%20e%20instrumentos%20cualitativos%20de%20recogida%20de%20datos%20(1).pdf

Carrasco Rey, R. (2004). *Barrios marginales en el ordenamiento de Bogotá.* Bogotá: Revista Bitácora Urbano Territorial, 1 (8), 56-63. .

Castillo, Y., & Cabeza, C. (2016). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUA POR ROCÍO*

Y NIEBLA PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN LA COMUNIDAD DEL BARRIO LA ESPERANZA, LOCALIDAD DE CHAPINERO. Obtenido de Universidad la Gran Colombia: https://www.acofipapers.org/index.php/eiei2016/2016/paper/viewFile/1777/675

Cereceda, P., & Robert, S. (Diciembre de 1994). *A Proposed Standard Fog Collector for Use in High-Elevation Regions*. Obtenido de Research Gate: https://www.researchgate.net/publication/234254710_A_Proposed_Standard_Fog_Collector_for_Use_in_High-Elevation_Regions

CLGR-CC. (Noviembre de 2017). *Caracterización General de Escenarios de Riesgo*. Obtenido de Localidad de Usaquén : http://www.idiger.gov.co/documents/220605/232493/Identificaci%C3%B3n+y+Priorizaci%C3%B3n+.pdf/e74867c0-a4d0-41aa-aec9-0093f2a97c60

Congreso. (2007). *Barrio: Santa Cecilia*. Obtenido de Ficha no. 4: Cogreso, ciudad informal.: http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/68387E5485A9C10805257C15007371D1/$FILE/121_pdfsam_ciudad_informal.pdf

Constitución Política de Colombia. (1991). *Derechos fundamentales.* Corte Constitucional.

Corponariño. (2011). *PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HIDRICO DE LA QUEBRADA EL RECREO Y SU AFLUENTE PRINCIPAL LA QUEBRADA SAN JUAN*. Obtenido de PROGRAMA PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO: http://corponarino.gov.co/expedientes/descontaminacion/porhrecreoysanjuan.pdf

Cortés, G., & Avellaneda, J. A. (2015). *Evaluación del potencial de captación y aprovechamiento de la precipitación horizontal como medida de adaptación al cambio climático: Estudio de caso barrio el oasis, cazucá (soacha).*

Del Castillo, J. (Abrl de 2016). *Estudio de Caso comunidad Cerro Norte*. Obtenido de Movimiento regional por la tierra: https://porlatierra.org/docs/85b043e621f32a4aba9716615b5f11c3.pdf

Dirección de Recursos Naturales: CAR. (2017). *ANÁLISIS DE CONDICIONES HIDROCLIMÁTICAS EN JURISDICCIÓN CAR DURANTE 2017*. Obtenido de Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR: Dirección de Recursos Naturales: https://www.car.gov.co/uploads/files/5b4d13fd78153.pdf

Domínguez Serrano, J. (Diciembre de 2011). *HACIA UNA BUENA GOBERNANZA PARA LA GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS.* Obtenido de DOCUMENTO TEMÁTICO DE LAS AMÉRICAS: http://www.oas.org/en/sedi/dsd/iwrm/past%20events/D7/6%20WWF-GOBERNANZA%20Final.pdf

Donoso , S., & Schiefelbein, E. (27 de Julio de 2007). *ANALISIS DE LOS MODELOS EXPLICATIVOS DE RETENCION DE ESTUDIANTES.* Obtenido de Estudios Pedagógicos XXXIII,: https://scielo.conicyt.cl/pdf/estped/v33n1/art01.pdf

Ena., R. C. (1 de julio de 2008). *Métodos y técnicas de investigación.* . Obtenido de https://www.gestiopolis.com/metodos-y-tecnicas-de-investigacion/

Foladori, G. (1999). *Sustentabilidad ambiental y contradicciones sociales.* Obtenido de scielo: http://www.scielo.br/pdf/%0D/asoc/n5/n5a03.pdf

Fonseca, H., & Ataroff, M. (2005). *DINAMICA HÍDRICA EN LA SELVA NUBLADA DE LA CUENCA ALTADEL RIO CUSIANA Y UN PASTIZAL DE REEMPLAZO,CORDILLERA ORIENTAL, COLOMBIA*. Obtenido de Universidad de los Andes.: https://www.researchgate.net/publication/44733666_Efectos_de_la_deforestacion_sobre_la_dinamica_hidrica_de_una_selva_nublada_en_la_Cuenca_del_Rio_Cusiana_Colombia_Hector_Fonseca_Peralta

Galán, D., & Garrido, J. (27 de Julio de 2012). *Cambio climático. Perspectivas futuras.* Recuperado el 10 de Septiembre de 2018, de Observatorio Medioambiental: https://core.ac.uk/download/pdf/38809299.pdf

Gómez Jiménez, A. (2003). *COLOMBIA: EL CONTEXTO DE LA DESIGUALDAD Y LA POBREZA RURAL EN LOS NOVENTA.* Bogotá: Cuadernos de Economía, 22(38).

González, N. (2017). *Hacia la gobernanza del agua.* Obtenido de Universidad Nacional de Colombia sede Medellin.: http://bdigital.unal.edu.co/57448/7/1037594734.2017.pdf

Gualdron Becerra, N. (2014). *6. Captación de agua lluvia como alternativa comunitaria ante la escasez y la*

contaminación para el consumo humano y actividades agropecuarias en las veredas el salado y la aguada del municipio de Lebrija Santander, Colombia. Obtenido de http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/1714/Gualdron_Becerra_Nelsy_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Hernández, J. (23 de Mayo de 2018). Reconocimiento del territorio: Barrio Cerro Norte. (M. P. Quintero, Entrevistador)

IDEAM. (2004). *Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del aire.* Obtenido de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales: http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/020650/CalidaddelAireCapitulo5.pdf

IDEAM. (2010). *Estudio Nacional del Agua. Instituto de Hidrología, Metereología y Estudios Ambientales.* Bogotá.

IDEAM. (2019). *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*. Obtenido de http://www.ideam.gov.co/web/entidad/acerca-entidad

ITSON. (s.f.). *Direccion de la cultura fisica y el deporte*. Obtenido de http://brd.unid.edu.mx/recursos/Taller%20de%20Creatividad%20Publicitaria/TC03/lecturas%20PDF/05_lectura_Tecnicas_e_Instrumentos.pdf

Lanzafame, F. &. (2009). *Pobreza en áreas centrales urbanas. Métodos de análisis e intervenciones* . BID.

Manosalva Fonseca, E. (Noviembre de 2012). Dinámicas de regulación hídrica de los ecosistemas forestales de alta montaña. Estudio de caso: precipitación atmosférica en el microcuenca de la quebrada San Cristobal. Bogota, Colombia.

Martinez, A., Álvarez, J., & Maass, M. (2017). *Analysis and perspectives of the study of terrestrial ecosystems in Mexico: hydrological dynamics and fluxes of nitrogen and phosphorus*. Obtenido de Revista Mexicana de Biodiversidad: https://www-sciencedirect-com.ezproxy.unbosque.edu.co/science/article/pii/S1870345317301823?via%3Dihub

Mateus, S., & Antonio, M. (2015). *Niebla como fuente alternativa para suministros de agua*. Obtenido de Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito: https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/243/1/Soriano%20Mateus%2c%20Manuel%20Antonio%20-%202015.pdf

Mejía, A., Requena, B., Rivera, D., Pardón, M., & Rais, J. (2012). Buenas prácticas en el sector de agua potable y saneamiento. En *Agua Potable y saneamiento en América Latina y el Caribe.* (págs. 31-40). Panamá: CAF.

Mendoza, B., & Castañeda, F. (2014). *CRITERIOS METODOLÓGICOS PARA LA DEFINICIÓN DE SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS CON BASE EN LLUVIA HORIZONTAL*. Obtenido de UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA: https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1748/1/Atrapanieblas%20B.%20Mendoza%20F.%20Casta%C3%B1eda.pdf

Meneses, G. (2007). *Diseño y fases de la investigación*. Obtenido de UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI : https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/8929/9Disenoyfasesdelainvestigacion.pdf?sequence=15&isAllowed=y

Merchán, J., & Pinzón , A. (24 de Junio de 2017). *FORMULACIÓN DEL PROGRAMA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL PARA LA ADECUADA GESTIÓN DEL PLAN INSTITUCIONAL DE GESTIÓN AMBIENTAL - PIGA EN EL FONDO DE PRESTACIONES ECONÓMICAS, CESANTÍAS Y PENSIONES - FONCEP*. Obtenido de UNIVERSIDAD LIBRE: https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10702/Proyecto%20Formulaci%C3%B3n%20del%20Programa%20de%20Educaci%C3%B3n%20Ambiental%20en%20FONCEP.pdf?sequence=1

meteorology, G. o. (2012). *American Meteorolgical Society* . Obtenido de http://glossary.ametsoc.org/wiki/Basin

Ministerio de educación. (Agosto de 2005). Educar para el desarrollo sostenible. *Altablero*, pág. 36.

Monge, M. (24 de Abril de 2017). *Interpretación de un análisis de agua para riego*. Obtenido de iagua: https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/interpretacion-analisis-agua-riego

Montes, & Sala. (Septiembre de 2007). *La Evaluación de los Ecosistemas del milenio.* Obtenido de Revista

científica y técnica de ecología y medio ambiente.: http://www.ceppia.com.co/Documentos-tematicos/MEDIO-AMBIENTE/evaluacion-ecosistemas-milenio.pdf
Motta, R., & Ramírez, N. (2016). LA GOBERNANZA DEL AGUA Y LA PARTICIPACIÓN CIUDADANA EN BOGOTÁ. *Revista Republicana*, 159-177. Obtenido de http://ojs.urepublicana.edu.co/index.php/revistarepublicana/article/download/334/304/
Naciones Unidad. (S.F). *Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo.* Objetivos Desarrollo sostenible.
OpenMS. (S.F). *AQUAIR OPTIMIZER. COSECHA DE AGUA A PARTIR DE BRUMAS y NIEBLAS.* . Obtenido de OpenWATER. Generación de agua.: http://www.openms.es/sites/default/files/documentacion/Sistemas%20AQUAIR%20Openwater.pdf
Otaya, L., Vásquez, G., & Bustamante, G. (14 de Abril de 2008). *ESTIMACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA CON INFORMACIÓN ESCASA EN ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS.* Obtenido de Organización Scielo: http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v61n1/a13v61n1.pdf
Pava, C. (12 de Octubre de 2018). *Así se vive en un barrio sin transporte público.* Obtenido de El tiempo: Noticias: https://www.eltiempo.com/bogota/santa-cecilia-alta-el-barrio-de-usaquen-que-no-tiene-transporte-publico-280686
Peña, E., Velasco, G., & Cervantes, R. (2007). *Cuencas atmosféricas del estado de México.* Obtenido de Secretaría del medio ambiente. : http://sma.edomex.gob.mx/sites/sma.edomex.gob.mx/files/files/sma_pdf_2007_ca_em.pdf
Pérez, E. (Septiembre de 2016). *Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica.* Obtenido de Tecnología en marcha. Volumen 29. : http://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v29n3/0379-3982-tem-29-03-00003.pdf
PNUD. (2006). *Informe sobre Desarrollo Humano 2006: Más allá de la escasez: Poder, pobreza y crisis mundial del agua.* ONU-Agua, FAO. 200.
Regalado , C., & Ritter, A. (2016). *The design of an optimal fog water collector: A theoretical analysis*. Obtenido de Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA): https://www-sciencedirect-com.ezproxy.unbosque.edu.co/science/article/pii/S0169809516300564
Río, R. (Enero de 2018). *Qué es una cuenca atmosférica?* Obtenido de https://docplayer.es/72723763-Que-es-una-cuenca-atmosferica.html
Rivera, O. (2017). *IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS BÁSICOS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE NIEBLA, CASO DE ESTUDIO LAS VERAPACES*. Obtenido de UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA: http://www.repositorio.usac.edu.gt/7516/1/Oscar%20Alejandro%20Rivera%20Ayala.pdf
Rogers, P. (2002). *GOBERNANZA DEL AGUA EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE.* Obtenido de file:///D:/Downloads/GOBERNANZA_DEL_AGUA_EN_AMERICA_LATINA_Y_EL_CARIBE.pdf
Salas, A. (2004). *Diagnóstico físico y socioeconómico de las localidades de Bogotá, D.C.* . Obtenido de Alcaldía Mayor de Bogotá: https://www.cerrosdebogota.org/pdf/historia_barrios/unidadnorte.pdf
Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). México D.F.: McGRAW-HILL. Obtenido de http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf
Sánchez, J. (2015). *Correlación lineal y regresión*. Obtenido de Departamento de Geología Universidad de Salamanca : http://hidrologia.usal.es/practicas/correlacion/Correlacion_explicacion.pdf
Santoro, B. (s.f). *Conductividad del agua.* Obtenido de Experimentos científicos: https://www.experimentoscientificos.es/conductividad/conductividad-del-agua/
Schemenauer, R., & Joe, P. (Diciembre de 1989). *The collection efficiency of a massive fog collector*. Obtenido de Atmospheric Research: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0169809589900367
Scuka, F. (2009). *Cuanta agua tiene el planeta*. Obtenido de Vientos digitales : https://www.latice.org/milj/es/fedscu0902es.html
Secretaría de Educación. (2018). *FICHA DE CALIDAD EDUCATIVA DE LA CIUDAD DE BOGOTA.* Obtenido de SISTEMA INTEGRAL DE EVALUACIÓN Y ACREDITACIÓN DE LA CALIDAD DE LA EDUCACIÓN EN BOGOTÁ:

https://www.redacademica.edu.co/file/5672/download?token=2V4sfpKU
Selva. (2010). *El agua. Un recuro vital.* Sembrando los valores ambientales.
Shih-Chieh , C., I-Ling , L., & Jiunn-Tzong , W. (2002). *Estimation of fog deposition on epiphytic bryophytes in a subtropical montane forest ecosystem in northeastern Taiwan*. Obtenido de Institute of Botany: https://ac-els-cdn-com.ezproxy.unbosque.edu.co/S0169809502000881/1-s2.0-S0169809502000881-main.pdf?_tid=8fed6f3f-976c-4172-b82e-8c85729f3d19&acdnat=1536623472_73ffcaaf707306f7664b322691156c02
Silvester, Lowdnes, & Hargreaves. (Diciembre de 2009). A computational study of particulate emissions from an open pit quarry under neutral atmospheric conditions. En L. H. Silvester, *Atmospheric Environment* (págs. Pages 6415-6424). Nottingham. Obtenido de Atmospheric Environment: https://www.researchgate.net/publication/321885449_ESTUDIO_DE_CALIDAD_DEL_AIRE_EN_CANTERAS_A_CIELO_ABIERTO_EN_GENERAL_ROCA_ARGENTINA
Tavárez, J. (2011). *HIPÓTESIS, VARIABLES E INDICADORES*. Obtenido de https://josetavarez.net/hipotesis-variables-e-indicadores.html
Te Chow, V., Maidment, D., & Mays, L. (1994). Agua atmosférica. En V. Te Chow, D. Maidment, & L. Mays, *Hidrología aplicada* (págs. 54-93). Bogotá: McGraw-Hill.
Tobón, C., & Gil Morales, E. (2007). *Capacidad de interceptación de la niebla por la vegetación de los páramos andinos.* Obtenido de Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.: http://bdigital.unal.edu.co/14929/1/9324-15891-1-PB.pdf
Vaca, M., García, C., & García, J. (2013). Factibilidad técnica y de salud pública de la recolección de aguas nieblas: Estudio de caso. *Revista de Salud Pública ISSN 0124-0064*, 366-373. Obtenido de Revista de Salud Pública ISSN 0124-0064: https://revistas.unal.edu.co/index.php/revsaludpublica/article/view/38154/62096
Vahos, F., Pedraza, M., & Campuzano, C. (2012). *Guía de diseño e implementación de proyectos ambientales escolares PRAE desde la cultura del agua.* Obtenido de Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.: http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/cultura-del-agua/Guia-de-diseno-e-implementacion-de-PRAE-desde-la-cultura-del-agua.pdf
Vásquez, T., Alfaro, R., Sibaja, J., Esquivel, G., & Valdés, J. (Junio de 2012). *Composición química del agua de lluvia y de niebla recolectada en la reserva biológica Monteverde*. Obtenido de Uniciencia 26. Research Gate: https://www.researchgate.net/publication/279689750_Composicion_quimica_del_agua_de_lluvia_y_de_niebla_recolectada_en_la_reserva_biologica_Monteverde
Voet, D., Voet, J., & Pratt, C. (2007). *Fundamentos de Bioquímica: La vida a nivel molecular. 2 Ed.* España.: Panamericana.
YSI. (1998). *YSI Modelo 63, Manual de operaciones.* Obtenido de YSI Incorporated : https://www.ysi.com/File%20Library/Documents/Manuals%20for%20Discontinued%20Products/31178-Spanish-YSI-Model-63-Operations-Manual-RevC.pdf
Zurbriggen, C. (2011). *Gobernanza: una mirada desde América Latina.* Obtenido de Perfiles latinoamericanos.: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-76532011000200002&lng=es&tlng=es.