



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

Factores de riesgo de la calidad del agua para consumo humano y morbilidad sentida en usuarios del acueducto la Hondita Hojas Anchas, Guarne 2017

**Sebastian Giraldo Ortiz
Vanessa Carvajal Castaño**

**Universidad De Antioquia
Facultad Nacional de Salud Pública
“Héctor Abad Gómez “
Medellín, Colombia
2019**



Factores de riesgo de la calidad del agua para consumo humano y morbilidad sentida en usuarios del acueducto la Hondita Hojas Anchas, Guarne 2017

**Sebastian Giraldo Ortiz
Vanessa Carvajal Castaño**

**Trabajo de grado para optar al título de
Administrador en Salud: Gestión Servicios de Salud
Administradora en Salud: Gestión Sanitaria y Ambiental**

**Asesora
Sandra Ríos Tobón
Docente Facultad Nacional de Salud Pública
Microbióloga y Bioanalista, M.Sc
Ph.D en Salud Pública**



**Universidad De Antioquia
Facultad Nacional de Salud Pública
“Héctor Abad Gómez “
Medellín
2019**

**Con toda
gratitud a todas
las personas que
contribuyeron al
éxito de esta
Investigación**

Tabla de contenido

Lista de tablas	6
Lista de figuras	7
Lista de anexos	8
Glosario	9
Resumen	13
1. Introducción	14
2. Planteamiento del problema.	16
2.1. Antecedentes	16
2.2. Descripción del problema	18
3. Justificación	20
4. Objetivos	21
4.1. Objetivo general:	21
4.2. Objetivos específicos:	21
5. Marcos de referencia	22
5.1. Ubicación geográfica	22
5.2. Hidrografía	23
5.3. Actividad económica	23
5.4 Asociación de Suscriptores del Acueducto Hondita Hojas Anchas	24
6. Marco teórico	29
6.1. El agua en la vida	29
6.3 Redes de distribución	31
6.4 Calidad del agua y sus características físicas, químicas y microbiológicas	35
6.5. Enfermedades de origen hídrico	36
6.6. Morbilidad sentida	37
7. Marco jurídico	40
8. Metodología	41
8.1. Tipo de estudio	41
8.2. Población objeto	41
8.3. Diseño de la muestra	41
8.4. Criterios de inclusión	41

8.5. Criterios de exclusión	42
8.6. Técnicas de recolección de información	42
8.6.1. Unidades de observación e información secundaria:	42
8.6.2. Instrumentos de recolección de información:	42
8.6.3. Observación directa e identificación de riesgos en la red de distribución	43
8.6.4. Toma de muestras de agua	45
8.6.5. Aplicación de encuestas	46
8.6.6. Procesamiento y análisis de datos	46
8.7. Consideraciones éticas	47
9. Resultados	48
9.1. Caracterizar socio-demográficamente la población que se abastece al acueducto la Hondita Hojas Anchas del municipio de Guarne	48
9.2. Identificación de los factores de riesgo, naturales y antrópicos presentes en la red de distribución	50
9.2.1. Lista de chequeo	50
9.2.2. Aplicación de la matriz de riesgo	56
9.3. Determinar la calidad del agua de consumo de los usuarios del acueducto	60
9.3.1. Análisis microbiológico	60
9.3.2. Análisis fisicoquímico	61
9.4. Identificar la morbilidad sentida relacionada con la calidad del agua, en usuarios del acueducto La Hondita-Hojas Anchas, Guarne 2017	65
10. Discusión	68
10.1. Análisis de riesgos para la calidad del agua desde de los componentes fuentes de abastecimiento y sistemas de distribución del agua.	68
10.2. Calidad del agua, percepción y morbilidad sentida por la población	71
10.3 Limitaciones	74
11. Conclusiones y perspectivas	76
12. Referencias	78
14. Anexos	86

Lista de tablas

Tabla 1. Caudales disponibles para la planta de tratamiento la Hondita Hojas Anchas, Guarne 2017 (23).....	24
Tabla 2. Estructuras de red de distribución secundaria para abastecimiento de agua de consumo humano.....	33
Tabla 3. Normatividad Colombiana relacionada con la calidad del agua.	40
Tabla 4. Matriz de identificación y evaluación de riesgos en la red de distribución del Acueducto la Hondita Hojas Anchas, 2017 (58).....	45
Tabla 5. Aspectos sociodemográficos de la población de estudio del Acueducto la Hondita Hojas Anchas, Guarne 2017-2018.....	48
Tabla 6. Lista de chequeo para la identificación de riesgos en la red de distribución del Acueducto la Hondita Hojas Anchas, 2017.....	52
Tabla 7. Matriz de riesgos asociados a las condiciones físicas ambientales de la red de distribución del acueducto la Hondita Hojas Anchas 2017.....	57
Tabla 8. Resultado del análisis microbiológico de las muestras de agua para el Acueducto Hondita Hojas Anchas, Guarne 2017-2018.....	60
Tabla 9. Resultado Fisicoquímico: Muestra de agua de la Planta de tratamiento El Molino, Acueducto Hondita Hojas Anchas, Guarne 2017-2018.....	61
Tabla 10. Resultado Fisicoquímico: Muestra de agua del Punto de Muestra 0009 Capilla, Acueducto Hondita Hojas Anchas, Guarne 2017-2018.....	62
Tabla 11. Resultado Fisicoquímico: Muestra de agua de la Planta Santa Rita, Acueducto Hondita Hojas Anchas, Guarne 2017-2018.....	63
Tabla 12. Resultado Fisicoquímico: Muestra de agua del P.M 0004 Conrado Arango, Acueducto Hondita Hojas Anchas, Guarne 2017-2018.....	64
Tabla 13. Morbilidad sentida de la población de estudio del Acueducto la Hondita Hojas Anchas, Guarne 2017-2018.....	66
Tabla 14. Percepción de la calidad del agua por los usuarios del Acueducto la Hondita Hojas Anchas, Guarne 2017-2018.....	67
Tabla 15. Enfermedades transmitidas y/o vehiculizadas por el consumo de agua contaminada (67).	71
Tabla 16. Características Químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana.....	73

Lista de figuras

Figura 1. Ubicación del municipio de Guarne en Antioquia.....	22
Figura 2. Bocatoma la Honda.....	25
Figura 3. Tanque desarenador la Honda.....	25
Figura 4. Bocatoma el Limón.....	26
Figura 5. Bocatoma el Peñol	26
Figura 6. Tanque desarenador Limón y Peñol	26
Figura 7. Bocatoma Terraplén.....	27
Figura 8. Tanque desarenador Terraplén.....	27
Figura 10. Planta de tratamiento compacta.....	27
Figura 11. Área de filtración planta de tratamiento convencional	28
Figura 12. Ubicación de la red de distribución del Acueducto la Hondita-Hojas Anchas, Guarne 2019	56

Lista de anexos

Anexo 1. Lista de chequeo para la identificación de riesgos en la red de distribución.	86
Anexo 2. Encuesta perfil sociodemográfico y morbilidad sentida.....	89
Anexo 3. Consentimiento informado	91
Anexo 4. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos a medir según IRCA en el sitio y en laboratorio	93
Anexo 5. Variables de caracterización demográfica.....	94

Glosario

Para mejorar la comprensión de los términos que se emplearán en el presente trabajo, se tendrán en cuenta las definiciones dadas en la Resolución 0330 del 2017, por el cual se adopta el “Reglamento Técnico para el Sector Agua potable y Saneamiento Básico- RAS” y el Decreto 1575 de 2007, el cual establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano.

Acometida: derivación de la red local de acueducto que llega hasta el registro de corte en el inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el registro de corte general.

Agua cruda: agua superficial o subterránea en estado natural; es decir, que no ha sido sometida a ningún proceso de tratamiento.

Agua potable o agua para consumo humano: es aquella que, por cumplir las características físicas, químicas y microbiológicas, en las condiciones señaladas en el presente decreto y demás normas que la reglamenten, es apta para consumo humano.

Amenaza: peligro latente asociado con la potencial ocurrencia de un evento de origen natural o antrópico que puede manifestarse en un sitio específico y en un tiempo determinado produciendo efectos adversos en un sistema. Se expresa matemáticamente como la probabilidad de ocurrencia de un evento de una cierta intensidad, en un sitio específico y durante un tiempo de exposición definido.

Análisis fisicoquímico del agua: pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar sus características físicas, químicas o ambas.

Análisis microbiológico del agua: pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.

Análisis organoléptico: se refiere a olor, sabor y percepción visual de sustancias y materiales flotantes y/o suspendidos en el agua.

Análisis de vulnerabilidad: es el estudio que permite evaluar los riesgos a que están expuestos los distintos componentes de un sistema de suministro de agua.

Bocatoma: estructura hidráulica que capta el agua desde una fuente superficial y la conduce al sistema de acueducto.

Calidad del agua: es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia.

Cloración: aplicación de cloro, o compuestos de cloro, al agua residual para desinfección; en algunos casos se emplea para oxidación química o control de olores.

Cloro residual: concentración de cloro existente en cualquier punto del sistema de abastecimiento de agua, después de un tiempo de contacto determinado.

Control de calidad del agua potable: análisis organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos realizados al agua en cualquier punto de la red de distribución.

Desinfección: proceso físico o químico que permite la eliminación o destrucción de los organismos patógenos presentes en el agua.

Evaluación del riesgo: evaluación cualitativa y cuantitativa del riesgo posado sobre la salud humana o sobre el ambiente por la presencia actual o potencial y/o por el uso de un polucionante específico.

Fuente de abastecimiento de agua: depósito o curso de agua superficial o subterráneo, natural o artificial, utilizado en un sistema de suministro de agua.

Mantenimiento: conjunto de acciones que se ejecutan en las instalaciones y/o equipos para prevenir daños o para la reparación de estos cuando se producen.

Metales pesados: elementos tóxicos que tiene un peso molecular relativamente alto. Usualmente tienen una densidad superior a $5,0 \text{ g/cm}^3$, por ejemplo, plomo, plata, mercurio, cadmio, cobalto, cobre, hierro, molibdeno, níquel, zinc.

Microorganismos: también reciben el nombre de microbios u organismos microscópicos, imperceptibles para el ojo humano y sólo pueden visualizarse con el microscopio. Incluyen bacterias, protozoos, virus, algas y hongos.

Monitoreo: actividad consistente en efectuar observaciones, mediciones y evaluaciones continuas en un sitio y periodo determinados, con el objeto de identificar los impactos y riesgos potenciales hacia el ambiente y la salud pública o para evaluar la efectividad de un sistema de control.

Muestra puntual de agua: muestra tomada en un punto o lugar en un momento determinado.

Patógenos: microorganismos que pueden causar enfermedades en otros organismos, ya sea en humanos, animales y plantas.

Puntos de muestreo en red de distribución: sitios representativos donde se realiza la recolección de la muestra de agua para consumo humano en la red de distribución, de acuerdo con lo definido entre la autoridad sanitaria y la persona prestadora que suministra o distribuye agua para consumo humano.

Red de distribución: conjunto de tuberías, accesorios, estructura y equipos que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta las acometidas domiciliarias.

Red matriz: parte de la red de distribución que conforma la malla principal de servicio de una población y que distribuye el agua procedente de la conducción, planta de tratamiento o tanques de compensación a las redes secundarias. La red matriz llamada también primaria, mantiene las presiones básicas de servicio para el funcionamiento correcto de todo el sistema, y generalmente no reparte agua en ruta.

Red secundaria de distribución: parte de la red de distribución que se deriva de la red primaria y que distribuye el agua a los barrios y urbanizaciones de la ciudad y que puede repartir agua en ruta.

Riesgo: el daño potencial que, sobre la población y sus bienes, la infraestructura, el ambiente y la economía pública y privada, pueda causarse por la ocurrencia de amenazas de origen natural, socio-natural o antrópico no intencional, que se extiende más allá de los espacios privados o actividades particulares de las personas y organizaciones y que por su magnitud, velocidad y contingencia hace necesario un proceso de gestión que involucre al Estado y a la sociedad.

Sistema de suministro de agua potable: conjunto de obras, equipos y materiales utilizados para la captación, aducción, conducción, tratamiento y distribución del agua potable para consumo humano.

Suscriptor: Persona natural o jurídica con la cual se ha celebrado un contrato de condiciones uniformes de servicios públicos.

Sustancias potencialmente tóxicas: son aquellas de origen natural o sintético que pueden ocasionar efectos nocivos en los organismos con los que entran en contacto. Incluye sustancias utilizadas en actividades domésticas, producción de bienes o servicios y plaguicidas, que pueden estar presentes en el agua para consumo humano.

Tuberías enterradas: Aquellas en las cuales las tuberías quedan instaladas en pequeñas zanjas completamente enterradas en suelo natural o relativamente pasivo.

Tuberías superficiales: aquellas en las cuales las tuberías se apoyan sobre suelos relativamente superficiales y en las que la parte superior del tubo se proyecta por encima de la superficie natural del terreno, y luego es cubierta por un terraplén de relleno.

Turbiedad: también denominada turbidez, es la propiedad óptica del agua basada en la medida de luz reflejada por las partículas en suspensión.

Valor admisible: valor establecido para la concentración de un componente o sustancia, que garantiza que el agua de consumo humano no representa riesgo para la salud del consumidor.

Vectores: Organismos, generalmente insectos o roedores que transmiten enfermedades. Medio de transmisión de un patógeno de un organismo a otro.

Vulnerabilidad: predisposición intrínseca de un sistema de ser afectado o de ser susceptible a sufrir daños o pérdida de su función, como resultado de la ocurrencia de un evento que caracteriza una amenaza.

Resumen

El agua segura para consumo de los seres humanos ha sido prioridad en los países del mundo, aun cuando muchos de estos países tienen bajos niveles de desarrollo. El uso del agua potable genera bienestar en las personas, por ello se hacen diversos estudios entorno al mejoramiento continuo de los procesos para mejorar la condiciones y tratamientos de esta, evitando enfermedad en las poblaciones. Las condiciones climáticas, uso de químicos, las actividades humanas entre otros factores pueden hacer cambiar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del recurso hídrico haciendo que los criterios de aceptación por las personas cambien. Estos criterios son olor, sabor y color, además, un agua contaminada puede enfermar la población consumidora. Por lo anterior se evaluó la morbilidad sentida en usuarios del acueducto multiveredal la Hondita Hojas Anchas en algunas veredas del municipio de Guarne incorporando la calidad del agua y riesgos en la red de distribución, por lo cual se aplicaron encuestas de morbilidad sentida y de percepción de calidad de agua y servicio del acueducto, estas fueron analizadas y tabuladas posteriormente, además se realizó un recorrido por la red de distribución de agua aplicando una lista de chequeo, seguidamente una matriz de riesgos y peligros para identificar la posible existencia de riesgos en la red que pudiesen afectar la calidad del agua y las condiciones de salud de la población. Esta investigación brinda información pertinente de aspectos a mejorar para implementar mejoras en el control y seguimiento de las prácticas operacionales beneficiando la salud de usuarios.

Palabras claves: morbilidad, encuestas de morbilidad, calidad del agua, abastecimiento de agua, agua potable, consumo doméstico de agua, medio ambiente y salud pública

1. Introducción

El agua no sólo es uno de los elementos más importantes para el desarrollo de la vida en las diferentes formas que existen, es considerado el derecho que posibilita la realización de los demás derechos humanos. Por esta razón, en el 2010 la Organización de las Naciones Unidas (ONU) aprobó la Resolución 64/292 que establece el derecho humano al agua y al saneamiento, asimismo incita a todos los países, a direccionar sus esfuerzos financieros para propiciar un suministro de agua potable saludable, limpia, accesible y asequible para todos (1), haciendo más evidente la estrecha relación entre mejores condiciones de salud y el desarrollo económico de los países.

La salud pública en las poblaciones vulnerables de países en vía de desarrollo se puede ver afectada por la calidad del agua que llega a sus hogares, tanto así que según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el consumo de agua contaminada y la falta de acceso a servicios mejorados de saneamiento, está relacionada con más de 4.000 muertes prematuras al año en América Latina (2).

La contaminación del agua muchas veces se produce dentro de las plantas de tratamiento o sus redes de distribución, por factores como los cambios de presión que pueden generar intrusiones de agentes externos contaminantes al agua tratada, las condiciones del terreno que pueden deteriorar las tuberías, o agentes patógenos que fueron ineficazmente tratados durante los procesos de potabilización. Lo anterior puede reflejarse en las condiciones de salud de las poblaciones más vulnerables, evidenciando enfermedades transmitidas o vehiculizadas por el agua, dentro de las se encuentra la enfermedad diarreica, que para el 2016 se presentó como una de las principales causas de muerte infantil en el mundo (3).

Es evidente que las condiciones físicas de los acueductos pueden ser determinantes a la hora de proveer agua apta para consumo humano, llevando en sus redes el líquido que probablemente los usuarios consumirán, confiando en sus condiciones. La contaminación del agua para consumo humano debido a la exposición con contaminantes de tipo biológico y químico, es una de las mayores causas de morbilidad y mortalidad en una población (4).

Ahora bien, como se ha dicho anteriormente el agua es el recurso más valioso para las diferentes actividades del ser humano permitiendo el bienestar y salud necesarios día a día, más importante aún, que el agua que consumen sea potable y segura. Si el recurso hídrico presenta alteraciones, pueden surgir enfermedades en la población afectando las actividades diarias. Muchas veces las poblaciones, principalmente las rurales, cuando padecen alguna enfermedad común dejan de consultar al médico y prefieren tratar los síntomas desde el hogar como es el caso de las diarreas, vómitos, afectaciones en la piel y hasta gastritis. Una forma de expresar lo mencionado previamente es acudiendo al termino morbilidad sentida: La morbilidad sentida -o autopercepción de salud- se refiere a la información

suministrada por el individuo acerca de su estado de salud, según sus conocimientos e interpretaciones, sin que este juicio haya sido necesariamente confirmado por personal médico (5) .Tomando este concepto y lo mencionado previamente, en este trabajo de investigación se indagó por medio de encuestas, sobre la morbilidad sentida en algunos usuarios del acueducto, relacionada con el consumo del agua que este provee. Para ésta se realizó además la evaluación de la calidad del agua potable y se identificaron los riesgos en la red de distribución.

2. Planteamiento del problema.

El agua y salud son dos aspectos indispensables y dependientes que están estrechamente relacionados con el bienestar de las personas. Se entiende entonces que el agua hace parte del desarrollo humano y demás formas de vida existente. Desde el inicio de los tiempos, las principales civilizaciones se asentaron alrededor o cerca de fuentes de agua, generando bienestar para las familias, facilitando las actividades agrícolas y la higiene, aunque esta no fuese potabilizada (6).

Con el paso de los años, se hizo necesario modificar las condiciones y formas de captar agua, con el fin de mejorar su calidad, evitando enfermedades y favoreciendo el bienestar de las poblaciones (6). La demanda de agua con calidad para el suministro de los hogares en condiciones óptimas de uso y consumo es proporcional al crecimiento de las poblaciones. No obstante, no todas las regiones del mundo han podido abastecerse de agua apta para consumo humano, haciendo precarias las condiciones de salud de algunos países en desarrollo, quienes presentan más casos de enfermedades asociadas al consumo de agua contaminada (7).

En consecuencia, quienes están más afectados por los efectos de las condiciones insalubres del agua, son aquellas poblaciones más vulnerables a padecer enfermedades, entre los que se encuentran los niños menores de 5 años, mujeres gestantes, lactantes, adultos mayores y pacientes inmunocomprometidos.

En la actualidad, se han desarrollado e implementado procesos para optimizar las condiciones del agua, con el fin de satisfacer las necesidades vitales de la población, mejorando así las condiciones de vida de las personas, controlando su morbimortalidad. Los diferentes procesos que se llevan a cabo son importantes dado que mejoran las condiciones microbiológicas, químicas y físicas del agua que de no ser tratadas y eliminadas, afectan la salud de las personas, y más necesario aún que estos procesos se realicen dentro de sistemas y estructuras seguras propendiendo por un suministro de agua eficiente, oportuno, continuo y de calidad (3).

2.1. Antecedentes

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), hasta el año 2005, aproximadamente 1.100 millones de personas carecían de acceso a cualquier tipo de fuente mejorada de agua de bebida (8). Como consecuencia de esto: 1,6 millones de personas mueren cada año de enfermedades diarreicas (incluido el cólera) atribuibles a la falta de acceso a un agua potable salubre y al saneamiento básico, y un 90% de esas personas son menores de 5 años, principalmente en países en desarrollo (9).

En varios países de América Latina y el Caribe, las enfermedades diarreicas agudas figuran entre las 10 causas principales de defunción, siendo responsables de miles de muertes por año (10). Una enfermedad que constituye un importante problema de salud en las zonas urbanas y rurales de muchos países del mundo es la Hepatitis A, la cual es causada por un virus, y se presenta en forma esporádica y epidémica, con tendencia a recurrencia cíclica, guardando estrecha relación con el deficiente saneamiento ambiental (11). En Colombia, aunque en promedio el 78% de la población tiene acceso a agua potable, existen grandes diferencias de cobertura entre la zona urbana y la rural, evidenciándose en municipios y comunidades de muchos departamentos, problemas de acceso y calidad del agua sobre todo a nivel periurbano y rural, que incrementan el riesgo sanitario (12).

A nivel nacional, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por el consumo de agua, se ha establecido el Decreto 1575 de 2007, que busca definir el sistema para la protección y control de la calidad del agua. Este decreto expresa que, la implementación y desarrollo de las actividades de control y calidad del agua para consumo humano, será responsabilidad de los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, el Instituto Nacional de Salud, las Direcciones Departamentales Distritales y Municipales de Salud, las personas prestadoras que suministran o distribuyen agua para consumo humano y los usuarios (13).

En el Departamento de Antioquia, para el año 2013, la cobertura urbana y rural de acceso al servicio de acueducto (población que dispone de infraestructura de captación, planta de potabilización, almacenamiento y redes de distribución) fue de 98,34% y 60,62% respectivamente (14). Según el Anuario Estadístico de Antioquia 2014, en la zona urbana el 93,6% de viviendas del departamento contaba con agua potable, del mismo modo, el porcentaje en la zona rural fue de 17,5%, logrando un total de 74,3% de cobertura en agua potable en las zonas urbana y rural de todo el departamento de Antioquia (15).

Según la DSSA, para el año 2015 en Guarne municipio del departamento de Antioquia con una población de 49.500 personas, se reportaron enfermedades estomacales, diarreicas en menores de cinco años, entre los primeros 5 motivos de consulta externa, con un total de 1200 consultas (16).

2.2. Descripción del problema

La salud de las personas y las comunidades es el resultado de procesos sociales en los que las condiciones de vida a nivel doméstico y comunitario intervienen de manera decisiva. Es por eso que la explicación del riesgo de enfermar debe abordarse también a partir de los determinantes ambientales y como parte de ellos el agua y los sistemas de abastecimiento (17).

Los sistemas de abastecimiento de agua y plantas de tratamiento para potabilizar agua representan para la población la seguridad de consumir agua apta para consumo por lo cual disminuye preocupaciones sobre el cómo llega a sus hogares el recurso hídrico. Aun así, las plantas de tratamiento y sobre todo las redes de distribución están en constante riesgo, ya sea por dificultades administrativas o de relación con el entorno directo sobre el que están instaladas, el resultado de la interacción de la red de distribución con el ambiente puede ocasionar riesgos ambientales, sociales o antrópicos (9).

El acueducto la Hondita Hojas Anchas está ubicado en municipio de Guarne en el oriente antioqueño, que para el año 2015 el acueducto contaba con 1280 usuarios y al segundo semestre del 2017 tenía 7500 usuarios.

Para el segundo semestre del 2017 no se conocía el estado de las redes de distribución después de la extensión que tuvo la red por incremento de usuarios, además se presentan conexiones ilegales, lo cual favorece el riesgo de contaminación cruzada por infiltración de aguas de escorrentía con contenido de sustancias contaminantes físicas, químicas y microbiológicas, que pueden afectar la salud de las personas que la consumen. Esto se explica porque cerca de las áreas donde están ubicadas las tuberías de la red se realizan actividades de agricultura donde utilizan pesticidas, ganadería y asentamientos no controlados, que producen aguas residuales que pasan muy cerca de las tuberías del acueducto. Adicionalmente, se desconoce la calidad de agua que llega a los usuarios finales dado que los monitoreos se realizan únicamente a salida de planta ¹.

Como se expuso anteriormente, en la interacción del ambiente con la red y sobre todo en zonas de alta pluviosidad y clima frío como el municipio de Guarne, pueden ocurrir eventos adversos como inundaciones y deslizamientos de tierra. Los eventos de origen antrópico también se pueden presentar, tales como incendios en los predios cercanos a las redes, todo esto agravando los procesos de potabilización que no son estandarizados.

El riesgo de enfermar puede abordarse desde muchos aspectos, en ocasiones las condiciones del agua pueden generar en la población usuaria enfermedades de

¹ Comunicación personal de John Jairo Gil Ospina, Administrador del Acueducto Hondita-Hojas Anchas, Guarne, 2017

origen hídrico o transmitidas por el agua. Estas enfermedades, aunque las puedan padecer los usuarios del servicio de acueducto, prefieren no ir al médico y ser tratadas desde el hogar. De este modo, las entidades de salud solo logran saber la morbilidad sentida por medio de encuestas que especifican cuáles son esas enfermedades y los síntomas más comunes de ellas, para hacer recomendaciones en caso de padecimiento. La presente investigación implementó una encuesta de dichas características para verificar, si en efecto, algunos usuarios del acueducto padecen o padecieron enfermedades relacionadas con el agua y si la calidad de esta podía influir en las condiciones de su salud o si ellos consideraban que el agua era el motivo por el cual enfermaban. Adicionalmente, se identificaron los riesgos potenciales para la salud en la red de distribución de agua, por ser este componente del proceso de tratamiento y disposición final del agua a los hogares, uno de los motivos por los que las condiciones de inocuidad del agua en su punto final de distribución pueden verse alterada.

Para dar respuesta a esta investigación, la pregunta planteada fue: ¿Cuáles son los factores de riesgo en la red de distribución del acueducto la Hondita Hojas Anchas, que podrían afectar la calidad del agua potable y generar morbilidad sentida en la población que consume este recurso hídrico?

3. Justificación

En 2010 las Naciones Unidas reconocieron el agua potable y el saneamiento como un derecho humano (1). En Colombia, todas las personas tienen el derecho fundamental a disponer y acceder a cantidades suficientes que cumplan con los criterios de calidad, establecidos en el Decreto 1575 de 2007 “Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano” (13) y se expiden normas técnicas de calidad del agua potable. Es deber entonces de las empresas prestadoras de este servicio, adelantar estudios técnicos necesarios, continuos y periódicos que aseguren la calidad óptima del agua apta para el consumo humano.

La relación del agua con la salud de las personas se puede ver afectada por factores de riesgo físicos, químicos y biológicos que, por su naturaleza, concentración, tiempo de exposición y características, pueden superar los límites permisibles. De igual manera, todos aquellos factores externos y de estructura (ruptura u oxidación de la red) que se identifiquen como inadecuados y que puedan incidir directamente en desmejorar la calidad del agua que se distribuye a lo largo del acueducto.

En este sentido, las encuestas permiten apreciar la magnitud de la patología en un área, obteniendo así una aproximación de los problemas de salud en un tiempo relativamente corto. Una de las ventajas de las encuestas de morbilidad es que permiten evidenciar la presencia del evento o enfermedad en una población, explorando variables como el saneamiento, la situación socioeconómica, las características de entorno y otros aspectos que influyen en la comunidad para que aparezcan enfermedades. Por otro lado, permite relacionarlas con la fuente de transmisión (18).

Esta investigación radica en la necesidad de ampliar el conocimiento de los riesgos sobre la infraestructura expuesta en las redes de distribución, dar herramientas para que las entidades encargadas de la prestación de servicios públicos brinden una prestación eficiente, que se vea materializado en calidad del agua para consumo y por ende en la calidad de vida de la población. Adicionalmente a esto, los resultados de esta investigación servirán de insumo para generar conciencia sobre la promoción de la salud y prevención de enfermedades transmitidas por el agua en la comunidad suscrita.

Esta investigación toma de referencia la Resolución 0549 del 2017, la cual actualiza el conocimiento del riesgo frente a la calidad del agua para consumo humano (19).

4. Objetivos

4.1. Objetivo general:

Describir los factores de riesgo sobre la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución y la morbilidad sentida en usuarios del acueducto La Hondita Hojas Anchas, en el municipio de Guarne, Antioquia 2017.

4.2. Objetivos específicos:

1. Caracterizar socio-demográficamente la población objeto de estudio que se abastece del acueducto.
2. Identificar los factores de riesgo naturales y antrópicos presentes en la red de distribución del acueducto.
3. Determinar la calidad del agua para consumo humano del acueducto en la red de distribución.
4. Identificar la morbilidad sentida relacionada con la calidad del agua, en usuarios del acueducto

5. Marcos de referencia

5.1. Ubicación geográfica

Guarne es un municipio de Colombia, localizado en la subregión Oriente del departamento de Antioquia y su territorio está cruzado por la Autopista Medellín – Bogotá. Limita por el norte con los municipios de Copacabana, Girardota y San Vicente, por el este con San Vicente, por el sur con el municipio de Rionegro y por el oeste con el municipio de Medellín (**Figura 1**). El municipio de Guarne recibe los apelativos de "La puerta del oriente antioqueño" y "Pueblo Comunero" (20).

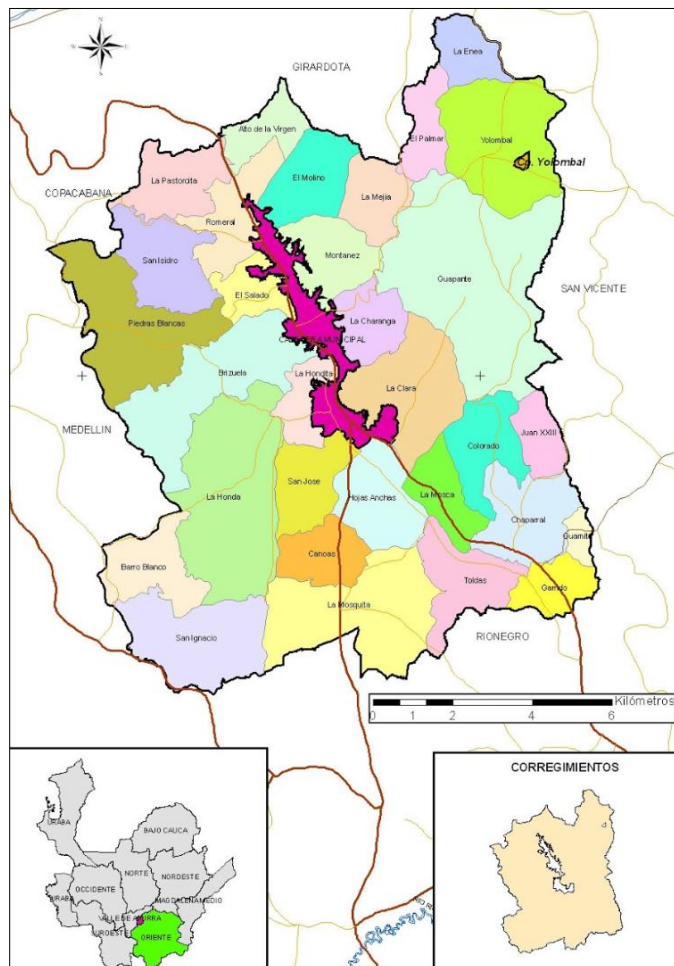


Figura 1. Ubicación del municipio de Guarne en Antioquia.²

Fuente: Imagen tomada de internet*

² *http://antioquia.gov.co/images/municipios/guarne_map.jpg. 2017

Guarne, ubicado a 2.400 metros sobre el nivel del mar. Su extensión geográfica es de 157 kilómetros cuadrados; el municipio está ubicado sobre el ramal oriental de la cordillera Central, con una altura que oscila entre los 2.100 y los 2.400 metros sobre el nivel del mar (16).

5.2. Hidrografía

Guarne es uno de los municipios más ricos en agua. Su principal corriente es La Mosca, que lo atraviesa por el centro de norte a sur, en extensión de 30 kilómetros. Recibe por su margen derecha las quebradas Batea Seca, El Sango, El Salado, La Brizuela, La Honda, San José, Hojas Anchas, La Mosquita y Garrido. Por la margen izquierda recibe La Mejía, Montañés, La Mulona, Basto Norte, Basto Sur, La Ochoa, San Felipe, La Clara, Chaparral y La Castro. La quebrada La Honda alimenta la represa de Piedras Blancas, principal fuente de abastecimiento de Medellín. Se puede decir que su riqueza hidrográfica es a su vez una de las mayores riquezas naturales (21).

5.3. Actividad económica

La principal economía local del municipio de Guarne es la agricultura y sus derivados. En un tiempo remoto su principal fuente de riqueza fue la minería, pero sus ricos yacimientos llegaron a agotarse. Todo su territorio está ubicado en tierra fría, el cual, desde que se abandonó la minería, ha sido utilizado para el sector agrario que deriva su economía campesina al sector agrícola de la explotación del cultivo de la mora, la papa, el frijol, la fresa y el sector pecuario de la explotación de la ganadería (leche), cerdos, trucha, etc. (16).

5.4 Asociación de Suscriptores del Acueducto Hondita Hojas Anchas

La Asociación de Suscriptores del Acueducto Hondita-Hojas Anchas (ASACUHAN) del Municipio de Guarne, es una empresa de servicios públicos mixta, fue creada por la comunidad y es el prestador directo de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado, con un número de 1800 suscriptores distribuidos en seis estratos residenciales y en las empresas industriales abastecidas por el servicio de acueducto, se encuentra actualmente conformado por el gerente y dos secretarías de gerencia; un departamento técnico operativo: un jefe de departamento, un fontanero, cuatro operadores de planta de tratamiento y un fontanero auxiliar; un departamento comercial, financiero y de información y por último cuenta con un departamento administrativo y relaciones con la comunidad (22).

Las siguientes Veredas corresponden a la población atendida: La Honda, La Hondita, Hojas Anchas, Canoas, parte de San José, parte de la Mosquita, parte de Toldas, parte de Bellavista, La clarita, parte de la Clara e interconexiones para el sistema de acueducto de La Mosquita, Juan XIII, el Colorado y Zona Urbana (16). En la

Tabla 1 se puede apreciar los caudales disponibles para la planta de tratamiento la Hondita - Hojas Anchas.

Tabla 1. Caudales disponibles para la planta de tratamiento la Hondita Hojas Anchas, Guarne 2017 (23).

Fuente	Mínimo	Ecológico	Caudal Disponible l/s	Concesión	Balance
La Honda (A1)	248,96	62,24	186,72	35,92	150,8
Peñol (A2)	1,36	0,34	1,02	3	-1,98
Limón (A3)	2,4	0,6	1,8	1	0,8
Terraplén (A4)	5,17	1,29	3,88	2	1,88
Chaverra (A5)	3,21	0,8	2,41	1,48	0,93

Con la información anterior se puede establecer que la fuente principal es la Honda con la obtención de 35,92 L/s para la planta, seguido por el Peñol con 3 L/s y con terraplén con 2 L/s. La bocatoma de La Honda, se encuentra ubicada en la parte alta de la quebrada La Honda, fue la última que se construyó y es la fuente principal de la planta, Capta el 80% del agua que abastece el acueducto, deriva 17 l/s, el agua es transportada en tubería de 8" hasta la planta en un trayecto de aproximadamente 6 km; tienen sistema de rebose que sale en tubería en PVC de 4" luego va por acequia hasta llegar nuevamente a la quebrada, el muro transversal está deteriorado al igual que las aletas; no tiene medios de protección o de

cerramientos(23).

El sistema de acueducto multiveredal de la Hondita Hojas Anchas cuenta con cuatro bocatomas, una por fuente de captación, una para la Honda **Figura 2** con su propio desarenador **Figura 3**, una para la el Limón **Figura 4**, una para la Peñol **Figura 5** y uno compartido entre las fuentes el Limón y Peñol **Figura 6** una para Terraplén **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, también cuenta con d esarenadores independiente **8**.



Figura 2. Bocatoma la Honda



Figura 3. Tanque desarenador la Honda



Figura 4. Bocatoma el Limón



Figura 5. Bocatoma el Peñol



Figura 6. Tanque desarenador Limón y Peñol



Figura 7. Bocatoma Terraplén



Figura 8. Tanque desarenador Terraplén

El acueducto tiene una planta de tratamiento principal ubicada en la vereda la Honda, esta planta está compuesta de dos unidades compactas de políéster reforzado en fibra de vidrio **Figura 9**, donde se realizan los procesos de floculación y sedimentación, área de filtración convencional **Figura 10** y Tanque de almacenamiento: La planta de tratamiento cuenta con un tanque de almacenamiento de 200 metros cúbicos, este solamente almacena agua para un tiempo aproximado de 7 horas.



Figura 9. Planta de tratamiento compacta



Figura 10. Área de filtración planta de tratamiento convencional

La red de distribución del acueducto tiene una edad de 6 años por la reposición y ampliación de diámetros que tuvo, debido al incremento poblacional y demandas constantes de agua, además que la red anterior fue construida en el año 1992 con material de PVC. El material por el cual se repuso es polietileno de alta densidad en gran parte de la red, por ser un material resistente ante diversos eventos adversos que puedan afectar la red, los diámetros de salida en la red primaria oscilan entre 8 y 6 pulgadas, para la red secundaria los diámetros van de 4, 3, 2, 1,1/2, 1 1/4, 1 y 3/4 pulgadas ³.

Número de plantas de tratamiento de agua potable: 7 plantas, ubicadas en la vereda la Hondita (2), vereda La Honda (1), vereda Canoas (2), vereda La Clarita (1) y vereda El Molino (1); 15 metros cúbicos al mes en promedio por inmueble.

³ Comunicación personal de John Jairo Gil Ospina, Administrador del Acueducto Hondita-Hojas Anchas, Guarne, 2017

6. Marco teórico

6.1. El agua en la vida

El agua es considerada el bien más valioso y con más presencia sobre el planeta tierra, su distribución sobre el territorio mundial corresponde a un 97% en los océanos y tan sólo un 3% es agua dulce (24). Del mismo modo, el cuerpo humano está constituido por 75% de agua, convirtiéndolo en el componente más abundante e importante para la vida diaria (25).

Una de las funciones del agua en nuestro cuerpo, es servir como medio de transporte, para que todo el oxígeno y alimentos diluidos lleguen hasta nuestros órganos, células y tejidos, por consiguiente, un suministro de agua insalubre puede afectar la salud causando enfermedades diarreicas o no diarreicas producto de agentes patógenos o componentes químicos no controlados (26).

La contaminación es la principal causa para que la calidad del agua se modifique; la industrialización, la agricultura y los residuos humanos son actividades que por lo general aportan microorganismos, metales pesados, sustancias químicas, aceites y sedimentos, que junto a condiciones ambientales extremas (temperatura, humedad, precipitación) permiten el desarrollo y crecimiento de microorganismos patógenos alterando las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua (27).

A lo largo de la historia se ha considerado a Colombia, como una de las mayores potencias en recurso hídrico del mundo, sin embargo, esta idea se modificó cuando la Universidad Nacional realizó un estudio en el 2015, analizando la abundancia de este elemento en el territorio nacional, haciendo una evaluación de los criterios de calidad y disponibilidad para consumo humano, evidenciando el incumplimiento de estos aspectos evaluados y desplazándose a una posición nada favorable del ranking mundial de potencias hídricas (28).

Fallas en la gestión del recurso y un crecimiento poblacional continuo, ocasionan que se deban hacer grandes esfuerzos para generar estrategias y mejorar el acceso a suministros de agua segura (29). Para asegurar agua a todo el mundo hay que estar abiertos al contexto internacional y coordinar la política pública a los Objetivos del Desarrollo Sostenible, específicamente el de “agua limpia y saneamiento” (30).

6.2 Sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano

Los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano son estructuras de ingeniería necesarias para captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir agua desde diferentes tipos de fuentes naturales ya sean subterráneas o superficiales, hasta las viviendas y/o sectores poblacionales. Estos sistemas se encargan de eliminar o reducir las características de crudeza del agua o sus contaminantes, por medio de procesos físicos, químicos y biológicos, para ello hay componentes específicos que se encargan de cada uno de los procesos como la captación, conducción, coagulación, sedimentación, filtración, desinfección y distribución (31).

6.2.1 Componentes del sistema de captación, conducción de agua para consumo humano

Elementos de captación de aguas superficiales

Bocatoma: estructura hidráulica diseñada para tomar una parte del caudal de fuentes superficiales de agua de forma controlada, para su posterior conducción y tratamiento (32).

Desarenador: tanque sedimentador, que retiene sólidos en suspensión de gran tamaño propios de la fuente de agua superficiales que pueden obstruir las líneas de aducción y/o conducción (33).

Tubería de conducción: tramo de tuberías encargadas de llevar el agua captada a la planta de tratamiento por medio de impulsión por bomba o por la fuerza de gravedad (34).

Procesos y componentes para el tratamiento de potabilización del agua para consumo humano.

Coagulación y floculación: proceso mediante el cual el agua que entra a la planta de tratamiento se mezcla con sustancias químicas coagulantes cuyo objetivo es desestabilizar las partículas en suspensión y aglomerarlas, para luego pasar al proceso de floculación el cual ayuda por medio la mezcla lenta el contacto entre las partículas desestabilizadas. Estas partículas se aglutinan para formar un floc que pueda ser fácilmente eliminado por los procedimientos de sedimentación y filtración.

Sedimentación: proceso intermedio entre la floculación y la filtración que permite la clarificación de las aguas ya que las partículas desestabilizadas en el proceso anterior formaron flocs que por gravedad y densidad caen al fondo de los sedimentadores.

Filtración: este proceso tiene como objeto la eliminación total de las partículas que puedan aportar turbidez o color al agua, por medio de un lecho filtrante poroso por capas que retienen todos los flocs diminutos que no lograron sedimentarse, produciendo agua totalmente clara, además que retiene microorganismos patógenos que pudiesen haber pasado los procesos de tratamiento anterior (35).

Desinfección: es el último proceso de tratamiento, que tiene como objetivo eliminar microorganismos patógenos del agua para consumo humano, garantizando la calidad del agua desde el punto de vista microbiológico, asegurando su inocuidad (36).

6.3 Redes de distribución

A través del tiempo, se ha visto la evolución en los sistemas de distribución de agua; en Israel hace 7000 años aproximadamente, se desarrolló el sistema de transporte y distribución de agua por medio de canales excavados en la arena y roca, con el tiempo utilizaron tubos huecos; Egipto tomó las palmeras como material de distribución de agua por su estructura tubular; China y Japón por su parte utilizaron el bambú, luego implementaron la cerámica, madera y metal. Los romanos los grandes precursores en acueductos y redes de distribución optaron por construir grandes estructuras elevadas que atravesaran la ciudad en condiciones óptimas, estas estructuras fueron construidas con materiales como el cemento, roca, bronce, plata y plomo con ello proteger el agua de contaminantes externos (6).

Conforme avanza la tecnología los sistemas de distribución de agua han avanzado considerablemente, los materiales son más resistentes a condiciones riesgosas para el agua potable, aunque esto no significa que los materiales y estructuras puedan ser resistentes a diferentes riesgos existentes en el medio ambiente y por procesos operativos deficientes, las redes de distribución pueden verse afectadas negativamente por factores microbiológicos, físicos y químicos los cuales le proporcionan agentes contaminantes al agua tratada.

Estos sistemas, son el medio de transporte del agua potable que asegura la llegada de esta a los hogares además de proteger su inocuidad. En el caso de Colombia estos sistemas deben dar suministro de agua constante en horarios máximos de consumo y tiempos de alto flujo poblacional, además de cumplir con el control y protección de los parámetros establecidos en el Decreto 1575/2007 y la Resolución 2115/ 2007; estos parámetros, fisicoquímicos y microbiológicos deben estar dentro de los rangos establecidos para brindar agua de calidad, libre de contaminantes que

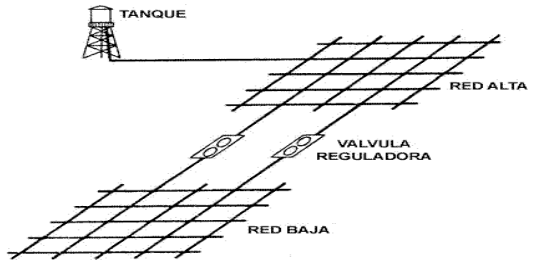
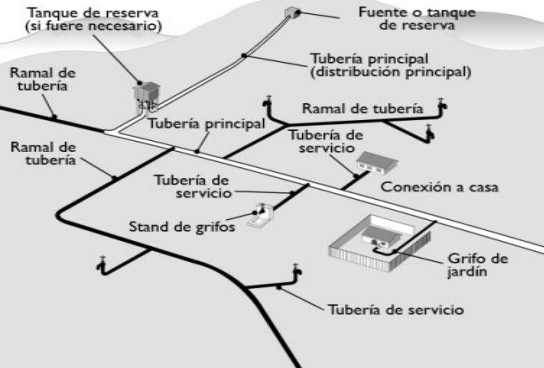
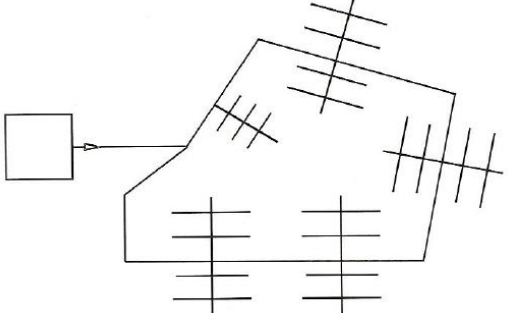
puedan afectar la salud de la población y mucho más las poblaciones vulnerables como menores de 5 años, mujeres gestantes y adultos mayores.

La red de distribución de agua es un conjunto de tuberías que se unen en diversos puntos y tramos, estos en su mayoría son en policloruro de vinilo (PVC) o polietileno de alta densidad (PEAD), además cuenta accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento hasta la toma domiciliaria, hidrantes, y finalmente el usuario. Las redes de distribución se dividen de la siguiente manera (37):

Red primaria: compuesta por una tubería troncal o primaria, es la línea de tuberías de gran diámetro, encargadas de llevar el agua desde el tanque de almacenamiento hasta el punto donde inicia la distribución de agua por tuberías y tramos.

Red secundaria: Son aquellas líneas de tuberías con diámetros diferentes, menores a la red primaria encargadas de distribuir el agua por los diferentes sectores y hogares. La red secundaria cuenta con piezas especiales y/o accesorios utilizados para realizar las conexiones entre tuberías y ramificaciones, dar cambios de dirección y modificaciones de diámetro También cuenta con válvulas de control y aislamiento (38). A la vez las redes secundarias tienen diferentes formas de estructurarse, tal como se presenta en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Estructuras de red de distribución secundaria para abastecimiento de agua de consumo humano

Tipo de red	Concepto	Descripción gráfica
<p>Red de distribución de agua convencional o en malla también llamada cerrada</p>	<p>Esta formación de tuberías, permite que haya por lo menos uno o más circuitos, esto indica que el agua que sale de un punto pueda después volver al mismo punto luego de fluir por toda la red, por lo cual en caso de daños o fallas el agua pueda tomar recorridos alternos, aunque poder encontrar fugas puede ser complejo, este tipo de estructura de red es el más utilizado (38).</p>	
<p>Red de distribución de agua abierta o ramificada</p>	<p>Es aquella que sus tuberías recrean las ramificaciones de un árbol sin formar circuitos entre conexiones, este tipo de diseño suele utilizarse en casos en los que la topografía y geografía son irregulares también cuando las poblaciones puedan ser muy pequeñas o dispersas. este tipo de estructura presenta inconvenientes por su estructuración, en los extremos muertos pueden formarse crecimientos bacterianos y sedimentación; además, en caso de reparaciones se interrumpe el servicio más allá del punto de reparación, y en caso de ampliaciones, la presión en los extremos es baja (38).</p>	
<p>Red de distribución de agua mixta</p>	<p>Es aquella que está compuesta por la red abierta y cerrada, esto pasa cuando una red cerrada necesita expandirse a sectores lejanos o dispersos (38).</p>	

Las redes de distribución a nivel multiveredal en su mayoría tienden a ser abiertas, dada su facilidad de implementación además suelen ser la forma más económica de transportar el agua inocua a zonas rurales alejadas o dispersas. Las zonas rurales tienen características ambientales y sociales complejas por lo que las redes pueden presentar averías o deterioros constantes y esto conlleva a que el agua que corre por las redes pueda contaminarse o deteriorarse durante el trayecto hasta los hogares representando un riesgo para la salud de la población usuaria de la red (39).

Existen riesgos presentes en el área de influencia de la red de distribución de agua que pueden cambiar la integridad de ésta afectando negativamente las estructuras de la red y la calidad del agua potable, estos riesgos pueden ser naturales o antrópicos (40).

Los riesgos de origen natural como los desprendimientos de suelos, inundación de los terrenos donde se encuentra ubicada la red, socavaciones, erosión del suelo y sismos, entre otros afectan directamente la estructura de la red.

Los riesgos de origen antrópico los cuales se dan por las actividades humanas afectan tanto la red como la calidad del agua que, desde las fuentes de captación, hacen difícil tratar el agua captada, por lo que tratar agua cruda contaminada con pesticidas, plaguicidas, excretas de ganado, vertimientos de aguas residuales domésticas y no domésticas aguas arriba hacen que los tratamientos de potabilización sean ineficientes y deteriorando el bienestar de la población.

También en las plantas de potabilización de agua pueden presentarse actividades durante la operación que hacen que el tratamiento sea inadecuado o poco seguro incrementando la posibilidad de alterar las condiciones de inocuidad del agua provocando que los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos pongan en riesgo las red de distribución y la salud de la población, por lo que pueden aparecer enfermedades de origen hídrico y vehiculizadas por el agua como diarreas agudas, Hepatitis, gastroenteritis o afecciones en la piel que las personas no relacionan con el agua sino con las conductas propias que condicionan a la población a tratar estas enfermedades desde el hogar sin necesidad de acudir al médico, dependiendo de la gravedad de los síntomas.

6.4 Calidad del agua y sus características físicas, químicas y microbiológicas

El agua para consumo humano debe tener unas condiciones idóneas de aceptabilidad por las personas, estas características pueden ser intrínsecas del agua por lo que el proceso de potabilización requeriría un menor esfuerzo para su tratamiento, en la mayoría de los casos el agua trae consigo contaminantes que requieren mayor esfuerzo para su eliminación. La resolución 2115 del 2007 define los criterios y características físicas, químicas y microbiológicas y sus límites mínimos aceptables para que el agua de consumo humano cumpla con la exigencia obligatoriedad normativa del decreto 1575 del 2007.

Características físicas del agua: estas son aquellas que se pueden evidenciar por medio de los sentidos, vista, olfato y gusto por lo que pueden hacer que el agua sea aceptada o rechazada para su consumo por la población(41).

El agua para consumo humano no podrá sobrepasar los valores máximos aceptables para cada una de las características físicas señaladas en la normativa vigente.

Características químicas del agua: estas son aquellas sustancias o compuestos y/o elementos disueltos en el agua que podrían o no evidenciarse o removerse, además que al superar los límites permisibles, pueden tener un efecto adverso en la salud de las personas(41).

Características microbiológicas: es la capacidad del agua de contener microorganismos como virus, bacterias, protozoos, algas y hongos, que pueden afectar la salud de las personas, por ello removerlos y eliminarlos en su totalidad es el ideal para obtener agua con calidad e inocuidad para su consumo (42). Las características microbiológicas del agua para consumo humano deben enmarcarse en los siguientes valores máximos aceptables desde el punto de vista microbiológico, los cuales son establecidos teniendo en cuenta los límites de confianza del 95% y para técnicas con habilidad de detección desde 1 Unidad Formadora de Colonia (UFC) ó 1 microorganismo en 100 cm³ de muestra (41).

6.5. Enfermedades de origen hídrico

Las enfermedades de origen hídrico están relacionadas con el acceso, saneamiento y calidad del agua, mejorar estos servicios disminuye la probabilidad de que las personas se enfermen. Síntomas como las náuseas, vómitos agudos o erupciones cutáneas se relacionan con la ingestión de agua contaminada por bacterias o parásitos nocivos que se encuentran en el agua desde la fuente hasta las tuberías que se encargan de la distribución a los hogares (43). Algunos de los patógenos y componentes químicos que pueden alterar la calidad del agua dan lugar a enfermedades tanto diarreicas como no diarreicas. Del mismo modo, un inadecuado transporte, administración, uso y gestión del agua en los hogares puede contaminar el agua que era potable.

La óptima gestión de los servicios de saneamiento y distribución del agua pueden evitar enfermedades de origen hídrico o transmitidas por el agua como la diarrea, arsenicosis, fluorosis, esquistosomiasis, helmintiasis, paludismo, dengue, y legionelosis, que pueden ser causadas por la ingestión de agua contaminada por microorganismos patógenos o donde el agua hace parte del ciclo de vida de los mismos (44).

La diarrea es considerada una de las principales causas de malnutrición en el mundo. Al año se reportan 1700 millones casos de enfermedades diarreicas en menores de edad. Muchas personas mueren por enfermedades transmitidas por el agua. Se calcula que las enfermedades diarreicas matan a 525.000 niños menores de cinco años cada año, convirtiéndola en la segunda mayor causa de muerte en niños de esta edad (45).

A pesar de ser un componente natural que se encuentra repartido por todo mundo, algunos estudios dan cuenta que el arsénico es muy tóxico en su forma inorgánica, puede encontrarse en las aguas subterráneas y la exposición prolongada a este metaloide puede convertirse en un riesgo de desarrollar cáncer o lesiones en la piel.

Algunos microorganismos pueden transmitirse por vectores, es el caso del paludismo o la malaria, una enfermedad que se produce por la transmisión de parásitos patógenos del género *Plasmodium* al momento de la picadura de un mosquito *Anopheles* hembra que deposita sus huevos en el agua. Una enfermedad mortal que ha cobrado la vida de 435.000 personas en el 2017, los esfuerzos por combatir esta enfermedad han llevado a los gobiernos de diferentes países a financiar investigaciones que ascienden a 2700 millones de dólares para la

erradicación de esta enfermedad (46).

Como estrategia mundial para poner fin a diversas prioridades mundiales, se han establecido los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en estos se incluye la relación salud-ambiente y el objetivo de garantizar el acceso universal al agua potable segura y asequible para todos en 2030 (47). Este direccionamiento se instaló en las agendas políticas de los diferentes países del mundo y Colombia se ha propuesto reducir a la mitad la proporción de personas sin acceso sostenible a agua potable y saneamiento básico y para el 2030 todos los esfuerzos buscarán llevar cobertura total, que para el actual año la cobertura está en 92.3%, logrando que 6.3 millones de colombianos tengan acceso a agua potable y 7 millones a alcantarillado (30).

Es entonces que para evitar que la población sufra enfermedades a causa del agua "El estado colombiano, como garante de este recurso tan valioso, y con el fin de dar cumplimiento a los estándares nacionales de calidad, de manera que el agua para consumo humano no afecte la salud de sus habitantes" se implementa un sistema de protección y control de la calidad del agua mediante el Decreto 1575 del 2008 y la Resolución 2115 del mismo año. La implementación de las normas y las mediante la intervención y vigilancia de varias entidades públicas como Instituto Nacional de Salud (INS), que administra el Sistema de Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano, Ministerio de Salud y protección social (MSPS) autoridades sanitarias departamentales y municipales hacen posible mejorar las condiciones de vida de las poblaciones (48).

6.6. Morbilidad sentida

El término morbilidad sentida -o autopercepción de salud- se refiere a la información suministrada por el individuo acerca de su estado de salud, según sus conocimientos e interpretaciones, sin que este juicio haya sido necesariamente confirmado por personal médico (49).

La morbilidad sentida es una de las estadísticas más preocupantes en cuanto a las afectaciones de la calidad de agua en el mundo entero, la cual hace referencia a la cantidad de individuos considerados enfermos o que son víctimas de una enfermedad en un espacio y tiempo determinado. La morbilidad es un dato estadístico importante para comprender la evolución o retroceso de alguna enfermedad, las razones de su surgimiento y las posibles soluciones (50).

Sin embargo, la Organización Mundial de la Salud la define como toda desviación subjetiva u objetiva de un estado de bienestar que pretende; obtener la información suministrada por el individuo acerca de su estado de salud como producto de sus conocimientos e interpretaciones, sin que este juicio haya sido necesariamente confirmado por personal médico. La morbilidad sentida refleja experiencias y necesidades reales, pero no necesariamente genera demanda de servicios sanitarios (51).

La medición es obtenida con frecuencia mediante encuestas, y es utilizada en estudios epidemiológicos para describir y monitorear la carga de la enfermedad, o para evaluar el impacto de las intervenciones en subgrupos de población o en la población en general, y suele acompañarse de otros indicadores subjetivos de salud y de mediciones de características clínicas y socioeconómicas. Por su carácter eminentemente subjetivo, la morbilidad sentida puede revelar los problemas de salud más comunes en la población a partir de sus experiencias y valores, y en tal medida se constituye en el indicador más inmediato de la necesidad de servicios de salud (52).

Donde los datos de morbilidad pueden provenir de los registros ordinarios que llevan los registros sanitarios públicos, médicos y otros, así como encuestas. El índice se obtiene al dividir la cantidad de enfermos de una localidad o región entre el total de su población, multiplicado por 1000 o por 100.000 (53). Por ello; “los análisis de las encuestas de morbilidad sentida, además de suministrar información muy valiosa, se constituyen en herramientas útiles para identificar las carencias y necesidades de la población en materia de atención sanitaria (51).

La morbilidad sentida en relación a la calidad del agua puede medirse mediante estudios poblacionales, porque comprende características de persona, tiempo y lugar que otras fuentes no proporcionan y, bajo ciertas condiciones, puede ser comparable con estadísticas de este tipo en el resto del mundo (54).

Como se puede observar en países con alto grado de protección social y fácil acceso a los servicios sanitarios, los estudios de morbilidad sentida obtienen en realidad una función desconocida de la morbilidad diagnosticada (55), que permite evidenciar los aspectos epidemiológicos en cuanto a las enfermedades causadas por la calidad de agua. Donde; a pesar de la baja correlación que pueda existir entre la medición subjetiva y el diagnóstico médico, el conocimiento de la morbilidad sentida ha mostrado ser muy útil (51).

En este sentido la tasa de incidencia hace referencia a la aparición de casos nuevos y la prevalencia a la presencia de la enfermedad. Tanto los índices de prevalencia como la incidencia se relacionan con las facilidades de acceso a servicios preventivos, curativos, condiciones de vida y cobertura de servicios públicos. Se diferencian cinco tipos de morbilidad: morbilidad diagnosticada, diagnosticable, real y sentida o percibida (56). Dado que la contaminación requiere una intervención, prevención y control de microorganismos en el agua; debido al posible riesgo que pueden presentar en la incidencia de enfermedades de origen hídrico en comunidades principalmente con problemas de desnutrición (57).

7. Marco jurídico

A continuación, en la **Tabla 3**, se presenta una recopilación del marco normativo colombiano, en relación con los factores de riesgo de la calidad del agua para consumo humano.

Tabla 3. Normatividad Colombiana relacionada con la calidad del agua.

Ley-Decreto-Resolución	Objeto	Capítulo-Artículo-Numeral
D.3518 de 2006, expedida por el Ministerio de la Protección Social	Por el cual se crea y reglamenta el Sistema de Vigilancia en Salud Pública y se dictan otras disposiciones	CAPÍTULO II Responsables del sistema de vigilancia en salud pública
D.1575 DE 2007, expedida por el Ministerio de la Protección Social	Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano	Cap. 3- art 4 responsables, cap. 5 procesos básicos de control y vigilancia para garantizar calidad del agua para consumo humano
R. 1096 del 17 de noviembre de 2000, expedida por el Ministerio de Desarrollo Económico	Por la cual se adopta el Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico	ARTS. 79 hasta el 90
R. 811 del 2008, expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por medio de la cual se definen los lineamientos a partir de los cuales la autoridad sanitaria y las personas, prestadoras, concertadamente definirán en su área de influencia los lugares y puntos de Muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución.	Art 7, 8
Res. 2115/2017, expedida por el Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	IRCA características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano	Completa
Res. 0549 /2017, expedida por el Ministerio de Salud y Protección Social, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	Por la cual se adopta la guía que incorpora los criterios y actividades mínimas de los estudios de riesgo, programas de reducción de riesgo	Art 1, 2 ,3
Res. 082/2009, expedida por el Ministerio de la Protección Social	Por medio de la cual se adoptan unos formularios para la práctica de visitas de inspección sanitaria a los sistemas de suministro de agua para consumo humano	Completa

8. Metodología

8.1. Tipo de estudio:

Se realizó un estudio de tipo descriptivo de corte transversal con el fin de analizar variables de interés relacionadas con los factores de riesgo en la red de distribución, calidad del agua y la morbilidad sentida en la población encuestada del acueducto multiveredal La Hondita Hojas Anchas, durante el segundo semestre del año 2017.

8.2. Población objeto:

La población objeto fueron 168 usuarios del acueducto La Hondita Hojas Anchas los cuales están ubicados en las veredas Hojas Anchas, la Honda, Hondita, Toldas, Canoas y la Clarita.

Adicionalmente se evaluaron dos objetos no poblacionales:

- La red de distribución y sus elementos (puntos de muestreo, válvulas, acometidas, interconexiones, tuberías).
- El agua suministrada por el acueducto en los hogares de las veredas Hojas Anchas, la Honda, Hondita, Toldas, Canoas y la Clarita.

8.3. Diseño de la muestra:

Se realizó un muestreo no probabilístico aleatorio proporcional por vereda. Para el cálculo de la muestra se tuvo en cuenta una población (N) de 1570 suscriptores. Los suscriptores totales del acueducto son 1800 sin embargo dentro de esta población se encuentra empresas e instituciones educativas, un margen de error (e) del 6% y un nivel de confianza (z) del 90%, el cálculo de la muestra (n) fue de 168 encuestas.

8.4. Criterios de inclusión:

- Para la encuesta las personas debían ser mayores de edad, residentes en las veredas donde el acueducto La Hondita Hojas Anchas presta el servicio.
- La lista de chequeo se aplicó a las redes de distribución de agua que surten

la población encuestada.

8.5. Criterios de exclusión

- Usuarios que no reciban servicio del acueducto
- Hogares en los cuales las condiciones para acceder eran difíciles, cercadas o peligrosas.

8.6. Técnicas de recolección de información

8.6.1. Unidades de observación e información secundaria:

Registros de morbilidad e incidencia de la Dirección Seccional de Salud de Antioquia-DSSA, para la subregión del oriente antioqueño, específicamente del municipio de Guarne, reporte IRCA y acueductos del año 2017 de la DSSA, mapas de riesgo ambiental en el área rural de Guarne.

También se tuvo en cuenta la información obtenida en el trabajo de grado titulado “Elementos para elaborar el plan de emergencia y contingencia del sistema de abastecimiento de agua potable la Hondita-Hojas Anchas del municipio de Guarne, 2017”, elaborado por Castaño J J, García J M, en la Facultad Nacional de Salud Pública de la Universidad de Antioquia y disponible para su consulta en la biblioteca (23).

8.6.2. Instrumentos de recolección de información:

Se utilizó una lista de chequeo que se obtuvo del formulario único de inspección sanitaria a los sistemas de suministro de agua para consumo humano dispuesto en la Resolución 082 del 2009; esta lista de chequeo se adaptó para la red de distribución del acueducto La Hondita Hojas Anchas **Anexo 1**. También se realizó toma de muestras de agua, encuesta de morbilidad sentida, encuesta de percepción de calidad y prestación del servicio **Anexo 2**, distribuidas en seis veredas del municipio de Guarne: 5 en la Honda, 17 en la Hondita, 24 en La Clarita, 25 en Toldas, 27 en Canoas, 37 en HojasAnchas. Para la georreferenciación se utilizó el dispositivo geoposicionador GARMIN GPS eTrex® 10, con el cual se obtuvieron las

coordenadas de las plantas de tratamiento y los puntos de muestreo.

8.6.3. Observación directa e identificación de riesgos en la red de distribución

Para la identificación de los riesgos que pueden afectar la red de distribución, se hizo un recorrido por toda la zona de influencia posible de la red del acueducto La Hondita Hojas Anchas, donde se aplicó una lista de chequeo para la identificación de riesgos naturales y antrópicos **Anexo 2**. Se analizó si la red de distribución cumplía con las siguientes variables: estado operativo del sistema de distribución, mantenimiento de la red de distribución, control de calidad del agua distribuida, estado y pertinencia de las instalaciones. simultáneamente con ayuda de un GARMIN GPS eTrex® 10 se marcaron puntos donde se toman muestras mensuales (puntos de muestreo), los componentes y accesorios de la red.

También se analizaron en los componentes del sistema de captación y potabilización aspectos como: evento peligroso o fuente de peligro, peligros asociados, tipo de peligro (físico químico/microbiológico), probabilidad, gravedad, valor del riesgo- VR, color, nivel del riesgo, punto crítico de control y medida de control. Como documento base para la elaboración se tomó planes de seguridad de agua de Caldas

Tabla 4 (58).

Tabla 4. Matriz de identificación y evaluación de riesgos en la red de distribución del Acueducto la Hondita Hojas Anchas, 2017 (58)

		Gravedad de la consecuencia (G)				
		Efecto nulo o insignificante.	o Efecto en el cumplimiento leve	Efecto organoléptico moderado	Efecto reglamentario grave	Efecto catastrófico en la salud pública
Probabilidad/frecuencia (P)	Puntaje	1	2	3	4	5
Valor del riesgo (P*G)						
Casi siempre/ una vez al día	5	5	10	15	20	25
Probable/ una vez por semana	4	4	8	12	16	20
Moderada/ una vez al mes	3	3	6	9	12	15
Improbable/ una vez al año	2	2	4	6	8	10
Excepcional/ una vez cada cinco años	1	1	2	3	4	5

8.6.4. Toma de muestras de agua

Se realizó un muestreo de agua puntual, por conveniencia, directamente de los grifos de agua de cuatro viviendas localizadas en los puntos más alejados de las plantas de tratamiento, según lo estipulado “Guía que amplía aspectos técnicos para la selección del punto de muestreo para el control y vigilancia de la calidad del agua para consumo humano sobre la red de distribución” (59). Las muestras fueron tomadas una sola vez, con el fin de determinar los siguientes parámetros de calidad del agua: PH, Cloro residual libre *in situ* y *E-coli* y coliformes totales. **Anexo 4.**

Para la toma de muestras puntuales en grifos dentro de la vivienda, se usaron frascos de vidrio esterilizados de boca ancha, tapa protectora y cierre hermético para evitar escapes de agua, siguiendo las instrucciones del Manual para la toma,

preservación y transporte de muestras de agua de consumo humano del Instituto Nacional de Salud (59).

En total se tomaron cuatro muestras, las viviendas seleccionadas debían cumplir con la condición de estar en la parte más alta o más lejana en relación a la red de distribución de agua, las cuatro casas seleccionada se encontraban en las veredas: La Honda, La Clarita, Canoas, Toldas.

Los responsables de cada vivienda autorizaron verbalmente la toma de muestra en sus hogares, y siguiendo las recomendaciones por parte del laboratorio de la Facultad Nacional de Salud Pública, se transportó el material de análisis en una nevera portátil con las condiciones óptimas de conservación de la cadena frío, con el fin de asegurar que las muestras pudieran ser analizadas sin ningún tipo de alteración exógena, para identificación de cloro residual. Adicional a estas muestras, se tuvieron en cuenta las muestras recolectadas y evaluadas por la empresa Acuazul Ltda, que prestaba el servicio de diagnóstico al acueducto en el período de esta investigación.

Los parámetros fisicoquímicos que se analizaron de las muestras de agua fueron: Cloro Residual Libre, Aluminio, Hierro total, Color aparente, Turbiedad, Ph, Dureza total, Alcalinidad total, Cloruros, nitritos, Sulfatos y los parámetros microbiológicos: Coliformes totales y Escherichia coli, como se pueden apreciar en la **Tabla 8**.

8.6.5. Aplicación de encuestas

Se realizó una encuesta **Anexo 2** de morbilidad sentida para obtener información de la percepción de la calidad del agua y los síntomas relacionados con las enfermedades de transmisión hídrica, cada encuesta iba acompañada del consentimiento informado el cual el usuario firmaba aceptando su participación en el estudio **Anexo 3**.

8.6.6. Procesamiento y análisis de datos:

Para el análisis de las encuestas inicialmente se realizó la transcripción y tabulación de los datos recolectados en campo, en el programa Excel Microsoft Versión 16.0, para posteriormente asignar categorías a las encuestas, seguido se empleó el programa estadístico SPSS versión 21-Windows, para análisis cada una de las variables y relación entre ellas.

8.7. Consideraciones éticas

De acuerdo con la Resolución 008430 de octubre 4 de 1993 del Ministerio de Salud, por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, esta investigación se considera de riesgo mínimo, en cumplimiento con los aspectos mencionados en el Artículo 6, debido a que:

- Se protege la privacidad del sujeto de investigación.
- No se modifican las características físicas, psicológicas, biológicas de los participantes de la investigación.
- A todas las personas sujetas a la investigación se les brinda un consentimiento informado **Anexo 3**, donde ellos deciden si aceptan o no su participación en la encuesta de morbilidad sentida.
- La participación dentro de la investigación es voluntaria y los usuarios pueden abstenerse a responder cualquier pregunta de la encuesta.
- Para los investigadores se pueden presentar riesgos físicos en los recorridos realizados para la inspección de la red de distribución.

9. Resultados

9.1. Caracterizar socio-demográficamente la población que se abastece al acueducto la Hondita Hojas Anchas del municipio de Guarne

Durante el periodo de 2017 se aplicaron 168 encuestas en las veredas Canoas, Hojas Anchas, La Clarita, La Honda, La Hondita y Toldas del municipio de Guarne, arrojando un total de 168 personas encuestadas.

En la **Tabla 5** se presenta la distribución por sexo, edad agrupada, nivel de escolaridad, número de personas que habitan por vivienda y estrato socioeconómico de los habitantes de las residencias encuestadas, reflejada en frecuencia y porcentaje.

De acuerdo con los resultados sociodemográficos se encontró:

- El 61,9% de la población encuestada es femenina
- las edades más repetitivas son es el rango de 45-57 años, con un 31,3% de la población encuestada
- El 30% de la población encuestada tiene un nivel escolaridad de secundaria completa
- En el 22% de las viviendas encuestadas habitan tres personas o menos
- El 41,9% de las personas encuestadas pertenecen al estrato socioeconómico 2.

Tabla 5. Aspectos sociodemográficos de la población de estudio del Acueducto la Hondita Hojas Anchas, Guarne 2017-2018

SEXO	Frecuencia	Porcentaje
FEMENINO	104	61,9
MASCULINO	64	38,1
Total	168	100,0

EDAD AGRUPADA	Frecuencia	Porcentaje
18-32	25	15,6
33- 44	38	21,9
45-57	53	31,3
58-69	32	18,8
70-82	20	12,5
Total	168	100

NIVEL DE ESCOLARIDAD	Frecuencia	Porcentaje
----------------------	------------	------------

Primaria Incompleta	31	18,5
Primaria Completa	43	25,6
Secundaria Incompleta	30	17,9
Secundaria Completa	51	30,4
Estudios Profesionales o Técnicos	13	7,7
Total	168	100,0

Número de personas que habitan por vivienda	Frecuencia	Porcentaje
0	2	1,2
1	12	7,1
2	29	17,3
3	37	22,0
4	30	17,9
5	31	18,5
6	10	6,0
7	7	4,2
8	5	3,0
9	2	1,2
10	1	,6
12	1	,6
13	1	,6
Total	168	100,0

Estrato Socioeconómico	Frecuencia	Porcentaje
1	27	15,6
2	69	41,9
3	55	33,1
4	17	9,4
Total	168	100

9.2. Identificación de los factores de riesgo, naturales y antrópicos presentes en la red de distribución

9.2.1. Lista de chequeo

La aplicación de la lista de chequeo fue implementada desde la planta de tratamiento de agua potable la Honda, se verificó que, al entrar el agua cruda a la planta de tratamiento, se aloja en dos filtros lentos de arena para después realizar el proceso de sedimentación se efectúa con filtros convencionales y de allí pasa el agua a tanques de almacenamiento. En la **Tabla 7** se describen los aspectos identificados como riesgos en la red de distribución luego de aplicar la lista de chequeo.

La red está constituida por tres tipos de tubería. El primer tramo con tubería de PVC de 8 pulgadas con una edad aproximada de 25 años, esta tubería va desde la salida de la planta La Honda hasta algunos predios cercanos, a 500 metros hay un cambio de material en la tubería por polietileno de alta densidad, donde sus diámetros oscilan entre 8", 6", 4". De acuerdo con información verbal obtenida directamente del representante legal del acueducto en las acometidas domiciliarias se encuentran tuberías galvanizadas.

La mayor parte de la red secundaria está enterrada a 85 cm del pavimento y/o suelo destapado, haciendo complejo el poder hacer mantenimiento o arreglo que se requiera; algunas partes de la tubería pasan por fuentes de agua superficiales contaminadas, con aguas residuales domésticas e industriales, y del mismo modo se puede apreciar que algunos tramos de tubería que transporta el agua potable pasan cerca de redes de gas.

En caso de fugas de agua, los operarios utilizan geófonos para poder situar las posibles fugas en los tramos de la red. Diariamente se toman muestras de agua para analizar ciertos parámetros de turbidez, cloro y pH.

En la visita a la planta de potabilización la Hondita Hojas Anchas, se observó que el laboratorio contaba con equipos e infraestructura necesaria para realizar la prueba de jarras, sin embargo, este procedimiento no se realizaba y por comunicación verbal del operatorio de la planta manifestó que ⁴no tiene el tiempo suficiente para realizarla.

⁴ Comunicación personal de Freddy Ramón, operario del Acueducto Hondita-Hojas Anchas, Guarne, 2017

Las quejas que normalmente se reciben en el acueducto es por el color del agua en temporadas de intensa lluvia, puesto que, el nivel de turbiedad incrementa y removerlas por las condiciones atmosféricas se hacen difíciles. Según el jefe de operarios, en las fuentes de abastecimiento y bocatomas suelen haber movimientos de masa en tiempos de intensa lluvia aguas arriba de la captación, adicionando la remoción de tierras por asentamientos.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la **Tabla 6**, se identificaron los siguientes riesgos:

Tabla 6. Lista de chequeo para la identificación de riesgos en la red de distribución del Acueducto la Hondita Hojas Anchas, 2017

Aspectos generales de la red de distribución	Cumple	No cumple	Existe Riesgo		Descripción de lo observado	Tipo de Riesgo
			Si	No		
Estado operativo del sistema de distribución			Si	No		
1. Planos de la red de distribución detallados		x	x		Los planos están desactualizados hasta la última visita al acueducto, están en proceso de actualización.	RF
2. Red de distribución está sectorizada	x			x		
3. Zonas donde existe riesgo de contaminación de la red	x		x		Existen zonas donde se pueden ver que la red pasa por fuentes contaminadas con aguas residuales	RF
4. Registro estadístico de las roturas de tubería y sus causas.		x	x		Cada que ocurre un evento de rotura en la red los operarios se dirigen a organizar el daño a pesar de que no esté establecido en el manual de procedimientos del acueducto.	RO
5. Válvulas, purgas e hidrantes para drenar el agua de las tuberías están operables.	x			x	Todos los componentes de control se ven en condiciones operables, exceptuando el hecho de que solo son evidentes cuando se está en compañía de un operario para poder ser ubicadas y identificadas.	
6. Equipos y accesorios mínimos para el control de operación de la red.	x			x		
7. Red de distribución está instrumentada.	x			x		
Mantenimiento de la red de distribución			Si	No		
8. Personal encargado de la operación y mantenimiento de la red de distribución está certificado en sus competencias laborales.		x	x		Solo 1 de los operarios está certificado por el SENA como tecnólogo en operaciones de sistemas de potabilización de agua, este es quien capacita a los otros operarios. Jhon Fredy está en proceso de certificación.	RO RF
9. Equipos y materiales apropiados para labores de mantenimiento.		x	x		Aunque existan las herramientas para las labores de mantenimiento y atender contingencias, estas no son suficientes para realizar múltiples labores.	RO

10. Equipos para detección de fugas no visibles	x			x	Se cuenta con geófono para la detección de fugas en las acometidas domiciliarias.	
11. Fugas y daños son atendidos oportunamente		x	x		Durante las encuestas varios usuarios hicieron especial énfasis en la tardía respuesta de los fontaneros ante daños y fugas.	RE RF
12. Procedimientos para reparación de daños de tuberías y accesorios que eviten la contaminación hacia el interior de las tuberías.		x		x	Los procedimientos siempre van enfocados a la disminución de intrusiones de contaminantes de agua en la red aun cuando se detecten de forma tardía los daños.	RF
Control de calidad del agua distribuida	Cumple	No cumple	Si	No	Descripción de lo observado	
13. Tanques y otras estructuras del sistema de distribución se limpian y desinfectan periódicamente		x		x	Los tanques de almacenamiento se evidencian deteriorados y con grietas por las cuales posiblemente se introduzcan contaminantes a causa de las lluvias y se filtren.	RF RO
14. Quejas sobre mala calidad del agua se atienden oportunamente.	x			x	Las quejas por mala calidad de agua se atienden telefónicamente o cuando un fontanero pasa a revisar las diferentes partes de la red	RF
15. Toma, preservación y transporte de muestras se hace de acuerdo al Manual de Instrucciones del Instituto Nacional de Salud - INS.	x			x	Aparentemente si se hace de la forma indicada según el manual.	
16. Equipos portátiles para la toma de cloro residual y pH	x			x	Están calibrados y en buenas condiciones	
Estado y pertinencia de las instalaciones.						
17. Vía(s) de acceso está(n) en buen estado.		x		x	algunas vías se encuentran sin pavimento solo compactadas o en	RE
18. Alrededores de las instalaciones de la red libres de obstáculos.		x		x	Varios tramos de la red se encuentran en predios privados, por lo cual que las revisiones en la red se dificultan un poco	RE
19. Limpieza eficiente de los alrededores de la red		x		x	Durante el recorrido se pudo observar que hay sectores donde existe maleza y residuos sólidos alrededor	RO
				x	La tubería de la red está ubicada a 85 cm de profundidad, para evitar que se rompa cuando hay paso de vehículos o actividades humanas que la puedan debilitar. Teniendo lo	RE

20.Estado físico de la red es adecuado		x	anterior en cuenta la red está siendo modificada y reemplazada con polietileno de alta densidad para hacer resistente y duradera la red			
21.Los tramos de la red están expuestos a inundaciones	x		x	Como la red está ubicada en un área de alta pluviosidad y afluentes de aguas cercanas las inundaciones son posibles	RE	
22.Los tramos están expuestos a deslizamientos o derrumbes	x		x	Según los mapas de riesgo de guarne todos los componentes de la red están expuestos a movimientos de masa algunos más probables que otros.	RE	
23.Las zonas donde se ubica la red están expuestas a contaminación por agroquímicos	x		x	Como es zona rural la red está expuesta diferentes actividades agrícolas que le pueden generar amenaza.	RE	
24.Realizan todos los ensayos físicos, químicos y microbiológicos de control en la red de distribución, de acuerdo a las condiciones establecidas en el Capítulo V de la Resolución 2115 de 2007 o la norma que la modifique, adicione o sustituya		x		x	El laboratorio del acueducto aún se encuentra sin uso. Las muestras son enviadas mensualmente a un laboratorio privado.	RO RF
25.Intervención y/o actividades humanas que generen impactos negativos a la red y sus partes.	x			x	Los operadores resguardan la red y sus componentes partiendo del hecho en que las personas suelen disponer basuras o dañar intencionadamente las válvulas y puntos de muestreo.	RE
26.Presencia de vertimientos de aguas residuales	x			x	Partes de la red pasan por quebradas que contienen aguas residuales por actividades propias de la agricultura y expansión poblacional.	RF
27.Hay disposición de residuos sólidos cerca la red	x			x	La población en lo posible trata de entregar os residuos al carro recolector aun a si algunos pobladores ponen residuos en descomposición cerca de las acometidas domiciliarias	RE
28. Las instalaciones están ubicadas en unos lugares alejados de focos de contaminación		x		x	Las vías hacen parte fundamental de la red por lo tanto todo aquello que pueda afectar las vías afecta la red y sus componentes, teniendo en cuenta que las vías están en su mayoría sin pavimentar los contaminantes ya sean químicos, lixiviados u otros podrían afectar directamente la	RE

red.			
29. Se controla el crecimiento de maleza alrededor del sistema de abastecimiento de agua	x	x	El control de maleza se hace poco evidente, tanto así que varias partes de la red se encuentran resguardadas por la maleza crecida a más de 15 cm de altura.
Tipo de Riesgo (RE: Riesgo Estructural, RF: Riesgo Funcional, RO: Riesgo Operativo)			
			RO

Con la aplicación de la lista de chequeo se logró identificar aspectos que pueden ser potencialmente riesgosos afectando tanto la calidad del agua y todo el componente de la red. Tales riesgos van desde aspectos de funcionamiento, operacionales y estructurales ya que la red por ser red abierta y en zona rural puede sufrir afectaciones.

Con el recorrido del GPS se hizo una identificación de la formación de la red, dando como resultado que esta tiende a hacer una red de estructura abierta. Como se puede ver a continuación en la **Figura 11**.

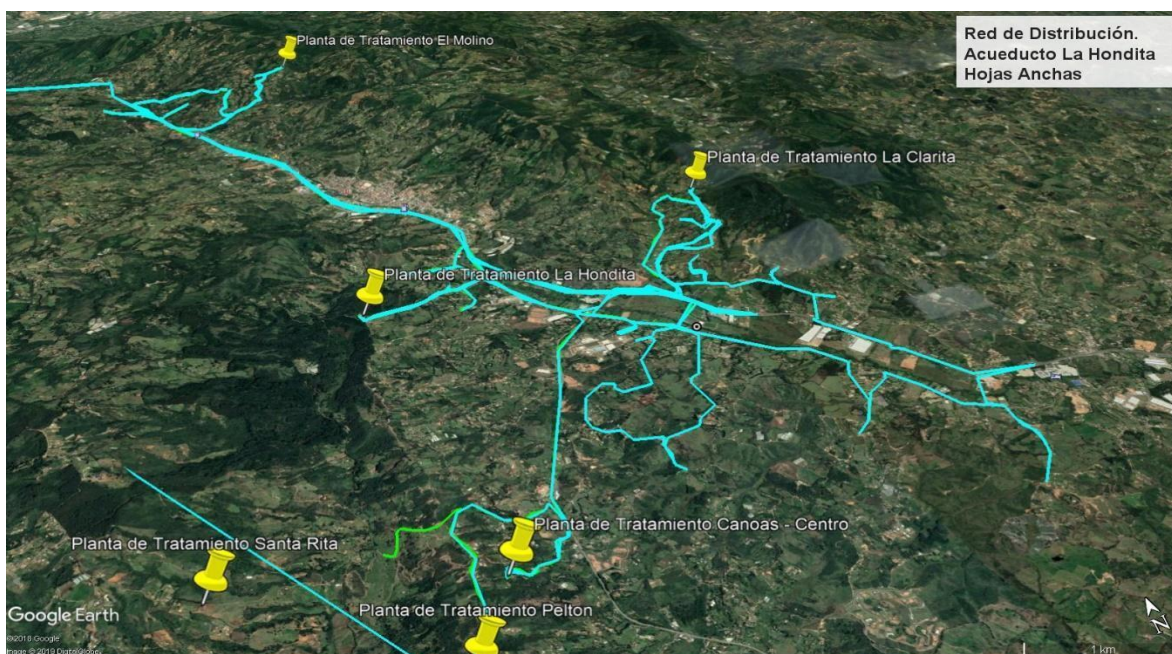


Figura 11. Ubicación de la red de distribución del Acueducto la Hondita-Hojas Anchas, Guarne 2019

Fuente: Mapa Google Earth

El recorrido por la red muestra la forma o estructura de la red, es una red de tipo abierta con ramales muy extensos. una de las principales características de este diseño de redes es que el agua que corre por ella puede quedar alojada en los tramos más lejanos por lo que el agua puede perder cualidades de potabilidad y deteriorarse antes de llegar al usuario final.

9.2.2. Aplicación de la matriz de riesgo

La matriz **Tabla 7** fue realizada después de haber hecho el recorrido y aplicar la lista de chequeo. Los componentes seleccionados para identificar los riesgos fueron las fuentes de abastecimiento y la red de distribución.

Tabla 7. Matriz de riesgos asociados a las condiciones físicas ambientales de la red de distribución del acueducto la Hondita Hojas Anchas 2017

Componente del sistema	Evento peligroso/fuente de peligro	Peligros asociados	Tipo de peligro	P*	G*	V.R	Color	Nivel del riesgo	Punto crítico de control	Medida de control
Fuente de abastecimiento principal	Fenómenos climatológicos	Inundación; cambios rápidos en la calidad del agua de la fuente	Físico	3	3	9		Medio	Evento adverso natural inundaciones del terreno, desbordamiento, daños en la infraestructura	Intervención en la infraestructura del sistema
Fuente de abastecimiento	Viviendas	Vertimientos, aguas residuales, escorrentías	Microbiológico químico	3	4	12		Alto	Materia orgánica, químicos, calor, olor	Cercamiento áreas de influencia, cerramientos
Fuente de abastecimiento	Agricultura y ganadería	Contaminación, pesticidas, químicos, cambios en los usos del suelo	Microbiológico químico	4	4	16		Alto	Materia orgánica, químicos, incremento de nitratos	Cambios de fuentes; adquisición de nuevos terrenos para el cuidado
Fuente de abastecimiento	Geológicos	Pozos de infiltración (entrada al sistema de agua superficial)	Químico, físico	3	3	9		Medio	Materia orgánica, sustancias tóxicas, químicas	Implementación de pozos sépticos, tratamientos para aguas residuales

Componente del sistema	Evento peligroso/ fuente de peligro	Peligros asociados	Tipo de peligro	P *	G *	V. R	Color	Nivel del riesgo	Punto crítico de control	Medida de control
Fuentes de abastecimiento	Variaciones estacionales	Cambios en la calidad del agua de la fuente	Físico	3	3	9	Amarelo	Medio	Turbiedad, color, olor	Fuente de abastecimiento alterna
Fuente de abastecimiento	Fuentes de abastecimiento o contaminada por actividades antrópicas	Cambios en la calidad del agua de la fuente	Químico, físico	4	4	16	Naranja	Alto	<i>Coliformes totales, fecales, E. coli, Giardia sp. ,y Cryptosporidium spp., materia orgánica, materia fecal, sustancias químicas, sustancias tóxicas, residuos vegetales</i>	Acciones de vigilancia y control en los alrededores de la bocatoma
Tanque de almacenamiento	Falta de mantenimiento	Cambio en la calidad del agua	Desabastecimiento -microbiológico	3	2	6	Verde	Bajo	Falta de capacidad para atender emergencias	Diseño y construcción de un tanque alternativo de almacenamiento

Componente del sistema	Evento peligroso/ fuente de peligro	Peligros asociados	Tipo de peligro	P *	G *	V. R	Color	Nivel del riesgo	Punto crítico de control	Medida de control
Tanque de almacenamiento	Estado físico de la estructura	Cambio en la calidad del agua, contaminación, proliferación de larvas	Biológico - microbiológico	4	2	8		Medio	Enfermedades de transmisión vectorial, hídrica; presencia de partículas y agente contaminantes	Cerramiento del tanque
Red de distribución	Rupturas	Contaminación, desabastecimiento o cambio en la calidad del agua	Microbiológico, físico- químico	5	4	20		Muy alto	Interrupción del servicio, daños en las vías, viviendas y predios, intrusión de contaminantes	Reparación y mantenimiento de las tuberías de la red de distribución
Red de distribución	Conexiones ilícitas	Rupturas contaminación	Físico- microbiológico	5	3	15		Muy alto	Contaminación, deterioro de las partes de la red	Vigilancia y control
Red de distribución	Envejecimiento de las tuberías	Infiltraciones, fugas, cambios en la calidad del agua	Físico- microbiológico, químico	5	3	15		Muy alto	Contaminación. Insuficiencia del servicio.	Cambio de las tuberías, mantenimiento

P: Peligro G: Gravedad V. R: Valor del Riesgo

9.3. Determinar la calidad del agua de consumo de los usuarios del acueducto

9.3.1. Análisis microbiológico

Los análisis de las muestras tomadas por los investigadores principales en las cuatro viviendas arrojaron los siguientes resultados

Como se observa en la **Tabla 8**, los resultados microbiológicos obtenidos de cada una de las muestras de agua recibidas y analizadas por el laboratorio de la Facultad Nacional de Salud Pública, se encuentra CONFORMES con los esperados de acuerdo con los límites establecidos en la Resolución 2115 del 2007 para agua tratada de consumo humano.

Tabla 8. Resultado del análisis microbiológico de las muestras de agua para el Acueducto Hondita Hojas Anchas, Guarne 2017-2018

Punto de muestreo	Análisis microbiológico	Método/técnica	Resultado	Valor de referencia	Norma
CASA#1 Planta la Hondita	Recuento <i>coliformes</i> totales UFC/100ml	Estándar methods 9222/Filtración por membrana	<1 UFC	0 UFC/100 ml	Resolución 2115 de 2007
	Recuento <i>Escherichia coli</i> UFC/100 ml	Estándar methods 9222/Filtración por membrana	<1 UFC	0 UFC/100 ml	
CASA#2 Planta La Clarita	Recuento <i>coliformes</i> totales UFC/100ml	Estándar methods 9222/Filtración por membrana	<1 UFC	0 UFC/100 ml	
	Recuento <i>Escherichia coli</i> UFC/100 ml	Estándar methods 9222/Filtración por membrana	<1 UFC	0 UFC/100 ml	
CASA#3 Planta La Honda	Recuento <i>coliformes</i> totales UFC/100ml	Estándar methods 9222/Filtración por membrana	<1 UFC	0 UFC/100 ml	
	Recuento <i>Escherichia coli</i> UFC/100 ml	Estándar methods 9222/Filtración por membrana	<1 UFC	0 UFC/100 ml	

Punto de muestreo	Análisis microbiológico	Método/técnica	Resultado	Valor de referencia	de Norma
		membrana			
Casa#4 planta el molino	Recuento <i>Escherichia coli</i> UFC/100 ml	Estándar methods 9222/Filtración por membrana	<1 UFC	0 UFC/100 ml	
	Recuento coliformes totales UFC/100ml	Estándar methods 9222/Filtración por membrana	<1 UFC	0 UFC/100 ml	

9.3.2. Análisis fisicoquímico

Por su parte el acueducto ASACUHAN solicita el servicio de análisis de aguas con el laboratorio de servicios ACUAZUL LTDA, arrojando los siguientes análisis Físicoquímicos en la salida de los puntos de muestreo “El Molino” **Tabla 9**, “P.M 009 Capilla” **Tabla 10**, “Santa Rita” **Tabla 11** y “P.M 0004 Conrado Arango” **Tabla 12**. Los límites inferior y superior fueron establecidos según el Decreto 1575 de mayo de 2007 y la Resolución 2115.

Tabla 9. Resultado Físicoquímico: Muestra de agua de la Planta de tratamiento El Molino, Acueducto Hondita Hojas Anchas, Guarne 2017-2018

Parámetro	Método	Resultados	Límite Inferior	Límite Superior
Cloro Residual Libre (mg/L)		1,00	0,3 mg/L	2,0 mg/L
Aluminio (mg Al/L)	Absorción Atómica	<0,100		0,2
Hierro Total (mg Fe/L)	Absorción Atómica	<0,050		0,3
Color Aparente (CoPt)	Espectrofotométrico	25		15
Turbiedad (N.T.U)	Nefelométrico	2,00		2

Parámetro	Método	Resultados	Límite Inferior	Limite Superior
pH (Unidades de Ph)	Electrométrico	7,26	6,5	9
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	Titulo métrico EDTA	20,5		300
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	Titulación	15,0		200
Cloruros (mg Cl/L)	Cromatografía iónica	3,084		250
Nitritos (mg NO ₂ /L)	Cromatografía iónica	0,115		0,1
Sulfatos (mg SO ₄ ⁻² /L)	Cromatografía iónica	1,043		250

El resultado Físicoquímico obtenido de la muestra de agua analizada por el laboratorio ACUAZUL LTDA, el 30 de noviembre del 2017, para el punto de muestra “El Molino”, sobrepasa el límite superior en el parámetro Color Aparente (CoPt), que incluye el color del material disuelto más el color de la materia suspendida, por lo tanto, se encuentra en un estado de “NO CUMPLE” con los límites establecidos en la Resolución 2115 del 2007 para agua tratada de consumo humano.

Tabla 10. Resultado Físicoquímico: Muestra de agua del Punto de Muestra 0009 Capilla, Acueducto Hondita Hojas Anchas, Guarne 2017-2018

Parámetro	Método	Resultados	Límite Inferior	Limite Superior
Cloro Residual Libre (mg/L)		2,20	0,3 mg/L	2,0 mg/L
Aluminio (mg Al/L)	Absorción Atómica	<0,100		0,2
Hierro Total (mg Fe/L)	Absorción Atómica	<0,050		0,3
Color Aparente (CoPt)	Espectrofotométrico	4		15
Turbiedad (N.T.U)	Nefelométrico	0,65		2
pH (Unidades de Ph)	Electrométrico	7,20	6,5	9

Parámetro	Método	Resultados	Límite Inferior	Límite Superior
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	Titulométrico EDTA	<10,0		300
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	Titulación	<10,0		200
Cloruros (mg Cl/L)	Cromatografía Iónica	3,101		250
Nitritos (mg NO ₂ /L)	Cromatografía Iónica	0,103		0,1
Sulfatos (mg SO ₄ ²⁻ /L)	Cromatografía Iónica	1,537		250

El resultado Fisicoquímico obtenido de la muestra de agua analizada por el laboratorio ACUAZUL LTDA, el 30 de noviembre del 2017, para el punto de muestra "0009 Capilla", indica que el Cloro Residual Libre (mg/ L) es de 2,20 mg/L, por lo tanto, se encuentra en un estado de "NO CUMPLE" con los límites establecidos en la Resolución 2115 del 2007 para agua tratada de consumo humano.

Tabla 11. Resultado Fisicoquímico: Muestra de agua de la Planta Santa Rita, Acueducto Hondita Hojas Anchas, Guarne 2017-2018

Parámetro	Método	Resultados	Límite Inferior	Límite Superior
Cloro Residual Libre (mg/L):		2,20	0,3 mg/L	2,0 mg/L
Aluminio (mg Al/L)	Absorción Atómica	<0,100		0,2
Hierro Total (mg Fe/L)	Absorción Atómica	<0,050		0,3
Color Aparente (CoPt)	Espectrofotométrico	<2,5		15
Turbiedad (N.T.U)	Nefelométrico	0,60		2
pH (Unidades de Ph)	Electrométrico	7,12	6,5	9
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	Titulométrico EDTA	13,5		300
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	Titulación	14,5		200

Parámetro	Método	Resultados	Límite Inferior	Limite Superior
Cloruros (mg Cl/L)	Cromatografía Iónica	2,797		250
Nitritos (mg NO ₂ /L)	Cromatografía Iónica	0,095		0,1
Sulfatos (mg SO ₄ ²⁻ /L)	Cromatografía Iónica	1,124		250

El resultado Fisicoquímico obtenido de la muestra de agua analizada por el laboratorio ACUAZUL LTDA, el 30 de noviembre del 2017, para el punto de muestra "Santa Rita", indica que el Cloro Residual Libre (mg/ L) es de 2,20 mg/L, por lo tanto, se encuentra en un estado de "NO CUMPLE" con los límites establecidos en la Resolución 2115 del 2007 para agua tratada de consumo humano.

Tabla 12. Resultado Fisicoquímico: Muestra de agua del P.M 0004 Conrado Arango, Acueducto Hondita Hojas Anchas, Guarne 2017-2018

Parámetro	Método	Resultados	Límite Inferior	Limite Superior
Cloro Residual Libre (mg/L)		1,10	0,3 mg/L	2,0 mg/L
Aluminio (mg Al/L)	Absorción Atómica	<0,100		0,2
Hierro Total (mg Fe/L)	Absorción Atómica	<0,050		0,3
Color Aparente (CoPt)	Espectrofotométrico	7		15
Turbiedad (N.T.U)	Nefelométrico	1,30		2
pH (Unidades de Ph)	Electrométrico	7,55	6,5	9
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	Titulométrico EDTA	17,5		300
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	Titulación	20,6		200
Cloruros (mg Cl/L)	Cromatografía Iónica	12,173		250
Nitritos (mg NO ₂ /L)	Cromatografía Iónica	0,388		0,1

Parámetro	Método	Resultados	Límite Inferior	Limite Superior
Sulfatos (mg SO ₄ ² /L)	Cromatografía Iónica	3,644		250

El resultado Fisicoquímico obtenido de la muestra de agua analizada por el laboratorio ACUAZUL LTDA, el 30 de noviembre del 2017, para el punto de muestra "0004 Conrado Arango", indica que los Nitritos son de 0,388 por lo tanto, se encuentra en un estado de "NO CUMPLE" con los límites establecidos en la resolución 2115 del 2007 para agua tratada de consumo humano. La principal causa de presencia de nitritos en el agua es la actividad agronómica aguas arriba.

9.4. Identificar la morbilidad sentida relacionada con la calidad del agua, en 168 usuarios del acueducto La Hondita-Hojas Anchas, Guarne 2017

Teniendo en cuenta los síntomas de enfermedades relacionadas al consumo de agua no apta para el ser humano, citadas por la OMS, se estructuró la encuesta y se indagó por la siguiente sintomatología, arrojando los siguientes resultados **Tabla 13** por vereda:

Tabla 13. Morbilidad sentida de la población de estudio del Acueducto la Hondita Hojas Anchas, Guarne 2017-2018

Síntomas		Vereda															
		Canoas	%	Hojas Anchas	%	La Clarita	%	La Honda	%	La Hondita	%	Toldas	Total	%	IC Inferior	IC Superior	
Diarrea	NO	21	81%	34	56%	20	87%	5	71%	22	85%	11	44%	113	67%	54,6	79,8
	SI	5	19%	27	44%	3	13%	2	29%	4	15%	14	56%	55	33%	20,1	45,3
Dolor Abdominal Intenso	NO	18	69%	34	56%	17	8%	3	43%	19	73%	14	56%	105	62%	49.5	75.4
	SI	8	31%	27	44%	6	2%	4	57%	7	27%	11	44%	63	38%	24.5	50.4
Vomito o Nauseas	NO	21	81%	41	67%	20	87%	4	57%	23	88%	16	64%	125	74%	62.7	86.1
	SI	5	19%	20	33%	3	13%	3	43%	3	12%	9	36%	43	26%	13.8	37.2
Alteración o irritación en la piel	NO	23	89%	49	80%	20	87%	4	57%	21	81%	20	80%	137	82%	71.1	91.9
	SI	3	11%	12	20%	3	13%	3	43%	5	19%	5	20%	31	18%	8.05	28.8
Aftas en la boca	NO	24	92%	55	90%	21	91%	5	71%	20	77%	21	84%	146	87%	77.8	95.9
	SI	2	8%	6	10%	2	9%	2	29%	6	23%	4	16%	22	13%	4.05	22.1
Deshidratación	NO	22	85%	55	90%	21	91%	5	71%	22	85%	21	84%	146	87%	77.8	95.9
	SI	4	15%	6	10%	2	9%	2	29%	4	15%	4	16%	22	13%	4.05	22.1
Cáncer de algún tipo	NO	24	92%	56	92%	20	87%	5	71%	22	85%	22	88%	149	88%	80.2	97.1
	SI	2	8%	5	8%	3	13%	2	29%	4	15%	3	12%	19	12%	2.82	19.7
Parasitosis	NO	24	92%	51	84%	21	91%	4	0	24	92%	23	92%	147	88%	78.6	96.3
	SI	2	8%	10	16%	2	9%	3	43%	2	8%	2	8%	21	12%	3.63	21.3

En la **Tabla 13** se aprecia que el 38% con un IC de (24.5;50.4) de la población encuestada ha padecido dolor abdominal intenso, el 33% con un IC de (20.1;45.3) padeció diarrea en los últimos 6 meses, el 26% con IC de (13.8;37.2) tuvieron vómito o nauseas, el 18% con un IC de (8.05;28.8) alteraciones en la piel, 13% con IC del (4.05;22.1) aftas en la boca, el 13% con IC del (4.05;22.1) deshidratación, el 12% con IC del (3.63;21.3) parasitosis y el 12% con IC (2.82;19.7) cáncer de algún tipo. Todos los datos se recolectaron en el segundo semestre del año 2017.

La morbilidad sentida por las personas encuestadas del acueducto La Hondita Hojas Anchas, estuvo afectada posiblemente por los aspectos físicos de color, sabor y olor del agua que consumían, resultados que se reflejan en la **Tabla 14:**

Tabla 14. Percepción de la calidad del agua por los usuarios del Acueducto la Hondita Hojas Anchas, Guarne 2017-2018

Percepción		Vereda														IC Inferior	IC Superior
		Canoas	%	Hojas anchas	%	La Clarita	%	La Honda	%	La Hondita	%	Toldas	%	Total	%		
Color diferente en el agua	NO	7	27%	10	16%	9	39%	1	14%	5	19%	0	0%	32	19%	8.52	29.5
	SI	19	73%	51	84%	14	61%	6	86%	21	81%	25	100%	136	81%	70.4	91.4
Sabor diferente en el agua	NO	17	65%	42	69%	18	78%	4	57%	19	73%	20	80%	120	71%	59.3	83.5
	SI	9	35%	19	31%	5	22%	3	43%	7	27%	5	20%	48	29%	16.4	40.6
Un Olor diferente en el agua	NO	21	80%	50	82%	19	83%	5	71%	20	77%	21	84%	136	81%	70.4	91.4
	SI	5	20%	11	18%	4	17%	2	29%	6	23%	4	16%	32	19%	8.52	29.5

La percepción del Color del agua, **Tabla 14**, arrojó que el 81% IC (70.4;91.4) de la población total de personas encuestadas, identificaron un color turbio o de tonalidad blanca en diferentes oportunidades, debido posiblemente a la cantidad de sólidos suspendidos en el agua arrastrados por las fuertes lluvias y/o burbujas de aire producto de la alta presión del agua (31).

Para la variable “Sabor diferente en el agua” el 29% IC (16.4;40.6) de los encuestados manifestaron que en temporada de fuertes lluvias o de suspensión del servicio por cuestión de mantenimiento, el agua llegaba a la vivienda con sabor a pantano o cloro en comparación con otras entidades de servicio públicos. Por otro lado, el 19% IC (8.52;29.5) de la población encuestada manifestó que la variable de “Olor” también se asimilaba a esas dos características anteriores de pantano y cloro.

10. Discusión

10.1. Análisis de riesgos para la calidad del agua desde de los componentes fuentes de abastecimiento y sistemas de distribución del agua.

Para el componente fuentes de abastecimiento los eventos de peligrosidad como fenómenos climatológicos, asentamientos de viviendas, eventos geológicos, actividades agrícolas y ganaderas, generan materialización de riesgos naturales y antropogénicos, provocando inundaciones, remoción y erosión de suelos con arrastres de sólidos, los cuales producen cambios rápidos en la calidad del agua, intrusión de contaminantes y microorganismos patógenos en el agua de captación (23).

El agua que llega al sistema de distribución contiene altos niveles de turbidez y el tratamiento del agua en la planta de potabilización es deficiente, por esto los usuarios reportan quejas continuas sobre el servicio, indicando que el color es muy amarillo o pantanoso como se muestra en la **Tabla 14**.

Para el tanque de almacenamiento de agua existen eventos de peligro por la falta de mantenimiento y el estado de la estructura física precario (23), lo cual provoca la proliferación de larvas, y microorganismos haciendo que la calidad de agua potable cambie.

Para la red de distribución los peligros van desde rupturas en las tuberías, conexiones ilícitas y envejecimiento de las tuberías incrementando la posibilidad de infiltraciones de aguas contaminadas, fugas del recurso hídrico, formación o intrusión de microorganismos generando cambios de tipo físico, químico y microbiológico.

La tubería está expuesta en algunos tramos de la red pasando por carreteras o zonas con alto flujo vehicular, fuentes de agua contaminada, líneas de conducción de agua potable de diferentes materiales, implican altos riesgos a la red es importante destacar que los riesgos ya mencionados pueden impactar directamente sobre la salud de las personas. Para evitar contaminantes en la red que pueden generar morbilidad en los usuarios, es necesario el seguimiento directo y constante por parte de prestador del servicio, así como la capacitación permanente de los fontaneros que la recorren haciendo más segura la prestación del servicio.

Lo anterior muestra que el nivel de riesgo por componente seleccionado va desde medio hasta muy alto, solo en la falta de mantenimiento del tanque de almacenamiento se obtuvo un nivel de riesgo bajo, proporcionando medidas de control para el acueducto.

Los sólidos suspendidos, las condiciones de las fuentes de abastecimiento y los riesgos en estas, se tomaron como base de un trabajo de grado anterior "Elementos para elaborar el plan emergencia y contingencia en el sistema de abastecimiento de agua potable la Hondita-Hojas Anchas del municipio de Guarne, 2017. Mostrando que los riesgos en las fuentes de abastecimiento son muy frecuentes y que pueden impactar negativamente el suministro de agua para potabilizar, así como en sus cualidades físicos-químicas y microbiológicas haciendo a veces difícil el tratamiento de agua cruda, creando episodios de corte del suministro de agua, porque el agua no se puede entregar a la comunidad beneficiaria a si esta se haya tratado previamente. Aunque son pocos los reportes por parte de la comunidad del corte de suministro de agua, los usuarios encuestados si comentan que cuando el agua llega con mucho color prefieren no consumirla y descartarla para evitar enfermar.

Entonces muchas veces las condiciones del agua cruda pueden producir grandes inconvenientes para el acueducto ya que remover impurezas y microorganismos patógenas en grandes cantidades puede ser contra productivo para la población porque con el ánimo de querer mejorar las condiciones del agua incrementan las dosis óptimas de sustancias químicas y en casos como el cloro pueden producir reacciones químicas al contacto con el agua con sólidos en suspensión (material orgánico) creando trihalometanos los cuales en las personas repercuten como radicales libres y estos genera enfermedades graves como el cáncer (60), de ahí la importancia que las personas del acueducto tengan una tabla de referencia para establecer diariamente la dosis óptima de cloro.

Aunque los análisis microbiológicos, de las cuatro viviendas arrojaron parámetros máximos y mínimos permisibles según lo estipulado en la Resolución 2115 de 2007, hay que tener en cuenta que los coliformes fecales son grupos de microorganismos bacterianos que se encuentran comúnmente en el suelo, aguas sobre la superficie y en las plantas estas bacterias de no ser controlados pueden generar efectos significativos en la salud de la población causando diarrea y vómito (61) y según dicha reglamentación, se debe realizar medición de coliformes totales y *E. coli*, mínimo tres muestras cada mes.

Algunos de los elementos o sustancias químicas que puede contener el agua, de no ser efectivamente removidos pueden tener efectos directos negativos sobre la salud de la población, por ello hacer medición constante de ellos y establecer mecanismos de remoción en los procesos de potabilización. A continuación,

retomamos algunos los compuestos químicos del agua que fueron foco de análisis en las muestras químicas y cuáles son sus consecuencias para la salud de la población abastecida, como para el sistema operacional del acueducto:

- **Hierro:** los síntomas que pueden surgir por un exceso de hierro son malestar abdominal, náuseas, vómitos, fatiga, debilidad, pérdida de apetito y de deseo sexual, así como pérdida de vello corporal. Altos niveles de hierro en el cuerpo generan la producción de radicales libres del oxígeno y el desarrollo de consecuencias negativas sobre diferentes órganos a causa del estrés oxidativo que ocasiona (62).
- **Turbiedad:** la turbiedad es causada por las partículas que se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua. Aunque no se conocen los efectos directos de la turbiedad sobre la salud han demostrado que, en el proceso de eliminación de los organismos patógenos, por la acción de agentes químicos como el cloro, las partículas causantes de la turbiedad reducen la eficiencia del proceso y protegen físicamente a los microorganismos del contacto directo con el desinfectante (63).
- **PH:** el pH influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución. Aunque podría decirse que no tiene efectos directos sobre la salud, sí puede influir en los procesos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección (63).
- **Dureza:** la dureza está relacionada con el pH y la alcalinidad; depende de ambos. Un agua dura puede formar depósitos en las tuberías y hasta obstruirlas completamente. Aún no se ha definido si la dureza tiene efectos adversos sobre la salud (63).
- **Nitritos:** después de la absorción, tanto nitratos como nitritos se distribuyen con rapidez a todos los tejidos. Una vez en la sangre, el nitrito reacciona con el ion ferroso (Fe^{2+}) de la desoxihemoglobina y forma metahemoglobina, en la cual el hierro se encuentra en estado férrico (Fe^{3+}), por lo que es incapaz de transportar el oxígeno. Por ello se relaciona al nitrito con una anomalía en la sangre de los niños (metahemoglobinemia) (64).
- **Sulfatos:** un alto contenido de sulfatos puede proporcionar sabor al agua y podría tener un efecto laxante, sobre todo cuando se encuentra presente el magnesio (64).
- **Cloro residual:** se considera que su determinación es un elemento decisivo en la conservación de la calidad bacteriológica del agua y, por lo tanto, en la realización del análisis de coliformes (64).
- **Aluminio:** el aluminio tiene un efecto positivo en el proceso de coagulante en el tratamiento del agua, pero debe cumplir un límite permisible tenido en cuenta el efecto a la salud del aluminio su potencial neurotoxicidad (65).
- **Color aparente:** debido a que el color del agua se origina, en muchos casos, por la presencia de compuestos de naturaleza orgánica, se recomienda que la desinfección se realice luego de que este haya sido removido, para evitar

que la aplicación de cloro como desinfectante pueda dar origen a la formación de trihalometanos, compuestos que tienen efecto cancerígeno (64).

10.2. Calidad del agua, percepción y morbilidad sentida por la población

Como base para la encuesta aplicada en este trabajo de investigación se tomó como referencia la “Encuesta de perfil sociodemográfico y morbilidad sentida del departamento del Meta, 2015” (66), que indagaba por las condiciones de trabajo y salud de la población trabajadora, la cual se adaptó a las necesidades propias de esta investigación. Por tal motivo se realizó una prueba piloto en una vereda del municipio de Guarne con el propósito de verificar que los conceptos allí descritos fuesen claros para la población objeto. A partir de los resultados de la prueba piloto, se plantearon nuevas preguntas y se adaptaron algunas otras para facilitar su comprensión. Entre las modificaciones, se implementó la tercera parte de la encuesta que indagaba por las condiciones, percepción del agua y su calidad. En la **Tabla 15** se puede apreciar los síntomas sobre los cuales se preguntó y la enfermedad con la que fueron relacionados.

Tabla 15. Enfermedades transmitidas y/o vehiculizadas por el consumo de agua contaminada (67).

Enfermedad	Descripción	Síntomas
Enfermedades diarreicas	La diarrea suele ser un síntoma de una infección del tracto digestivo, que puede estar ocasionada por diversos organismos bacterianos, víricos y parásitos. La infección se transmite por alimentos o agua de consumo contaminados	Heces blandas y acuosas. Calambres abdominales. Dolor abdominal. Fiebre. Sangre en las heces. Hinchazón. Náuseas Necesidad urgente de evacuar los intestinos
Cólera	El cólera es un padecimiento producido por el <i>Vibrio cholerae</i> , que puede vivir en el agua, los alimentos y los humanos por largos períodos	Diarrea y deshidratación. Náuseas y vómitos en los estadios iniciales de la enfermedad. Calambres musculares, a consecuencia de la pérdida de sales

Enfermedad	Descripción	Síntomas
Fiebre tifoidea	La fiebre tifoidea es una enfermedad bacteriana producida por <i>Salmonella</i> sp., que se adquiere a través alimentos y aguas contaminadas	minerales e iones por las heces. Rara vez, en los casos graves, se pueden producir convulsiones o un shock Fiebre alta, escalofríos, estreñimiento o diarrea , dolor de cabeza, dolor de estómago , malestar, erupción en forma de manchas planas de color rosa en el pecho y hepatoesplenomegalia.
Gastroenteritis bacteriana	La <i>Escherichia coli</i> , es una enterobacteria que puede causar diarreas y se puede adquirir al consumir agua y alimentos que contienen la bacteria Entre los parásitos intestinales más comunes se encuentran <i>Ascaris lumbricoides</i> y <i>Trichuris trichiura</i> ,	Cólicos abdominales. Dolor abdominal. Heces con sangre. Pérdida del apetito. Náuseas y vómitos. Fiebre.
Hepatitis A	La hepatitis A es una enfermedad hepática causada por el virus de la hepatitis A (VHA). Éste enfermedad está asociada a la falta de agua salubre, un saneamiento deficiente y una mala higiene personal (OMS, 2012b).	Orina oscura. Fatiga. Picazón. Pérdida del apetito. Fiebre baja. Náusea y vómitos. Heces de color arcilla o pálidas. Piel amarilla (ictericia)

Las fuentes de captación pueden contener agentes químicos y biológicos por las actividades agrícolas y del hogar que generan aguas residuales domésticas y no domésticas, estos agentes químicos son difíciles de tratar durante los procesos de

potabilización permitiendo su llegada a la red de distribución y por consiguiente a los usuarios del acueducto afectando su salud.

Las cuatro muestras de agua donde se evaluaron *Escherichia coli* y coliformes totales **Tabla 8** están de acuerdo con la Resolución 2115, la cual cita que el agua para consumo humano no podrá sobrepasar los valores máximos aceptables para cada una de las características físicas de Color aparente, Olor, Sabor y Turbiedad. Aun así, esta norma colombiana indica que existen sustancias químicas que tienen un reconocido efecto adverso en la salud humana como se puede apreciar en la **Tabla 16**.

Tabla 16. Características Químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Carbono Orgánico Total	COT	5,0
Nitritos	NO ₂ -	0,1
Nitratos	NO ₃ -	10
Fluoruros	F-	1,0

De esta manera, el color aparente del agua depende tanto de las sustancias que se encuentran disueltas, como de las partículas que se encuentran en suspensión. El color aparente es el que incluye las partículas en suspensión que a su vez generan turbidez (31).

La turbidez y el color puede resultar de partículas de arcillas y sedimentos por escurrimiento, materia orgánica que es materia vegetal en descomposición y el plancton por presencia de fertilizantes. El análisis fisicoquímico en la planta de tratamiento el Molino **Tabla 9**, indicó un color aparente de 25, superando el permitido por la norma.

El 80% de la población encuestada atribuyó al exceso de cloro, el cambio físico del agua **Tabla 14**. Con estos resultados se evidencia la percepción de calidad de agua que tiene la población del agua que consume.

Para la potabilización del agua, la planta de tratamiento del acueducto la Hondita Hojas Anchas utiliza hipoclorito de sodio al 15%, para la cloración no se utiliza una dosis óptima de cloro, por lo que, clorar de esta forma puede generar exceso del mismo generando rechazo del agua por parte de la población, como se puede apreciar en el resultado de laboratorio **Tabla 10** y **Tabla 11**, o puede ser insuficiente evitando la eliminación de microorganismos patógenos que enferman las personas.

En la **Tabla 12** el punto de muestreo Conrado Arango se puede apreciar que el parámetro químico Nitritos supera el límite máximo permisible indicando un 0.3 en este, según la Secretaría de Servicios de Salud de California (68) la presencia de

Nitritos en el agua potable indican aguas residuales domésticas y no domésticas, infiltraciones de contaminantes por actividades agrícolas y uso de pesticidas o fertilizantes, este parámetro en particular es de importancia en salud pública según la Resolución colombiana 2115/2007 puesto que puede afectar la salud de los grupos poblacionales más vulnerables. Teniendo en cuenta esto en 74 hogares encuestados hay por lo menos un menor de 5 años (población vulnerable) la cual podría resultar enferma por los niveles de nitritos.

No todos los parámetros repercuten con igual peso sobre la salud de los usuarios, así mismo, en muchos casos sucede que las implicaciones negativas en la salud varían en función de las concentraciones o valores reportados. Se debe aclarar que, para el tiempo de estudio de esta investigación, la pluviosidad incrementó, generando un aumento de la turbidez y los cortes y razonamiento del servicio por afectaciones en las fuentes de abastecimiento. Esto produjo que las personas encuestadas asociaran la calidad del agua con los episodios de diarrea sufridos o de enfermedades vehiculizadas por el agua

Aunque en la encuesta de morbilidad sentida se preguntó por diversos síntomas percibidos o enfermedades diagnosticadas, en la **Tabla 13** se puede evidenciar que la población encuestada manifestó haber sufrido episodios de diarrea y asume que la calidad del agua puede tener repercusiones en su estado de salud. Según la OMS la principal causa de diarrea suele ser de origen infeccioso al tracto digestivo (69) y conforme a los datos de la DSSA para el año 2017 en el municipio de Guarne hubo 2878 consultas por causa de ciertas enfermedades infecciosas y parasitaria, por otro lado, la diarrea aguda y gastroenteritis fueron una de las 10 principales causas de consulta externa en Antioquia para este mismo año según esta secretaría(70,71). Del 100% de la población encuestada el 33% indicó que padeció diarrea por lo menos una vez durante el segundo semestre del año 2017. Sin embargo, no se puede confirmar que el consumo del agua suministrada por el acueducto es la principal causa de esta enfermedad.

10.3 Limitaciones

Si bien los objetivos de esta investigación fueron planeados en conjunto con la administración del acueducto la Hondita Hojas Anchas, en el transcurso de esta se detectó que el alcance propuesto desbordaba la capacidad de los estudiantes, fue por ello por lo que se modificaron los objetivos iniciales y el alcance de la investigación, a continuación, se presentan las siguientes particularidades que dificultaron su cumplimiento y cambio hasta la tercera asesora académica que generaron retrasos en el cronograma:

- Dificultad en el acceso a resultados de investigaciones anteriores
- Volumen alto de documentación a revisar para cada aspecto del documento, normativa, informes, material académico

- Poca comunicación con la administración y el primer asesor de la investigación
- Cambio de asesor en dos ocasiones, por lo cual el documento se debió modificar, ya que algunos conceptos técnicos carecían de aceptabilidad de la nueva asesora.
- En las épocas de altos niveles de pluviosidad como los meses de septiembre y octubre poder acceder a algunas casas representaba riesgos físicos a los investigadores, por tal motivo algunos trayectos en las veredas de interés investigativo eran intransitables, por ello el tiempo de aplicación de encuestas se extendió.

11. Conclusiones y perspectivas

Las redes de distribución de agua están expuestas a diferentes peligros que se pueden materializar, los riesgos en la red de distribución de agua son tanto de origen natural como antrópico, este último promueve que los riesgos naturales se puedan presentar con más frecuencia, produciendo cambios en las cualidades del agua potable y sus características de inocuidad, haciéndola menos segura para la población y su salud.

Los hallazgos obtenidos con la aplicación de la lista de chequeo y la matriz de riesgo ponen en evidencia el desempeño operacional, mostrando falta seguimiento y control en los componentes evaluados, por tal razón es importante realizar revisiones periódicas con el fin de prevenir peligros.

Uno de los principales motivos por los que las personas atribuyen el cambio físico del agua que consumen, es el exceso de cloro y las constantes lluvias, por ello una correcta capacitación de personal puede influir directamente en la calidad del servicio siendo este determinante para el mejoramiento en la calidad del agua beneficiando la salud poblacional evitando las enfermedades atribuibles al agua.

Con este trabajo se concluye que el agua distribuida a la población encuestada del acueducto la Hondita hojas Anchas no está directamente relacionada con el estado de salud de la comunidad de este estudio. Aun así, las personas deben empoderarse en pro de un agua de calidad y el acueducto debe de garantizar una adecuada participación, sabiendo que es más económico invertir en medidas preventivas que correctivas.

Los resultados de esta investigación se constituyen en insumos para la toma de decisiones y refuerzan el compromiso del acueducto para prevención de materialización de riesgos en la operación, estructura de la red y posteriormente en la salud de la población atendida.

Durante el desarrollo de la investigación se llevaron a cabo todas las actividades que estaban contempladas específicamente dentro de la planeación previa y que aportaron significativamente más valor a los resultados logrados, convirtiéndose en oportunidades de aprendizaje propias de los investigadores y el fortalecimiento del acueducto la Hondita Hojas Anchas.

Si la administración del acueducto la Hondita Hojas anchas, desea continuar con el proceso de investigación, de evaluación y control de su desempeño, contará con insumos necesarios y una gran cantidad de experiencia en todo lo relacionado con la identificación de riesgos y el estado de su infraestructura operacional, algunos de estos insumos son:

- Lista de chequeo que incluye los riesgos identificados en la red de

distribución y en la operación del acueducto

- Matriz de riesgo
- Un análisis sociodemográfico
- Se deja el recorrido por la red de distribución en GPS, que sirve como guía para los visitantes o nuevos empleados
- Se cuenta con la transcripción de las encuestas aplicadas que incluyen las preguntas de interés, pero además de esto el pensamiento y la percepción de los usuarios

Producto de los resultados de esta investigación surgen los siguientes interrogantes:

- ¿El acueducto adopta y cumple con los requisitos estipulados en la Resolución 1096 del 2000, por la cual se adopta el Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, en su numeral A, en su diseño y estructura en general?
- ¿Está el personal del acueducto preparado para la realización de procedimientos y aplicación de sustancias utilizadas en los procesos de potabilización, teniendo en cuenta que el análisis de las muestras arroja diferentes resultados negativos?
- ¿A qué otros factores de riesgo socioambientales está expuesta la salud de la población, teniendo en cuenta que la mayoría de la población encuestada son mayores de 45 años?
- ¿Cuáles son las estrategias pedagógicas de uso eficiente del agua que utiliza el acueducto para los diferentes grupos poblacionales, teniendo en cuenta su nivel educativo y su accesibilidad a los diferentes servicios públicos?

12. Referencias

1. ONU - DAES. Departamento de Asuntos Económicos y sociales de Naciones Unidas. [Internet]. El derecho humano al agua y al saneamiento. 2014 [citado 26 de febrero de 2019]. Disponible en: http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml
2. Guerinoni G. Equipo Técnico Regional de Agua y Saneamiento. ETRAS [Internet]. Calidad de agua y salud pública. 2013 [citado 28 de febrero de 2019]. Disponible en: <http://www.paho.org/blogs/etras/?p=1105>
3. United Nations Children's Fund (UNICEF). Unicef[for every child [Internet]. Diarrhoeal disease - UNICEF DATA. 2018 [citado 23 de abril de 2019]. Disponible en: <https://data.unicef.org/topic/child-health/diarrhoeal-disease/>
4. Arias B, Diana B, Zafra C. Mapa de riesgos para la calidad del agua en sistemas de abastecimiento municipales . Un caso colombiano Risk map for the water quality of municipal supply systems . 2014;4:55-68.
5. Rubio Cebrián S, Ramón Repullo Labrador Beltrán Rubio González J. Diccionario de gestión y administración sanitaria. 2018;523. Disponible en: <http://publicaciones.isciii.es>
6. Espada B. SOBREHISTORIA.COM [Internet]. Las civilizaciones antiguas del mundo - SobreHistoria.com. 2018 [citado 23 de abril de 2019]. Disponible en: <https://sobrehistoria.com/las-civilizaciones-antiguas/>
7. OMS. Organización Mundial de la Salud [Internet]. Agua. 2018 [citado 27 de abril de 2019]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
8. Graham JP, Hirai M, Kim S-S. An Analysis of Water Collection Labor among Women and Children in 24 Sub-Saharan African Countries. Vitzthum VJ, editor. PLoS One [Internet]. 1 de junio de 2016 [citado 27 de abril de 2019];11(6):e0155981. Disponible en: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0155981>
9. Organización Mundial de la Salud. Organización Mundial de la Salud [Internet]. Agua, saneamiento y salud (ASS). World Health Organization; 2015 [citado 25 de febrero de 2019]. Disponible en: https://www.who.int/water_sanitation_health/mdg1/es/
10. Ospina Rojo CM, Holguín Ofir H, Castañeda Naranjo ÀM, Marín Palacio DM, Ballesteros MJ, Cadavid ME. Mortalidad. En 2010 [citado 28 de abril de 2019]. p. 1-78. Disponible en: <http://www.dssa.gov.co/index.php/descargas/251-capituloestructuramortalidad/file>

11. María Del Puerto-Rodríguez A, Rojas MC, Margarita A, Fernández I. CALIDAD DEL AGUA Y ENFERMEDADES DE TRANSMISIÓN DIGESTIVA [Internet]. Vol. 15, Rev Cubana Med Gen Integr. 1999 [citado 25 de febrero de 2019]. Disponible en: http://bvs.sld.cu/revistas/mgi/vol15_5_99/mgi01599.pdf
12. Pérez A, Torres Patricia, Cruz C. Planes de seguridad del agua. Fundamentos y perspectivas de implementación en Colombia [Internet]. Vol. 29, DICIEMBRE DE. 2009 [citado 28 de abril de 2019]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v29n3/v29n3a13.pdf>
13. República de Colombia. Ministerio de La Protección social. Decreto 1575 de 2007 [Internet]. 2007. Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Disponibilidad-del-recurso-hidrico/Decreto-1575-de-2007.pdf>
14. Gobernación de Antioquia. Departamento Administrativo de Planeación (DAP). Dirección Sistemas de Indicadores. Anuario Estadístico de Antioquia 2014 [Internet]. Cobertura de acueducto en los municipios de Antioquia. Año 2014. 2014 [citado 25 de febrero de 2019]. Disponible en: <http://antioquia.gov.co/images/pdf/anuario2014/es-CO/capitulos/indicadores/servicios/cp-14-9-2.html?url=http://antioquia.gov.co/images/pdf/anuario2014/es-CO/capitulos/indicadores/servicios.html>
15. Gobernación de Antioquia. Departamento Administrativo de Planeación (DAP). Dirección Sistemas de Indicadores. Anuario Estadístico de Antioquia 2014 [Internet]. Cobertura de agua potable en los municipios de Antioquia. Año 2014. 2015 [citado 25 de febrero de 2019]. Disponible en: <http://antioquia.gov.co/images/pdf/anuario2014/es-CO/capitulos/indicadores/servicios/cp-14-9-1.html?url=http://antioquia.gov.co/images/pdf/anuario2014/es-CO/capitulos/indicadores/servicios.html>
16. Antioquia. Alcaldía Municipal de Guarne. Alcaldía de Guarne [Internet]. Mi Municipio. 2019 [citado 26 de febrero de 2019]. Disponible en: <http://www.guarne-antioquia.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Economia.aspx>
17. Hernandez Vasquez L, Chamizo Garcia H, Mora Alvarado D. Revista costarricense de salud pública. [Internet]. Vol. 20, Revista Costarricense de Salud Pública. Asociación Costarricense de Salud Pública; 2011 [citado 28 de abril de 2019]. 25-30 p. Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-14292011000100004
18. Gonzales G, Valencia L. Morbilidad sentida de las urgencias médica y la utilización de los servicios de salud en Medellín, Colombia. 2007. 180-189 p.

19. República de Colombia. Ministerio de Salud y Protección Social. Ministerio de Vivienda- Ciudad y Territorio. RESOLUCIÓN NÚMERO 000549 de 2017 [Internet]. 2017. Disponible en: [https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resolucion No.0549 de 2017.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resolucion_No.0549_de_2017.pdf)
20. Antioquia. Alcaldía Municipal de Guarne. Alcaldía de Guarne [Internet]. Información del Municipio. 2019 [citado 26 de febrero de 2019]. Disponible en: <http://www.guarne-antioquia.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>
21. Antioquia. Alcaldía Municipal de Guarne. Alcaldía de Guarne [Internet]. Mi Municipio. 2019 [citado 26 de febrero de 2019]. Disponible en: <http://www.guarne-antioquia.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Ecologia.aspx>
22. Superservicios Superintendencia delegada de acueducto- alcantarillado y aseo. Grupo pequeños prestadores. Evaluación Integral de Gestión del Prestador. 2013.
23. Castaño J, García J. Elementos para elaborar el plan emergencia y contingencia en el sistema de abastecimiento de agua potable la Hondita-Hojas anchas del municipio de Guarne, 2017. Universidad de Antioquia. Facultad Nacional de Salud Pública; 2017.
24. Alvarez A, Cirilo L. Tema 4: La Hidrosfera. [Internet]. [citado 9 de marzo de 2019]. Disponible en: http://www.apuntesmareaverde.org.es/grupos/cn/Temas_1/1_Tema_04_La_hidrosfera.pdf
25. Diaz G. Alimentos: Historia, presente y futuro [Internet]. 1°. Buenos Aires; 2014 [citado 28 de abril de 2019]. Disponible en: <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Montevideo/pdf/ED-DAR-Arg-16-Alimentos.pdf>
26. Riverón Corteguera RL. FISIOPATOLOGÍA DE LA DIARREA AGUDA* [Internet]. Vol. 71, Rev Cubana Pediatr. 1999 [citado 28 de abril de 2019]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ped/v71n2/ped05299.pdf>
27. Apella MC, Araujo PZ. Microbiología de agua. [Internet]. [citado 28 de abril de 2019]. Disponible en: <http://www.ine.es/normativa/leyes/incinor.htm>
28. Beleño I. El 50% del agua en Colombia es de mala calidad [Internet]. Unimedios. 2011 [citado 28 de abril de 2019]. Disponible en: <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/el-50-del-agua-en-colombia-es-de-mala-calidad.html>
29. Hunter PR, MacDonald AM, Carter RC. Water Supply and Health. PLoS Med

- [Internet]. 9 de noviembre de 2010 [citado 9 de marzo de 2019];7(11):e1000361. Disponible en: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pmed.1000361>
30. PNUD. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [Internet]. Agua limpia y saneamiento. 2019 [citado 28 de abril de 2019]. Disponible en: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-6-clean-water-and-sanitation.html>
 31. Giraldo Gloria. Manual de análisis de aguas [Internet]. Universidad Nacional de Colombia; 1995 [citado 6 de agosto de 2019]. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/50540/1/manualdeanalisisdeaguas.pdf>
 32. Arturo Rocha. La bocatoma, estructura clave en un proyecto de aprovechamiento hidráulico [Internet]. 2003 [citado 8 de agosto de 2019]. Disponible en: http://www.imefen.uni.edu.pe/Temas_interes/ROCHA/La_bocatoma.PDF
 33. OPS. Guia para el diseño de desarenadores y sedimentadores [Internet]. Lima; 2005 [citado 8 de agosto de 2019]. Disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/158esp-diseno-desare.pdf>
 34. indefinido. Diseño de línea de conducción y red de distribución [Internet]. 2019 [citado 8 de agosto de 2019]. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/deschamps_g_e/capitulo3.pdf
 35. Casero David. Módulo IV: abastecimientos y Saneamientos Urbanos [Internet]. 2007 [citado 8 de agosto de 2019]. Disponible en: http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45471/componente45469.pdf
 36. MALDONADO V, VARGAS L, BARRENECHEA A. Tratamiento de agua para consumo humano Plantas de filtración rápida. 2004;(CAPITULO 1 ASPECTOS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA). Disponible en: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:ASPECTOS+FISICOQUÍMICOS+DE+LA+CALIDAD+DEL+AGUA#1%5Cnhttp://cdam.miam.gov.pe:8080/bitstream/123456789/109/2/CDAM0000012-2.pdf>
 37. Ramirez S. Redes de Distribución de Energía [Internet]. 2004 [citado 28 de abril de 2019]. Disponible en: http://bdigital.unal.edu.co/3393/1/958-9322-86-7_Parte1.pdf
 38. Ruiz-Cortines Boulevard Adolfo. Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable [Internet]. 2016 [citado 4 de abril de 2019]. Disponible en: <http://aneas.com.mx/wp-content/uploads/2016/04/SGAPDS-1-15-libro12.pdf>

39. Ospina Bernal AF. Construcción del acueducto multiveredal tocaima, el carbón, la pava y piedras en el municipio de Alejandría, departamento de Antioquia. 5 de septiembre de 2017 [citado 29 de abril de 2019]; Disponible en: <http://repository.ucc.edu.co/handle/ucc/5543>
40. Amezcuita C, Perez A, Torres P. Evaluación del Riesgo en sistemas de distribución de agua potable en el marco de un plan de seguridad del agua. Rev EIA [Internet]. 2014 [citado 29 de abril de 2019];11. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.14508/reia.2014.11.21.159>
41. Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente vivienda y desarrollo territorial. Resolución número 2115 de Junio de 2007 [Internet]. 2007 [citado 8 de agosto de 2019]. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislación_del_agua/Resolución_2115.pdf
42. Torres Patricia, Cruz Camilo PP. Indices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano, una revisión crítica. RSC Theor Comput Chem Ser. 2009;2018-Janua(13):386-423.
43. Virtualpro. Aguas con el agua de la llave, podría estar contaminada [Internet]. 2018 [citado 29 de abril de 2019]. Disponible en: <https://www.virtualpro.co/noticias/aguas-con-el-agua-de-la-llave-podria-estar-contaminada>
44. OMS. Lucha contra las enfermedades transmitidas por el agua en los hogares [Internet]. 2007 [citado 29 de abril de 2019]. Disponible en: https://www.who.int/household_water/advocacy/combating_disease_es.pdf
45. OMS. Notas descriptivas [Internet]. Notas descriptivas. 2019 [citado 4 de abril de 2019]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets>
46. OMS. El informe de este año de un vistazo. WHO [Internet]. 2018 [citado 29 de abril de 2019]; Disponible en: <https://www.who.int/malaria/media/world-malaria-report-2018/es/>
47. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Objetivos de Desarrollo Sostenible | PNUD [Internet]. 2019 [citado 4 de abril de 2019]. Disponible en: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
48. Instituto Nacional de Salud. Protección y Control de Calidad del Agua para Consumo Humano [Internet]. 2017 [citado 29 de abril de 2019]. Disponible en: www.ins.gov.co
49. Correa J, Ramirez R, Prieto D, Silva C. Morbilidad sentida y su relación con la

autopercepción de la condición física en escolares de Bogotá, Colombia Estudio Fuprecol [Internet]. Vol. 23, Revista Brasileira De Ciência & Movimento. 2015 [citado 29 de abril de 2019]. 318 p. Disponible en: <https://pure.urosario.edu.co/es/publications/morbilidad-sentida-y-su-relación-con-la-autopercepcion-de-la-con>

50. Real Academia Española. Morbilidad. Dicc la Leng Española. 2019;
51. Pineault R, Daveluy C. La planificación sanitaria: conceptos, métodos, estrategias. Barcelona: Masson. 1987;
52. Ministerio de la Protección social, Universidad de Antioquia. Análisis de la situación de salud en Colombia 2002-2007 [Internet]. 2010 [citado 29 de abril de 2019]. Disponible en: [https://www.minsalud.gov.co/Documentos_y_Publicaciones/ASIS-Tomo III--Morbilidad y mortalidad de la población colombiana.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Documentos_y_Publicaciones/ASIS-Tomo_III--Morbilidad_y_mortalidad_de_la_población_colombiana.pdf)
53. Significados.com. Significados [Internet]. Significado de Morbilidad. 2018 [citado 29 de abril de 2019]. Disponible en: <https://www.significados.com/morbilidad/>
54. Pabón A. Población y morbilidad general: morbilidad sentida, 1977-1980. Bogotá Minist Salud. 1983;1.
55. Regidor E. Fuentes de información de mortalidad y morbilidad. En Medicina Clínica. Barcelona. 1992;99:183-7.
56. Álvarez C. Glosario de términos para la administración y gestión de los servicios sanitarios. Ediciones Díaz Santos. 1998;
57. Cairncross S, Blumenthal U, Kolsky P, Tayeh A. The public and domestic domains in the transmission of disease. Trop Med Int Heal. 1996;1:27-34.
58. OPS. Planes de Seguridad del Agua en el sector rural de Caldas [Internet]. Bogotá; 2012 [citado 29 de abril de 2019]. Disponible en: https://www.paho.org/col/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=publicaciones-ops-oms-colombia&alias=1385-planes-de-seguridad-del-agua-en-caldas&Itemid=688
59. Lopez J, Olivera E, Rey G, Nava G. Manual de Instrucciones para la Toma, Preservación y Transporte de Muestras de Agua de Consumo Humano para analisis de Laboratorio [Internet]. Bogotá D.C.; 2011 [citado 29 de abril de 2019]. Disponible en: [https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacion SIVICAP/2011 Manual toma de muestras agua.pdf](https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacion/SIVICAP/2011_Manual_toma_de_muestras_agua.pdf)
60. Consorci Sanitari de Barcelona. Los trihalometanos (THM) en el agua de consumo Documento informativo [Internet]. [citado 4 de agosto de 2019]. Disponible en:

http://www.aspb.cat/quefem/documents_informes_salut_barcelona.htm

61. División de Salud Pública de Carolina del Norte. Hoja informativa sobre las bacterias coliformes en los pozos de agua privada [Internet]. 2009 [citado 26 de agosto de 2019]. Disponible en: www.ncdhhs.gov/espanol
62. Gottau G. vitónica [Internet]. ¿Qué sucede si hay exceso de hierro en el organismo? 2013 [citado 26 de agosto de 2019]. Disponible en: <https://www.vitonica.com/minerales/que-sucede-si-hay-exceso-de-hierro-en-el-organismo>
63. Barrenechea A. Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua [Internet]. 2001 [citado 26 de agosto de 2019]. Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>
64. Barrenechea-Martel A. ASPECTOS FISICOQUÍMICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA. En: Tratamiento de agua para consumo humano Plantas de filtración rápida [Internet]. 2004 [citado 26 de febrero de 2019]. Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>
65. Cassassuce F. Instituto de Tecnologías Rurales A.C. [Internet]. Aluminio en el agua y sus efectos a la salud . 2016 [citado 26 de agosto de 2019]. Disponible en: <https://www.agualimpia.mx/blogs/news/144060167-aluminio-en-el-agua-y-sus-efectos-a-la-salud>
66. Departamento del Meta. Encuesta Perfil Sociodemografico Y Morbilidad Sentida V1. 2015.
67. Ministerio de la Protección Social, Universidad de Antioquia, Facultad Nacional de Salud Pública. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA [Internet]. 2010 [citado 29 de agosto de 2019]. Disponible en: https://www.minsalud.gov.co/Documentos_y_Publicaciones/ASIS-Tomo_III--Morbilidad_y_mortalidad_de_la_población_colombiana.pdf
68. Wohl LH. Posibles efectos en la salud relacionados con nitratos y nitritos en agua de pozos privados [Internet]. 2006 [citado 1 de mayo de 2019]. Disponible en: https://cchealth.org/eh/small-water/pdf/nitrate_fact_sheet_pww_es.pdf
69. OMS. Enfermedades diarreicas [Internet]. 2017 [citado 29 de abril de 2019]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/diarrhoeal-disease>
70. SIVIGILA. Eventos_Salud_Publica_por_Municipio_2007_2017. 2018.
71. SIVIGILA. DiezPrimerasCausasporConsulta_Total_Dpto_2017. 2018.

14. Anexos

Anexo 1. Lista de chequeo para la identificación de riesgos en la red de distribución.

LISTA DE CHEQUEO PARA EL IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN			
Aspectos generales de la red de distribución			
Estado operativo del sistema de distribución	Cumple	No cumple	Descripción de lo observado
1. Planos de la red de distribución detallados			
2. Red de distribución está sectorizada			
3. Zonas donde existe riesgo de contaminación de la red			
4. Registro estadístico de las roturas de tubería y sus causas.			
5. Válvulas, purgas e hidrantes para drenar el agua de las tuberías están operables.			
6. Equipos y accesorios mínimos para el control de operación de la red.			
6. Red de distribución está instrumentada.			
Mantenimiento de la red de distribución	Cumple	No cumple	Descripción de lo observado
7. Personal encargado de la operación y mantenimiento de la red de distribución está certificado en sus competencias laborales.			
2. Equipos y materiales apropiados para labores de mantenimiento.			
8. Equipos para detección de fugas no visibles			
9. Fugas y daños son atendidos oportunamente			
10. Procedimientos para reparación de daños de tuberías y accesorios que eviten la contaminación hacia el interior de las tuberías.			
Control de calidad del agua distribuida	Cumple	No cumple	Descripción de lo observado
11. Tanques y otras estructuras del sistema de distribución se limpian y desinfectan periódicamente			
12. Quejas sobre mala calidad del agua se atienden oportunamente.			

LISTA DE CHEQUEO PARA EL IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Aspectos generales de la red de distribución

Estado operativo del sistema de distribución	Cumple	No cumple	Descripción de lo observado
13. Toma, preservación y transporte de muestras se hace de acuerdo al Manual de Instrucciones del Instituto Nacional de Salud - INS.			

14. Equipos portátiles para la toma de cloro residual y pH

Estado y pertinencia de las instalaciones.	Cumple	No cumple	Descripción de lo observado
15. Vía(s) de acceso está(n) en buen estado.			

15. Vía(s) de acceso está(n) en buen estado.

16. Alrededores de las instalaciones de la red libres de obstáculos.

17. Limpieza eficiente de los alrededores de la red

18. Estado físico de la red es adecuado

19. Los tramos de la red están expuestos a inundaciones

20. Los tramos están expuestos a deslizamientos o derrumbes

21. La zona donde se ubica la red están expuestas a contaminación por agroquímicos

22. Realizan todos los ensayos físicos, químicos y microbiológicos de control en la red de distribución, de acuerdo a las condiciones establecidas en el Capítulo V de la Resolución 2115 de 2007 o la norma que la modifique, adicione o sustituya

23. Intervención y/o actividades humanas que generen impactos negativos a la cuenca o a la quebrada del sistema de abastecimiento

24. Presencia de vertimientos de aguas residuales

25. Hay disposición de residuos sólidos cerca la red


26. Las instalaciones están ubicadas en un lugar alejado de focos de contaminación

LISTA DE CHEQUEO PARA EL IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Aspectos generales de la red de distribución

Estado operativo del sistema de distribución	Cumple	No cumple	Descripción de lo observado
27. Se controla el crecimiento de maleza alrededor del sistema de abastecimiento de agua			

Anexo 2. Encuesta perfil sociodemográfico y morbilidad sentida.

	ENCUESTA PERFIL SOCIODEMOGRAFICO Y MORBILIDAD SENTIDA	CÓDIGO:	
		VERSIÓN:	01

INSTRUCTIVO: El siguiente cuestionario permite al encuestado reportar signos y síntomas relacionados con el consumo de agua de potable del acueducto la Hondita Hojas Anchas.

Nombre Completo:
N°de Documento:

1. Qué edad tiene: _____
2. Estado Civil: _____
3. Sexo _____
4. Con cuantas personas viven dentro de la vivienda _____
5. Nivel de escolaridad _____
6. Tipo de vivienda: a) Propia, b) arrendada, c) Compartida con otra familia
7. Cuanto tiempo pasa en la vivienda _____
8. Cuánto tiempo lleva suscrito al acueducto _____
9. Ocupación _____
10. Practica algún deporte _____ ¿Cuál? _____
11. Padece alguna enfermedad: _____ ¿Cuál? _____
12. Toma algún medicamento: _____ ¿Cuál? _____
13. Cada cuanto asiste al medico _____

Indique cuales de los siguientes síntomas ha experimentado con frecuencia en los últimos seis (6) meses

SINTOMA	SI	NO	OBSERVACIONES
Diarrea (aguda, con baba, leve)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Dolor abdominal intenso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Dolores musculares	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Calambres en las piernas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Fiebre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Dolor de cabeza	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Gastritis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Otras alteraciones del funcionamiento digestivo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Vómito, nauseas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Deshidratación		
Dolor de garganta	<input type="checkbox"/>	
Alteración o irritación en la piel		
Aftas en la boca	<input type="checkbox"/>	
Dolor en las articulaciones		
Hipertensión	<input type="checkbox"/>	
Cáncer de algún tipo		
Diabetes	<input type="checkbox"/>	
Problemas de circulación		
Lesiones renales	<input type="checkbox"/>	
Alteraciones en la piel		
¿Ha tenido usted o algún miembro de su familia parasitosis o amebiasis?	<input type="checkbox"/>	

En el tiempo que lleva suscripto al acueducto ha notado:

Uso y consumo del agua	SI	NO	POR QUE / C OBSERVACIONES
¿Un olor diferente en el agua?	<input type="checkbox"/>		
¿Un Sabor diferente en el agua?			
¿Un Olor diferente en el agua?	<input type="checkbox"/>		
¿Un Color diferente en el agua?			
¿Hierve el agua antes de consumirla?	<input type="checkbox"/>		
¿Almacena agua en recipientes después de recolectarla?			
¿Utiliza filtros de agua?	<input type="checkbox"/>		
¿Hace uso de fuentes alternas de agua?			
¿Consume agua directamente de la llave?	<input type="checkbox"/>		
¿Adiciona algún tipo de químico al agua?			
¿Ha realizado o han realizado reformas en la tubería de su hogar?	<input type="checkbox"/>		
¿Existen daños en la tubería fuera de su hogar que pueda deteriorar el agua que consume?			

Anexo 3. Consentimiento informado



FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA “MORBILIDAD SENTIDA Y RELACION CON LA CALIDAD DEL AGUA DEL ACUEDUCTO DE LA HONDITA- HOJAS ANCHAS. MUNICIPIO DE GUARNE, 2017”

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Trabajo de investigación busca relacionar la morbilidad sentida de los usuarios del acueducto la Hondita-hojas anchas con la calidad del agua y riesgos presentes en la red de distribución

Procedimientos del estudio

Si usted acepta participar en el estudio, responderá a una encuesta de morbilidad sentida y permitirá además que se pueda realizar observación directa y hacer toma de muestras de cloro residual, pH y turbiedad en el agua de la vivienda.

Beneficios

El beneficio directo que usted recibe con este estudio, son las mejoras en los procesos de desinfección y conducción del agua que llega hasta su hogar aportando bienestar en su salud previniendo enfermedades futuras

Si tiene alguna inquietud con la investigación se puede comunicar con el administrador del acueducto la Hondita Hojas Anchas al número telefónico 551 10 07

Riesgos

La participación en este estudio no genera ningún riesgo para usted y su familia. No tendrán que realizar aportes de ninguna clase, específicamente económicos.

Derechos

Usted es libre de participar en esta investigación. Así como acepta, en cualquier momento puede retirarse, sin que esto implique para usted o su familia algún perjuicio.

Confidencialidad

Solo el equipo del estudio sabrá que usted, está participando de este estudio. Los

datos del estudio solo se utilizarán con fines académicos, no se entregará ni distribuirá con otros fines diferentes. Cuando los resultados del estudio sean divulgados y publicados, usted no será identificado por el nombre.

SU FIRMA (O HUELLA DIGITAL) INDICA QUE USTED HA DECIDIDO PARTICIPAR VOLUNTARIAMENTE EN ESTE ESTUDIO HABIENDO LEÍDO (O ESCUCHADO) LA ANTERIOR INFORMACIÓN

Nombre del encuestado

Fecha

Firma del encuestado

Anexo 4. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos a medir según IRCA en el sitio y en laboratorio

Variable	Descripción de la variable	Naturaleza	Nivel de medición	de	Categorías o valores
PH	Coeficiente que indica el nivel de acidez o basicidad en el agua	Cuantitativa	Continua		7 neutro <de 7 básico o alcalino >7 ácido
Cloro residual libre	Cantidad de cloro necesaria para inactivar microorganismo patógeno	Cuantitativa	Continua		Igual a 0.5 ppm a la salida del tanque de almacenamiento y no menor a 2 ppm en el lugar más lejano
<i>E. coli</i>	Bacteria gramnegativa que puede producir enfermedades en las personas	Cuantitativa	Discreta		0 UFC/100 cm ³
Coliformes totales y fecales	Indicadores sanitarios de calidad del agua (microorganismos patógenos)	Cuantitativa	Discontinua		0 UFC/100 cm ³

Anexo 5. Variables de caracterización demográfica.

Variable	Descripción	Naturaleza	Nivel de medición
Edad	En años cumplidos	Cuantitativa	Discreta
Sexo	Masculino o Femenino	Cualitativa	Nominal
Grado de escolaridad	Nivel de estudios realizados	Cualitativa	Ordinal
Integrantes del hogar	Número de personas que habitan en la vivienda	Cuantitativa	Discreta
Ocupación u oficio	Tipo de trabajo que desempeña	Cualitativa	Nominal
Características vivienda	Características de la vivienda	Cualitativa	Nominal
Dirección de la vivienda	Ubicación geográfica	Cualitativa	Nominal
Estado civil	Soltero, casado, viudo, unión libre	Cualitativa	Nominal
Hijos	Número de hijos que residen en la vivienda	Cuantitativa	Discreta