

| | | | | |
|---|---|-------------------|----------------|----------|
|  | UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA | | | |
| | Documento | Código | Fecha | Revisión |
| FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO | F-AC-DBL-007 | 10-04-2012 | A | |
| Dependencia | Aprobado | | Pág. | |
| DIVISIÓN DE BIBLIOTECA | SUBDIRECTOR ACADÉMICO | | iii(77) | |

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

| | | | |
|---|--|-------------------------|------------------|
| AUTORES | JORDY ADALBERTO NAVARRO BENAVIDES YAMIL ALEXIS CLAVIJO OVALLE | | |
| FACULTAD | CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE | | |
| PLAN DE ESTUDIOS | INGENIERÍA AMBIENTAL | | |
| DIRECTOR | JUAN CARLOS RODRIGUEZ OSORIO | | |
| TÍTULO DE LA TESIS | EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA QUEBRADA PERALONSO COMO FUENTE DE ABASTECIMIENTO PARA LA COMUNIDAD DEL CORREGIMIENTO DE MONTECITOS, MUNICIPIO DE RIO DE ORO, CESAR | | |
| RESUMEN (70 palabras aproximadamente) | | | |
| <p>EN ESTA INVESTIGACIÓN SE EVALUÓ LA VARIACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA QUEBRADA PERALONSO COMO FUENTE DE ABASTECIMIENTO PARA LA COMUNIDAD DEL CORREGIMIENTO DE MONTECITOS, MUNICIPIO DE RIO DE ORO, CESAR, A TRAVÉS DEL MONITOREO DE VARIABLES FISICOQUÍMICAS E INDICADORES BIOLÓGICOS, MEDIDOS EN TRES SITIOS DE LA CUENTA ALTA, MEDIA Y BAJA DE LA QUEBRADA. LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS MONITOREADAS INDICAN QUE SE PRESENTA VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AGUA</p> | | | |
| CARACTERÍSTICAS | | | |
| PÁGINAS: 77 | PLANOS: 0 | ILUSTRACIONES: 0 | CD-ROM: 1 |



Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104
 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA QUEBRADA PERALONSO COMO
FUENTE DE ABASTECIMIENTO PARA LA COMUNIDAD DEL CORREGIMIENTO DE
MONTECITOS, MUNICIPIO DE RIO DE ORO, CESAR

AUTORES:

JORDY ADALBERTO NAVARRO BENAVIDES

YAMIL ALEXIS CLAVIJO OVALLE

Trabajo para optar el título de Ingeniero Ambiental

Director

JUAN CARLOS RODRIGUEZ OSORIO

Ingeniero Ambiental

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

PLAN DE ESTUDIOS INGENIERÍA AMBIENTAL

Agradecimientos

Primero le agradezco a dios por darme salud y entendimiento para poder culminar esta meta. y a su vez agradezco a toda mi familia por su incondicional apoyo, por todos sus sacrificios y ayuda tanto en mi formación profesional como en mi formación personal.

A la Ingeniera Jenny Lozano Lázaro por su apoyo continuo durante todo el curso de mis estudios profesionales, por su paciencia y su dedicación en este proyecto.

Al Ingeniero Juan Carlos Rodríguez Osorio por su apoyo incondicional como persona y docente brindándome siempre todo su conocimiento para ser un mejor profesional

Y por último, a todas las personas que están y estuvieron involucradas en mi desarrollo profesional, y que han hecho de este, un logro más.

Índice

| | |
|---|----------|
| Capítulo 1. Evaluación de la calidad del agua de la quebrada PERALONSO como fuente de abastecimiento para la comunidad del corregimiento de Montecitos, municipio de Rio de Oro, Cesar | 1 |
| 1.1 Planteamiento del problema | 1 |
| 1.2 Formulación del problema | 2 |
| 1.3 Objetivos | 2 |
| 1.3.1 General. | 2 |
| 1.3.2 Específicos. | 3 |
| 1.4 Justificación | 3 |
| 1.5 Delimitaciones | 4 |
| 1.5.1 Operativa. | 4 |
| 1.5.2 Conceptual. | 5 |
| 1.5.3 Geográfica. | 5 |
| 1.5.4 Temporal. | 5 |
| | |
| Capítulo 2. Marco referencial | 6 |
| 2.1 Antecedentes | 6 |
| 2.2 Marco histórico | 7 |
| 2.3 Marco Contextual | 10 |
| 2.4 Marco Conceptual | 10 |
| 2.4.1 Parámetros Físicoquímicos | 10 |
| 2.4.2 Parámetros microbiológicos. | 11 |
| 2.4.3 Calidad del agua | 11 |
| 2.4.4 Diagnostico | 12 |
| 2.4.5 Evaluación | 12 |
| 2.4.6 Salud Pública | 12 |
| 2.4.7 Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA). | 12 |
| 2.4.8 Índice de riesgo municipal por abastecimiento de agua para consumo humano (IRABAM). | 13 |
| 2.4.9 Índice de calidad de agua | 13 |
| 2.4.10 Muestreo | 14 |
| 2.4.11 Tipos de Muestra. | 14 |
| 2.5 Marco Teórico | 15 |
| 2.5.1 Estándares de calidad de agua cruda para seleccionar un sistema de potabilización en Colombia | 15 |
| 2.5.2 Índices de calidad del agua en Colombia. | 16 |
| 2.5.3 Agua Tratada. | 17 |
| 2.5.4 Parámetros de calidad del agua potable | 19 |
| 2.6 Marco Legal | 25 |
| 2.6.1 Decreto 1575 del 9 de mayo del 2007 | 25 |
| 2.6.2 Resolución 2115 del 22 de junio del 2007 | 25 |
| 2.6.3 Documentación técnico normativa del sector de agua potable y saneamiento básico del 1, noviembre de 2.000 RAS-2000. | 26 |

| | |
|--|-----------|
| 2.6.4 Resolución 082 del 16 de enero del 2009 | 26 |
| 2.6.5 Formulario único de acta de inspección sanitaria a los sistemas de suministro de agua para consumo humano. | 26 |
| 2.6.6 Formulario para evaluar el concepto sanitario por persona prestadora del servicio público de acueducto. | 27 |
| 2.6.7 Formulario de procedimiento de evaluación para expedir la certificación sanitaria municipal o distrital. | 27 |
| 2.6.8 Resolución 811 del 5 de marzo del 2008. | 27 |
| Capítulo 3. Diseño Metodológico | 28 |
| 3.1 Tipo de Investigación | 28 |
| 3.2 Población | 28 |
| 3.3 Muestras | 29 |
| 3.4 Estructura del diseño metodológico | 30 |
| 3.5 Análisis de información | 31 |
| 3.5.1 Cálculo de índice de calidad de agua (ICA) | 32 |
| 3.5.2 Calculo del IRCA e IRABAm | 33 |
| Capítulo 4. Presentación de resultados | 35 |
| 4.1 Para la ejecución del presente proyecto se llevó a cabo el desarrollo de la metodología por medio de las siguientes etapas | 35 |
| 4.2 Análisis de la calidad del agua de la Quebrada Peralonso | 43 |
| 4.2.1 Índice de riesgo de la calidad del agua (IRCA) | 46 |
| 4.2.2 Punto 2 Planta de tratamiento (PTAP) | 46 |
| 4.2.3 Punto 3 vivienda del corregimiento de montecitos | 48 |
| 4.2.4 Calculo del IRABAm | 49 |
| 4.3Estrategias de Mejoramiento del Sistema de abastecimiento de agua. | 51 |
| Capítulo 5. Conclusiones | 52 |
| Capítulo 6. Recomendaciones | 53 |
| Referencias | 54 |
| Apéndice | 62 |

Lista de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Criterios de calidad para destinación del recurso para consumo humano | 28 |
| Tabla 2 Características físicas | 37 |
| Tabla 3 Características microbiológicas | 37 |
| Tabla 4 Características químicas | 37 |
| Tabla 5 Muestra de agua | 42 |
| Tabla 6 Clasificación de la calidad del agua según los valores que tome el ica | 45 |
| Tabla 7 Análisis de la calidad del agua de la Quebrada Peralonso | 57 |
| Tabla 8 Punto 2 Planta de tratamiento (PTAP) | 60 |
| Tabla 9 Punto 3 vivienda del corregimiento de montecitos | 48 |

Lista de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Estructura del diseño metodológico | 30 |
| Figura 2. Captación | 50 |
| Figura 3. Desarenador | 38 |
| Figura 4. Línea de aducción | 39 |
| Figura 5. Decantador | 40 |
| Figura 6. Filtración | 41 |
| Figura 7. Desinfección | 42 |
| Figura 8. Almacenamiento | 43 |
| Figura 9. Índice de Contaminación por Mineralización | 45 |
| Figura 10. Índice de contaminación por solidos suspendidos | 45 |
| Figura 11. Punto 1 Bocatoma | 46 |
| Figura 12. Punto 2 Planta de Tratamiento | 60 |
| Figura 13. Punto 3 vivienda del corregimiento de montecitos | 49 |

Resumen

En esta investigación se evaluó la variación de la calidad del agua de la quebrada PERALONSO como fuente de abastecimiento para la comunidad del corregimiento de Montecitos, municipio de Rio de Oro, Cesar, a través del monitoreo de variables fisicoquímicas e indicadores biológicos, medidos en tres sitios de la cuenta alta, media y baja de la quebrada.

Las variables fisicoquímicas monitoreadas indican que se presenta variación de la temperatura del agua, el oxígeno disuelto y la conductividad eléctrica, lo que se debe principalmente a las diferencias de hora de muestreo y al ingreso de sustancias contaminantes que aumentan la conductividad eléctrica y reducen el oxígeno disuelto en la cuenca media y baja de la quebrada.

Por su parte, los índices bióticos empleados sugieren que la quebrada PERALONSO como fuente de abastecimiento para la comunidad del corregimiento de Montecitos, municipio de Rio de Oro, Cesar posee aguas de moderada a fuertemente contaminadas y/o de baja calidad.

Introducción

El agua es un recurso imprescindible para la sobrevivencia de los seres humanos, lo cual ha generado que históricamente las comunidades se hayan asentado en cercanías a las fuentes hídrica (Ramírez, 2011). Dicha proximidad aunada a la poca gestión ha conllevado a la modificación de la calidad y disponibilidad del recurso, lo que se debe principalmente al desarrollo de actividades antrópicas como vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales, destrucción de hábitats, modificación del régimen hídrico, entre otros (Reyes, 2001).

Esto ha conducido a la reducción considerable de la calidad del agua de muchos ecosistemas acuáticos, principalmente aquellos que atraviesan zonas urbanas, como es el caso de la quebrada. La evaluación de la calidad del agua puede realizarse a través del monitoreo de variables fisicoquímicas y biológicas, que permiten evidenciar el ingreso de contaminantes (Aguirre, 2014).

Sin embargo, ambos métodos son complementarios y utilizarlos paralelamente permite obtener una evaluación más asertiva sobre el grado de afectación de los ecosistemas acuáticos producto de diversas perturbaciones antrópicas. En Colombia se han realizado estudios sobre la bioindicación de la calidad del agua desde los años setenta, se realizó una adaptación del sistema Biological monitoring working party para evaluar la calidad del agua en Colombia, este índice ha sido ampliamente empleado en nuestro país (Aguirre, 2014)

Capítulo 1. Evaluación de la calidad del agua de la quebrada PERALONSO como fuente de abastecimiento para la comunidad del corregimiento de Montecitos, municipio de Rio de Oro, Cesar

1.1 Planteamiento del problema

El agua es probablemente, la sustancia más importante para la vida (más que el oxígeno o cualquier nutriente). Por ello, su disponibilidad es la razón de algunas de las guerras más encarnizadas de la historia. Ecología, política, salud... ninguno de estos aspectos queda exento de la influencia del agua. Y los problemas que causa su falta son profundos y complejos. Para una gran parte de los denominados como “países desarrollados”, abrir el grifo y tomar un poco de agua es una acción tan sencilla que apenas se valora. Sin embargo, aproximadamente una quinta parte de toda la población mundial sufre por la escasez de agua. Así lo indican los informes recolectados durante esta última década por la Organización de las Naciones Unidas (ONU). (Campillo, 2018)

De acuerdo a información de la ONU, mil 800 millones de personas consumen agua contaminada con materia fecal, lo que desarrolla enfermedades como el cólera, la disentería, el tifus y la polio; esto causa más de 842 mil muertes al año. A pesar que nuestro planeta tiene una superficie de 71 por ciento de agua, tan solo el 2 por ciento es potable, por lo que debe ser utilizada a conciencia y no promover el desperdicio, ya que alrededor de mil 600 millones de personas viven en escasez absoluta, mientras que 663 millones viven sin un suministro cercano.

Si el desperdicio y la contaminación del agua continúan, para el 2025, mil 800 millones de personas vivirán en zonas de escasez de agua (ONU, 2019)

Así mismo podemos observar que en Colombia la zona rural se ha visto afectada ya que no le hacen un tratamiento al agua y el consumo se hace directo desde la fuente hídrica exponiendo a la población a enfermedades y epidemias. Es necesario contribuir a una calidad de agua apta para el consumo de la población del corregimiento de montecitos por medio de un adecuado tratamiento y medidas tendientes a la remoción de carga contaminante presente en la cuenca.

Con base a esto surgió la necesidad de gestionar medidas para la implementación de un tratamiento adecuado para la potabilización del agua en el corregimiento de montecitos, municipio de rio de oro, cesar.

1.2 Formulación del problema

¿La quebrada Peralonso cuenta con las características y condiciones necesarias como fuente de abastecimiento para la población del Corregimiento de Montecitos?

1.3 Objetivos

1.3.1 General. Evaluar la calidad del agua de la quebrada peralonso como fuente de abastecimiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable que permita entregar agua apta para su consumo a la comunidad del corregimiento de montecitos, municipio de rio de oro, cesar.

1.3.2 Específicos. Realizar un diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua que tiene el corregimiento de montecitos

Analizar la calidad del agua de la quebrada Peralonso a través de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que va a ser tratada en la PTAP como fuente de abastecimiento de la misma.

Determinar estrategias de mejora en el sistema de abastecimiento de agua potable del corregimiento de montecitos, municipio de rio de oro, cesar

1.4 Justificación

El consumo de agua sin un tratamiento previo de potabilización, causa en la humanidad el incremento de enfermedades digestivas debido a que los parámetros de la calidad del recurso hídrico no son permisibles en la mayoría de casos de agua cruda, por esta razón se busca controlar la presencia de contaminantes en el agua para consumo humano y eliminar el aumento de estas enfermedades no deseadas (Instituto nacional de salud, 2005)

De acuerdo con la Resolución 64/292 de la Asamblea General de las Naciones Unidas, aproximadamente 884 millones de personas carecían de acceso a agua potable en el mundo en 2010 (ONU, A/RES/64/292, 2010). Situación alarmante dado que el agua, un recurso natural limitado, es un bien público fundamental para la vida y la salud. El derecho humano al agua potable es indispensable para la vida digna y es condición previa para la realización de todos los

demás derechos humanos (CESCR, Observación general No. 15, 2002; ONU, A/RES/64/292, 2010). Aún más, según el Comité de Naciones Unidas de Derechos Económicos, Sociales y 4 Culturales, “el derecho humano al agua es el derecho de todos a disponer de agua suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico” (Naciones Unidas , 2011)

De acuerdo a lo anterior es evidente que en el corregimiento de montecitos, municipio de rio de oro, cesar se infringe un derecho fundamental como lo es el acceso al agua para consumo humano el cual pone en riesgo sus otros derechos tales como la salud ya que el consumo de agua cruda o sin potabilizar tiene incidencia directa en la propagación múltiples enfermedades gastrointestinales tales como diarrea y vómito entre otras.

1.5 Delimitaciones

1.5.1 Operativa. En este proyecto se incluirá métodos como visitas, entrevistas, encuestas, identificación de cuerpos hídricos existentes en la región, análisis fisicoquímico y microbiológico de los afluentes, determinación del uso del agua presente en el corregimiento, identificar la oferta y demanda del recurso hídrico; Para caracterizar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos se compararan con la legislación referente al sector agua Resolución 2115 de 2007 por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano, Decreto 1575 de 2007 por el cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para

consumo humano, el Decreto 1594 de 1984 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y el Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000.

1.5.2 Conceptual. Tratamiento para agua potable, evaluación del agua, caudal, sedimentos, material suspendido, quebrada, estudios fisicoquímicos y microbiológicos del agua, calidad del agua, oferta y demanda

1.5.3 Geográfica. Realizar el trabajo de campo en la quebrada Peralonso y el corregimiento de Montecitos municipio de Rio de Oro, César donde se incluye la toma de muestras en diferentes puntos de la zona a estudiar.

1.5.4 Temporal. El proyecto se diseñó para un tiempo de ejecución de aproximadamente 4 meses.

Capítulo 2. Marco referencial

2.1 Antecedentes

Estudios realizados según la ONU afirma que la calidad del agua se ha convertido en un motivo de preocupación a nivel mundial con el crecimiento de la población humana, pues actividades como las agrícolas, industriales y el cambio climático han afectado tanto la disponibilidad como calidad del recurso, a nivel global. En la actualidad desde las naciones unidas se viene trabajando en este tema pues el objetivo de un desarrollo sostenible nos habla acerca de garantizar la disponibilidad del agua y sus gestión sostenible y el saneamiento para todos, es decir que se debe garantizar el agua libre de impurezas y accesible para todos con el fin de lograr una mejor calidad de vida de la población mundial (ONU, 2014)

En el marco del objetivo 7 de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, la meta 10 tiene como finalidad reducir el porcentaje de personas que carecen de acceso sostenible al agua potable y al saneamiento básico.

Agua potable es el agua utilizada para los fines domésticos y la higiene personal, así como para beber y cocinar, se tiene acceso al agua potable si la fuente de la misma se encuentra a menos de 1 kilómetro de distancia del lugar de utilización y si uno puede obtener de manera fiable al menos 20 litros diarios para cada miembro de la familia. Agua potable es el agua cuyas características microbianas, químicas y físicas cumplen con las pautas de la OMS o los patrones nacionales sobre la calidad del agua potable

Unos 2600 millones de personas, la mitad del mundo en desarrollo carecen de acceso a cualquier tipo de fuente mejorada de agua potable. Como consecuencia directa de ello 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 de países en desarrollo (Organización Mundial de la Salud)

En Colombia la Constitución Política establece como uno de los fines principales de la actividad del Estado, la solución de las necesidades básicas insatisfechas, entre las que está el acceso al servicio de agua potable, que es fundamental para la vida humana. El abastecimiento adecuado de agua de calidad para el consumo humano es necesario para evitar casos de morbilidad por enfermedades como el cólera y la diarrea.

El problema no es sólo la calidad del agua; también es importante que la población tenga acceso a una cantidad mínima de agua potable al día. En promedio una persona debe consumir entre 1,5 y 2 litros de líquido al día dependiendo del peso, de lo contrario se pueden presentar algunos problemas de salud. Por esto es importante que el servicio de acueducto no sólo tenga una cobertura universal, sino que sea continuo (UNICEF)

2.2 Marco histórico

Entre los años 4.000 y 2.000 a.C. se utilizaban métodos de potabilización, como hervir el agua, ponerla al sol, filtrarla a través de carbón leña o de arena o almacenarla en recipientes de

cobre. Los egipcios, en los años 1500- 400 a.C., purificaban el agua hirviéndola sobre el fuego, calentándola al sol o sumergiendo una pieza de hierro caliente dentro de la misma. Otro de los métodos más comunes era el filtrado del agua hervida a través de arena o grava para luego dejarla enfriar. en el antiguo Egipto dejaban reposar el agua en vasijas de barro durante varios meses para que se precipiten las partículas e impurezas, y mediante un sifón extraían el agua de la parte superior (decantación).

En otras ocasiones incorporaban ciertas sustancias minerales y vegetales para facilitar la precipitación de partículas y clarificar así el agua (coagulación), entre ellas la piedra de alumbre, compuesta por sulfato de potasio o aluminio, que hoy en día se sigue usando para procesos de coagulación en las potabilizadoras modernas.

Los griegos tampoco ignoraban estas prácticas, como consta en los escritos de Hipócrates (460 - 354 ac) sobre la salud pública, en los que recomienda que el agua se hierva y se cuele antes de beber.

Los primeros métodos de tratamiento del agua trataban principalmente de mejorar sus características; eliminar su turbidez, color, olor o sabor desagradable. Posteriormente, cuando se descubrió una conexión clara entre el agua y ciertas enfermedades, la mayor preocupación fue hacer que el agua estuviera libre de microorganismos nocivos y fuera segura para el consumo humano.

En algún momento de la historia más reciente nace el concepto de agua potable, que engloba todas esas características de seguridad microbiológica y cualidades físicas que la hacen inocua y agradable a nuestros sentidos, y la historia del tratamiento del agua gira precisamente en torno al desarrollo de sistemas para conseguirla. Uno de los primeros pasos hacia la purificación del agua fue la filtración.

Si bien esta técnica ya hemos visto que viene de lejos, uno de los primeros ejemplos de filtración del agua a gran escala fue la ciudad de Venecia. Construida sobre islas, Venecia era la ciudad rodeada de agua, pero sin agua de consumo, por lo que dependía de la captura y almacenamiento del agua de lluvia.

Para ello, bajo las plazas y espacios públicos, hábilmente enlosados para recoger el máximo de agua, se construyeron aljibes de almacenamiento bajo un relleno de arena que actuaba como filtro, con una gradación de tamaño del grano para una mayor eficacia de la filtración (Higieneambiental, 2018)

Las primeras publicaciones sobre estándares de calidad del agua fueron hechas por la OMS la cual se publicó en el año 1958 bajo el título de Normas Internacionales Para el Agua Potable y posteriormente se realizaron publicaciones con una periodicidad de 10 a 12 años, para el año 1984 las guías de la OMS para la calidad del agua potable reemplazaron las normas internacionales de la OMS para el agua potable, el cambio de normas a guías se hizo para reflejar con mayor exactitud el carácter de recomendaciones de la OMS a fin que no se interpretara como normas legales y entre el año 1993 a 1996 se publicó una segunda edición de las guías de la

OMS (Solsona, 2002); estas guías (primera y segunda edición) fueron utilizadas por países de todo el mundo, en desarrollo y desarrollados, como base para la elaboración de reglamentos y normas orientadas a garantizar la inocuidad del agua potable, con el fin de garantizar una actualización y mejor información se elaboró por parte de la OMS una tercera edición de la guía en el año 2006 llamada “guías para la calidad del agua potable” (Organización mundial de la salud, 2019)

2.3 Marco Contextual

El corregimiento de montecitos cuenta con cinco veredas como Moñino, Alto del rayo, Cimarrón, Sabana larga y por último los Pantanos.

Actualmente según la encuesta del DANE tiene 143 viviendas y una población total de 529 personas donde 276 son de sexo masculino y 253 de sexo femenino. Montecitos es uno de los 12 corregimientos del Municipio de Rio de Oro, Cesar, el municipio Limita al norte con el municipio de González y Norte de Santander, por el sur con Ocaña y San Martín, por el oriente con Ocaña y por el occidente con Aguachica (Alcaldía de Rio de Oro, 2015)

2.4 Marco Conceptual

2.4.1 Parámetros Físicoquímicos La presencia de sustancias químicas disueltas e insolubles en el agua que pueden ser de origen natural o antropogénico, define su composición física y química. Algunos procesos fisicoquímicos que ocurren en el agua pueden ser evaluados

si se recurre a los principios de equilibrio químico, incluida la Ley de Acción de Masas y la Ecuación de Nerst o al conocimiento de los mecanismos de reacción y de las proporciones para los procesos irreversibles (Martel, s.f.)

2.4.2 Parámetros microbiológicos. Estos parámetros son los más importantes para determinar la potabilidad del agua, por ejemplo: coliformes fecales, huevos de helmintos, *Vibrio cholera*, vibrios, etc., las normas se basan esencialmente en la necesidad de asegurar la ausencia de bacterias indicadoras de contaminación por desechos humanos, es decir, ausencia de coliformes fecales (Jiménez Cisneros, 2001)

2.4.3 Calidad del agua Es un factor que incide directamente en la salud de los ecosistemas y el bienestar humano: de ella depende la biodiversidad, la calidad de los alimentos, las actividades económicas, etc. Por tanto, la calidad del agua es también un factor influyente en la determinación de la pobreza o riqueza de un país (EcuRed:Enciclopedia cubana, s.f.)

La calidad del agua, es un estado de esta, caracterizado por su composición físico-química y biológica. Este estado deberá permitir su empleo sin causar daño, para lo cual deberá reunir dos características:

Estar exenta de sustancias y microorganismos que sean peligrosos para los consumidores.

Estar exenta de sustancias que le comuniquen sensaciones sensoriales desagradables para el consumo (color, turbiedad, olor, sabor) (Ramírez M. F., 2019)

2.4.4 Diagnóstico El diagnóstico es un procedimiento ordenado, sistemático, para conocer, para establecer de manera clara una circunstancia, a partir de observaciones y datos concretos. El diagnóstico conlleva siempre una evaluación, con valoración de acciones en relación con objetivos (Equipo de Redacción de Concepto., 2019)

2.4.5 Evaluación La evaluación es un proceso que tiene por objeto determinar en qué medida se han logrado los objetivos previamente establecidos, que supone un juicio de valor sobre la programación establecida, y que se emite al contrastar esa información con dichos objetivos (Ricardo, 2012)

2.4.6 Salud Pública De acuerdo con la Ley 1122 de 2007 la salud pública está constituida por un conjunto de políticas que busca garantizar de manera integrada, la salud de la población por medio de acciones dirigidas tanto de manera individual como colectiva ya que sus resultados se constituyen en indicadores de las condiciones de vida, bienestar y desarrollo. Dichas acciones se realizarán bajo la rectoría del Estado y deberán promover la participación responsable de todos los sectores de la comunidad (Ministerio de Salud y Protección Social, s.f.)

2.4.7 Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA). Es el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano. Este indicador es el resultado de asignar el puntaje de riesgo contemplado en el Cuadro No. 6 de la Resolución No. 2115 de 2007 a las características contempladas allí por no cumplimiento de los valores aceptables establecidos en dicha Resolución.

Cuando el puntaje resultante está entre 0 y 5% el agua distribuida es apta para consumo humano y se califica en el nivel Sin Riesgo. Cuando el IRCA está entre 5.1 y 14% ya no es apta para consumo humano, pero califica con nivel de riesgo Bajo; entre 14.1 y 35% califica con nivel de riesgo Medio y no es apta para consumo humano; cuando el IRCA clasifica entre 35.1 y 80% el nivel de riesgo es Alto y entre 80.1 y 100% el agua distribuida es Inviabile Sanitariamente (Ministerio de Salud y protección Social, 2014)

2.4.8 Índice de riesgo municipal por abastecimiento de agua para consumo humano (IRABAM). Es la ponderación de los factores de: Tratamiento y continuidad del servicio de los sistemas de acueducto, y distribución del agua en el área de jurisdicción del municipio correspondiente, que pueden afectar indirectamente la calidad del agua para consumo humano y por ende, la salud humana.

Este índice tiene por objeto asociar el riesgo a la salud humana causado por los sistemas de abastecimiento y establecer los respectivos niveles de riesgo, tanto a nivel de la Persona Prestadora (IRABApp) como a nivel de municipio (IRABAm), en donde se tiene en cuenta la sumatoria de los índices de riesgo de todas las Personas Prestadoras del Municipio (Ministerio de Salud y Protección Social, 2014)

2.4.9 Índice de calidad de agua El ICA es un número (entre 0 y 1) que señala el grado de calidad de un cuerpo de agua, en términos del bienestar humano independiente de su uso. Este número es una agregación de las condiciones físicas, químicas y en algunos casos

microbiológicas del cuerpo de agua, el cual da indicios de los problemas de contaminación (Minambiente, 2014)

2.4.10 Muestreo se definen como la extracción de una porción representativa de agua con el propósito de examinar las diversas características que esta posee. La ejecución del análisis comienza previamente con el conocimiento de las normas de precaución que se deben tener en cuenta en el momento de tomar la muestra de agua, el lugar dónde se va a realizar el muestreo y el tipo de muestreo que se va a ejecutar (Fibras y Normas de Colombia S.A.S)

2.4.11 Tipos de Muestra. Muestra Puntual Es la muestra tomada en un lugar representativo, en un determinado momento resultan apropiadas para garantizar la calidad del agua (IDEAM, 2010)

Muestra Compuesta. Es la mezcla de varias muestras puntuales de una misma fuente, tomadas a intervalos programados y por periodos determinados, las cuales pueden tener volúmenes iguales o ser proporcional al caudal durante el periodo de muestras (IDEAM, 2010)

Muestra Integrada. La muestra integrada es aquella que se forma por la mezcla de muestras puntuales tomadas de diferentes puntos simultáneamente, o lo más cerca posible. Un ejemplo de este tipo de muestra ocurre en un río o corriente que varía en composición de acuerdo con el ancho y la profundidad (IDEAM, 2010)

2.5 Marco Teórico

2.5.1 Estándares de calidad de agua cruda para seleccionar un sistema de potabilización en Colombia En Colombia podemos encontrar en el capítulo IV, artículo 38 del decreto 1594 de 1984 que este establece unos criterios admisibles para un tratamiento convencional del recurso, siempre y cuando este bajo los parámetros establecidos en este decreto y el artículo 39 del mismo decreto establece otra serie de criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico.

Tabla 1

Criterios de calidad para destinación del recurso para consumo humano

| Parámetro | Requiere tratamiento convencional (mg/L) | Requiere solo desinfección (mg/L) |
|------------------------------|---|--|
| Amoníaco | 1,0 | 1,0 |
| Arsénico | 0,05 | 0,05 |
| Bario | 1,0 | 1,0 |
| Cadmio | 0,01 | 0,01 |
| Cianuro | 0,2 | 0,2 |
| Cinc | 15,0 | 15,0 |
| Cloruros | 250,0 | 250,0 |
| Cobre | 1,0 | 1,0 |
| Color | 75 unidades platino-cobalto | 20 unidades platino-cobalto |
| Fenoles | 0,002 | 0,002 |
| Cromo hexavalente | 0,05 | 0,05 |
| Difenil policlorados | No detectable | No detectable |
| Mercurio | 0,002 | 0,002 |
| Nitratos | 10,0 | 10,0 |
| Nitritos | 1,0 | 1,0 |
| pH | 5,0-9,0 unidades | 6,5-8,5 unidades |
| Plata | 0,05 | 0,05 |
| Plomo | 0,05 | 0,05 |
| Selenio | 0,01 | 0,01 |
| Sulfatos | 400,0 | 400,0 |
| Tensoactivos | 0,5 | 0,5 |
| Turbiedad | --- | 10 |
| Coliformes totales NMP/100mL | 20000 | 1000 |
| Coliformes fecales NMP/100mL | 2000 | --- |

Nota. Fuente. (IDEAM, 2010)

2.5.2 Índices de calidad del agua en Colombia. El Índice de calidad del agua es el valor numérico que califica en una de cinco categorías, la calidad del agua de una corriente superficial, con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de cinco o seis variables, registradas en una estación de monitoreo. El objetivo 3 del punto VI (Plan hídrico nacional), de la Política Nacional para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico, propone mejorar la calidad y minimizar la contaminación del recurso hídrico. En la estrategia 3.2 (Reducción de la contaminación del recurso hídrico) se plantea como meta general, mantener o superar el valor de 17,2% del índice de calidad del agua, promedio anual, correspondiente a la categoría “Aceptable” en los cuerpos de agua evaluados por la Red Nacional de Monitoreo de Calidad de Agua del IDEAM.

La Red Básica de Monitoreo de Calidad de Agua está conformada por un conjunto de 150 estaciones en las que se mide la concentración de cada una de las variables involucradas en el cálculo del ICA, en un total de 90 corrientes superficiales. La ubicación de las estaciones de monitoreo responde estratégicamente a la distribución de las actividades económicas que ejercen mayor presión sobre el recurso hídrico como asentamientos humanos, industria, agricultura intensiva, minería. El Sistema de evaluación de la calidad del agua prevé que las mediciones sean realizadas sistemáticamente cada tres meses.

Los valores calculados del indicador se comparan con los establecidos en tablas de interpretación permitiéndose clasificar la calidad del agua de forma descriptiva en una de cinco categorías (buena, aceptable, regular, mala ó muy mala) que a su vez se asocian a un determinado color (azul, verde, amarillo, naranja y rojo, respectivamente). La comparación temporal de la calidad del agua calificada mediante las cinco categorías y colores simplifica la

interpretación, la identificación de tendencias (deterioro, estabilidad o recuperación) y la toma de decisiones por cuenta de las diferentes autoridades. Los valores del indicador pueden ser especializados en mapas, asociándolos al punto que identifica la ubicación de las estaciones de monitoreo (IDEAM, 2010)

2.5.3 Agua Tratada. Se entiende por agua tratada aquella que, por cumplir las características físicas, químicas y microbiológicas, en las condiciones señaladas en los decretos y demás normas que la reglamenten, es apta para consumo humano. Se utiliza en bebida directa, en la preparación de alimentos o en la higiene persona. Para esto debe llevar a cabo una serie de procedimientos para lograr un agua apta para consumo estos se dividen en seis (Minambiente, 2018)

Captación. Comprende la extracción del agua de cuencas hidrográficas naturales de carácter superficial o subterráneo, para ser conducida a plantas potabilizadoras e debe tener en cuenta que cuanto mayor sea la calidad del recurso hídrico, menor será la cantidad de tratamientos a la que se debe someter, considerando que el agua procedente de ríos y océanos requiere un proceso más completo de tratamiento debido a que está expuesta a la adhesión de materiales y microorganismos (Fibras y Normas de Colombia S.A.S, 2018)

Coagulación Aglutinación de las partículas suspendidas y coloidales presentes en el agua mediante la adición de coagulantes (Ministerio de Desarrollo Economico, 2010)

En esta etapa, se agrega coagulante como sustancia química para la desinfección y purificación, ocasionando que la arcilla que contiene el agua captada, se agrupe en partículas de mayor tamaño y peso, cambiando el comportamiento de las partículas en suspensión. Asimismo, la coagulación ocurre durante un proceso de mezcla rápida, permitiendo que tales partículas pequeñas sean sedimentadas (Fibras y Normas S.A.S, 2018)

Decantación. El agua permanece durante varias horas en estado de reposo hasta que las partículas se junten en grandes coágulos con el objetivo de sedimentarlas, disminuyendo la velocidad del agua. Tales partículas sedimentadas son depositadas en el fondo como consecuencia de propio peso y posteriormente eliminadas, siendo procedentes de sustancias disueltas que serán convertidas en insolubles, a través de la realización del proceso de oxidación (Fibras y Normas S.A.S, 2018)

Filtración En esta etapa, se produce una separación de la materia en suspensión, haciéndola pasar a través de un elemento poroso, el cual por lo general es arena, reteniendo los sólidos más diminutos presentes en el agua. Todo procedimiento ocasiona la obtención de agua más clara debido a que logra la eliminación de hasta un 95% de los microorganismos presentes en este recurso hídrico (Fibras y Normas S.A.S, 2018)

Cloración Se lleva a cabo de la desinfección del agua a través de procesos artificiales tales como el agregado de productos químicos al recurso hídrico (hipoclorito de sodio, hipoclorito de calcio, dióxido de cloro, ozono y entre otros) produciendo una carga de cloro residual a lo largo de las conducciones de distribución, con la finalidad de destruir los agentes microbianos

presentes y poder brindar una mejor calidad del agua. Con frecuencia se realiza una pre-cloración, lo que permite la oxidación de la materia orgánica presente en el agua y disminuye su concentración. Igualmente, finalizado este proceso, también se ejecuta una post-cloración, la cual garantiza la desinfección y presencia del cloro en las redes de distribución (Fibras y Normas S.A.S, 2018)

Distribución El agua potabilizada es llevada a las estaciones de bombeo, desde donde se distribuye a inmuebles residenciales, comercios e instituciones a través de la red pública de tuberías. Estas redes de abastecimiento y distribución pública deben tener las menores pérdidas de agua potable posibles como también la circulación por el suelo a mayor altura que las redes de aguas residuales, evitando su contaminación en caso de pérdidas de aguas sucias. El agua potable debe ser incolora, sin olor e insípida (Fibras y Normas S.A.S, 2018)

2.5.4 Parámetros de calidad del agua potable. En la potabilización del agua se debe tener en cuenta los parámetros físicos, químicos y microbiológicos para tener certeza de que tan pura o contaminada se encuentra el recurso. Entre estos parámetros tenemos

Parámetros físicos En la provisión de agua se detener especial cuidado con los sabores, olores, colores y la turbidez del agua que se brinda, en parte porque dan mal sabor, pero también a causa de su uso en la elaboración de bebidas, preparación de alimentos y fabricación de textiles (Orellana, Ingeniería Sanitaria- UTN - FRRO, 2005)

Olor y sabor. El sabor y el olor del agua pueden tener su origen en contaminantes químicos naturales, orgánicos e inorgánicos, y fuentes o procesos biológicos (por ejemplo, microorganismos acuáticos), o en la contaminación debida a sustancias químicas sintéticas, o pueden ser resultado de la corrosión o del tratamiento del agua (por ejemplo, la cloración). También pueden desarrollarse durante el almacenamiento y la distribución sabores y olores debidos a la actividad microbiana (Organización Mundial de la Salud.)

Color. El agua de consumo no debe tener ningún color apreciable. Generalmente, el color en el agua de consumo se debe a la presencia de materia orgánica coloreada (principalmente ácidos húmicos y fúlvicos) asociada al humus del suelo. Asimismo, la presencia de hierro y otros metales, bien como impurezas naturales o como resultado de la corrosión, también tiene una gran influencia en el color del agua. También puede proceder de la contaminación de la fuente de agua con vertidos industriales y puede ser el primer indicio de una situación peligrosa. Si el agua de un sistema de abastecimiento tiene color, se debe investigar su origen, sobre todo si se ha producido un cambio sustancia (Organizacion Mundial de la Salud.)

Turbiedad. Propiedad óptica del agua basada en la medida de luz reflejada por las partículas en suspensión (Ministerio de Desarrollo Economico, 2000)

La turbiedad en el agua es causada por materia suspendida y coloidal tal como arcilla, sedimento, materia orgánica e inorgánica dividida finamente, plancton y otros microorganismos microscópicos. La turbiedad es una expresión de la propiedad óptica que causa la luz al ser dispersada y absorbida en vez de transmitida sin cambios en la dirección del nivel de flujo a

través de la muestra: en otras palabras, es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea reemitida y no transmitida a través de la suspensión. A mayor intensidad de dispersión de la luz, la turbiedad será mayor (Carpio Galvan, 2007)

Parámetros Químicos Los múltiples compuestos químicos disueltos en el agua pueden ser de origen natural o industrial y serán benéficos o dañinos de acuerdo a su composición y concentración. Por ejemplo el hierro y el manganeso en pequeñas cantidades no solo causan color, también se oxidan para formar depósitos de hidróxido férrico y óxido de manganeso dentro de las tuberías de agua. Las aguas duras son aquellas que requieren cantidades considerables de jabón para producir espuma y también forma incrustaciones en tuberías de agua caliente y calderas.

La dureza del agua se expresa en miligramos equivalentes de carbonato de calcio por litro. Recordemos que el agua químicamente pura es la combinación de oxígeno e hidrógeno y puede obtenerse en laboratorios por el fenómeno de electrólisis y en la naturaleza durante las tormentas eléctricas. Veremos ahora los elementos químicos que se encuentran en el agua natural y que producen alcalinidad, dureza y salinidad y se divide en cuatro grupos:

Grupo 1: Producen solo alcalinidad

Carbonato de potasio - K_2CO_3

Bicarbonato de Potasio $KHCO_3$

Bicarbonato de Sodio – $NaHCO_3$

Carbonato de Sodio - Na_2CO_3

Grupo 2: Producen dureza carbonatada y alcalinidad

Carbonato de Calcio - CaCO_3

Carbonato de Magnesio - MgCO_3

Bicarbonato de Calcio – $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$

Bicarbonato de Magnesio – $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$

Grupo 3: Producen salinidad y dureza no carbonatada

Sulfato de Calcio – CaSO_4

Cloruro de Calcio – CaCl_2

Nitrato de Calcio – $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$

Sulfato de Magnesio – MgSO_4

Cloruro de Magnesio – MgCl_2

Nitrato de Magnesio – $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$

Grupo 4: Producen salinidad, pero no dureza

Sulfato de Potasio – K_2SO_4

Cloruro de Potasio – KCl o Nitrato de Potasio – KNO_3

Sulfato de Sodio – Na_2SO_4

Cloruro de Sodio – NaCl

Nitrato de Sodio – NaNO_3

(Orellana, Ingeniería Sanitaria- UTN - FRRO, 2005)

Parámetros Microbiológicos Son los parámetros de gestión de riesgos que indica la aceptabilidad del agua o el funcionamiento ya sea del proceso o del sistema de control de inocuidad, después de conocer los resultados del muestreo y análisis para la detección de microorganismos, sus toxinas / metabolitos o marcadores asociados con su patogenicidad, u otras características en un punto específico (Comisión del Codex Alimentarius, 2013)

La garantía de la inocuidad microbiana del abastecimiento de agua de consumo se basa en la aplicación, desde la cuenca de captación al consumidor, de barreras múltiples para evitar la contaminación del agua de consumo o para reducirla a niveles que no sean perjudiciales para la salud. La seguridad del agua se mejora mediante la implantación de barreras múltiples, como la protección de los recursos hídricos, la selección y aplicación correctas de una serie de operaciones de tratamiento, y la gestión de los sistemas de distribución (por tuberías o de otro tipo) para mantener y proteger la calidad del agua tratada. La estrategia preferida es un sistema de gestión que hace hincapié en la prevención o reducción de la entrada de patógenos a los recursos hídricos y que reduce la dependencia en las operaciones de tratamiento para la eliminación de patógenos (Organización Mundial de la Salud, 2006)

Teniendo en cuenta todo los parámetros físicos, químicos y microbiológicos anteriormente expuestos y el daño que pueden causar a la salud humana sino se realiza un tratamiento previo al consumo, se expidió la resolución 2115 de 2007 donde se establecen unos estándares máximos permisibles de algunas sustancias, que se exponen a continuación.

En la tabla 2 encontramos las características físicas, así como los valores máximos aceptables con sus correspondientes unidades de medida de acuerdo a la resolución 2115 de 2007

Tabla 2
Características físicas

| Características físicas | Expresadas como | Valor máximo aceptable |
|--------------------------------|--|-------------------------------|
| Color aparente | Unidades platino cobalto (UPC) | 15 |
| Olor y sabor | Aceptable o no aceptable | Aceptable |
| Turbiedad | Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT) | 2 |

Nota. Fuente (Minambiente, 2007)

En la tabla numero 3 están representadas las características microbiológicas, y las diferentes técnicas utilizadas para determinarlas, así como los máximos límites permisibles.

Tabla 3
Características microbiológicas

| Técnicas utilizadas | Coliformes totales | Escherichia coli |
|----------------------------|--|--|
| Filtración por membrana | 0 UFC/100cm ³ | 0 UFC/100cm ³ |
| Enzima sustrato | < de 1 microorganismo en 100 cm ³ | < de 1 microorganismo en 100 cm ³ |
| Sustrato definido | 0 microorganismos en 100cm ³ | 0 microorganismos en 100cm ³ |
| Presencia-ausencia | Ausencia en 100 cm ³ | Ausencia en 100 cm ³ |

Nota. Fuente. (Minambiente, 2007)

En la tabla número 4 se encuentran las características químicas con su respectivo valor máximo permisible.

Tabla 4
Características químicas

| Características químicas | Expresado como | Valor máximo aceptable (mg/L) |
|---------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| Antimonio | Sb | 0,02 |
| Arsénico | As | 0,01 |
| Bario | Ba | 0,7 |
| Cadmio | Cd | 0,003 |
| Cianuro libre y disociable | CN ⁻ | 0,05 |
| Cobre | Cu | 1,0 |
| Cromo total | Cr | 0,05 |
| Mercurio | Hg | 0,001 |
| Níquel | Ni | 0,02 |

| | | |
|---|-------------------------------|------|
| Plomo | Pb | 0,01 |
| Selenio | Se | 0,01 |
| Trihalometanos totales | THMs | 0,2 |
| Hidrocarburos aromáticos poli cíclicos | HAP | 0,01 |
| Carbón orgánico total | COT | 5,0 |
| Nitritos | NO ₂ | 0,1 |
| Nitratos | NO ₃ | 10 |
| Fluoruros | F ⁻ | 1,0 |
| Calcio | Ca | 60 |
| Alcalinidad total | CaCO ₃ | 200 |
| Cloruros | Cl ⁻ | 250 |
| Aluminio | Al ³⁺ | 0,2 |
| Dureza total | CaCO ₃ | 300 |
| Hierro total | Fe | 0,3 |
| Magnesio | Mg | 36 |
| Manganeso | Mn | 0,1 |
| Molibdeno | Mo | 0,07 |
| Sulfatos | SO ₄ ²⁻ | 250 |
| Zinc | Zn | 3 |
| Fosfatos | PO ₄ ³⁻ | 0,5 |

Nota. Fuente. (Minambiente, 2007)

2.6 Marco Legal

2.6.1 Decreto 1575 del 9 de mayo del 2007. Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano El objeto del presente decreto es establecer el sistema para la protección y control de la calidad del agua, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, exceptuando el agua envasada (Minambiente, 2007)

2.6.2 Resolución 2115 del 22 de junio del 2007 Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano (Minambiente, 2007)

2.6.3 Documentación técnico normativa del sector de agua potable y saneamiento básico del 1, noviembre de 2.000 RAS-2000. Resolución No. 1096 del 17 de noviembre de 2000, por la cual se adopta el Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico La presente documentación técnico normativa señala los requisitos que deben cumplir las obras, equipos y procedimientos operativos que se utilicen en la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo y sus actividades complementarias. Se expide en cumplimiento de lo dispuesto en la Ley 142 de 1.994, que establece el régimen de los Servicios Públicos Domiciliarios en Colombia, y busca garantizar su calidad en todos los niveles (Minvivienda, 2000)

2.6.4 Resolución 082 del 16 de enero del 2009 Por medio de la cual se adoptan unos formularios para la práctica de visitas de inspección sanitaria a los sistemas de suministro de agua para consumo humano (Ministerio de la Protección Social, 2009)

Los formularios que se señalan a continuación los cuales hacen parte integral de la presente resolución:

2.6.5 Formulario único de acta de inspección sanitaria a los sistemas de suministro de agua para consumo humano. Permite consolidar la información encontrada in situ por parte de la autoridad sanitaria competente, sobre el cumplimiento de las normas vigentes y la necesidad de desarrollar acciones para mejorar el sistema de suministro de agua para consumo humano y, por ende, la calidad de la misma.

2.6.6 Formulario para evaluar el concepto sanitario por persona prestadora del servicio público de acueducto. Consolida los resultados del Índice de Riesgo de Calidad de Agua para Consumo Humano de la persona prestadora – IRCApp y por Índice Abastecimiento de Agua para Consumo Humano de la persona prestadora – IRABApp, así como de las Buenas Prácticas Sanitarias de la persona prestadora del servicio público de acueducto. Dichos resultados permiten emitir por parte de la autoridad sanitaria, el correspondiente concepto sanitario por persona prestadora y, por ende, requerir el mejoramiento de los componentes del sistema de suministro de agua para consumo humano de la persona prestadora del servicio público de acueducto y de la calidad del agua, al terminar la inspección sanitaria en dicho sistema.

2.6.7 Formulario de procedimiento de evaluación para expedir la certificación sanitaria municipal o distrital. Consolida la información de la evaluación del concepto sanitario de las personas prestadoras del servicio público de acueducto dentro de los límites del municipio o distrito. Dicho concepto sanitario es la base para expedir la correspondiente certificación sanitaria municipal o distrital. Debe ser diligenciado por la autoridad sanitaria (Ministerio de la Protección social, 2009)

2.6.8 Resolución 811 del 5 de marzo del 2008. 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 (Minvivienda, 2008).

Capítulo 3. Diseño Metodológico

3.1 Tipo de Investigación

Para la ejecución del siguiente proyecto se le dio un enfoque de tipo cuantitativo y cualitativo ya que se analizó los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos y fueron representados en valores numéricos y posteriormente se llevó a cabo una evaluación cualitativa. Por otra parte, se le dio un enfoque de tipo descriptivo ya que se buscó la descripción de las variables técnicas y operativas de un sistema de tratamiento de agua potable y por ende hacerle una caracterización fisicoquímica y microbiológica al agua tomada directamente desde la fuente de abastecimiento como la distribuida por el acueducto hacia la comunidad en estudio.

El propósito de esta investigación fue obtener resultados concretos que nos permita proponer alternativas de mejora en el sistema de tratamiento de agua potable de la población del corregimiento de montecitos.

3.2 Población

Teniendo en cuenta la investigación se contó con tres tipos de población la primera correspondiente a la fuente hídrica, quebrada Peralonso, la segunda corresponde al tanque de almacenamiento de la planta de tratamiento y por último una de las casas del corregimiento de Montecitos.

3.3 Muestras

Para hacer la respectiva evaluación de la calidad del agua se tomó tres puntos de muestreo el primero en la fuente hídrica quebrada peralonso, el segundo en el tanque de almacenamiento de la planta de tratamiento y la tercera en unas de las casas del corregimiento de montecitos esto se hará en época de verano como en época de lluvia saliendo en total 6 muestras. El tipo de muestra que será utilizada será simple o puntual con muestreo de tipo manual, esto con el propósito de analizar la calidad del agua para consumo humano de la población de montecitos.

Teniendo en cuenta que se analizaron seis muestras se necesitó una serie de rótulos que faciliten información al investigador y al encargado del laboratorio sobre las muestras de agua que se tomaran en los diferentes puntos.

En la tabla cinco podemos observar el tipo de rotulo que se utilizó en la toma de muestras

Tabla 5

Muestra de agua

ROTULO PARA MUESTRA DE AGUA

Nombre de la empresa prestadora de servicio:

Municipio:

ciudad:

corregimiento:

Tipo de muestra:

Tipo de cuenca:

Fecha:

Hora:

Tipo de agua:

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Realizado por:

Firma:

Nota. Fuente. Autor adaptado a (López Casas, 2011)

3.4 Estructura del diseño metodológico

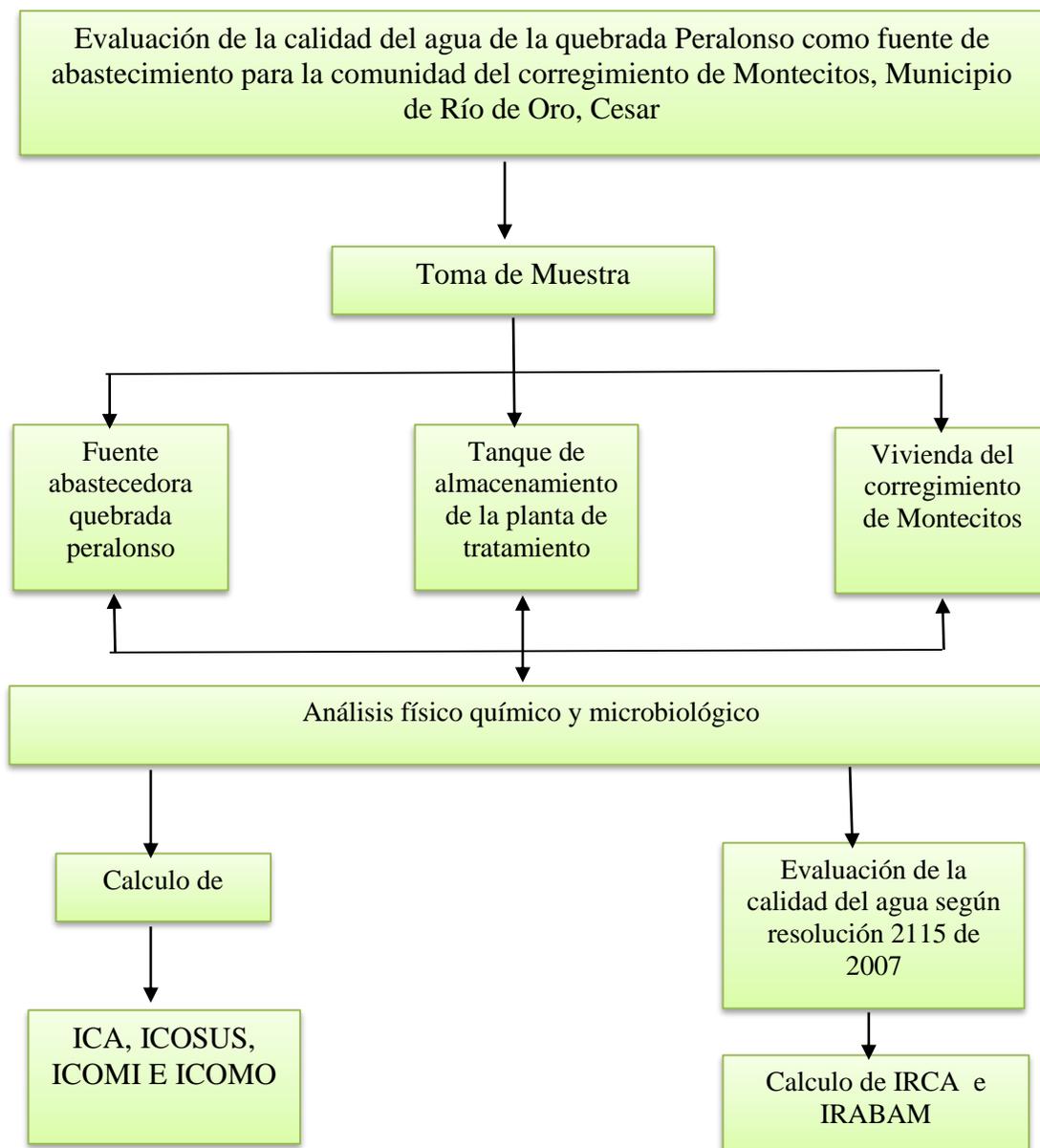


Figura 1. Estructura del diseño metodológico. Autor del proyecto

De acuerdo a lo anterior se describirán de manera detallada las tres etapas en las cuales se ejecutará el proyecto

Etapa 1. En la primera etapa se llevará a cabo la toma preservación y transporte de las diferentes muestras de agua para realizarle los respectivos análisis fisicoquímicos y microbiológicos, se tendrá en cuenta su correspondiente cadena de custodia para el transporte hacia el laboratorio de agua de la Universidad Francisco de Paula Santander

Etapa 2. En la etapa dos se determinarán la calidad de la fuente hídrica y abastecedora quebrada peralonso y se tendrán en cuenta los siguientes parámetros. Para el ICA oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales, demanda química de oxígeno, conductividad eléctrica y pH. Para el ICOMO la demanda bioquímica de oxígeno, coliformes totales, porcentaje de saturación de oxígeno. ICOSUS los sólidos suspendidos y ICOMI la conductividad eléctrica, dureza y alcalinidad

Etapa 3. Para el desarrollo de esta etapa es necesario conocer los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras tomadas en los diferentes puntos y así poder dar unas estrategias de mejora en el sistema

3.5 Análisis de información

Para el cálculo y análisis de la información se tendrá en cuenta la resolución 2115 de 2007, los criterios emitidos por el IDEAM para el cálculo de los índices de calidad del agua de las fuentes hídricas y el reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico (RAS 2000)

3.5.1 Cálculo de índice de calidad de agua (ICA)

$$ICA = \sum_{i=1}^n Wi * I$$

ICA: Es el Índice de calidad del agua de una determinada corriente superficial en la estación de monitoreo de la calidad del agua j en el tiempo t, evaluado con base en n variables.

WI: Es el ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad i.

N: Es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; n es igual a 5, o 6 dependiendo de la medición del ICA que se seleccione.

El valor obtenido del índice de calidad del agua, ICA, se clasificará de acuerdo a la tabla 6

Tabla 6

Clasificación de la calidad del agua según los valores que tome el ica

| Rango ICA | Color | Calidad del agua |
|-------------|---|------------------|
| 0,0 – 0,25 |  | Muy mala |
| 0,26 – 0,50 |  | Mala |
| 0,51 - 0,70 |  | Regular |
| 0,71- 0,90 |  | Aceptable |
| 0,91 – 1,00 |  | Buena |

Nota. Fuente. (IDEAM)

Índice de contaminación por mineralización (ICOMI) conductividad, dureza y alcalinidad.

$$ICOMI = \frac{1}{3} (I_{conductividad} + I_{dureza} + I_{alcalinidad})$$

Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO) Se obtienen a través de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno (%).

Se define entre un rango de 0 a 1 donde el aumento desde el valor más bajo se relaciona con el aumento de contaminación en el cuerpo de agua.

$$ICOMO = \frac{1}{3}(I_{\text{DBO}} + I_{\text{coliformes}} + I_{\text{oxígeno \%}})$$

3.5.1.4 Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS)

Este índice trabaja con la concentración de sólidos suspendidos que se definen como partículas sólidas orgánicas e inorgánicas que se mantienen en suspensión en una solución.

$$ICOSUS = -0,02 + 0,0003 \text{ sólidos suspendidos (mg/L)}$$

Sólidos suspendidos mayores a 340 mg/L tienen un ICOSUS igual a 1.

Sólido suspendido menor a 10 mg/L tiene un ICOSUS igual a 0.

3.5.2 Cálculo del IRCA e IRABAm

Cálculo del IRCA. El cálculo del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano se realizará utilizando la siguiente fórmula:

$$IRCA (\%) = \frac{\sum \text{puntuajes de riesgo asignados a las características no aceptadas}}{\sum \text{puntuajes de riesgo asignadas a todas las características analizadas}}$$

Calculo del IRABAm. Para el cálculo del índice de riesgo municipal por abastecimiento de agua IRABAm se tendrá en cuenta los procesos de tratamiento, distribución y continuidad del servicio y se realizará dando aplicación a la siguiente fórmula.

$$IRABA = \left[\frac{\sum IRABA \text{ pp}}{tpp} \right] (0,6) + (IRDm)(0,4)$$

Dónde:

M= municipio

PP= persona prestadora

TP= total de personas prestadoras en el municipio que calcularon el IRABA pp

IRDm = índice de riesgo por distribución en el municipio. Es un indicador que tiene por objeto determinar el riesgo en salud humana por la forma como se distribuye el agua en el municipio. El máximo puntaje equivale a 100 puntos.

Capítulo 4. Presentación de resultados

4.1 Para la ejecución del presente proyecto se llevó a cabo el desarrollo de la metodología por medio de las siguientes etapas

Etapa 1- Generalidades del corregimiento. Montecitos es un corregimiento del municipio de rio de oro en el departamento del cesar con una altitud de 498 msnm con coordenadas °10'15.0"N 73°30'18.9"W. Cuenta con una población estimada de 795 personas. Este importante corregimiento del municipio de rio de oro posee aproximadamente 150 casas y 9 fincas abastecidas por la quebrada peralonso siendo este el cauce más importante que tiene el pueblo Montecitos es uno de los 12 corregimientos del Municipio de Rio de Oro, Cesar, el municipio Limita al norte con el municipio de González y Norte de Santander, por el sur con Ocaña y San Martín, por el oriente con Ocaña y por el occidente con Aguachica (Alcaldia de Rio de Oro, 2015)

Climatología. Montecitos posee un clima cálido ya que se encuentra localizada entre los cero y mil metros de altura sobre el nivel del mar; presenta una temperatura promedio superior a los 24 grados centígrados (24°C) En Colombia, este piso abarca cerca de 913.000 Km², correspondientes al 80% del territorio nacional, localizándose en las llanuras costeras tanto del Pacifico como del Caribe, en los valles del río Magdalena, Cauca, Cesar, Catatumbo y otros, así como también, en las extensas llanuras del Orinoco y el Amazonas (Toda Colombia, 2019)

Flora. Se caracteriza por la presencia de especies xerófilas, es decir plantas que se adaptan a estaciones secas y climas áridos. Entre estas especies se destacan las palmeras, arbustos,

árboles y algunas especies de cactus. Para destacar se dice que la biomasa vegetal se encuentra bajo el suelo de este tipo de atmósfera (Toda Colombia, 2019)

Fauna. Entre las especies de animales se destacan los búhos, águilas, marsupiales, serpientes, así como también otros roedores y reptiles que consiguen humedad y agua de la escasa vegetación. En Colombia este piso térmico se usa generalmente para ganadería, sobre extensos pastizales (Toda Colombia, 2019)

Etapa 2 Diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua que tiene el corregimiento de montecitos. Conocedores que el corregimiento de montecitos cuenta 150 casas y que cada una cuenta con un tanque de almacenamiento, los cuales en tiempo de verano sufren de la escasez del preciado líquido, generando consecuencias en la población. La planta de tratamiento de agua potable es convencional siendo esta un conjunto de sistemas y operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico cuya finalidad es que a través de los equipamientos elimina o reduce la contaminación o las características no deseables de las aguas de manera que se vuelva apta para consumo humano.

El sistema de abastecimiento no se cuenta con macromedidores dentro del sistema de tratamiento por lo que no se pueden saber las pérdidas técnicas. Además no existe un programa de uso eficiente y ahorro de agua, por lo que el agua tiene otros usos aparte del doméstico (agropecuario y ganadero). No existen programas de mantenimiento preventivo.

Esquema de funcionamiento de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) del corregimiento de montecitos

Captación. La captación de aguas superficiales como en este caso de la quebrada peralonso es una estructura a nivel del terreno mediante la cual se hace uso y aprovechamiento del agua, ya sea por gravedad o por bombeo, y así mismo garantizar el suministro del recurso a una población. En el caso de montecitos Cuenta con un tipo de captación hecha de concreto y de forma frontal y lateral con dos rejillas de 1 metro 60 centímetros de largo por 35 centímetros de ancho con una distancia entre barillas de 2 cm. Estas son utilizadas para los sólidos de gran tamaño. Actualmente la captación no está siendo utilizada puesto que la quebrada la ha ido deteriorando y causándole graves daños a la estructura lo que a obligado al operario a buscar alternativas como bobear el agua a través de una manguera directamente a la bocatoma con el fin de garantizar el suministro a la población en mención.



Figura 2. Captación. Autores del proyecto

Desarenador: Tiene un desarenador de tipo convencional de flujo horizontal siendo este el mas utilizado en nuestro medio donde las partículas se sedimentan al reducirse la velocidad con la que son transportadas por el agua. Es de forma rectangular y alargada con unas medidas de 11 metros 14 centímetros de largo por 2metros cinco centímetros de ancho y con tres cámaras de lavado de 1 metro de ancho por 1 metro 20 centímetros de largo. Esto con el objetivo de

sedimentar las partículas en suspensión por acción de la gravedad y así evitar que entren al canal de aducción y generen daños en la tubería, los residuos generados en el desarenador son vertidos nuevamente en la quebrada sin ningún tratamiento previo esto lo hace el operario cada dos días o dependiendo del clima y que tan turbia este el agua.



Figura 3. Desarenador. Autores del proyecto

Línea de aducción: se caracteriza por contener un conjunto de elementos que pueden ser tuberías, canales, túneles y otros dispositivos que permitan el transporte de agua desde el punto de captación hasta un tanque de almacenamiento o planta de tratamiento. En el corregimiento de montecitos se cuenta con un sistema de aducción por gravedad y por conductos cerrados con un tubo de material policloruro de vinilo (PVC) de seis pulgadas, con una distancia de 2.5km desde la bocatoma hasta la planta. Es importante aclarar que este sistema no se encuentra en las mejores condiciones, puesto que la quebrada le a ocasionado graves daños a la estructura y a obligado al

operario a buscar alternativas como añadir una manguera de cuatro pulgadas siendo esta mucho más pequeña que el tubo. Y así el sistema siga funcionando y a su vez la población siga contando día a día con el agua potable.



Figura 4. Línea de aducción. Autores del proyecto

Decantador: Cuenta con un decantador de flujo horizontal con unas medidas de 13 metros de largo por 3 metros 26 centímetros de ancho, divididos en tres secciones. Cada sección con una capacidad de 250 litros para un total de 750 litros. En la primera sección se le agrega el coagulante en este caso sulfato tipo b para que se decanten las partículas en suspendidos

En la segunda sección cuenta con un panel de falso fondo donde quedan adheridos los lodos y solidos suspendidos. En la tercera sección el agua entra y se deja en reposo.

Gradualmente por medio de una válvula se deja salir a los filtros muy lentamente. Los desechos

generados por el son transportados por un tubo de 8 pulgadas y van directamente a un potrero sin ningún tratamiento

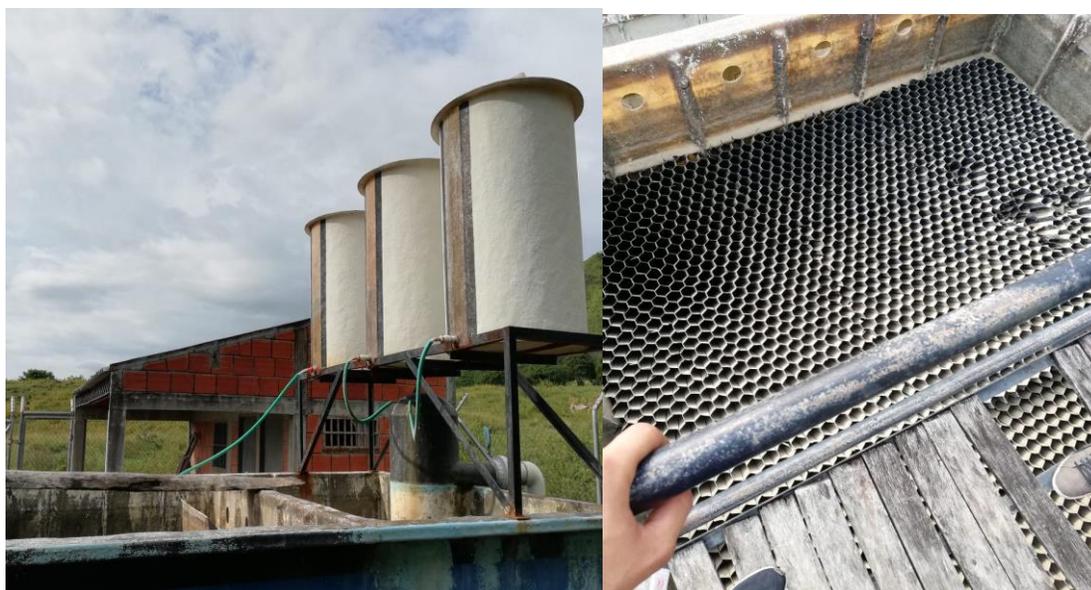


Figura 5. Decantador. Autores del proyecto

Filtración: la filtración es fundamental para la potabilización del agua. En el caso del corregimiento de montecitos cuenta con dos filtros de carbón activado y arena ya que estos son eficientes a la hora de la retención de partículas pequeñas en suspensión sin embargo en la planta

de tratamiento de montecitos es de aclarar que los filtros no han recibido ningún mantenimiento desde hace ocho años siendo esto necesario para que los filtro funcionen adecuadamente y permitan una mejor retención de material no deseado y a su vez no interfieran negativamente en el proceso.



Figura 6. Filtración. Autores del proyecto

Desinfección: Es la etapa final del sistema de potabilización de agua ya que tiene como objetivo la eliminación de microorganismos patógenos contenidos en el agua que no fueron eliminados por completo en las fases anteriores del tratamiento y así poder obtener agua apta para consumo humano. En el corregimiento de montecitos es utilizado hipoclorito de calcio (Cloro granulado) al 70%. el cual es diluido en un recipiente de 20 litros para posteriormente ser aplicado de manera manual y directa en el tanque de almacenamiento, es de aclarar que no se tiene en cuenta una dosificación ideal pues esta aplicación la realiza el operario a su consideración sin un análisis previo que permita conocer la dosificación adecuada que permita la efectividad en el proceso, otro aspecto identificado y que debilita el proceso es el inadecuado

almacenamiento del producto desinfectante pues lo almacenan en recipientes ajenos al producto en mención.



Figura 7. Desinfección. Autores del proyecto

Almacenamiento. En montecitos el tanque de almacenamiento esta hecho de concreto semi enterrado y diseñado para una capacidad de 60mil litros de agua y así poder abastecer las 150 casas y 9 fincas con un total de estimado de 795 habitantes que posee el corregimiento de

Montecitos, municipio de rio de oro, Cesar. En esta etapa el operario deja el cloro en reposo con el agua por mas de media hora antes de distribuirla a la población esto con el fin de que el agua este mas tiempo en contacto con el cloro y así la potabilización sea mas segura



Figura 8. Almacenamiento. Autores del proyecto

4.2 Análisis de la calidad del agua de la Quebrada Peralonso

En el análisis del punto uno tomamos dos tipos de muestras en la boca toma con sus respectivos rótulos para diferenciarlos entre parámetros fisicoquímicos y microbiológicos todo esto con su respectiva cadena de custodia para preservar las muestras y así tener unos resultados más exactos. En este punto se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 7
Análisis de la calidad del agua de la Quebrada Peralonso

| Parámetro | Unidad | Resultado |
|------------------------------------|---------------------|------------------|
| DBO | mg/L | 1,0 |
| Color | UPtCo | 30 |
| Ph | pH | 7,49 |
| Oxígeno disuelto | mg/L O ₂ | 7,39 |
| Conductividad | µs /cm | 90 |
| Solidos suspendidos totales | mg/L | 17 |
| Saturacion de oxigeno | % | 90% |
| Alcalinidad | mg/L | 105 |
| Dureza | mg/L | 92 |
| Turbiedad | mg/L | 1,59 |
| Cloro | mg/L | 0,06 |
| Nitritos | mg/L | 0,0132 |
| Nitratos | mg/L | 3,96 |
| Hierro | mg/L | 0,05 |
| Sulfato | mg/L | 9 |
| Escherichia coli | UFC/100 mL | 207 |
| Coliformes totales | UFC/100 mL | >300 |

Nota. Fuente. Autores del proyecto

Índice de contaminación por mineralización (ICOMI): Este índice esta comprendido por tres variables que son conductividad, dureza y alcalinidad. En la siguiente grafica se puede observar los resultados obtenidos del ICAtest v1.0.

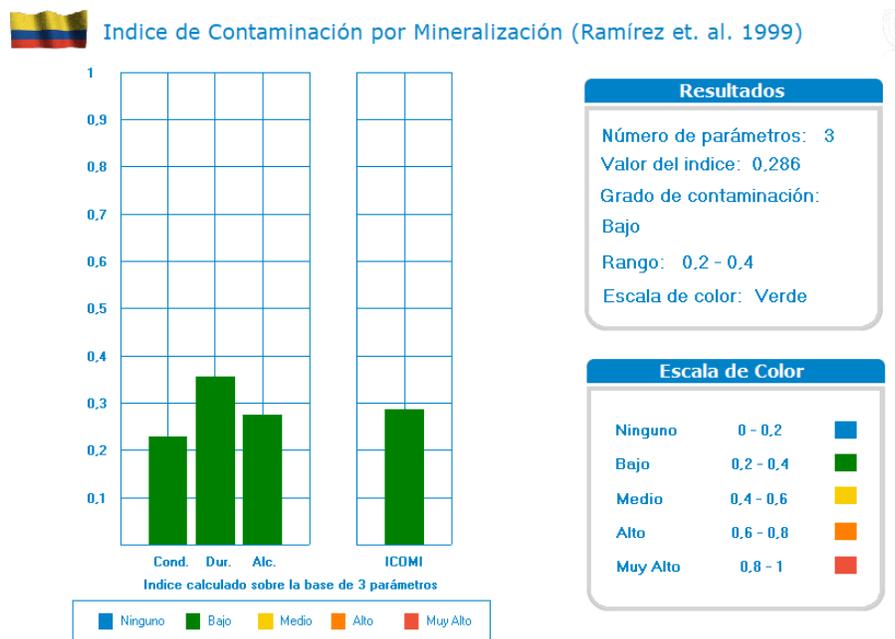


Figura 9. Índice de Contaminación por Mineralización. ICATEST v1.0

Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS): Este índice se halla por medio del análisis de la cantidad de sólidos suspendidos que se encuentran presentes en el agua.

Punto 1 bocatoma



Figura 10. Índice de contaminación por sólidos suspendidos. ICATEST v1.0

Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO): Este índice esta conformado por la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno en la siguiente grafica podemos observar los resultados obtenidos.

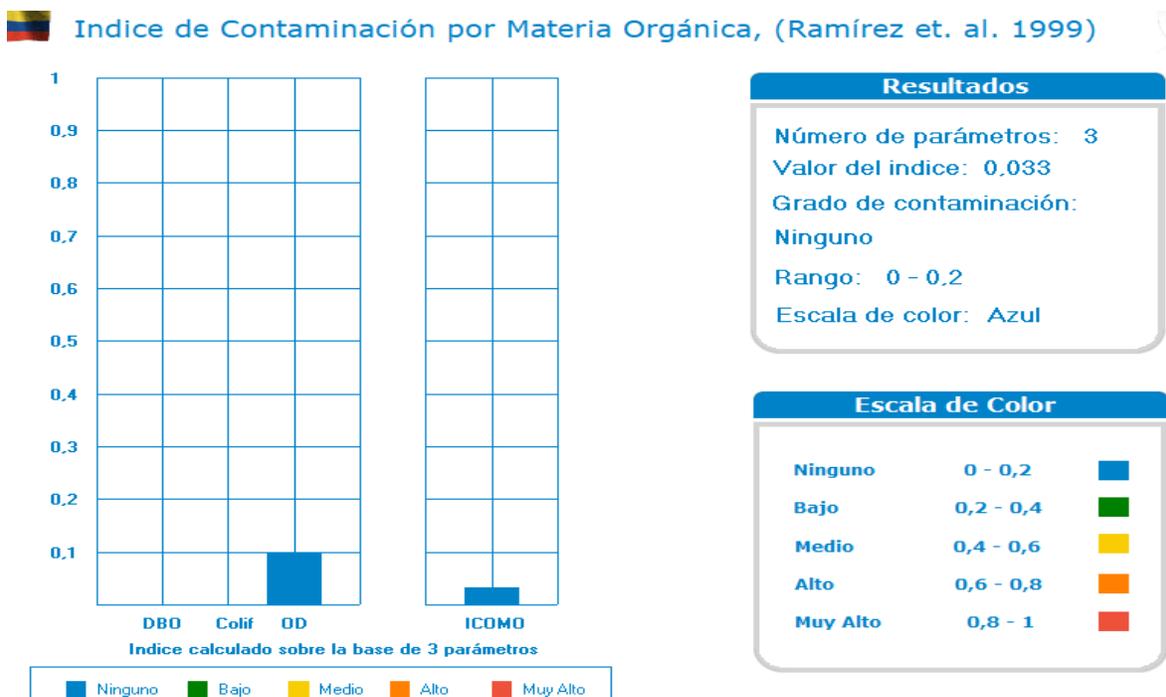


Figura 11. Punto 1 Bocatoma. ICATEST v1.0

4.2.1 Índice de riesgo de la calidad del agua (IRCA)

4.2.2 Punto 2 Planta de tratamiento (PTAP) En la planta de tratamiento

tomamos dos tipos de muestras de agua potable en el tanque de almacenamiento una para análisis fisicoquímicos y la otra para los microbiológicos. Cada uno con sus rótulos y sus respectivas cadenas de custodia. A continuación, vemos los resultados obtenidos.

Tabla 8
Punto 2 Planta de tratamiento (PTAP)

| Parámetro | Unidad | Resultado |
|-------------------------|------------|-----------|
| Color | UPtCo | 19 |
| pH | pH | 7,51 |
| Alcalinidad | mg/L | 135 |
| Dureza | mg/L | 81 |
| Turbiedad | mg/L | 18,6 |
| Cloro | mg/L | 0,10 |
| Nitritos | mg/L | 0,0198 |
| Nitratos | mg/L | 5,28 |
| Hierro | mg/L | 0,11 |
| Sulfato | mg/L | 24 |
| <i>Escherichia coli</i> | UFC/100 mL | 78 |
| Coliformes totales | UFC/100 mL | >300 |

Nota. Fuente. Autores del proyecto

El cálculo del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano en el punto dos tomadas del tanque de almacenamiento de la planta de tratamiento se realizarán por medio de la siguiente formula utilizando la herramienta Excel y se obtuvieron los siguientes resultados.

$$IRCA (\%) = \frac{\sum \text{puntuajes de riesgo asignados a las características no aceptadas}}{\sum \text{puntuajes de riesgo asignadas a todas las características analizadas}}$$

| PUNTO 2 PLANTA DE TRATAMIENTO | Valor admisible resolucion 2115 del 2007 | Resultados Laboratorio | Puntaje de riesgo | Puntaje asignado |
|-------------------------------|--|------------------------|-------------------|------------------|
| Color | 15 | 19 | 6 | 6 |
| PH | 6.5-9.0 | 7,51 | 1,5 | 0 |
| Alcalinidad | 200 | 135 | 1 | 0 |
| Dureza | 300 | 81 | 1 | 0 |
| Turbiedad | 2 | 18,6 | 15 | 15 |
| Cloro | 0.3-2 | 0,1 | 15 | 0 |
| Nitritos | 0.1 | 0,0198 | 3 | 0 |
| Nitratos | 10 | 5,28 | 1 | 0 |
| Hierro | 0.3 | 0,11 | 1,5 | 1,5 |
| Sulfato | 250 | 24 | 1 | 0 |
| E.coli | 0 | 78 | 25 | 25 |
| Coliformes | 0 | >300 | 15 | 15 |
| | | | 86 | 62,5 |
| | | IRCA | 73% | |
| | | NIVEL DE RIESGO | ALTO | |

Figura 12. Punto 2 Planta de Tratamiento. Autores del proyecto

Según los resultados obtenidos en la tabla anterior podemos concluir que el agua de la muestra tomada en el tanque de almacenamiento de la planta de tratamiento (PTAP) según el decreto 2115 del 2007 no es apta para consumo humano debido a que cuenta con un Irca de 53% lo que significa que tiene un nivel de riesgo alto. Por lo tanto, se debe informar a la persona prestadora en este caso el operario, alcalde y a la super intendencia de servicios públicos domiciliarios (SSPD)

4.2.3 Punto 3 vivienda del corregimiento de montecitos En una de las viviendas del corregimiento de montecitos tomamos dos tipos de muestras de agua potable en el tanque de almacenamiento una para análisis fisicoquímicos y la otra para los microbiológicos. Cada uno con sus rótulos y sus respectivas cadenas de custodia. A continuación, vemos los resultados obtenidos.

Tabla 9
Punto 3 vivienda del corregimiento de montecitos

| Parámetro | Unidad | Resultado |
|--------------------------------|---------------|------------------|
| Color | UPtCo | 19 |
| pH | pH | 8,27 |
| Alcalinidad | mg/L | 110 |
| Dureza | mg/L | 90 |
| Turbiedad | mg/L | 3,28 |
| Cloro | mg/L | 0,02 |
| Nitritos | mg/L | 0,0231 |
| Nitratos | mg/L | 4,84 |
| Hierro | mg/L | 0,07 |
| Sulfato | mg/L | 11 |
| <i>Escherichia coli</i> | UFC/100 mL | 32 |
| Coliformes totales | UFC/100 mL | 71 |

Nota. Fuente. Autores del proyecto

El cálculo del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano en el punto tres ubicado en una de las casas de corregimiento de montecitos se realizará por medio de la siguiente formula utilizando la herramienta Excel y se obtuvieron los siguientes resultados.

$$\frac{\sum \text{puntuajes de riesgo asignados a las características no aceptadas}}{\sum \text{puntuajes de riesgo asignadas a todas las características analizadas}}$$

| PUNTO 3 VIVIENDA | Valor admisible resolucion 2115 del 2007 | Resultados Laboratorio | Puntaje de riesgo | Puntaje asignado |
|------------------|--|------------------------|-------------------|------------------|
| Color | 15 | 19 | 6 | 6 |
| PH | 6.5-9.0 | 8,27 | 1,5 | 0 |
| Alcalinidad | 200 | 110 | 1 | 0 |
| Dureza | 300 | 90 | 1 | 0 |
| Turbiedad | 2 | 3,28 | 15 | 15 |
| Cloro | 0.3-2 | 0,02 | 15 | 0 |
| Nitritos | 0.1 | 0,0231 | 3 | 0 |
| Nitratos | 10 | 4,84 | 1 | 0 |
| Hierro | 0.3 | 0,07 | 1,5 | 0 |
| Sulfato | 250 | 11 | 1 | 0 |
| E.coli | 0 | 32 | 25 | 25 |
| Coliformes | 0 | 71 | 15 | 15 |
| | | | 86 | 61 |
| | | | | |
| | IRCA | 71% | | |
| | NIVEL DE RIESGO | ALTO | | |

Figura 13. Punto 3 vivienda del corregimiento de montecitos. Autores del proyecto

4.2.4 Calculo del IRABAm Para el cálculo del índice de riesgo municipal por abastecimiento de agua IRABAm se tendrá en cuenta los procesos de tratamiento, distribución y continuidad del servicio y se realizará dando aplicación a la siguiente formula donde:

IT= índice de tratamiento

IC=índice de continuidad

$$IT= 10+0+0 = 10$$

$$IC = \left(\frac{122 \times 795}{730 \times 795} \right) \times 24 = 4 \text{ horas} \quad \text{Puntaje} = 0$$

$$IRABApp = 100-(10+10)$$

$$= 100-10$$

$$= 90$$

Nivel de riesgo muy alto.

$$\text{IRDm} = 100 - [(90 \times 1) + (50 \times 0) + (10 \times 0) + (5 + 0) + (1 \times 10)]$$

$$\text{IRDm} = 0$$

$$\% \text{Red} = \frac{122}{122} = 0\%$$

$$\text{IRABAm} = \left[\frac{90}{1} \right] \times 0,6 + (0)(0,4) = 54$$

Nivel de riesgo alto

Dotación neto por habitante.

Clima cálido.

Nivel de complejidad bajo <2.500 habitantes

Dotación neta 100 L/habitantes /día

$$100 + 10\% = 110 \text{ L/habitantes/día}$$

$$D_{\text{bruta}} = \frac{D_{\text{neta}}}{1 - \%P}$$

$$\%P = 20\%$$

$$D_{\text{bruta}} = \frac{110 \text{ L/habitantes/día}}{1 - 0,20} = 137 \text{ L/habitantes/día}$$

$$Q_{\text{md}} = \frac{P \times D_{\text{bruta}}}{86400} = \frac{795 \times 137}{86400} = 1.26 \text{ L/seg}$$

$$Q_{\text{md}} = 1,26 \times 1,2 = 1,5 \text{ L/seg}$$

$$Q_{\text{md}} = 1,5 \times 1,3 = 1,96 \text{ L/seg}$$

4.3 Estrategias de Mejoramiento del Sistema de abastecimiento de agua.

Remodelación del diseño estructural. Se debe proponer un diseño de restructuración a la boca toma y la línea de aducción.

Plan de reforestación. Se debe generar un plan de reforestación a la cuenca para que en el tiempo de sequía no se disminuya el caudal de la quebrada y poder mantener continuidad y calidad del servicio de agua potable.

Programas de capacitación al Recurso Humano. Se deben realizar capacitaciones periódicas al operario para que adquiera conocimiento sobre dosificación exacta y el mantenimiento preventivo al sistema de tratamiento principalmente a los filtros.

Capítulo 5. Conclusiones

Se identificó mediante el diagnóstico técnico-operativo que el mayor inconveniente que presenta el sistema de Abastecimiento del Corregimiento de Montecitos es la falta de continuidad del servicio, esto se debe a los daños graves que ha causado la quebrada a la infraestructura de la bocatoma y de la línea de aducción.

Con el análisis que se le realizó a las muestras recolectadas al sistema de abastecimiento de agua del Corregimiento de Montecitos se pudo concluir que esta no es apta para el consumo humano como muestran los resultados obtenidos y comparados con la normatividad en el decreto 2115 de 2007. Igualmente no cumple con los requerimientos ambientales de dosificación de insumos.

Se diseñaron estrategias de mejoramiento encaminadas a la conservación de la fuente de abastecimiento y al uso adecuado, racional del recurso hídrico y a la educación y sensibilización de la población beneficiaria.

Capítulo 6. Recomendaciones

La planta de abastecimiento requiere de una reestructuración física y se debe cambiar el material filtrante.

Se recomienda realizar la desinfección de los tanques de almacenamiento de acuerdo a la periodicidad establecida en el Decreto 1575 de 2007 del Ministerio de la Protección Social. Es decir se debe realizar cada 6 meses.

Capacitar al operario en cuanto al manejo de insumos como el cloro granular residual para ajustar la dosificación.

Es conveniente realizar la compra de un kit para determinación de parámetros como cloro residual, turbidez y pH como mínimo.

Se sugiere elaborar y desarrollar un programa de uso eficiente y ahorro del agua donde se cuente con jornadas de sensibilización a la comunidad sobre el uso eficiente del recurso hídrico de acuerdo a los lineamientos de la ley 373 y establecer incentivos tarifarios para el ahorro.

Referencias

- Alcaldía de Río de Oro. (2015). Plan de desarrollo. Obtenido de <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/riodeorocesarpd20122015.pdf>
- Alcaldía de San Calixto. (08 de 06 de 2016). alcaldía de san calixto Norte de Santander . Recuperado el 14 de 09 de 2016, de http://sancalixto-nortedesantander.gov.co/informacion_general.shtml
- Anónimo. (2010). Salud pública y comunitaria. España: Vertice.
- Barrenechea, A. (2004). Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. En L. Canepa, Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I (pág. 278). Lima: CEPIS/OPS.
- Benavides , D., Castro, M., & Vizcaíno , H. (2006). Optimización del acueducto por gravedad del municipio de Timana (Huila)(tesis de pregrado). Universidad de la Salle, Bogota, Colombia.
- Cabildo, M., Cornago, M., Escólastico, C., Soledad, S., López, C., & Sanz, D. (2013). Bases químicas del medio ambiente. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Campillo, S. (9 de abril de 2018). xataka. Obtenido de <https://www.xataka.com/autor/santiago-campillo>
- Cano, A. (2005). Elementos para una definición de evaluación. Recuperado el 21 de 09 de 2016, de Elementos para una definición de evaluación: http://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/38/38196/tema_5_elementos_para_una_definicion_de_evaluacion.pdf
- Carpio Galvan, T. (17 de junio de 2007). TURBIEDAD POR NEFELOMETRÍA (METODO B. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Turbiedad+por+Nefelometr%C3%A1Da..pdf/fc92342e-8bba-4098-9310-56461c6a6dbc>
- Catro, M., Almeida, J., Ferrer , J., & Diaz , D. (2014). Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. Ingeniería solidaria, 112-124.
- Cegarra, J. (2004). Metodología de la investigación científica y tecnológica . Madrid: Diaz de Santos.
- Comisión del Codex Alimentarius. (2013). Principios y directrices para el establecimiento y la aplicación de criterios microbiológicos relativos a los alimentos. Obtenido de file:///C:/Users/Invitado/Downloads/CXG_021s.pdf

- EcuRed:Enciclopedia cubana. (s.f.). Obtenido de Calidad del agua:
https://www.ecured.cu/EcuRed:Enciclopedia_cubana
- Equipo de Redacción de Concepto. (2019). Argentina: Editorial Concepto.de (Enciclopedia online).
- Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (2018). Etapas del proceso de potabilización de agua. Obtenido de <https://www.fibrasynormasdecolombia.com/terminos-definiciones/etapas-del-proceso-potabilizacion-agua/>
- Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (s.f.). MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES Y TIPOS DE ANÁLISIS EMPLEADOS. Obtenido de <https://www.fibrasynormasdecolombia.com/terminos-definiciones/muestreo-de-aguas-residuales-y-tipos-de-analisis-empleados/>
- Fibras y Normas S.A.S. (2018). Etapas del proceso de potabilización de agua. Obtenido de <https://www.fibrasynormasdecolombia.com/terminos-definiciones/etapas-del-proceso-potabilizacion-agua/>
- Fibras y Normas S.A.S. (2018). Etapas del proceso de potabilización de agua. Obtenido de <https://www.fibrasynormasdecolombia.com/terminos-definiciones/etapas-del-proceso-potabilizacion-agua/>
- Fibras y Normas S.A.S. (2018). Etapas del proceso de potabilización de agua. Obtenido de <https://www.fibrasynormasdecolombia.com/terminos-definiciones/etapas-del-proceso-potabilizacion-agua/>
- Fibras y Normas S.A.S. (2018). Etapas del proceso de potabilización de agua. Obtenido de <https://www.fibrasynormasdecolombia.com/terminos-definiciones/etapas-del-proceso-potabilizacion-agua/>
- Fibras y Normas S.A.S. (2018). Etapas del proceso de potabilización de agua. Obtenido de <https://www.fibrasynormasdecolombia.com/terminos-definiciones/etapas-del-proceso-potabilizacion-agua/>
- García , C., Carreón, J., Hernández, J., López, M., & Bustos, J. (2012). Actitudes, consumo de agua y sistemas de tarifas del servicio de abastecimiento de agua potable . Polis, 12(34), 363-401.
- Gómez , N. (2005). Remoción de materia orgánica por coagulación- floculación (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, Manizales, Colombia.
- Gonzáles, L., & Goyeneche, J. (2011). Evaluacion de la calidad del agua de consumo humano para cuatro veredas de la cuenca del rio Suárez y soluciones a corto y largo plazo para el mejoramiento de la calidad del agua de consumo humano de la vereda San Isidro. Universidad Industrial de Santander , Santander, Colombia.

Hernández , R., Fernández , C., & Baptista , P. (2010). Metodología de la investigación . México: McGraw-Hill.

Higieneambiental. (18 de MARZO de 2018). La historia del tratamiento del agua potable: un camino hacia la mejora radical de la salud pública. Obtenido de <https://higieneambiental.com/aire-agua-y-legionela/la-historia-del-tratamiento-del-agua-potable-un-camino-hacia-la-mejora-radical-de-la-salud-publica>

Ideam . (2014). Estudio nacional del agua 2014. Bogota: IDEAM.

Ideam. (2010). Estudio nacional del agua 2010. Bogota: IDEAM.

IDEAM. (2010). Guia de moniterio de vertimientos, aguas superficiales y subterranas. Obtenido de http://corponor.gov.co/corponor/sigescor2010/TRAMITESYSERVICIOS/Guia_monitoreo_IDEAM.pdf

IDEAM. (2010). Guia para el monitoreo de vertimiento, aguas superficiales y subterranas. Obtenido de http://corponor.gov.co/corponor/sigescor2010/TRAMITESYSERVICIOS/Guia_monitoreo_IDEAM.pdf

IDEAM. (2010). Guia para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterranas. Obtenido de http://corponor.gov.co/corponor/sigescor2010/TRAMITESYSERVICIOS/Guia_monitoreo_IDEAM.pdf

IDEAM. (2010). Guia para el monitoreo de vertimientos,aguas superficiales y sudterranas. Obtenido de http://corponor.gov.co/corponor/sigescor2010/TRAMITESYSERVICIOS/Guia_monitoreo_IDEAM.pdf

IDEAM. (2010). Guia para monitorio de vertimientos, aguas superficiales y subterranas. Obtenido de http://corponor.gov.co/corponor/sigescor2010/TRAMITESYSERVICIOS/Guia_monitoreo_IDEAM.pdf

IDEAM. (2010). Índice de calidad del agua en corrientes superficiales (ICA). Obtenido de http://www.ideam.gov.co/documents/24155/125494/36-3.21_HM_Indice_calidad_agua_3_FI.pdf/9d28de9c-8b53-470e-82ab-daca2d0b0031

IDEAM. (2010). Usos del agua y residuos liquidos. Obtenido de http://www.ideam.gov.co/documents/24024/36843/Dec_1594_1984.pdf/aacbcd5d-fed8-4273-9db7-221d291b657f

- IDEAM. (s.f.). Hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua. Obtenido de http://www.ideam.gov.co/documents/24155/125494/36-3.21_HM_Indice_calidad_agua_3_FI.pdf/9d28de9c-8b53-470e-82ab-daca2d0b0031
- Instituto nacional de salud. (2005). Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/informe-inca-2014.pdf>
- Jiménez , B. (2001). La contaminación ambiental en México. México: LIMSA.
- Jiménez Cisneros, B. E. (2001). La contaminación ambiental en Mexico. Mexico: Limusa Noriega Editores.
- Kemmer, F., & McKallion, J. (1989). Manual del Agua su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. Mexico: Mc Graw-Hill.
- Laclette, J., & Zúñiga, P. (2012). Diagnóstico del agua en las américas. Mexico: FCCyT.
- López Casas, J. G. (2011). Manual toma de muestras agua. Programa de Vigilancia por Laboratorio de la Calidad de Agua, 11.
- Martel, A. B. (s.f.). ASPECTOS FISICOQUÍMICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA. Obtenido de <http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>
- Mendes , J. P., & Solsona, F. (2002). Desinfección del agua. Lima: CEPIS/OPS.
- Mendoza, M. (2006). Tratamiento de agua potable, operacion, procesos, talleres y monitoreo (monografía). Universidad Industrial de Santander , Bucaramanga , Colombia.
- Minambiente. (22 de junio de 2007). Gestion Integra ldel Recurso Hidrico. Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res_2115_de_2007.pdf
- Minambiente. (22 de junio de 2007). MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res_2115_de_2007.pdf
- Minambiente. (22 de junio de 2007). MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL . Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res_2115_de_2007.pdf
- Minambiente. (22 de junio de 2007). MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL . Obtenido de

http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res_2115_de_2007.pdf

Minambiente. (22 de junio de 2007). MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL . Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res_2115_de_2007.pdf

Minambiente. (2014). LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/agua/indicadores1>

Minambiente. (s.f.). Glosario Jurídico - Gobernanza del Agua. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/ocga/glosario>

Ministerio de Desarrollo Economico. (Noviembre de 2000). DOCUMENTACIÓN TÉCNICO NORMATIVA DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO. Obtenido de http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710_ras_titulo_a_.pdf

Ministerio de Desarrollo Economico. (2010). DOCUMENTACIÓN TÉCNICO NORMATIVA DEL SECTOR DE AGUA. Obtenido de http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710_ras_titulo_a_.pdf

Ministerio de la Proteccion social. (16 de Enero de 2009). Articulos. Obtenido de <https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacin%20SIVICAP/2009%20Resoluci%C3%B3n%20082%20Buenas%20pr%C3%A1cticas%20sanitarias.pdf>

Ministerio de la Proteccion Social. (16 de enero de 2009). Articulos. Obtenido de <https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacin%20SIVICAP/2009%20Resoluci%C3%B3n%20082%20Buenas%20pr%C3%A1cticas%20sanitarias.pdf>

Ministerio de Salud y Proteccion Social. (2014). INFORME NACIONAL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/informe-nacional-de-la-calidad-del-agua-para-consumo-humano-ano-2013-con-base-en-el-irca.pdf>

Ministerio de Salud y protección Social. (2014). INFORME NACIONAL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/informe-nacional-de-la-calidad-del-agua-para-consumo-humano-ano-2013-con-base-en-el-irca.pdf>

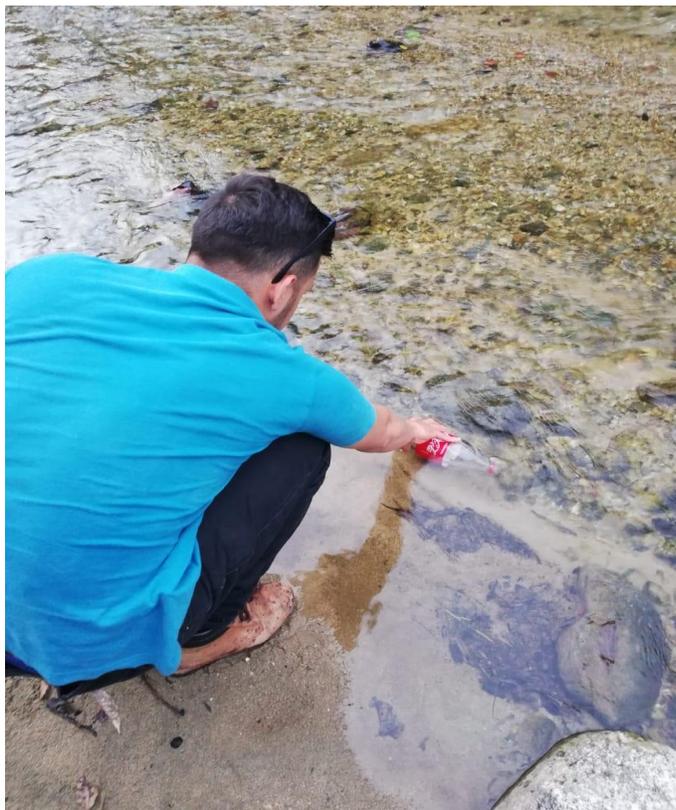
- Ministerio de Salud y Protección Social. (s.f.). Salud Pública. Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/salud/publica/Paginas/salud-publica.aspx>
- Minvivienda. (17 de Noviembre de 2000). DOCUMENTACIÓN TÉCNICO NORMATIVA DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. Obtenido de http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710_ras_titulo_a_.pdf
- Minvivienda. (5 de Marzo de 2008). MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL . Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/0811-%202008.pdf>
- Miralles, F. (2014). Recursos hídricos y adaptación al cambio climático en en Latinoamérica y el Caribe. IBID.
- Naciones Unidas . (27 de julio de 2011). Asamblea General Sexagésimo quinto período de sesiones . Obtenido de https://digitallibrary.un.org/record/711958/files/A_65_PV.114-ES.pdf
- Navarro, L. (2009). Desarrollo, ejecución y presentación del proyecto de investigación. Venezuela: Panapo de Venezuela.
- Ojeda, M. (2012). Caracterización físico-química y parametros de calidad del agua de la planta de agua potable de Barrancabermeja (tesis de pregrado). Univerisdad Industrial de Santander, Santander, Colombia.
- ONU. (22 de OCTUBRE de 2014). DECENIO INTERNACIONAL PARA LA ACCION "EL AGUA FUENTE DE VIDA". Obtenido de <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
- ONU. (25 de febrero de 2019). la situacion del agua en el mundo. excelsior.
- Orellana, J. A. (2005). Ingeniería Sanitaria- UTN - FRRO. Obtenido de CARACTERÍSTICAS DEL AGUA POTABLE: https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_03_Caracteristicas_del_Agua_Potable.pdf
- Orellana, J. A. (2005). Ingeniería Sanitaria- UTN - FRRO. Obtenido de CARACTERÍSTICAS DEL AGUA POTABLE: https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_03_Caracteristicas_del_Agua_Potable.pdf
- Organización de las Naciones Unidas. (22 de 10 de 2014). Organización de las naciones unidas. Recuperado el 21 de 09 de 2016, de Organización de las naciones unidas: <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>

- Organizacion Mundial de la Salud. (2006). Guías para la calidad del agua potable. 128. Obtenido de https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_fulll_lowres.pdf
- Organización Mundial de la Salud. (sf de sf de 2008). organización mundial de la salud. Recuperado el 15 de 09 de 2016, de organización mundial de la salud: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/es/
- Organizacion mundial de la salud. (2019). Guías para la calidad del agua potable, tercera edición. Obtenido de https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/es/
- Organizacion Mundial de la Salud. (s.f.). Agua,saneamiento y salud. Obtenido de https://www.who.int/water_sanitation_health/mdg1/es/
- Organizacion Mundial de la Salud. (s.f.). Guías para la calidad del agua potable.
- Organización Mundial de la Salud. (s.f.). Guías para la calidad del agua potable. Biblioteca de la OMS .
- Organización Panamericana de la Salud . (2004). tratamiento de agua para consumo humano plantas de filtración rápida. Lima: OPS.
- Organización Panamericana de Salud. (2002). Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano. Lima: OPS/CEPIS.
- Pérez , j., & Espigares, R. (1995). Desinfección del agua. Cloración. universidad de granada, 1-18.
- Pérez, j. A. (1981). Tratamiento de aguas. En J. A. Pérez, tratamiento de aguas (pág. 1). Medellin: UNAL.
- Quijada, A. T. (2005). Relación de las variables disposicionales: conocimientos, habilidades, motivos y creencias con el desperdicio del agua (tesis de pregrado). Universidad de Sonora, Sonora, Mexico.
- Ramirez, A., Restrepo, R., & Viña, G. (1997). Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulación y aplicación. ciencia, tecnología y futuro, 135-153.
- Ramirez, M. F. (6 de marzo de 2019). El agua potable.
- Reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico. (2000). título C sistemas de potabilización . Bogota: RAS.
- Ricardo. (2012). EValuacion. Obtenido de <https://previa.uclm.es/profesorado/ricardo/practicum/relieve/evaluacion.htm>

- Rodriguez, J. (05 de 04 de 2007). Guía de elaboración de diagnósticos. Recuperado el 21 de 09 de 2016, de Guía de elaboración de diagnósticos:
<http://www.cauqueva.org.ar/archivos/gu%C3%ADa-de-diagn%C3%B3stico.pdf>
- Rodriguez, R, & Rojas, F. (2012). Evaluación de la calidad del agua de consumo humano y soluciones para mejorar el funcionamiento de la planta de tratamiento de agua potable del municipio del Hato Santander (tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Romero Rojas, J. A. (1999). Potabilización del agua . México: ALFAOMEGA.
- Sierra, C. A. (2011). calidad del agua evaluacion y diagnostico. Medellin: Ediciones de la U.
- Solsona , F. (2002). Guías para elaborar normas de calidad del agua de bebida en los países de desarrollo. CEPIS/OPS: Lima.
- Tierra Colombiana. (s.f.). Pisos termicos de Colombia. Obtenido de
<https://tierracolombiana.org/pisos-termicos-de-colombia/>
- Toda Colombia. (21 de 02 de 2019). Pisos Térmicos en Colombia. Obtenido de
<https://www.todacolombia.com/geografia-colombia/pisos-termicos.html>
- UNICEF. (s.f.). El estado del agua, el alcantarillado y los residuos sólidos. El agua potable y el saneamiento basico en los planes de desarrollo, 32.
- Vanegas, C. (2010). Evaluación de la calidad microbiológica del agua potable y residual del barrio Robles y su relación con la salud de la población. Concientización de su uso por medio de talleres a los estudiantes del colegio amigos de la naturaleza (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogota, Colombia.

Apéndice

Apéndice A. Fotografías de la Recolección de las muestras





Fuente. Autor