

ESTUDIO PILOTO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA
PROCESOS DE POTABILIZACIÓN DE AGUA UTILIZANDO COMO FUENTE DE
CAPTACIÓN EL RIO MAGDALENA Y DOS POZOS SUBTERRÁNEOS
UBICADOS EN EL MUNICIPIO DE PUERTO WILCHES, SANTANDER.

LUIS GABRIEL CARRANZA PEÑA

2158050

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE QUIMICA

ESPECIALIZACIÓN QUÍMICA AMBIENTAL

BUCARAMANGA

2016

ESTUDIO PILOTO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA
PROCESOS DE POTABILIZACIÓN DE AGUA UTILIZANDO COMO FUENTE DE
CAPTACIÓN EL RIO MAGDALENA Y DOS POZOS SUBTERRÁNEOS
UBICADOS EN EL MUNICIPIO DE PUERTO WILCHES, SANTANDER.

LUIS GABRIEL CARRANZA PEÑA
2158050

Trabajo de Monografía
Para optar al título de Especialista en Química Ambiental

Directora
LUZ YOLANDA VARGAS FIALLO
Especialista en Química del Agua
Magister en Química

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE QUIMICA
ESPECIALIZACIÓN QUÍMICA AMBIENTAL
BUCARAMANGA
2016

Esta Monografía se la dedico a Dios, por ser mi guía en mi vida; a mis padres por su dedicación, amor, paciencia y apoyo, por ser la base de mi vida, a mi hermano, mis familiares, amigos y docentes por todo el apoyo que me han brindado para lograr este objetivo en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la oportunidad de seguir estudiando.

A mis padres por el gran apoyo y esfuerzos realizados para conseguir estos logros en la vida.

A mis profesores, familiares y amigos por la oportunidad de compartir con cada uno de ustedes.

A la Doctora Luz Angela Carreño por su paciencia y constante colaboración en la revisión de esta monografía.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. OBJETIVOS.....	18
1.1 OBJETIVO GENERAL	18
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
3. JUSTIFICACIÓN.....	20
4. MARCO REFERENCIAL.....	21
4.1 MARCO TEÓRICO	21
4.1.1 Importancia del agua para la vida.	21
4.1.2 Distribución del agua en la tierra.....	22
4.1.3 Ciclo hidrológico del agua.	23
4.1.4 Métodos y tecnología de potabilización de las aguas.	25
4.1.5 Calidad del agua.	27
4.1.6 Parámetros físicos en el agua.....	28
4.1.6.1 Color.	28
4.1.6.2 Turbiedad.....	28
4.1.6.3 Olor y Sabor.	28
4.1.6.4 Temperatura.	29
4.1.6.5 Sólidos.	29
4.1.6.6 Conductividad.	30
4.1.7 Parámetros químicos del agua.	31
4.1.7.1. Alcalinidad Total:.....	31
4.1.7.2 Acidez.	31

4.1.7.3 Grupo del Nitrógeno.....	31
4.1.7.4 Grupo del Azufre.....	32
4.1.7.5 Hierro y Manganese.....	33
4.1.7.6 Fósforo.....	34
4.1.7.7 Oxígeno Disuelto (OD):.....	34
4.1.7.8 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).	35
4.1.7.9 Demanda Química de Oxígeno (DQO).	35
4.1.7.10 Grasas y Aceites.....	35
4.1.8 Parametros microbiológicos del agua.	36
4.1.8.1 Coliformes Totales.	36
4.1.8.2 Escherichia Coli.	36
4.1.9 Enfermedades transmitidas por el agua contaminada.	36
4.1.10 Tipos de tratamientos de agua.....	37
4.1.11 Localizacion geográfica del área de estudio.	39
4.1.11.1 Limites del municipio.....	40
4.1.11.2 Características Hidrológicas.	40
4.1.12 Descripción detallada del funcionamiento del sistema de acueducto del municipio de puerto wilches.....	41
4.1.12.1 Componentes del sistema de acueducto.	42
4.1.12.1.1 Captación.....	42
4.1.12.2 Torres de aireación.	43
4.1.12.3 Filtración.	44
4.1.12.4 Desinfección.	44
4.1.12.5 Tanques de almacenamiento y distribución.	45
4.1.12.6 Bombas Centrífugas.	45
 5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	 47
5.1 MATERIALES	47
5.2 METODOLOGÍA	48

6. DESARROLLO DEL PROYECTO	51
6.1 ANÁLISIS DEL DESARROLLO DEL PROYECTO	52
7. CONCLUSIONES	57
8. RECOMENDACIONES.....	59
BIBLIOGRAFÍA.....	60
ANEXOS.....	68

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación de la fuente de acuerdo a sus características físico-químicas y el grado de tratamiento asociado.	38
Tabla 2. Coordenadas planas de los pozos subterráneos.	40
Tabla 3. Parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos.....	47
Tabla 4. Puntos y lugares de muestreo.....	48
Tabla 5. Dosificación de floculante y alcalinizantes de acuerdo con el tipo de muestra de captación que presentó las mejores condiciones.	51
Tabla 6. Los valores máximos aceptables para cada una de las características físicoquímicas y microbiológicas, señaladas en el Decreto 1575/2007 y en la Resolución 2115/2007.....	54
Tabla 7. Promedio anuales de los análisis físicoquímicos y microbiológicos de los pozos subterráneos.....	55

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Disponibilidad anual <i>per cápita</i> de agua registrada en Colombia.	23
Figura 2. Ubicación del Municipio de Puerto Wilches en el Departamento de Santander.	39
Figura 3. Esquema de distribución del sistema de acueducto del municipio de Puerto Wilches.	42

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. PUNTOS Y LUGARES DE MUESTREO.	68
ANEXO B. ANÁLISIS DE LABORATORIO PROMEDIO DE LAS DOS FUENTES DE CAPTACIÓN PROPUESTAS PARA EL AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL MUNICIPIO DE PUERTO WILCHES.	70
ANEXO C. TABLA DE COSTOS PARA EL ANÁLISIS ECONÓMICO.	73
ANEXO D. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS PROMEDIO DE MUESTRAS DE AGUA PROVENIENTES DEL POZO SUBTERRÁNEO Y DEL RIO MAGDALENA	74
ANEXO E. FICHA TÉCNICA DE POLICLORURO DE ALUMINIO.	76
ANEXO F. FICHA TÉCNICA DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A.	77

RESUMEN

TITULO: ESTUDIO PILOTO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA PROCESOS DE POTABILIZACIÓN DE AGUA UTILIZANDO COMO FUENTE DE CAPTACIÓN EL RIO MAGDALENA Y DOS POZOS SUBTERRÁNEOS UBICADOS EN EL MUNICIPIO DE PUERTO WILCHES, SANTANDER.*

AUTORES: LUIS GABRIEL CARRANZA PEÑA**

PALABRAS CLAVE: Fuente de Captación, lineamientos, parámetros, normatividad.

DESCRIPCION:

Proporcionar agua de calidad a la población es una de las preocupaciones de toda empresa potabilizadora de agua, debido a esto, la presente monografía tiene como objetivo, buscar y evaluar nuevas fuentes de captación del preciado líquido en el municipio de Puerto Wilches, ajustando los actuales procesos técnico-operativos para conducir a un mejoramiento continuo logrando así, mayor cobertura de la prestación del servicio, donde la comunidad del área urbana y rural, se vean beneficiadas.

Inicialmente, se realizó la revisión de cada una de las unidades, que conforman la planta potabilizadora de agua en el municipio, para describirlas y determinar los parámetros principales de operación. Se tomaron las muestras de agua cruda en los puntos de muestreo, para analizar y conocer sus características. Se realizó una simulación del proceso real a escala de laboratorio con el método de jarras para determinar así la dosis óptima de sustancias químicas. Los resultados obtenidos se compararon con la ficha actual de la planta, lo que sirvió de apoyo para definir la nueva fuente de captación de agua alterna y formular las estrategias de mejoras de tipo operacional a corto plazo, según su factibilidad técnica y económica, teniendo en cuenta los parámetros establecidos por la Resolución 2115 de 2007 de la normatividad colombiana.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ciencias, Escuela de Química. Especialización Química Ambiental. Directora: Luz Yolanda Vargas Fiallo, Especialista en Química del Agua, Magister en Química

ABSTRACT

TITLE: PILOT STUDY FEASIBILITY TECHNICAL AND ECONOMIC PROCESS OF WATER DRINKING WATER AS A SOURCE OF CAPTURE USING THE RIO MAGDALENA AND TWO UNDERGROUND WELLS LOCATED IN THE MUNICIPALITY OF PUERTO WILCHES, SANTANDER.*

AUTHORS: LUIS GABRIEL CARRANZA PEÑA**

KEYWORDS: Source Collection, guidelines, parameters, norms.

DESCRIPTION:

Provide quality water to the population is one of the concerns of all water treatment water company, because of this, this paper aims to search and evaluate new sources of acquisition of the precious liquid in the municipality of Puerto Wilches, adjusting current technical-operative to drive continuous improvement thus achieving greater coverage of the service, where the community of urban and rural areas, benefit from being processes.

Initially, the review of each of the units, which make the water treatment plant in the municipality, to describe and determine the main parameters of operation was performed. Raw water samples were taken at the sampling points to analyze and understand its characteristics. a simulation of the real process was performed at laboratory scale method jars and to determine the optimal dosage of chemicals. The results were compared with the current record of the plant, which served as support to define the new source capture alternating water and formulate strategies for improvement of short-term operational type, according to technical and economic feasibility, taking into account the parameters established by Resolution 2115 of 2007 Colombian law.

* Graduation project

** Faculty of Science, School of Chemistry. Specialization Environmental Chemistry. Director: Luz Yolanda Vargas Fiallo, Water Chemistry Specialist, Magister in Chemistry

INTRODUCCIÓN

El agua es un componente de nuestra naturaleza que ha estado presente en la Tierra desde hace más de 3000 millones de años, ocupando tres cuartas partes de la superficie del planeta. El agua es un recurso ampliamente utilizado y esencial para la vida; aproximadamente el 70 % de la superficie de la tierra está cubierta de agua, menos del 3 % del recurso es agua dulce y solo el 13 % del total de agua dulce del planeta está disponible para las necesidades de los humanos.

La importancia que el agua tiene para la vida en el planeta ha justificado múltiples eventos de todo tipo, desde cumbres de líderes mundiales hasta proyectos de investigación en los más diversos campos; en los últimos años se han revelado datos aterradores acerca del cambio climático, la devastación a que han sido sometidos grandes territorios que antes eran reservas boscosas generadoras de agua, los vertimientos de contaminantes a los cuerpos de agua y otros más que han ocasionado entrar en una fase de alerta frente a la disponibilidad de este recurso, necesario para las actividades de vida, que se agota sin que hagamos mucho por conservarla.¹

El incremento de la producción industrial y agropecuaria, registrado en todo el mundo, no sólo representa un aumento de desechos descargados en los cuerpos acuíferos receptores, sino también la adición de nuevos contaminantes. Por ello, mientras la contaminación industrial, agrícola y doméstica amenaza las fuentes abastecedoras existentes, el agua se convierte en un recurso cada vez más valioso que es preciso administrar con prudencia.

¹ CARDONA, AGUILAR. Diana Carolina. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA. Colombia 2011. Caracterización del agua cruda del río la vieja como fuente superficial para el proceso de potabilización de Emcartago S.A. E.S.P. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/2570/1/62816C268c.pdf>

En Colombia el sector de agua potable y saneamiento básico, afronta retos por las condiciones internas del país ya que un alto porcentaje de colombianos enfrenta graves dificultades para obtener el suministro de tan apreciado líquido con calidad requerida para su consumo.²

Actualmente, en el municipio de Puerto Wilches, Santander, según el reporte anual de la empresa concesionada para las actividades de potabilización de agua, en el periodo 2013 – 2014 se captó y potabilizó un promedio mensual de 3.024.000 m³, y se emplearon 2.570.400 kg de químicos/año para su tratamiento.

De ahí, la importancia de realizar un estudio piloto cualitativo y cuantitativo donde se busque conocer el estado actual del agua en el área de Puerto Wilches, además de evaluar sitios alternativos de captación, que permitan a las entidades prestadoras del servicio público obtener agua con la calidad adecuada para dar cumplimiento a las disposiciones del decreto 1575 de 2007, en el cual se establecen las normas técnicas de calidad del agua potable. Cabe resaltar que el escoger una nueva fuente de captación de agua puede tener efectos positivos a nivel social, ya que se podría abastecer a sectores que actualmente no cuentan con el servicio de agua potable domiciliario, lo cual constituiría una mejora en la calidad de vida de los habitantes del sector urbano y rural. Así mismo, tener en cuenta su factibilidad en los costos de operación a corto plazo, para la puesta en marcha y lograr que los costos de operación por m³ de agua tratada, tiendan a disminuir.

Para ello se aplicó una metodología descriptiva y analítica, que permitió realizar un diagnóstico general del estado de las fuentes de agua, propuestas como alternativa de captación, teniendo en cuenta aspectos sociales, económicos,

2 ORTEGA. BASTIDAS. William. ESCUELA SUPERIOR DE ADMINISTRACION PÚBLICA. Carlosama, Nariño. Colombia. 2007. Disponible en: [http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/a6579%20%20propuesta%20%20mejoramiento%20de%20la%20calidad%20del%20agua%20\(pag%2061%20-%20636%20kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/a6579%20%20propuesta%20%20mejoramiento%20de%20la%20calidad%20del%20agua%20(pag%2061%20-%20636%20kb).pdf)

ambientales y técnicos, con el objetivo de lograr el mejoramiento de la calidad de agua del municipio a corto o mediano plazo.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Estudio piloto de factibilidad técnica y económica para procesos de potabilización de agua utilizando como fuente de captación el río Magdalena y pozos subterráneos ubicados en el municipio de Puerto Wilches, Santander.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer las características fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas del pozo subterráneo ubicado en la planta de tratamiento de agua potable y del río Magdalena.
- Realizar las pruebas de tratamiento para potabilización a cada una de las muestras.
- Comparación de costos en el aspecto técnico- operativo para cada una de las fuentes en la captación de agua.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia enfrenta grandes retos causados por las condiciones en el sector de agua potable y saneamiento básico, debido a que un gran número de habitantes carece de suministro de agua potable. El municipio de Puerto Wilches no está exento a esta problemática debido al incremento de la producción industrial, agropecuaria, vertimiento de aguas residuales y la disposición final inadecuada de residuos sólidos. Todos estos factores han generado un incremento económico en los tratamientos para la potabilización de agua.

3. JUSTIFICACIÓN

El principal problema en torno al agua se debe a que nos encontramos frente a un recurso que antes era considerado renovable en el caso de ser necesario; pero hoy en día esas consideraciones han cambiado. El agua es un recurso que se encuentra en el planeta en gran cantidad, pero lo cierto es que un alto porcentaje no se encuentra apta para el consumo humano. Esto ha generado una presión sobre el porcentaje de agua dulce que queda en el planeta, viéndose reflejada esta situación en el municipio de Puerto Wilches a través del descontento de los usuarios por el excesivo cobro en la facturación debido a los altos costos de tratamiento del agua; mal servicio en el suministro y una baja calidad del agua suministrada a los usuarios. Por estas razones es de vital importancia hacer un estudio de nuevas fuentes de captación de mejor calidad de tal forma que la infraestructura establecida en la planta no requiera de mayores cambios para que su inversión no supere el valor establecido en estos sistemas de tratamiento para potabilización de agua y así no recaiga sobre el costo en los usuarios de la población de Puerto Wilches.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 MARCO TEÓRICO

Para interpretar y ejecutar la presente monografía es necesario tener dominio de la siguiente conceptualización:

4.1.1 Importancia del agua para la vida. Se han realizado diversos estudios cuyo objetivo ha sido lograr un mejor aprovechamiento del recurso hídrico con beneficio en las comunidades. Con base en estos estudios se pueden implementar soluciones y/o modelos en los cuales los organismos asesores y de ayuda técnica establecen equipos a través de los países más vulnerables para realizar estudios específicos e implementar soluciones adaptadas a las necesidades regionales. La Organización Mundial de la Salud es uno de estos organismos; su colaboración incluye la entrega de guías para la calidad del agua potable así como diferentes publicaciones base en el sector, todo esto en procura de garantizar que los pobladores de los países donde se hacen presentes tengan soluciones de saneamiento básico y agua potable.³

Las empresas de servicios públicos de acueducto y alcantarillado en Colombia en su mayoría captan el agua cruda de pozos subterráneos y la someten al proceso de tratamiento de potabilización más indicado, de acuerdo con las condiciones de calidad con que ésta llegue al punto de captación y con el objeto de entregar a los usuarios un producto que cumpla con los estándares de calidad definidos para cada región. En Colombia estos criterios se establecen en la Resolución 2115 de

3 ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Guías para la Calidad del agua potable. Organización Mundial de la Salud. Ginebra, 2006. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf

2007, en la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.⁴

El seguimiento y control de los parámetros de calidad permite a los prestadores del servicio de acueducto establecer la pertinencia de los métodos empleados para tratar el agua que están captando, de manera que cumpla con las normas a través de todo el ciclo de producción, desde la captación hasta el grifo en casa del consumidor. Se debe concienciar a todos, en especial al prestador del servicio, que calidad es un conjunto de aspectos, todos igualmente importantes, donde prima la calidad sobre la continuidad, de ahí que el suministro de agua potable es un servicio integral y sistémico, es decir, no basta con entregar agua “limpia” o transparente, sino también microbiológicamente apta, que aunque no sea “visible” para el consumidor, puede generar problemas graves para la salud de los mismos.⁵

4.1.2 Distribución del agua en la tierra. El 97,5 % de los recursos hídricos en el planeta es agua salada. El 2,5 % restante es agua dulce sobre los continentes. Unas tres cuartas partes de toda el agua dulce se encuentra inaccesible. En total el agua dulce de nuestro planeta es de aproximadamente 39 millones de km³, en los casquetes polares y glaciares 29 millones de km³ están en estado sólido, las aguas subterráneas corresponden a 5 millones de km³ y los otros 5 millones son aguas superficiales. El 1% es agua dulce superficial conformada por lagos y ríos y a una baja profundidad en el suelo.⁶

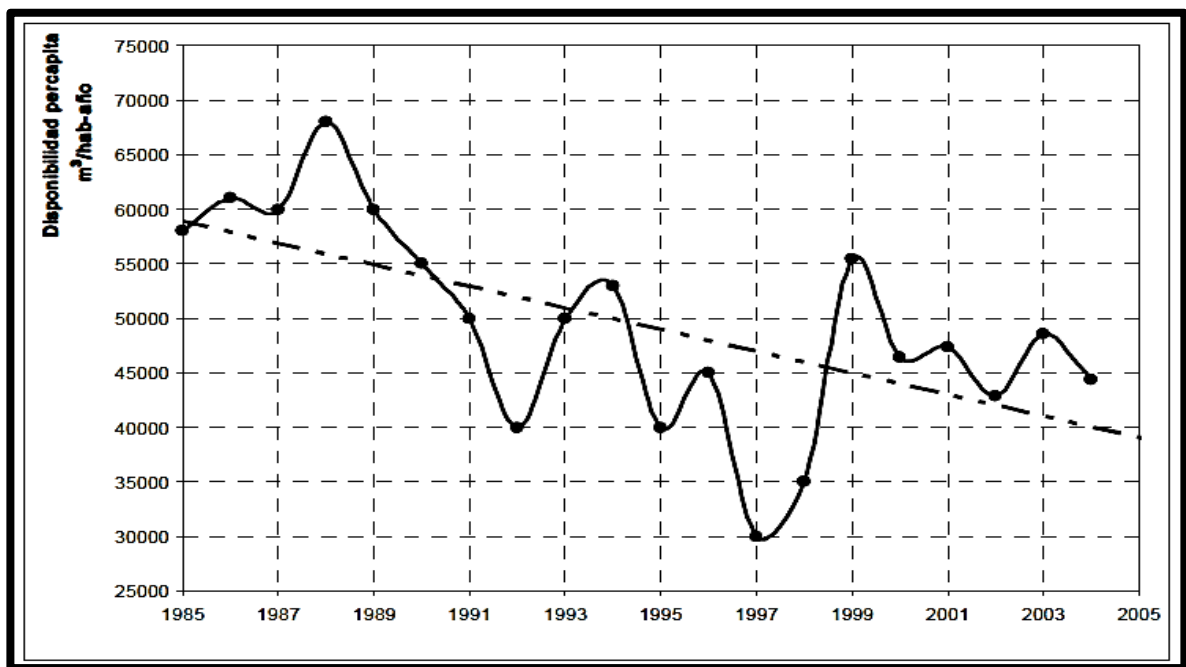
4 INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. Octavo Curso-Taller Validación de Métodos Analíticos, Enfermedades Asociadas a la Calidad del Agua, Memorias. Bogotá, Septiembre 2005. Disponible en: http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=15586&Itemid=.pdf

5 BARTRAM J, CORRALES L, DAVISON A, DEERE D, DRURY D, GORDON B, HOWARD G, RINEHOLD A, STEVENS M. Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo. Organización Mundial de la Salud. Ginebra, 2009. Disponible en: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/75142/1/9789243562636_spa.pdf

6 MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO. Decreto 1729 de 2002, 6 de Agosto, Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto-ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del artículo 5° de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones. Bogotá, 2002. Disponible en: https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Decretos/dec_1729_060802.pdf

De acuerdo con las evaluaciones realizadas por el IDEAM, en Colombia, la disponibilidad del recurso agua en 1985 alcanzaba un valor aproximado de 60.000 m³ por habitante al año. Este valor ha evolucionado, debido al crecimiento poblacional del país, para el año 2000 se redujo hasta el valor de 40.000 m³ por habitante al año. En el caso de que se mantuviese el crecimiento poblacional y sectorial actual y de mantener el uso y consumo actuales, en 40 años el país tendría una disponibilidad del recurso hídrico anual per cápita igual a 1000 m³, alcanzando valores críticos (ver figura 1).⁷

Figura 1. Disponibilidad anual *per cápita* de agua registrada en Colombia.



Fuente: <http://www.ideam.gov.co/indicadores/agua5.htm>, modificada

4.1.3 Ciclo hidrológico del agua. El Ciclo Hidrológico consiste en una serie de cambios de características físicas, químicas, y microbiológicas, e incluso, de emplazamiento físico de mares, nubes, glaciales, ríos, aguas subterráneas cuyo efecto final es la "renovación" periódica de la dotación de agua en el planeta:

⁷ COSTA. POSADA, Carlos; DOMÍNGUEZ, Efraín; GONZALO. RIVERA, Hebert. Revista Académica Colombiana de Ciencias.: VOLUMEN XXXII. Relación demanda-oferta de agua y el índice de escasez de agua como herramienta de evaluación del recurso hídrico Colombiano Disponible en: http://www.accefyn.org.co/revista/Vol_32/123/195-212.pdf

océanos, ríos y lagos, atmósfera y litosfera. El principal eje del "Ciclo Hidrológico" es la radiación solar recibida por el planeta Tierra que provoca la evaporación de agua desde la superficie de los océanos, ríos, lagos y mares hasta la atmósfera.⁸

El agua para consumo puede considerarse de buena calidad microbiológica cuando no contiene microorganismos patógenos ni contaminantes a niveles capaces de tener efectos adversos a la salud de los humanos.

Colombia cuenta con fuentes abastecimientos de alta calidad y sistemas de vigilancia y de control analítico, que permiten que el agua llegue en buenas condiciones a los hogares y sea consumida con seguridad. Para ello, el agua es sometida a un tratamiento de potabilización y a diversos controles sanitarios. La gestión y control del agua presenta gran responsabilidad, por lo que intervienen entes de control, como los municipios, las empresas abastecedoras, los laboratorios de control, entre otras. Todas estas entidades velan por que el suministro de agua de consumo humano sea apta, sin riesgos para la salud, fácilmente accesible y en la cantidad requerida frente a algún fenómeno que ponga en riesgo el abastecimiento.⁹

Llamamos agua potable al agua que podemos consumir sin que represente peligro para nuestra salud. El agua potable no debe contener microorganismos o sustancias químicas que puedan provocar enfermedades o perjudicar nuestra salud. Por eso, antes de que el agua llegue a nuestros hogares, es necesario que sea tratada en una planta de potabilización. En esta planta existen diversos procesos y tratamientos que conllevan a que el agua presente condiciones adecuadas para el consumo humano. Desde las plantas de potabilización, el agua es enviada hacia nuestros hogares a través de una red de distribución de agua.

8 MARIN. GALVIN, Rafael. Características físicas, químicas y biológicas de las aguas. Disponible en: http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:48101/componente48099. p1. pdf.

9 GOBERNACION DE BOYACA, COLOMBIA. Secretaría de Salud. Mapa de Riesgo de la calidad de agua del Municipio de Guanchavita, Boyacá. disponible en: http://www.boyaca.gov.co/SecSalud/images/Documentos/Salud_Publica/Ano_2014/AGUA_CONSUMO_HUMANO/MAPA_RIESGO/MAPA%20DE%20RIESGO%20DE%20GACHANTIVA.pdf

4.1.4 Métodos y tecnología de potabilización de las aguas. Existen diferentes métodos y tecnologías de potabilización, aunque en su mayoría constan de las siguientes etapas:

Precloración y Floculación. Después de un filtrado inicial para retirar los flóculos de gran tamaño, se adiciona cloro para eliminar los microorganismos patógenos del agua y otros productos químicos para favorecer que las partículas sólidas precipiten formando flóculos.¹⁰

Es un proceso de desestabilización química de las partículas coloidales que se producen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado. La coagulación es el tratamiento más eficaz pero también es el que representa un gasto elevado cuando no está bien realizado.¹¹

- **Mecanismo de coagulación y floculación.** La desestabilización se obtiene por medio de los mecanismos fisicoquímicos como la compresión de la doble capa, adsorción y neutralización de cargas, atrapamiento de partículas en un precipitado y adsorción y puente.

Los tipos de partículas orgánicas que ocurren naturalmente en los sistemas de agua generan una carga negativa y la presencia de carga superficial en una partícula mediante su estabilidad relativa. La estabilidad coloidal y la eficacia en los procesos de coagulación y de floculación, dependen de las propiedades de hidratación y los estados de carga superficial de los coloides. La adición de un coagulante o floculante neutraliza la carga superficial de una partícula, finalizando con una repulsión reducida entre las partículas, cambios de hidratación y

10 ORELLANA. Jaime. Unidad Temática Nº 6 TRATAMIENTO DE LAS AGUAS. Disponible en. http://www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf

11 CÁRDENAS. Yolanda. Tratamiento de agua Coagulación y Floculación. Disponible en. http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154.pdf

desestabilización de coloides. La disminución de la velocidad de la partícula permite interacciones más favorables entre las partículas y el crecimiento de las partículas para formar micro y macroflóculos de la adición de un coagulante o floculante a u coloide, el floculo resultante se deposita de la solución como fase sólida que puede ser físicamente separada o retirada mediante el uso de métodos convencionales como la deposición, filtración y desnatado.¹²

- Clases de Coagulantes. Los coagulantes que se utilizan en la práctica para agua potable son los siguientes:

Sales de Aluminio: Forman un floc ligeramente pesado. Las más conocidas son: El Sulfato de Aluminio, el Sulfato de Aluminio Amoniacal y el Aluminato Sódico. El primero es el que se usa con mayor frecuencia dado su bajo costo y manejo relativamente sencillo. `

Sales de Hierro: Se utiliza el Cloruro Férrico, y los Sulfatos de Hierro Férrico y Ferroso. Forman un floc más pesado y de mayor velocidad de asentamiento que las sales de aluminio.

Polímeros o polielectrolitos: Son compuestos complejos de alto peso molecular que se utilizan no propiamente como coagulantes sino como ayudantes de coagulación. La dosificación de estas sustancias se lleva a cabo en concentraciones muy bajas, lo que es una gran ventaja y compensa el costo del polímero. Están siendo ampliamente empleados en el tratamiento de aguas potables ya que se produce una menor cantidad de lodos, adicionalmente el lodo producido es más fácilmente tratable.¹³

12 LEE. Wilson. Un Vistazo a la Tecnología de Coagulación-Floculación. Disponible en. http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/V14_N4_Agua_Wilson.pdf

13 RESTREPO, OSORNO. Hernán. Evaluación del proceso de Coagulación – floculación de una planta de tratamiento de agua potable. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN FACULTAD DE MINAS. 2009. Disponible en. http://www.bdigital.unal.edu.co/877/1/15372239_2009.pdf

Decantación. En este proceso se eliminan los flóculos y otras partículas presentes en el agua. La finalidad de este proceso es permitir la sedimentación de las partículas de impurezas (transformándolas en flóculo) en el fondo del estanque. Para completar este proceso, el agua debe permanecer en los estanques decantadores por un tiempo determinado.¹⁴

Filtración. En este proceso se hace pasar el agua por un sistema de filtros para eliminar la arena y otras partículas que aún pudieran quedar en el proceso, eliminando a la vez la turbidez del agua.¹⁵

Cloración y envío a la red. Esta etapa permite eliminar los microorganismos patógenos más resistentes aplicando una dosis óptima de cloro, así mismo sirve para realizar la desinfección de las tuberías de la red de distribución.

4.1.5 Calidad del agua. La evaluación de la calidad del agua se realiza mediante una serie de análisis de laboratorio dirigidos a conocer cualitativa y cuantitativamente, las características físicas, químicas y biológicas más importantes que pueden afectar, su uso real y potencial, como el tipo y grado de tratamiento requerido para un adecuado acondicionamiento.¹⁶ A fin de garantizar la confiabilidad de los resultados, que arrojen tales análisis de laboratorio, las técnicas y procedimientos deben haber sido cuidadosamente desarrollados, evaluados y con los niveles de control requeridos, además se deben establecer un conjunto de normas y procedimientos para la correcta captación, traslado y preservación de las muestras de agua, así como también debe tenerse cuidado con las unidades de medida y terminología usada.¹⁷

14 SERVICIOS DE AGUA DE MISIONES S.A. Proceso de potabilización de agua. Disponible en: [http://www.elaguapotable.com/Proceso%20potabilizaci%C3%B3n\(Sansa\).pdf](http://www.elaguapotable.com/Proceso%20potabilizaci%C3%B3n(Sansa).pdf)

15 CANALEDUCA. CALIDAD DEL AGUA. Disponible en: <https://www.canaleduca.com/wp-content/uploads/2015/09/Calidad-del-agua.pdf>

16 GUEVARA, VERA. Antonio. Control de la calidad del agua. Métodos de análisis para la evaluación de la calidad del agua. Centro panorámico de Ingeniería sanitaria y Ciencias del ambiente. División panorámica de la salud. Lima, 2006. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/031279/031279.pdf>

17 GUEVARA, VERA. Antonio. Métodos de Análisis para la Evaluación de la Calidad del Agua. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/031279/031279.pdf>

4.1.6 Parámetros físicos en el agua.

4.1.6.1 Color. Las causas más frecuentes del color en el agua son la presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución; el contacto del agua con la materia orgánica en diferente estado de descomposición, ácido húmico y algunos residuos industriales.

Dos tipos de color se observan en el agua: el color verdadero, este color es de la muestra una vez que se ha removido su turbidez, y el color aparente, incluye no solo el color de las sustancias en solución y coloidales sino además el color del material en suspensión. El color aparente se analiza sobre la muestra original, sin filtración o centrifugación previa.

4.1.6.2 Turbiedad. La turbidez en un agua puede ser causada por una gran variedad de materiales en suspensión que varían en tamaño, desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otros, arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica, organismos planctónicos y microorganismos.

La turbiedad es de gran importancia en aguas para consumo humano y en la mayoría de industrias procesadoras de alimentos y bebidas. Los valores de turbiedad sirven para determinar el grado de tratamiento requerido para una fuente de agua cruda, su filtrabilidad y la tasa de filtración más adecuada, la efectividad de los procesos de coagulación, sedimentación y filtración, así como para determinar el grado de potabilización del agua.

4.1.6.3 Olor y Sabor. La causa de olores y sabores en el agua puede deberse a la presencia de sustancias químicas entre las que se encuentran: materia orgánica en solución, ácido sulfhídrico, cloruro de sodio, sulfato de sodio y magnesio, fenoles, aceites, productos de cloro, diferentes especies de algas, hongos, entre otras.

La determinación del olor y sabor en el agua es importante para evaluar la calidad y si es aceptable por parte del consumidor, también sirve para el control de los procesos de una planta y determinar una fuente que presente una posible contaminación.¹⁸

Tanto el olor como el sabor pueden describirse cualitativamente, lo cual es muy ventajoso en especial en casos de reclamos por parte del consumidor; los olores son más fuertes cuando hay presencia de altas temperaturas. El ensayo del sabor sólo debe hacerse con muestras seguras para consumo humano.¹⁹

4.1.6.4 Temperatura. Es parámetro importante para varios tipos de procesos en tratamiento y análisis de laboratorio, puesto que, por ejemplo, el grado de saturación de Oxígeno Disuelto (OD), el valor de saturación con carbonato de calcio y la actividad biológica están relacionados con la temperatura.

4.1.6.5 Sólidos. Clasifican todas las materias, con excepción del agua contenida en los materiales líquidos, como materia sólida. En el área de la ingeniería sanitaria es necesario medir la cantidad de material sólido contenido en una gran diversidad de sustancias líquidas que van desde las aguas potables hasta aguas residuales, industriales y lodos producidos en los procesos de tratamiento de aguas.

Sólidos totales. Se consideran sólidos los materiales que permanecen como residuo después del proceso de evaporación y secado a 103°C-105°C, el valor de los sólidos totales incluye material disuelto y sólido suspendido, es decir corresponde al material que es soluble e insoluble.

18 BARRENECHEA, MARTEL. Ada. CAPÍTULO 1. ASPECTOS FÍSICOQUÍMICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA. Disponible en. <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manuall/tomol/uno.pdf>

19 LÓPEZ, MEDINA. Ruth. SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA. UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA. Bogotá. COLOMBIA. 2013. Disponible en. http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358002/Modulo_didactico_2013.pdf

Sólidos disueltos. Son determinados directamente o por diferencia de los sólidos totales y los sólidos suspendidos. La determinación es directa y el residuo de la evaporación se seca a una temperatura alrededor de 180°C, el incremento de peso sobre el recipiente vacío nos da el valor de los sólidos disueltos o residuo filtrable. Corresponde a las sales disueltas contenidas en el agua.

Sólidos suspendidos Totales. Los sólidos suspendidos totales de una muestra de agua de cualquier tipo sea natural o residual industrial o doméstica, se obtiene como resultado de la medida de la porción de sólidos retenidos por un filtro que posteriormente se seca a una temperatura entre los 103-105°C hasta peso constante.²⁰

Sólidos sedimentables. Son los sólidos en suspensión que se sedimentarán, en condiciones normales, por acción de la gravedad. La determinación se hace mediante un llenado de un cono Imhoff con un litro de volumen y registrando el volumen de material sedimentado en el cono, al cabo de una hora, arrojando el resultado en mL/L. Esta determinación es de mayor interés para el diseño de los tanques de sedimentación donde se puede evaluar el tiempo y la eficacia del tratamiento de acuerdo a la cantidad de sedimento que se forme en el transcurso de la potabilización del agua.

4.1.6.6 Conductividad. Esta determinación evalúa la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica, siendo una medida indirecta de la cantidad de iones en solución (fundamentalmente cloruro, nitrato, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio). La conductividad en los cuerpos de agua dulce está determinada por la geología del área a través de la cual fluye el agua proveniente de las cuencas hidrográficas.²¹

20 INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES DE COLOMBIA. Laboratorio de Química Ambiental. Disponible en: http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Aguas/Determinacion_de_SST.htm
21 GOYENOLA, Guillermo. Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos. 2007 Disponible en http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/Conductividad.pdf.

4.1.7 Parámetros químicos del agua.

4.1.7.1. Alcalinidad Total: La alcalinidad total del agua es una medida de la capacidad que esta tiene para neutralizar ácidos, y corresponde al valor total de las bases que se pueden titular; el valor determinado de alcalinidad dependerá del pH de punto final empleado. El valor de alcalinidad se puede interpretar en términos de sustancias específicas solo cuando se conoce la composición química de la muestra inicial. Debido a que la alcalinidad de muchas aguas superficiales está definida en función del contenido de carbonato, bicarbonato e hidróxido, se toma como un indicador de la concentración de estos constituyentes.

Las mediciones de alcalinidad se utilizan principalmente en la interpretación y control de los procesos de tratamiento de aguas. Las aguas residuales domésticas tienen una alcalinidad baja, o ligeramente más alta, que la del agua de consumo humano.²²

4.1.7.2 Acidez. Es la capacidad para reaccionar con una base fuerte hasta un determinado valor de pH. En aguas naturales, la acidez se origina por la presencia de dióxido de carbono y en algunas ocasiones, por los ácidos minerales como el ácido sulfhídrico o en la presencia en el agua de sales fuertes provenientes de bases débiles. La acidez se expresa como la concentración en mg CaCO_3/L .

4.1.7.3 Grupo del Nitrógeno. Los compuestos de este grupo son de gran interés en la parte ambiental debido a su importancia en los procesos de todas las plantas y animales, la química del nitrógeno es bastante compleja por los diversos estados de valencia que puede asumir este elemento y al hecho de que estos cambios de valencia pueden generarse por presencia de organismos vivos. Los cambios de valencia generados por las bacterias pueden ser positivos o negativos, según si las condiciones son aeróbicas o anaeróbicas.

²² BOJACA, Rocío del pilar. Pso Determinación de Alcalinidad por Potenciómetro. Disponible en. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Alcalinidad+total+en+agua+por+electrometr%C3%ADa..pdf/dd9a3610-8ff7-49bc-97eb-5306362466df>

Se considera que un agua de polución reciente, y por consiguiente de alto peligro potencial, contiene la mayoría del nitrógeno como nitrógeno orgánico y amoniacal.

Nitrógeno Amoniacal. El ion amonio es un agente importante en aguas crudas para suministro público debido a sus reacciones con cloro; constituye también un indicador de polución reciente en aguas residuales. El amonio no ionizado, NH_3 , es un tóxico para la vida piscícola, su toxicidad es función principalmente de la concentración de NH_4OH y del amonio no ionizado, o sea depende del pH del agua. El amonio en agua, en las concentraciones típicas encontradas, no representa amenaza para la salud humana, es biodegradable y no persiste en el medio acuático.

Nitrógeno de Nitritos. Dióxido de Nitrógeno, NO_2 , formado por acción bacterial sobre el nitrógeno orgánico y el amoniacal. Se usa como preservativo de algunos alimentos y es poco común en aguas por su facilidad de oxidación a nitrato. En dosis altas es perjudicial por sus efectos como vasodilatador cardiovascular, su contribución a la metahemoglobinemia en los infantes y la posible formación de nitrosaminas, las cuales son probables carcinógenos.

Nitrógeno de Nitrato. Usualmente introducido al agua por contaminación humana. Concentraciones altas causan metahemoglobinemia en la población infantil y diarrea, por lo que se limita su concentración en agua potable a 10 mg/L-N. Concentraciones mayores de 100 mg/L interfieren con el ensayo de Coliformes. Sirve como indicador de calidad sanitaria del agua.

4.1.7.4 Grupo del Azufre. En purificación de aguas como en el tratamiento de aguas residuales se presentan diferentes formas químicas del azufre.

Sulfatos. El ion sulfato, es el anión que más se encuentra en las aguas naturales, las concentraciones que varían desde pocos a miles de mg/L.²³ El contenido de sulfato también es importante, porque las aguas con alto contenido tienden a formar incrustaciones en las calderas y en los intercambiadores de calor.

Sulfitos. Son compuestos de azufre con un valor de oxidación +4. Se encuentran en algunos residuos industriales y en aguas residuales, pero generalmente son de interés en aguas de calderas donde se trata el agua con sulfito de sodio para reducir el Oxígeno Disuelto del agua a un mínimo y prevenir la corrosión.

En general, en aguas naturales no se encuentran sulfitos, pues las aguas que contienen sulfitos, al ser descargadas, reaccionan con el oxígeno para formar sulfatos.

4.1.7.5 Hierro y Manganeseo. El hierro como el manganeseo generan problemas en suministros de agua. Estos problemas son más frecuentes en aguas subterráneas; en algunos casos, generadas en aguas superficiales provenientes de algunos ríos y embalses.

Las aguas con hierro y manganeseo, al tener contacto con el aire, se vuelven turbias y estéticamente inaceptables debido a que el oxígeno forma un precipitado coloidal de estos elementos.

El hierro y el manganeseo, en bajas concentraciones, generan sabores metálicos al agua. Según estudios el consumo humano de aguas con hierro y manganeseo no tiene efectos nocivos para la salud.

23 REYES. ALVARADO. Wilmer. Evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento para la potabilización de agua del municipio de Cerrito. Santander. Universidad industrial de Santander. Facultad de Ciencias. Escuela química. Especialización en Química Ambiental. Bucaramanga. 2004. Disponible en. <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7024/2/114456.pdf>

4.1.7.6 Fósforo. Es un elemento esencial en el crecimiento y desarrollo de plantas y animales. Se considera como uno de los nutrientes que controlan el crecimiento de las algas, pero el exceso de fósforo genera un desarrollo exagerado en plantas.²⁴

El empleo de detergentes, los cuales contienen grandes cantidades de fósforo, ha aumentado las concentraciones de fosfatos en las aguas residuales domésticas y ha contribuido al problema de incremento del mismo en fuentes receptoras.²⁵

Ortofosfatos. En el anión ortofosfato el átomo de fósforo está enlazado centralmente con los átomos de oxígeno. La forma del ortofosfato predominante depende del pH.

Polifosfatos. Los polifosfatos pueden interpretarse como polímeros del ácido fosfórico a los cuales se les ha removido el agua. Todos los polifosfatos se hidrolizan gradualmente y dan como resultado ortofosfatos, es decir, que vuelven a convertirse en los ortofosfatos de donde provienen.

Fosfatos Orgánicos. Compuestos por muchos tipos de P orgánico incluidos fosfolípidos, fosfatos azucarados, nucleótidos, fosforamidas, etc.

4.1.7.7 Oxígeno Disuelto (OD): Todos los gases de la atmósfera son solubles en agua en algún grado de concentración. El oxígeno es poco soluble en agua y no reacciona con ella. La cantidad de oxígeno que está presente en el agua se denomina oxígeno disuelto.

Significado sanitario del oxígeno disuelto:

24 ECHARRI. Luis. Contaminación del agua. Universidad de Navarra. España. 2007. Disponible en. <file:///C:/Users/usuario/Downloads/Tema%208%20Contaminacion%20del%20agua%2007.pdf>

25 SÁNCHEZ, SALAZAR. Andrés. Validación de las técnicas hierro total y fosfatos en Agua en el Laboratorio ALISCCA LTDA. Universidad Tecnológica De PEREIRA. Facultad de Tecnología. Química Industrial. PEREIRA. 2011. Disponible en. <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/2080/1/628162S211.pdf>

- El Oxígeno disuelto se utiliza como control de la contaminación en aguas naturales, las cuales deben tener condiciones y concentraciones favorables para el crecimiento y reproducción de la población de peces y organismos acuáticos, suministrando niveles de oxígeno suficientes y permanentes.²⁶
- Se calcula con el objetivo de asegurar las condiciones aerobias de un tratamiento.
- Sirve como base de cálculo para la DBO.

4.1.7.8 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). Es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, en el proceso aerobio, en un período de cinco días y a una temperatura de 20°C.

4.1.7.9 Demanda Química de Oxígeno (DQO). Es una medida analítica de contaminación que calcula el material orgánico contenido en una muestra líquida o sólida por medio de la oxidación química. La determinación de DQO es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por un porcentaje de la materia orgánica existente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante.²⁷

4.1.7.10 Grasas y Aceites. Las grasas y aceites son sustancias solubles que se separan de la porción acuosa y flotan formando una película sobre el agua. Estos compuestos sirven como alimento para las bacterias, que en su acción pueden ser hidrolizadas en los ácidos grasos y alcoholes.²⁸

26 BLANCO, VEGA. Diana. Análisis de la calidad del agua de la quebrada San José, municipio de Surata, Mediante la aplicación de los índices fisicoquímicos y biológicos BMWP y QBR. Universidad industrial de Santander. Facultad de Ciencias Básicas. Escuela de Química. Especialización en química ambiental. Bucaramanga. 2010. <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7091/2/136072.pdf>

27 AZNAR, JIMÉNEZ. Antonio. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICO-QUÍMICOS DE CALIDAD DE LAS AGUAS. Instituto Tecnológico de Química y Materiales "Álvaro Alonso Barba". Universidad Carlos III. Leganés. Madrid. España. Disponible en. <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>

28 FÉLEZ, SANTAFÉ. Marta. CAPÍTULO 1: EL AGUA. Disponible en. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6263/03_Mem%20ria.pdf?sequence=4. pdf

4.1.8 Parametros microbiológicos del agua.

4.1.8.1 Coliformes Totales. Son Bacterias Gram Negativas en forma bacilar que fermentan lactosa entre una temperaturas de 35 a 37°C, produciendo ácido y dióxido de carbono en un plazo de 24 a 48 horas. Es un indicador de contaminación microbiológica del agua para consumo humano.²⁹

4.1.8.2 Escherichia Coli. Bacilo aerobio Gram Negativo no esporulado que se caracteriza por tener enzimas específicas como la β -galactosidasa y β -glucoronidasa, tienen la capacidad de crecer en presencia de sales biliares, y agares como collinstan a temperaturas de 35+/-2°C. Es un indicador microbiológico de contaminación fecal en el agua para consumo humano. Hace parte del grupo de los Coliformes totales.

4.1.9 Enfermedades transmitidas por el agua contaminada. El peligro de adquirir estas enfermedades transmitidas por consumo de agua es en áreas rurales o urbanas donde el tratamiento para la potabilización y las características de la fuente de abastecimiento, éstas no garantizan que el agua sea potable.³⁰ Se contraen enfermedades por la ingestión de aguas contaminadas tales como:

La Tifoidea y la Paratifoidea. Son infecciones causadas por la *salmonella entérica serotipo typhi* (*S. typhi*), patógeno cuyo único hospedador natural y reservorio es el ser humano. El modo frecuente de la infección es la ingestión de agua y alimentos contaminados con heces u orina de enfermos o portadores, aunque también existen riesgos en el contacto directo con personas portadores de estas enfermedades.³¹

29 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia. RESOLUCION NUMERO 2115 DE 2007. Disponible en: http://www.boyaca.gov.co/SecSalud/images/Documentos/Salud_Publica/Ano_2014/AGUA_CONSUMO_HUMANO/Julio%20RES%202115%20ReglamentoCalidaddeAgua.pdf

30 CIRELLI, Alicia Fernández. Universidad de Buenos Aires, Argentina. Directora Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua. Facultad de Ciencias Veterinarias. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsair/e/repindex/rep84/vleh/fulltext/acrobat/agua.pdf>

31 HERNANDEZ, CABRERA. Mercedes. PEREZ, ARELLANO. José. Fiebre tifoidea. Disponible en: http://vacunasaep.org/manual/Cap8_10_Fiebre_tifoidea.pdf

La Disentería amebiana. Es una enfermedad intestinal asociada con dolor estomacal, heces fecales con sangre, y fiebre. Las causas principales de la *disentería amebiana* es un parásito denominado *Entamoeba histolytica*. *protozoo rizópodo* frecuente en climas cálidos y tropicales.³²

La Hepatitis infecciosa. Los virus excretados por las heces o la orina de cualquier tipo de especie animal, son susceptibles de contaminar el agua, estos virus se transmiten principalmente por vía fecal u oral en los humanos. Además pueden encontrarse en las aguas residuales domésticas que luego de su tratamiento se vierten a una fuente superficial aun conteniendo el virus.³³

Disentería bacilar. Es una infección bacteriana aguda que genera afectaciones al intestino grueso y la porción distal del intestino delgado causada por un grupo de bacterias Gram negativas llamadas *Shigella*. Presenta una distribución mundial y una elevada prevalencia y gravedad en los países en vías de desarrollo.³⁴

4.1.10 Tipos de tratamientos de agua. Para el tratamiento del agua, es necesario conocer el tipo de fuente, la calidad del agua de la misma, las características organolépticas, físico-químicas y microbiológicas esenciales, para la selección de los procesos de potabilización, el procedimiento de muestreo para el control de calidad, las características de producción que debe cumplir la fuente para el abastecimiento que se requiere, la protección que debe suministrarse, necesarios para garantizar un apropiado tratamiento del agua para consumo humano.³⁵

32 MCCOY, Krisha. Disentería Amebiana. Disponible en. <http://www.cvshealthresources.com/print.aspx?token=f75979d3-9c7c-4b16-af56-3e122a3f19e3&chunkid=195981.pdf>

33 UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA. Enfermedades transmitidas a través del agua. Calidad del agua. Disponible en. http://docencia.udea.edu.co/bacteriologia/MicrobiologiaAmbiental/microbiologia_9.pdf

34 MOLINAO, Erreka. MICROORGANISMOS PATÓGENOS DEL AGUA. Disponible en. <http://www.laanunciataikereta.com/trabajos/microorganismos/enfer.pdf>

35 MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000, Sección II, Título C, Sistemas de Potabilización. Bogotá, Colombia. Disponible en: http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/5._Sistemas_de_potabilizacion.pdf

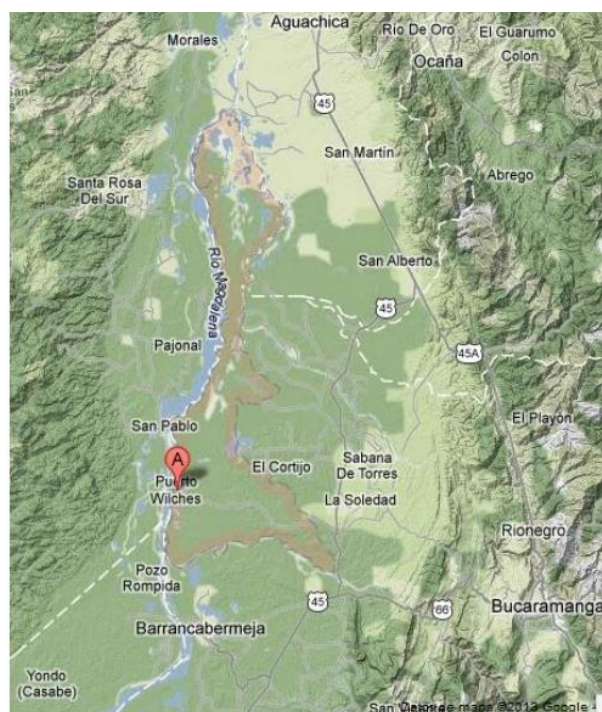
Tabla 1. Clasificación de la fuente de acuerdo a sus características físico-químicas y el grado de tratamiento asociado.

Parámetros	Análisis según		Nivel de calidad de acuerdo al grado de polución			
	Norma técnica NTC	Standard Method ASTM	1. Fuente aceptable	2. Fuente regular	3. Fuente deficiente	4. Fuente muy deficiente
DBO 5 días	3630					
Promedio mensual mg/L			≤ 1.5	1.5 - 2.5	2.5 - 4	>4
Máximo diario mg/L			1 - 3	3 - 4	4 - 6	>6
Coliformes totales (NMP/100 mL)						
Promedio mensual		D-3870	0 - 50	50 - 500	500 - 5000	> 5000
Oxígeno disuelto mg/L	4705	D-888	≥ 4	≥ 4	≥ 4	< 4
PH promedio	3651	D 1293	6.0 - 8.5	5.0 - 9.0	3.8 - 10.5	
Turbiedad (UNT)	4707	D 1889	< 2	2 - 40	40 - 150	≥ 150
Color verdadero (UPC)			< 10	10 - 20	20 - 40	≥ 40
Gusto y olor		D 1292	Inofensivo	Inofensivo	Inofensivo	Inaceptable
Cloruros (mg/L - Cl)		D 512	< 50	50 - 150	150 - 200	300
Fluoruros (mg/L - F)		D 1179	< 1.2	< 1.2	< 1.2	> 1.7
GRADO DE TRATAMIENTO						
- Necesita un tratamiento convencional			NO	NO	Si, hay veces (ver requisitos para uso FLDE : literal C.7.4.3.3)	SI
- Necesita unos tratamientos específicos			NO	NO	NO	SI
- Procesos de tratamiento utilizados			(1) = Desinfección + Estabilización	(2) = Filtración Lenta o Filtración Directa + (1)	(3) = Pretratamiento + [Coagulación + Sedimentación + Filtración Rápida] o [Filtración Lenta Diversas Etapas] + (1)	(4) = (3) + Tratamientos específicos
En ausencia de Normas Técnicas Colombianas, los métodos de análisis, deben hacerse de acuerdo con los métodos estándar: Standard Methods for the Examination of Water and Waste (APA, AWWAA y WPCF, 1995). Los criterios que se deben tener en cuenta para establecer la confiabilidad de los métodos de análisis pueden ser: 1. El método debe ser capaz de llegar a los límites de detección requeridos. 2. El método debe ser capaz de suministrar resultados con errores aleatorios y sistemáticos adecuadamente pequeños. La elección de un método analítico, en general debe quedar en libertad para cada laboratorio de aguas, teniendo como única restricción la que el método seleccionado debe cumplir con las exigencias de exactitud, precisión y límite de detección requeridos. Para el presente propósito, se debe dar especial énfasis a las técnicas de recolección y manipulación de muestras de agua cruda ya sea de fuentes superficial o subterránea, considerándolas como parte del método de análisis. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el análisis de parámetros como por ejemplo sustancias flotantes, gusto y olor, dependen del método usado. Para el caso específico de gusto y olor es de extrema importancia que todos los laboratorios usen el método ASTM D 1292 o, si esto no es posible, debe demostrarse desde el principio que el método utilizado es capaz de dar resultados comparables a los obtenidos con éste.						

Fuente: RAS 2000. Título C. Sistemas de potabilización.

4.1.11 Localización geográfica del área de estudio. El Municipio de Puerto Wilches se encuentra ubicado al noroeste del Departamento de Santander, al lado derecho del Río Magdalena, el municipio pertenece a la provincia de Mares del Magdalena medio, entre los grandes afluentes están los Ríos Sogamoso y Lebrija, los cuales sirven de límite territorial al Sur y Norte, su extensión es de 1.539,16 Km². Aproximadamente el 85% de su territorio se encuentra entre 0 y 100 metros sobre el nivel del mar. El casco urbano del municipio se encuentra a una altura aproximada de 65 metros sobre el nivel del mar y a una temperatura media de 28°. ³⁶ (Ver figura 2).

Figura 2. Ubicación del Municipio de Puerto Wilches en el Departamento de Santander.



Fuente: <https://maps.google.com/mapsPuerto+Wilches>.

36 ALCALDIA MUNICIPAL DE PUERTO WILCHES, SANTANDER. Localización geográfica del municipio de Puerto Wilches, Santander. Disponible en: <https://lasticsdesdeca.files.wordpress.com/2014/06/carpeta-puerto-wilches.pdf>

4.1.11.1 Límites del municipio

- El municipio de Puerto Wilches limita:
- Por el Oriente con los Municipios de Río Negro y Sabana de Torres (Santander).
- Al Occidente limita con los Municipios de Cantagallo, Simití y San Pablo (Bolívar) y Yondó (Antioquia), separado de estos 4 municipios por el Río Magdalena.
- Al Norte con los Municipios de Gamarra, San Alberto, Aguachica y San Martín (Cesar).
- Por el Sur con el municipio de Barrancabermeja.
- La planta de potabilización de aguas de Puerto Wilches, cuenta con dos pozos subterráneos ubicados en las siguientes coordenadas planas (Ver Tabla 2).

Tabla 2. Coordenadas planas de los pozos subterráneos.

Pozo No 1	X 1.020.157	Y 1.304.062	Z 73 m.s.n.m
Pozo No 2	X 1.020.114	Y 1.304.183	Z 74 m.s.n.m

4.1.11.2 Características Hidrológicas. Precipitación: En el área de estudio se presentan dos periodos secos y dos lluviosos. La primera época de lluvia se inicia a mediados del mes de marzo y dura hasta principios del mes de junio. La segunda época comprende desde el mes de septiembre y finaliza en el mes de noviembre. Los periodos secos están comprendidos en los meses de diciembre a marzo y de junio a agosto.

Temperatura: el valor promedio histórico de la temperatura es de 38°C, las temperaturas más elevadas se presentan durante los meses de diciembre, enero y febrero en los cuales hay menos nubosidad y la radiación solar directa alcanza un área de superficie mayor. El periodo menos caluroso del año está entre los meses de septiembre y noviembre.

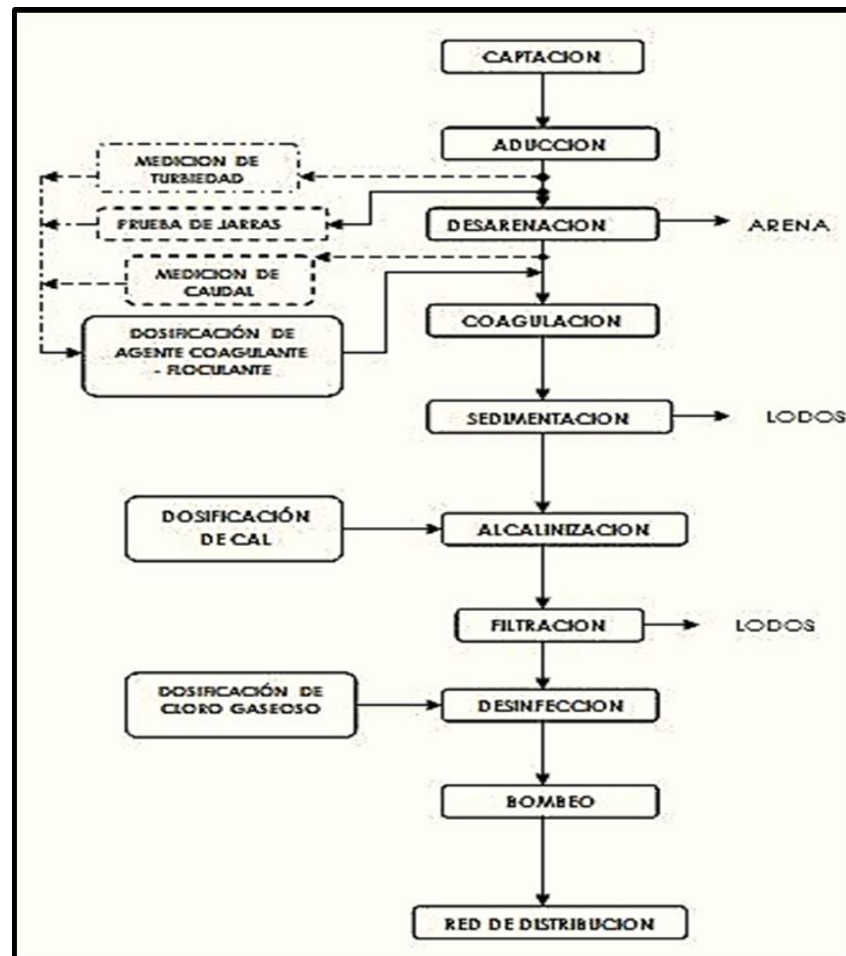
La humedad relativa: en la región de estudio la humedad es causada por la cercanía a cuerpos de agua como el Magdalena Medio y la gran variedad de ciénagas. El valor promedio anual de la humedad es de 77% y los meses con mayor humedad relativa son mayo y noviembre con valores de 88% y el mes con la menor humedad relativa es febrero con valores mínimos de 63%.

Brillo solar: En el área de influencia se registra una insolación anual total de 2,161.4 horas/año; donde el aporte menor lo presentan los meses de enero y abril con 272 y 142 horas respectivamente.

La evaporación: El mes con el promedio histórico de mayor evaporación durante el año es agosto con un valor medio de 183.3 mm y noviembre el menor valor medio de 106.2 mm.

4.1.12 Descripción detallada del funcionamiento del sistema de acueducto del municipio de puerto wilches. Por sistema de acueducto se entiende el conjunto de instalaciones que conducen el agua desde su captación en la fuente de abastecimiento hasta la acometida domiciliaria en el punto de empate con la instalación interna del predio a servir y comprende las siguientes estructuras: la fuente de abastecimiento, la captación superficial y/o subterránea y sus anexidades, la aducción y conducción, el sistema de bombeo y las redes de distribución (Ver Figura 3).

Figura 3. Esquema de distribución del sistema de acueducto del municipio de Puerto Wilches.



Fuente: Aguas de Puerto Wilches S.A.S E.S.P

4.1.12.1 Componentes del sistema de acueducto.

4.1.12.1.1 Captación. La captación del agua para el acueducto de Puerto Wilches se hace de fuentes subterráneas. Existen (2) Pozos de obtención de agua para el tratamiento de potabilización.

POZO de 40 L/s; este pozo subterráneo se encuentra ubicado en la PTAP, a 132 m de profundidad, la captación del agua se realiza por medio de una motobomba electro sumergible de 40 HP, a una profundidad de 60 m. Este pozo maneja un

caudal de 40 a 45 L/s; la conducción del agua que se extrae se hace mediante una tubería de 6" y pasa a una de 4" por medio de una T instalada en la tubería para pasar directamente a las dos (2) torres de aireación.

POZO de 40 L/s; pozo subterráneo ubicado en la PTAP, tiene una profundidad de 132 m, la captación se realiza a través de una bomba electro sumergible de 40 HP que absorbe el agua a una profundidad aproximada a 60 m; la conducción del agua se hace mediante una tubería de 6", igualmente pasa a las dos torres para tratamiento de aireación existente.

4.1.12.2 Torres de aireación. Existen dos (2) Torres de Aireación, donde se hace el debido proceso al agua y esta pasa a través de una tubería a los filtros de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) si están en funcionamiento, si no pasa el agua directamente a los tanques de almacenamiento.

Las torres son metálicas con bandejas en fibra de vidrio con recubrimientos epóxidos, con el propósito de modificar las concentraciones de sustancias volátiles.

El proceso de aireación, cuyo objetivo es la purificación de agua siendo un proceso de tratabilidad mediante el arrastre o barrido de sustancias volátiles causadas normalmente por la mezcla del agua con el aire del medio ambiente y del proceso de oxidación de los metales y gases. Las características principales de las torres de aireación, son las siguientes:

- Transferir oxígeno al agua para aumentar el oxígeno disuelto (OD).
- Disminuir concentración de CO₂.
- Remover metano gaseoso.
- Oxidación del hierro y manganeso.
- Remover compuestos orgánicos volátiles.

- Remover sustancias volátiles productoras de olores y sabores provenientes de estas aguas que son subterráneas.³⁷
- Las torres están separadas a una distancia de 40 m la una de la otra.

4.1.12.3 Filtración. Los filtros están localizados después de la sección de aireación. La función de los filtros es remover las partículas finas y coloides que se encuentran suspendidas, impurezas y microorganismos mediante el paso del agua por un medio filtrante.

En la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) existen 8 filtros, cada una de las torres de aireación tiene conexión directa a 4 de estos filtros, el agua de cada torre de aireación pasa el agua mediante una tubería de 6" a un filtro lento, y de este pasa a tres (3) filtros rápidos (si están en funcionamiento en el momento).

El proceso consiste en hacer pasar el agua a través de un lecho filtrante lento y luego a tres (3) rápidos, normalmente estos lechos son de arena, con el fin de retener la materia que aún queda en suspensión en el agua y las partículas adsorbidas que pueden producir olores y sabores.

Los filtros rápidos tienen una ventana con caída de agua aproximadamente de 1.8 m para oxigenarla y el recurso pasa directamente a una bodega donde se va recolectando para después pasar a los tanques de almacenamiento. Cuando los filtros no se encuentran funcionando por algún inconveniente el agua que sale de las torres de aireación pasa directamente a los tanques de almacenamiento.

4.1.12.4 Desinfección. La planta cuenta con un equipo de dosificación de cloro el cual se encuentra ubicado en la caseta de cloración. El cloro es suministrado por contenedores o balas de 68 Kg de cloro gaseoso, dosificado por un clorador que

37 CALIAGUAS Inc. TORRES DE AIREACION. Disponible en. <http://www.caliaguas.com/file/torres-de-aireacion.pdf>

trabaja con un inyector y un manómetro que marca constantemente 20 a 25 libras de presión.

En esta unidad se succiona el gas por medio de vacío generado en un inyector, el cual lo mezcla con agua para formar una solución, que luego es conducida al punto de aplicación. La operación de esta unidad puede ser por control manual, control semiautomático y control automático. Lo importante es que garantice en todo momento una cloración adecuada en los tanques de almacenamiento para evitar la formación de microorganismos patógenos en el agua de distribución.

4.1.12.5 Tanques de almacenamiento y distribución. Existen dos (2) tanques de almacenamiento y distribución contruidos en concreto y se dividen así:

Tanque de Almacenamiento N°1, este tiene una capacidad de 570 m³ y una profundidad de 3.94 m. En este tanque se aplica el cloro gaseoso para efectuar la desinfección y terminar el proceso de potabilización.

Tanque N°2, tiene una capacidad de 570 m³ y una profundidad de 3.94 m. En este tanque se aplica el cloro gaseoso para efectuar la desinfección y terminar el proceso de potabilización.

4.1.12.6 Bombas Centrífugas. Existen cuatro (4) bombas centrífugas en la PTAP que se encuentran localizadas al final del tratamiento para hacer la conducción del agua potabilizada; cada una de las bombas trabaja con 50 HP para realizar la conducción del agua hasta llegar al punto de unificación de la tubería y hacer la entrega del agua a los usuarios.

Cada una de las bombas centrífugas realiza la captación del agua para hacer la conducción del recurso por medio de una tubería de hierro de 6" y luego se unifican los cuatro (4) conductos a una sola red de distribución de 10", con el fin de

abastecer a los usuarios. Cada tanque de almacenamiento provee agua por medio de dos redes cada una de 6" a través de dos (2) bombas centrífugas.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 MATERIALES

Los utilizados para el desarrollo de esta monografía fueron:

1. Equipo de jarras
2. Buretas, probetas
3. Balanza electrónica analítica
4. Floculantes: Sulfato de aluminio tipo A, Policloruro de aluminio y Alkalite
5. Vasos de precipitados de 50, 100, 250, 500 y 1000 ml
6. Espectrofotómetro HACH UV VIS DR 6000
7. Multiparámetro HACH y Turbidímetro HACH
8. Filtros de papel cualitativo y cuantitativo

Los análisis se realizaron según lo establecido en el Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. Edition 22, 2012 (Ver tabla 3)

Tabla 3. Parámetros Fisicoquímicos y Microbiológicos

ANÁLISIS SOLICITADO	MÉTODO
pH	Potenciométrico / SM 4500-H ⁺ B
Alcalinidad Total	Titrimétrico / SM 2320 B
Dureza Total	Titrimétrico-EDTA / SM 2340 C
Conductividad	Conductivimétrico / SM 2510
Turbiedad	Nefelométrico / SM 2130 B
Nitritos	Espectrofotométrico / SM 4500-NO ₂ ⁻ B
Cloruros	Argentométrico / SM 4500-Cl ⁻ B
Color	Espectrofotométrico / SM 2120 C
Sulfatos	Turbidimétrico / SM 4500-SO ₄ ⁻² E
Sólidos Totales	Gravimétrico/ SM 2540 B
Hierro Total	Espectrofotométrico / SM 3500-Fe- B
Cloro Residual	Espectrofotométrico / SM 4500-Cl ₂ D
Aluminio Residual	Espectrofotométrico / SM 3500-Al- B
Fluoruros	Espectrofotométrico / SM 4500-F ⁻ - D
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO Mesófilos ó Recuento Estándar Coliformes Totales y E. Coli	Filtración por Membrana/ SM 9222 B

5.2 METODOLOGÍA

La metodología que se llevó a cabo para el desarrollo de la monografía fue de tipo investigativo y descriptivo, donde estuvo enmarcado en una fase inicial de campo, que consistió en la zonificación de las áreas de estudio o puntos de muestreo (ver Tabla 4), y luego la recopilación de toda la información técnica necesaria para la recolección de las muestras de forma integral y puntual.

Tabla 4. Puntos y lugares de muestreo.

Punto	Lugar
1	Pozo subterráneo ubicado en la Planta de Tratamiento
2	Río Magdalena

Fuente: autor.

Las muestras refrigeradas se transportaron al laboratorio Químico de Consultas Industriales de la Universidad Industrial de Santander a la mayor brevedad posible después de la recolección. En el almacenamiento y preservación de la muestra se siguieron las recomendaciones establecidas para cada parámetro en el manual de instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo humano para análisis de laboratorio.

Después de llegada las muestras al laboratorio se realizaron los respectivos análisis fisicoquímicos y microbiológicos para establecer las condiciones iniciales del agua proveniente de las dos fuentes.

Luego del análisis inicial de condiciones se estableció la prueba de jarras con el objetivo de determinar una aproximación de las condiciones óptimas para el tratamiento de las aguas provenientes de las dos fuentes consideradas en el estudio. Esta prueba requiere como medida inicial realizar un ajuste en el pH del agua para obtener las variaciones en la dosis de coagulante en velocidades rápidas y velocidades lentas con el fin de permitir la formación de un floc

adecuado en tamaño y peso que sedimente lo más rápidamente posible y así proceder a su posterior paso de filtración, desinfección y por último su distribución con características óptimas de calidad. Cabe resaltar que esta prueba es una simulación a pequeña escala de lo que realmente se tiene establecido como planta de tratamiento pero si se controlan las condiciones establecidas de coagulante y alcalinizante se puede extrapolar con una aproximación bastante alta sin incurrir a errores mayores por exceso o defecto de estas variables reflejadas en cantidades de producto requerido para la floculación – sedimentación.

El procedimiento de prueba de jarras se llevó a cabo de la siguiente manera:

1. Se tomaron por separado cada muestra de agua proveniente del respectivo punto de captación en vasos de precipitados de 2000 mL con volumen de análisis de 1000 mL cada uno.
2. Se añadieron diferentes dosis de coagulante y alcalinizante para someterlos a 100 rpm por 1 minuto. La etapa de mezcla rápida ayuda a dispersar el coagulante a través de cada contenedor siempre que su pH de floculación sea el adecuado.
3. Se redujo la velocidad de agitación de 30 rpm por un tiempo de 3 minutos. Esta velocidad de mezcla lenta ayuda a promover la formación de flóculos dando la mejora la aglomeración de partículas que dan lugar a grandes flócs.
4. Se suspende la agitación para permitir que los flocs formados sedimenten en un tiempo no mayor a 45 min y luego se observa cual presentó mejores condiciones de precipitación y claridad.
5. Luego se filtra cada una de las muestras floculadas y se les mide pH y color inicialmente para determinar cuál es el rango de trabajo más adecuado para después proceder a expandirlo y dar mejores condiciones de floculación y sedimentación.

Todo lo anterior se realizó con los dos tipos de muestras de acuerdo a su punto de captación. Para los análisis de pozos subterráneos se hizo una muestra en diferentes intervalos de tiempo con datos históricos de 5 años, teniendo en cuenta los resultados son productos de muchos análisis con el objetivo de tener un promedio y así poder compararlo en relación de costos en el aspecto técnico-operativo.

6. DESARROLLO DEL PROYECTO

Con base en los resultados que aparecen en el ANEXO B como estrategia principal para definir cuál fuente de agua es la más adecuada, se escogió la realización de pruebas de jarras con aplicación de dos productos flocculantes y con un ajustador de pH que fuese lo más soluble para facilitar su adición durante el proceso de floculación – sedimentación.

PRUEBA DE JARRAS: Para ello se utilizaron en cada prueba 4 vasos de 2000 mL los cuales iban a contener el agua objeto de estudio, el flocculante y al ajustador de pH (si fuese necesario) con la finalidad de darle más fuerza iónica al agua y así producir un tamaño de floc ideal para una sedimentación rápida y una filtración eficiente con un resultado de agua apta para consumir con variables fisicoquímicamente aceptables y luego proceder a realizar el proceso de desinfección con la garantía de no tener al final productos tóxicos químicamente como trihalometanos aunque microbiológicamente inocuos.

Las soluciones utilizadas fueron las siguientes:

1. 5 gramos de Alkalite en 50 mililitros de agua destilada (10% p/v)
2. 5 gramos de Sulfato de aluminio en 50 mililitros de agua destilada (10% p/v)
3. 0,4 gramos de Policloruro en 50 mililitros de agua destilada (0,8% p/v)

Tabla 5. Dosificación de flocculante y alcalinizantes de acuerdo con el tipo de muestra de captación que presentó las mejores condiciones.

Análisis del Agua del Pozo Subterráneo				
	Vaso 1	Vaso 2	Vaso 3	Vaso 4
Tipo de Flocculante				
Sulfato tipo A.	1 mL	2 mL	3 mL	5 mL
Alkalite	0.5 mL	1 mL	1 mL	2.5 mL
Medición				
pH (Unidades de pH)	7.47	7.41	6.48	7.18

Color (UPC)	7	9	23	10
	Vaso 1	Vaso 2	Vaso 3	Vaso 4
Tipo de Floculante				
Policloruro de Aluminio	1 mL	2 mL	3 mL	5 mL
Alkalite	0 mL	0.1 mL	0.3 mL	0.5 mL
Medición				
pH (Unidades de pH)	7.40	7.5	7.87	8.41
Color (UPC)	7	0	0	0
Análisis del Agua de un sector del Río Magdalena				
	Vaso 1	Vaso 2	Vaso 3	Vaso 4
Tipo de Floculante				
Sulfato tipo A.	1 mL	2 mL	3 mL	5 MI
Alkalite	0.5 mL	1 mL	1 mL	2.5 mL
Medición				
pH (Unidades de pH)	7.33	7.31	6.71	7.30
Color (UPC)	1	2	0	5
	Vaso 1	Vaso 2	Vaso 3	Vaso 4
Tipo de Floculante				
Policloruro de Aluminio	1 mL	2 mL	3 mL	5 mL
Alkalite	0 mL	0.1 mL	0.3 mL	0.5 mL
Medición				
pH (Unidades de pH)	7.66	8.71	9.71	9.40
Color (UPC)	7	13	34	40

Según los anteriores datos la comparación de costos sería muy semejante, ello dependería del tipo de agua inicial al tratamiento para definir cuál será su dosificación y cuáles sus productos de partida para obtener muestras de agua fisicoquímicamente aptas para realizar la desinfección adecuada.

6.1 ANÁLISIS DEL DESARROLLO DEL PROYECTO

A partir de los datos obtenidos en la tabla 5 se refiere a la dosificación adecuada obtenida por medio de la prueba de jarras y con los datos promedio de las caracterizaciones fisicoquímicas determinadas en el Anexo A para cada una de las fuentes, como principal requisito se tiene el valor del pH porque dependiendo de

su medida se puede escoger el floculante y alcalinizante más apropiado para lograr la mejor floculación sedimentación a escala de laboratorio y ello serviría de base para después implementarla a nivel del caudal de agua a tratar y de las condiciones establecidas en la planta de tratamiento que ya posee el municipio de Puerto Wilches.

Otro parámetro que ayuda en la escogencia de los reactivos químicos de tratamiento del agua y que está muy ligado al pH es la alcalinidad total porque permite determinar con qué fuerza iónica se cuenta para el proceso de floculación –sedimentación y así lograr los valores establecidos en el Decreto 1575 de 2007 que aparecen en la tabla 6, ideales en el análisis fisicoquímico del agua. También es relevante conocer la turbiedad, el color y la conductividad pero esos parámetros quedan implícitos ayudando en la escogencia de la mejor dosificación de floculante y alcalinizante si se requiere y con ello alcanzar uno de los objetivos propuestos que es obtener las mejores condiciones de tratamiento primario para cumplir con la Resolución 2115 de 2007.

Los parámetros como metales pesados, algunos organolépticos, macronutriente y micronutrientes ya se habían determinado con anterioridad para tener la certeza que el agua sometida a tratamiento fisicoquímico primario no presentara algún parámetro con riesgo a la salud después de su consumo. (Estos análisis se presentan en el Anexo B y D.

Tabla 6. Los valores máximos aceptables para cada una de las características fisicoquímicas y microbiológicas, señaladas en el Decreto 1575/2007 y en la Resolución 2115/2007.

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO		
PARAMETRO	Decreto 1575/2007; Resolución 2115/2007	MÉTODO/NORMA
pH (Unidades de pH)	6,5 – 9,0	Potenciométrico / SM 4500-H ⁺ B
Turbiedad (NTU)	<2	Nefelométrico / SM 2130 B
Color (UPC)	<15	Espectrofotométrico / SM 2120 B
Conductividad (μS/cm)	<1000	Conductivimétrico / SM 2510
Hierro Total (mg Fe/L)	<0,3	Espectrofotométrico / SM 3500-Fe
Nitritos (mg NO ₂ ⁻ /L)	<0,1	Espectrofotométrico / SM 4500-B
Sulfatos (mg SO ₄ ⁻² /L)	250	Espectrofotométrico / SM 4500 E
Cloruros (mg Cl ⁻ /L)	250	Argentométrico / SM 4500-Cl ⁻ B
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	300	Titrimétrico-EDTA / SM 2340 C
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	200	Titrimétrico / SM 2320 B
Sólidos Totales (mg/L)	<500	Gravimétrico/ SM 2540 B
Aluminio Residual	<0,2	Espectrofotométrico/ SM 3500-B
Fluoruros	<2,0	Espectrofotométrico / SM 4500-F ⁻ D
Cloro Residual (mg Cl ₂ /L)	<2,0	Espectrofotométrico/SM 4500-Cl G
Nitratos (mg NO ₃ ⁻ /L)	<10	Espectrofotométrico/ Rodier Salicilato de Sodio

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO		
PARÁMETRO	Decreto 1575/2007; Resolución 2115/2007	MÉTODO/ NORMA
Recuento Estándar (UFC/100 ml)	<100	Filtración por Membrana/ SM 9222B
Coliformes Totales (UFC/100 ml)	0	Filtración por Membrana/ SM 9222B
<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	0	Filtración por Membrana/ SM 9222B

Observaciones: Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA^{*1}:

RESULTADO IRCA	CLASIFICACIÓN IRCA (%)	NIVEL DE RIESGO
0 %	80.1-100	Inviabile sanitariamente
	35.1-80	Alto
	14.1-35	Medio
	5.1-14	Bajo
	0-5	Sin riesgo

^{*1}El cálculo del IRCA se realizó según lo establecido en el artículo 14 y Cuadro No.6 (Puntaje de riesgo) de la resolución No. 2115 de 2007 del Ministerio de la Protección Social.

Tabla 7. Promedio anuales de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de los pozos subterráneos.

ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra:	XXXXXX	Tipo de muestra:	Puntual
Identificación de la muestra:	Pozo Subterráneo		
Matriz de la muestra:	Agua cruda		
Muestreo realizado por:	XXXXXX		
Lugar y punto de muestreo:	Puerto Wilches / Pozo subterráneo		

PARAMETRO	RESULTADO PROMEDIO POR AÑO					Decreto 1575/2007; Resolución 2115/2007	MÉTODO/NORMA
	2012	2013	2014	2015	ACTUAL		
pH (Unidades de pH)	6,14	6,23	6,02	6,47	5,93	6,5 – 9,0	Potenciométrico / SM 4500-H ⁺ B
Turbiedad (NTU)	71	65	55	62	87	<2	Nefelométrico / SM 2130 B
Color (UPC)	437	458	501	348	510	<15	Espectrofotométrico / SM 2120 B
Conductividad (μ S/cm)	99,3	123,7	138,1	115,2	108,2	<1000	Conductivimétrico / SM 2510
Hierro Total (mg Fe/L)	0,93	0,84	0,98	1,12	1,29	<0,3	Espectrofotométrico / SM 3500-Fe
Nitritos (mg NO ₂ ⁻ /L)	0,17	0,11	0,13	0,16	0,15	<0,1	Espectrofotométrico / SM 4500-B
Sulfatos (mg SO ₄ ⁻² /L)	4,87	5,92	2,69	3,34	3,77	250	Espectrofotométrico / SM 4500 E
Cloruros (mg Cl ⁻ /L)	19,20	12,58	14,26	17,82	11,63	250	Argentométrico / SM 4500-Cl ⁻ B
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	56	41	38	47	46	300	Titrimétrico-EDTA / SM 2340 C
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	89,43	76,53	56,33	45,82	58,34	200	Titrimétrico / SM 2320 B
Sólidos Totales (mg/L)	145	167	192	223	115	<500	Gravimétrico/ SM 2540 B
Fluoruros (mg F ⁻ /L)	0,129	0,734	0,913	0,163	0,112	<2.0	Espectrofotométrico / SM 4500-F ⁻ -D
Aluminio Residual (mg Al/L)	0,085	0,056	0,093	0,082	0,078	<0,2	Espectrofotométrico / SM 3500-Al- B

ANALISIS MICROBIOLOGICO

PARÁMETRO	RESULTADO					Decreto 1575/2007; Resolución 2115/2007	MÉTODO/ NORMA
	2012	2013	2014	2015	ACTUAL		

Recuento Estándar(UFC/100 ml)	1045	901	1349	1240	1930	<100	Filtración por Membrana/ SM 9222B
Coliformes Totales(UFC/100 ml)	605	923	1115	897	1450	0	Filtración por Membrana/ SM 9222B
<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	69	134	96	112	180	0	Filtración por Membrana/ SM 9222B

7. CONCLUSIONES

En este trabajo se muestra un panorama general de la calidad del agua de las dos fuentes estudiadas. Para conocer realmente su situación de contaminación y el verdadero comportamiento de cada uno de los parámetros presentes en este estudio, se hace necesario realizar un seguimiento a estas fuentes por un periodo de tiempo más largo y con mayor cantidad de puntos de muestreo.

Se escogieron estas dos fuentes debido a que son afluentes más cercanas al casco urbano del municipio, se hizo una muestra de los pozos subterráneos en diferentes intervalos de tiempo pero los resultados son producto de varios análisis en diferentes meses y épocas.

Las dos fuentes de captación de agua presentan características fisicoquímicas similares, los parámetros de calidad están dentro de los límites permisibles por lo cual se pueden dejar como alternativa de abastecimiento. Esta consideración tendría efectos positivos a nivel socioeconómico, ya que se podría abastecer en sectores que actualmente no cuentan con el servicio de agua potable domiciliaria, lo cual constituiría una mejora en la calidad de vida de los habitantes del sector urbano y rural, en el municipio de Puerto Wilches, todo lo anterior es producto de un promedio realizado de los parámetros fisicoquímicos más relevantes para llevar a cabo las diferentes dosificaciones para la prueba de jarras y con ello poder determinar cuáles serían las más óptimas y convenientes por calidad y precio. Ver anexo D.

El tratamiento de la prueba de jarras que obtuvo los mejores valores de pH y color de acuerdo con la resolución 2115 de 2007 con los valores más económicos de tratamiento para el pozo subterráneo corresponde al vaso No. 2 y para el río Magdalena corresponde al vaso 1, en ambos casos el coagulante escogido es el

policloruro de aluminio, de acuerdo con el estudio económico realizado a cada tratamiento.

La diferencia de precios de los floculantes utilizados en el desarrollo de este trabajo se ven reflejados en cada metro cúbico tratado de agua, el sulfato tipo A es más económico y presenta mejor eficiencia en el tratamiento cuando el agua presenta valores de turbiedad y color altos, pero el policloruro así su costo sea mayor presenta ventajas económicas y técnicas cuando las aguas a tratar tienen bajas turbiedades y color.

La comparación de costos en el aspecto técnico- operativo es muy semejante siempre y cuando se sigan conservando las características iniciales del agua a tratar a las obtenidas en el presente trabajo porque lo que aumenta en producto en alguna de las dos fuentes lo disminuye el costo del mismo lográndose un equilibrio en el sistema de tratamiento que posee la planta y que no se está llevando a cabo.

Podría presentarse una diferencia de tipo técnico –operativo en costos si se tiene que obtener un permiso de captación en el tramo de río que se analizó porque éste pasa por un predio privado.

Otro aspecto que podría incrementar la diferencia de costos es que la fuente a captar requiera de un sistema de bombeo diferente al que se tiene actualmente en la planta de tratamiento.

8. RECOMENDACIONES

1. Tomar medidas que conlleven a la reducción de la contaminación del recurso hídrico, haciendo alusión a los principios de prevención.
2. Implementar antes de la bocatoma sistema biológico como alarma temprana de contaminación.
3. Implementación de manera inmediata del plan de Gestión integral de Recursos Hídricos para proteger este recurso.
4. Como el sistema es cambiante en cuanto a concentraciones de las fuentes se recomienda hacer un continuo seguimiento a estas fuentes en las diferentes épocas del año.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALCALDIA MUNICIPAL DE PUERTO WILCHES, SANTANDER. Localización geográfica del municipio de Puerto Wilches, Santander. Disponible en: <https://lasticsdesdecasa.files.wordpress.com/2014/06/carpetas-puerto-wilches.pdf>
2. AZNAR, JIMÉNEZ. Antonio. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE CALIDAD DE LAS AGUAS. Instituto Tecnológico de Química y Materiales. Universidad Carlos III. Leganés. Madrid. España. Disponible en: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>
3. BARRENECHEA, MARTEL. Ada. CAPÍTULO 1. ASPECTOS FÍSICOQUÍMICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manuall/tomol/uno.pdf>
4. BARTRAM J, CORRALES L, DAVISON A, DEERE D, DRURY D, GORDON B, HOWARD G, RINEHOLD A, STEVENS M. Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo. Organización Mundial de la Salud. Ginebra, 2009. Disponible en: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/75142/1/9789243562636_spa.pdf
5. BLANCO, VEGA. Diana. Análisis de la calidad del agua de la quebrada San José, municipio de Surata, Mediante la aplicación de los índices fisicoquímicos y biológicos BMWP y QBR. Universidad industrial de Santander. Facultad de Ciencias Básicas. Escuela de Química. Especialización en química ambiental.

- Bucaramanga. 2010. Disponible en:
<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7091/2/136072.pdf>
6. BOJACA, Rocío del pilar. Pso Determinación de Alcalinidad por Potenciómetro. Disponible en:
<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Alcalinidad+total+en+agua+por+electrometr%C3%ADa..pdf/dd9a3610-8ff7-49bc-97eb-5306362466df>
 7. CALIAGUAS Inc. TORRES DE AIREACION. Disponible en:
<http://www.caliaguas.com/file/torres-de-aireacion.pdf>
 8. CANALEDUCA. CALIDAD DEL AGUA. Disponible en:
<https://www.canaleduca.com/wp-content/uploads/2015/09/Calidad-del-agua.pdf>
 9. CÁRDENAS. Yolanda. Tratamiento de agua Coagulación y Floculación. Disponible en:
http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154.pdf
 10. CARDONA, AGUILAR. Diana Carolina. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA. Colombia 2011. Caracterización del agua cruda del rio la vieja como fuente superficial para el proceso de potabilización de Emcartago S.A. E.S.P. Disponible en:
<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/2570/1/62816C268c.pdf>
 11. CIRELLI, Alicia Fernández. Universidad de Buenos Aires, Argentina. Directora Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua. Facultad de Ciencias Veterinarias. Disponible en:

<http://www.bvsde.paho.org/bvsair/e/repindex/rep84/vleh/fulltext/acrobat/agua.pdf>

12. COSTA. POSADA, Carlos; DOMÍNGUEZ, Efraín; GONZALO. RIVERA, Hebert. Revista Académica Colombiana de Ciencias.: VOLUMEN XXXII. Relación demanda-oferta de agua y el índice de escasez de agua como herramienta de evaluación del recurso hídrico Colombiano Disponible en: http://www.accefyn.org.co/revista/Vol_32/123/195-212.pdf
13. ECHARRI. Luis. Contaminación del agua. Universidad de Navarra. España. 2007. Disponible en: <file:///C:/Users/usuario/Downloads/Tema%208%20Contaminacion%20del%20agua%2007.pdf>
14. FÉLEZ, SANTAFÉ. Marta. CAPÍTULO 1: EL AGUA. Disponible en: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6263/03_Mem%20ria.pdf?sequence=4. Pdf
15. GOBERNACION DE BOYACA, COLOMBIA. Secretaria de Salud. Mapa de Riesgo de la calidad de agua del Municipio de Guanchavita, Boyacá. disponible en: http://www.boyaca.gov.co/SecSalud/images/Documentos/Salud_Publica/Ano_2014/AGUA_CONSUMO_HUMANO/MAPA_RIESGO/MAPA%20DE%20RIESGO%20DE%20GACHANTIVA.pdf
16. GÓMEZ. AGUDELO. Mayeline. CARACTERISTICAS DEL AGUA. Disponible en: <http://apoyoambiental.bligoo.com.co/media/users/19/973332/files/225766/CaraacteristicasAgua.pdf>

17. GUEVARA, VERA. Antonio. Control de la calidad del agua. Métodos de análisis para la evaluación de la calidad del agua. Centro panorámico de Ingeniería sanitaria y Ciencias del ambiente. División panorámica de la salud. Lima, 2006. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/031279/031279.pdf>
18. GOYENOLA, Guillermo. Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos. 2007. Disponible en http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/Conductividad.pdf.
19. GUEVARA, VERA. Antonio. Métodos de Análisis para la Evaluación de la Calidad del Agua. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/031279/031279.pdf>.
20. HERNANDEZ, CABRERA. Mercedes. PEREZ, ARELLANO. José. Fiebre tifoidea. Disponible en: http://vacunasaep.org/manual/Cap8_10_Fiebre_tifoidea.pdf
21. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES DE COLOMBIA. Laboratorio de Química Ambiental. Disponible en: http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Aguas/Determinacion_de_SST.htm
22. INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. Octavo Curso-Taller Validación de Métodos Analíticos, Enfermedades Asociadas a la Calidad del Agua, Memorias. Bogotá, Septiembre 2005. Disponible en: http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=15586&Itemid=.pdf

23. LEE. Wilson. Un Vistazo a la Tecnología de Coagulación-Floculación.
Disponble en:
http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/V14_N4_Agua_Wilson.pdf
24. LÓPEZ, MEDINA. Ruth. SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.
UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA. Bogotá. COLOMBIA.
2013. Disponible en.
http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358002/Modulo_didactico_2013.pdf
25. MARIN. GALVIN, Rafael. Características físicas, químicas y biológicas de las
aguas. Disponible en:
http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:48101/componente48099.p1.pdf.
26. MCCOY. Krisha. Disentería Amebiana. Disponible en:
<http://www.cvshealthresources.com/print.aspx?token=f75979d3-9c7c-4b16-af56-3e122a3f19e3&chunkiid=195981.pdf>
27. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO. Decreto 1729 de
2002, 6 de Agosto, Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III
del Decreto-ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el
numeral 12 del artículo 5° de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras
disposiciones. Bogotá, 2002. Disponible en:
https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyserviciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Decretos/dec_1729_060802.pdf
28. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia.
RESOLUCION NUMERO 2115 DE 2007. Disponible en:
http://www.boyaca.gov.co/SecSalud/images/Documentos/Salud_Publica/Ano_

2014/AGUA_CONSUMO_HUMANO/Julio%20RES%202115%20ReglamentoCalidaddeAgua.pdf

29. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000, Sección II, Título C, Sistemas de Potabilización. Bogotá, Colombia. Disponible en: http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/5._Sistemas_de_potabilizacion.pdf
30. MOLINAO, Erreka. MICROORGANISMOS PATÓGENOS DEL AGUA. Disponible en: <http://www.laanunciataikerketa.com/trabajos/microorganismos/enfer.pdf>
31. ORELLANA. Jaime. Unidad Temática Nº 6 TRATAMIENTO DE LAS AGUAS. Disponible en: http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf
32. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Guías para la Calidad del agua potable. Organización Mundial de la Salud. Ginebra, 2006. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf
33. ORTEGA. BASTIDAS. William. ESCUELA SUPERIOR DE ADMINISTRACION PÚBLICA. Carlosama, Nariño. Colombia. 2007. Disponible en: [http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/a6579%20%20propuesta%20%20mejoramiento%20de%20la%20calidad%20del%20agua%20\(pag%2061%20-%20636%20kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/a6579%20%20propuesta%20%20mejoramiento%20de%20la%20calidad%20del%20agua%20(pag%2061%20-%20636%20kb).pdf)

34. RESTREPO, OSORNO. Hernán. Evaluación del proceso de Coagulación – floculación de una planta de tratamiento de agua potable. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN FACULTAD DE MINAS. 2009. Disponible en: http://www.bdigital.unal.edu.co/877/1/15372239_2009.pdf
35. REYES. ALVARADO. Wilmer. Evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento para la potabilización de agua del municipio de Cerrito. Santander. Universidad industrial de Santander. Facultad de Ciencias. Escuela química. Especialización en Química Ambiental. Bucaramanga. 2004. Disponible en: <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7024/2/114456.pdf>
36. ROJAS, Ricardo. Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Lima, 2002. Disponible en: http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d25/075%20vigilanciaycontrol_calidaddeagua/cepis_guia_vigilanciaycontrol_calidaddeagua.pdf
37. SÁNCHEZ, SALAZAR. Andrés. VALIDACION DE LAS TECNICAS HIERRO TOTAL Y FOSFATOS EN AGUA EN EL LABORATORIO ALISCCA LTDA. Universidad Tecnológica De PEREIRA. Facultad de Tecnología. Química Industrial.PEREIRA.2011.Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/2080/1/628162S211.pdf>
38. SERVICIOS DE AGUA DE MISIONES S.A. Proceso de potabilización de agua. Disponible en: [http://www.elaguapotable.com/Proceso%20potabilizaci%C3%B3n\(Sansa\).pdf](http://www.elaguapotable.com/Proceso%20potabilizaci%C3%B3n(Sansa).pdf)
39. UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA. Enfermedades transmitidas a través del agua. Calidad del agua. Disponible en:

http://docencia.udea.edu.co/bacteriologia/MicrobiologiaAmbiental/microbiologia_9.pdf

ANEXOS

ANEXO A. PUNTOS Y LUGARES DE MUESTREO.

1. POZO SUBTERRANEO



2. RIO MAGDALENA



ANEXO B. ANÁLISIS DE LABORATORIO PROMEDIO DE LAS DOS FUENTES DE CAPTACIÓN PROPUESTAS PARA EL AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL MUNICIPIO DE PUERTO WILCHES.

Informe de resultados No.	I-XXXXXX	Fecha de emisión:	XXXXXX
Cliente:	AGUAS PUERTO WILCHES		
Dirección del cliente:	Carrera 3 No. 4-76		
Solicitud de servicio No.	XXXXXX	No. de muestras:	XX
Fecha de recepción de las muestras:	XXXXXX		
Muestras recibidas por:	XXXXXX		
Fecha de análisis:	XXXXXX		

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

Codificación de la Muestra:	XXXXXX	Tipo de muestra:	Compuesta
Identificación de la muestra:	Río Magdalena		
Matriz de la muestra:	Agua cruda		
Muestreo realizado por:	XXXXXX		
Lugar y punto de muestreo:	Puerto Wilches / Zona Captación Río Magdalena		
Fecha del muestreo:	XXXXXX		

PARAMETRO	RESULTADO	Decreto 1575/2007; Resolución 2115/2007	MÉTODO/NORMA
pH (Unidades de pH)	5,56	6,5 – 9,0	Potenciométrico / SM 4500-H ⁺ B
Turbiedad (NTU)	180	<2	Nefelométrico / SM 2130 B
Color (UPC)	690	<15	Espectrofotométrico / SM 2120 B
Conductividad (µS/cm)	142,7	<1000	Conductivimétrico / SM 2510
Hierro Total (mg Fe/L)	2,35	<0,3	Espectrofotométrico / SM 3500-Fe-B
Nitritos (mg NO ₂ ⁻ /L)	0,17	<0,1	Espectrofotométrico / SM 4500-B
Sulfatos (mg SO ₄ ⁻² /L)	3,77	250	Espectrofotométrico / SM 4500-E
Cloruros (mg Cl ⁻ /L)	13,81	250	Argentométrico / SM 4500-Cl ⁻ B
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	44,00	300	Titrimétrico-EDTA / SM 2340 C
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	55,23	200	Titrimétrico / SM 2320 B
Sólidos Totales (mg/L)	140	<500	Gravimétrico/ SM 2540 B
Fluoruros (mg F ⁻ /L)	0,127	<2.0	Espectrofotométrico / SM 4500-F ⁻ -D
Aluminio Residual (mg Al/L)	0,095	<0,2	Espectrofotométrico / SM 3500-Al- B

ANALISIS MICROBIOLOGICO

PARÁMETRO	RESULTADO	Decreto 1575/2007; Resolución 2115/2007	MÉTODO/ NORMA
Recuento Estándar(UFC/100 ml)	2628	<100	Filtración por Membrana/ SM 9222B
Coliformes Totales(UFC/100 ml)	2244	0	Filtración por Membrana/ SM 9222B
<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	254	0	Filtración por Membrana/ SM 9222B

Observaciones: Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA^{*1}:

RESULTADO IRCA	CLASIFICACIÓN IRCA (%)	NIVEL DE RIESGO
82,5 %	80.1-100	Inviabile sanitariamente
	35.1-80	Alto
	14.1-35	Medio
	5.1-14	Bajo
	0-5	Sin riesgo

*El cálculo del IRCA se realizó según lo establecido en el artículo 14 y Cuadro No.6 (Puntaje de riesgo) de la resolución No. 2115 de 2007 del Ministerio de la Protección Social.

Informe de resultados No.	I-XXXXXX	Fecha de emisión:	XXXXXX
Cliente:	AGUAS PUERTO WILCHES		
Dirección del cliente:	Carrera 3 No. 4-76		
Solicitud de servicio No.	XXXXXXXX	No. de muestras:	XX
Fecha de recepción de las muestras:	XXXXXX		
Muestras recibidas por:	XXXXXX		
Fecha de análisis:	XXXXXX		

ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra:	XXXXXX	Tipo de muestra:	Compuest
Identificación de la muestra:	Pozo Subterráneo		
Matriz de la muestra:	Agua cruda		
Muestreo realizado por:	XXXXXX		
Lugar y punto de muestreo:	Puerto Wilches / Pozo subterráneo		
Fecha del muestreo:	XXXXXX		

PARAMETRO	RESULTADO	Decreto 1575/2007; Resolución 2115/2007	MÉTODO/NORMA
pH (Unidades de pH)	5,93	6,5 – 9,0	Potenciométrico / SM 4500-H ⁺ B
Turbiedad (NTU)	87	<2	Nefelométrico / SM 2130 B
Color (UPC)	510	<15	Espectrofotométrico / SM 2120 B
Conductividad (μS/cm)	108,2	<1000	Conductivimétrico / SM 2510
Hierro Total (mg Fe/L)	1,29	<0,3	Espectrofotométrico / SM 3500-Fe
Nitritos (mg NO ₂ ⁻ /L)	0,15	<0,1	Espectrofotométrico / SM 4500-B
Sulfatos (mg SO ₄ ⁻² /L)	3,77	250	Espectrofotométrico / SM 4500 E
Cloruros (mg Cl ⁻ /L)	11,63	250	Argentométrico / SM 4500-Cl ⁻ B
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	46	300	Titrimétrico-EDTA / SM 2340 C
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	58,34	200	Titrimétrico / SM 2320 B
Sólidos Totales (mg/L)	115	<500	Gravimétrico/ SM 2540 B
Fluoruros (mg F ⁻ /L)	0,112	<2,0	Espectrofotométrico / SM 4500-F ⁻ -D
Aluminio Residual (mg Al/L)	0,078	<0,2	Espectrofotométrico / SM 3500-Al- B

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

PARÁMETRO	RESULTADO	Decreto 1575/2007; Resolución 2115/2007	MÉTODO/ NORMA
Recuento Estándar(UFC/100 ml)	1930	<100	Filtración por Membrana/ SM 9222B
Coliformes Totales(UFC/100 ml)	1450	0	Filtración por Membrana/ SM 9222B
<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	180	0	Filtración por Membrana/ SM 9222B

Observaciones: Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA^{*1}:

RESULTADO IRCA	CLASIFICACIÓN IRCA (%)	NIVEL DE RIESGO
82,5 %	80.1-100	Inviabile sanitariamente
	35.1-80	Alto
	14.1-35	Medio
	5.1-14	Bajo
	0-5	Sin riesgo

**El cálculo del IRCA se realizó según lo establecido en el artículo 14 y Cuadro No.6 (Puntaje de riesgo) de la resolución No. 2115 de 2007 del Ministerio de la Protección Social.*

ANEXO C. TABLA DE COSTOS PARA EL ANÁLISIS ECONÓMICO.

ENSAYO	SUSTANCIA	CANTIDAD	VALOR R Kg	VALOR UNITARIO	VALOR DE LA SOLUCION	mL PREPARADOS	VALOR R mL DE LA SOLUCION	CANTIDAD EMPLEADA EN EL ENSAYO				COSTOS DEL ENSAYO (Valor en pesos)			
								VAS O 1	VAS O 2	VAS O 3	VAS O 4	VAS O 1	VAS O 2	VAS O 3	VAS O 4
POZO SUBTERRANEO	Sulfato tipo A	5	2000	2	10	50	0,2	1	2	3	5				
	Alkalite	5	6000	6	30	50	0,6	0,5	1	1	2,5	0,5	1,0	1,2	2,5
	Policloruro de aluminio	0,4	5000	5	2	50	0,04	1	2	3	5				
	Alkalite	5	6000	6	30	50	0,6	0	0,1	0,3	0,5	0,04	0,14	0,3	0,5
RIO MAGDALENA	Sulfato tipo A	5	2000	2	10	50	0,2	1	2	3	5				
	Alkalite	5	6000	6	30	50	0,6	0,5	1	1	2,5	0,5	1	1,2	2,5
	Policloruro de aluminio	0,4	5000	5	2	50	0,04	1	2	3	5				
	Alkalite	5	6000	6	30	50	0,6	0	0,1	0,3	0,5	0,04	0,14	0,3	0,5

ANEXO D. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS PROMEDIO DE MUESTRAS DE AGUA PROVENIENTES DEL POZO SUBTERRÁNEO Y DEL RÍO MAGDALENA

PARAMETRO	Pozo Subterráneo	Río Magdalena	UNIDADES
p H	7,21	8,3	Unidades de pH
Color	65	88	UPC
Turbiedad	42	77	NTU
Conductividad	733	978	uS/cm
Oxígeno disuelto	5,85	8,45	mg/L
% Saturación de oxígeno	107,6	150,6	%OD
Alcalinidad total	90	120	mg CaCO ₃ /L
Alcalinidad P	0	1	mg CaCO ₃ /L
Alcalinidad M	190	230	mg CaCO ₃ /L
Dureza total	60	78	mg CaCO ₃ /L
Dureza cálcica	20	56	mg CaCO ₃ /L
Nitritos	0,146	0,934	mg N-NO ₂ /L
Hierro total	0,080	0,120	mg Fe/L
Fluoruros	0,42	1,23	mg F ⁻ /L
Sólidos totales	510	786	mg /L
Sólidos disueltos	406	982	mg /L
Sólidos suspendidos	4	9	mg /L
Cloruros	19,76	35,43	mg Cl ⁻ /L
Sulfatos	11,77	24,56	mg SO ₄ /L
Fosforo total	0,16	0,45	mg P/L
Sodio	29,56	63,43	mg Na/L
Potasio	1,785	2,234	mg K/L
Calcio	50,85	78,32	mg Ca/L
Magnesio	9,34	17,42	mg Mg/L
Arsénico	0,009	1,124	mg As/L
Plomo	0,012	0,349	mg Pb/L
Cobre	0,014	0,068	mg Cu/L
Mercurio	0,0005	0,0019	mg Hg/L
Estaño	0,003	0,009	mg Sn/L
Bario	0,005	0,013	mg Ba/L
Boro	0,012	0,023	mg B/L
Cadmio	0,0023	0,0078	mg Cd/L
Cianuro	0,00031	0,0012	mg CN/L
Cromo	0,0023	0,0078	mg Cr/L
Selenio	0,010	0,045	mg Se/L
Antimonio	0,014	0,067	mg Sb/L
Níquel	0,022	0,067	mg Ni/L
PARAMETRO	Pozo Subterráneo	Río Magdalena	UNIDADES
Trihalometanos totales	0,0001	0,0007	mg THMs/L
Manganeso	0,024	0,078	Mg Mn/L
Sodio	0,569	1,124	Mg Na/L

Zinc	0,312	0,843	mg Zn/L
Fosfatos	0,39	0,78	mg PO_4^{3-} /L
Bromato	0,18	0,56	mg BrO_3^- /L
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	0,00003	0,00013	mg HAP/L
Grasas y Aceites	2,85	7,89	mg /L
Nitratos	2,88	8,52	mg N- NO_3 /L
Nitrógeno total	3,5	7,53	mg N /L
DQO	15	34	mg O_2 /L
DBO	10	27	mg O_2 /L
Coliformes totales	2088	4521	UFC/100 ml
Coliformes fecales	1624	3853	UFC/100 ml

ANEXO E. FICHA TÉCNICA DE POLICLORURO DE ALUMINIO.

	FICHA TECNICA POLICLORURO DE ALUMINIO PAC	CODIGO: FQ-29	VERSION: 1
		F.A.: 09/06/14	Pág. 1 de 2

Propiedades Químicas (AWWA B408-03)

Fórmula Química	$[Al(OH)_m Cl_{3-m}]_n$
Densidad a 25 °C, g/ml	1.23 ± 0.05
pH a 25 °C	2.5 ± 0.3
% Al_2O_3	10.5 ± 0.5
Relación de Basicidad	70% min.

*Vida útil posterior a su fabricación: 3 meses

Indicaciones

El policloruro de aluminio (PAC) es una sal de alta basicidad con base en anión cloruro. Se diferencia del hidroxiclорuro de aluminio (ACH) porque presenta especies polinucleares del metal convirtiéndolo en un coagulante de alto desempeño, con excelentes propiedades para el tratamiento de aguas con dificultades especiales y generando bajo volumen de lodos, pues trabaja bien con poco suministro de alúmina.

Condiciones de Manejo

El producto debe ser almacenado en tanques de fibra de vidrio, polietileno o acero recubierto en caucho y conducido empleando fibra de vidrio, PVC o cualquier otro material termoplástico. También es compatible con EPDM, Caucho Natural y Vitón. El producto no debe estar en contacto con hierro, acero al carbón, acero inoxidable y bronce.

Es deseable que el Policloruro de Aluminio Líquido sea dosificado tal como se recibe del proveedor y no ser contaminados por agua u otra impureza durante el almacenamiento.

Para la dosificación exacta y uniforme, debe ser usada una bomba de desplazamiento positivo. El producto no se deteriora con el tiempo mientras sea manejado bajo las condiciones explicadas. Su vida útil es de 3 meses.

Precauciones y Seguridad

El producto no presenta alto riesgo en su manejo pero, por ser una sal ácida debe tratarse con cuidado. Evite el contacto con metales que puedan sufrir corrosión tales como hierro, cobre, bronce, aluminio y acero inoxidable. Se recomienda el uso de guantes y gafas protectoras.

En los ojos y mucosas causa irritación; en caso de contacto debe enjuagarse con agua abundante.

El producto no emite gases y por lo tanto no causa efectos nocivos al ser inhalado.



ANEXO F. FICHA TÉCNICA DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A.



Sulfato de Aluminio Tipo A libre de hierro Sólido Ficha Técnica del Producto

Propiedades Químicas (NTC 531 5ª Revisión)

Parámetro	Libre de Hierro	Libre de Hierro Impalpable
Fórmula Química	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14.3\text{H}_2\text{O}$	
Alúmina	17.00% Al_2O_3 mín.	
Hierro	0.008% Fe_2O_3 máx.	
Insolubles	0.1% máx.	
Basicidad	0.05% Al_2O_3 mín.	
Granulometría (US Std.)		
Pasa 4	100%	NA
Pasa 10	90% mín.	NA
Pasa 100	10% máx.	90% mín.

*Vida útil posterior a su fabricación: 6 - 12 meses

1 Este producto satisface las condiciones del sulfato de aluminio grado papel.

Condiciones de Manejo

El producto, empaçado en sacos de polipropileno de 25kg y 50kg para los productos grado B), debe ser almacenado en un área seca, protegido de la intemperie.

Por ser moderadamente higroscópico, el Sulfato de Aluminio Tipo A Libre de Hierro Sólido debe ser protegido de la humedad mientras se está utilizando con el fin de evitar empastamientos que dificultan su manejo.

El producto no se deteriora con el tiempo mientras sea manejado bajo las condiciones explicadas.

Precauciones y Seguridad

El producto no presenta alto riesgo en su manejo pero, por ser una sal ácida debe tratarse con cuidado. Se recomienda el uso de guantes, gafas protectoras y mascarillas para evitar inhalar el material fino.

En los ojos y mucosas causa irritación; en caso de contacto debe enjuagarse con agua abundante.



Oficina Principal y Producción

Medellín: Calle 55 No 46-85 Itagüí, Antioquia; Tel: (574)370 1170; Fax: (574)277 5676; sulfosa@sulfoquimica.com

Producción

• Barbosa: Vía Girardota - El Hatillo km. 4 (Vereda Plantano), Barbosa, Antioquia. Tel. (574)289 2480, Fax. (574)289 1234;

sobarbosa@sulfoquimica.com

• Barranquilla: Vía Malambo - Sabanagrande, km. 3; Parque Industrial PIMSÁ; Malambo, Atlántico. Tel (575)347 8350; Fax: (575)347 8353;

sobarranquilla@sulfoquimica.com

• Cali: Vía Caloto - Santander de Quilichao, km. 7, Caloto, Cauca. Tel (572)550 4344; Fax: (572)550 4343;

socalito@sulfoquimica.com