

**ESTUDIO DEL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE LA PLANTA DE  
AGUA POTABLE *PLANTA PURIBLOCK II* DEL MUNICIPIO EL  
SOCORRO, SANTANDER.**

**INGRITH CAROLINA FLÓREZ GARCÍA  
MÓNICA MAYERLY PORRAS ABAUNZA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD CIENCIAS  
ESCUELA DE QUÍMICA  
ESPECIALIZACION EN QUIMICA AMBIENTAL  
ESCUELA DE QUIMICA  
BUCARAMANGA  
2012**

**ESTUDIO DEL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE LA PLANTA DE  
AGUA POTABLE *PLANTA PURIBLOCK II* DEL MUNICIPIO EL  
SOCORRO, SANTANDER.**

**INGRITH CAROLINA FLÓREZ GARCÍA  
MÓNICA MAYERLY PORRAS ABAUNZA**

**Monografía de grado para optar al título de Especialista en Química  
Ambiental**

**Director  
Biólogo, Esp. Ricardo Restrepo**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD CIENCIAS  
ESCUELA DE QUÍMICA  
ESPECIALIZACION EN QUIMICA AMBIENTAL  
ESCUELA DE QUIMICA  
BUCARAMANGA  
2012**



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
Coordinación de Postgrado en Química

**CALIFICACIÓN DEL TRABAJO DE MONOGRAFIA  
ESPECIALIZACION EN QUÍMICA AMBIENTAL**

Bucaramanga, 29 de Noviembre de 2011.

LOS SUSCRITOS MIEMBROS DEL JURADO DEL TRABAJO DE MONOGRAFIA DE  
ESPECIALIZACION DE LA ESTUDIANTE:

**MÓNICA MAYERLY PORRAS ABAUNZA**

CÓDIGO: 2107585

FACULTAD: **CIENCIAS**

PROGRAMA: **ESPECIALIZACION EN QUIMICA AMBIENTAL**

Título del Plan:

**“ESTUDIO DEL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE LA PLANTA DE AGUA  
POTABLE PLANTA PURIBLOCK II DEL MUNICIPIO EL SOCORRO,  
SANTANDER”.**

Hacemos constar que, después de revisado y escuchado el Trabajo de Monografía de  
Especialización, el día 29 de Noviembre de 2011, hemos acordado la calificación de:

**APROBADO**

X

**APLAZADO**

Atentamente,

  
**JORGE SAÚL RAMÍREZ AGÓN**  
Evaluador

  
**RICARDO RESTREPO MANRIQUE**  
Director

  
**MARIANNY YAJAIRA COMBARIZA**  
Coordinadora Especialización en Química Ambiental



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
Coordinación de Postgrado en Química

**CALIFICACIÓN DEL TRABAJO DE MONOGRAFIA  
ESPECIALIZACION EN QUÍMICA AMBIENTAL**

Bucaramanga, 29 de Noviembre de 2011.

LOS SUSCRITOS MIEMBROS DEL JURADO DEL TRABAJO DE MONOGRAFIA DE  
ESPECIALIZACION DE LA ESTUDIANTE:

**INGRITH CAROLINA FLÓREZ GARCÍA**

CÓDIGO: 2107581

FACULTAD: **CIENCIAS**

PROGRAMA: **ESPECIALIZACION EN QUIMICA AMBIENTAL**

Título del Plan:


**“ESTUDIO DEL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE LA PLANTA DE AGUA  
POTABLE PLANTA PURIBLOCK II DEL MUNICIPIO EL SOCORRO,  
SANTANDER”.**

Hacemos constar que, después de revisado y escuchado el Trabajo de Monografía de  
Especialización, el día 29 de Noviembre de 2011, hemos acordado la calificación de:

<b>APROBADO</b>
X

<b>APLAZADO</b>

Atentamente,

  
**JORGE SAÚL RAMÍREZ AGÓN**  
Evaluador

  
**RICARDO RESTREPO MANRIQUE**  
Director

  
**MARIANNY YAJAIRA COMBARIZA**  
Coordinadora Especialización en Química Ambiental



**ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO, TRABAJOS  
DE INVESTIGACION O TESIS Y AUTORIZACIÓN  
DE SU USO A FAVOR DE LA UIS**

Yo, INGRITH CAROLINA FLÓREZ GARCÍA, mayor de edad, vecino de Bucaramanga, identificada con la Cédula de Ciudadanía No. 1.096.950493 de Málaga y Yo, MÓNICA MAYERLY PORRAS ABAUNZA, mayor de edad, vecino de Bucaramanga, identificada con la Cédula de Ciudadanía No. 37.513.274 de Bucaramanga, actuando en nombre propio, en mi calidad de autores del trabajo de grado denominada(o):

**ESTUDIO DEL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE LA PLANTA DE AGUA POTABLE  
PLANTA PURIBLOCK II DEL MUNICIPIO EL SOCORRO, SANTANDER.**

hago entrega del ejemplar respectivo y de sus anexos de ser el caso, en formato digital o electrónico (CD o DVD) y autorizo a LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, para que en los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador de la obra objeto del presente documento. PARÁGRAFO: La presente autorización se hace extensiva no sólo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato virtual, electrónico, digital, óptico, uso en red, Internet, extranet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

EL AUTOR – ESTUDIANTE, manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y la realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de su exclusiva autoría y detenta la titularidad sobre la misma. PARÁGRAFO: En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, EL AUTOR / ESTUDIANTE, asumirá toda la responsabilidad, y saldrá en defensa de los derechos aquí autorizados; para todos los efectos la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia se firma el presente documento en dos (02) ejemplares del mismo valor y tenor, en Bucaramanga, veintidós (22) a los días del mes de febrero de dos mil doce 2012.

**LOS AUTORES / ESTUDIANTES:**

  
Ingrith Carolina Flórez García

  
Mónica Mayerly Porras Abaunza

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>15</b>
<b>1. GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO</b> .....	<b>16</b>
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	18
1.3 OBJETIVOS.....	19
1.3.1. <i>Objetivo General:</i> .....	19
1.3.2. <i>Específicos:</i> .....	19
<b>2. ANTECEDENTES</b> .....	<b>20</b>
2.1.1 <i>Sevilla (España)</i> .....	20
2.1.2 <i>Aracena Y La Minilla. (España)</i> .....	21
2.1.3 <i>Estudios De Cianotoxinas.</i> .....	21
<b>3. MARCO REFERENCIAL</b> .....	<b>23</b>
3.1 MARCO TEÓRICO.....	23
3.1.1 <i>Abastecimientos Superficiales. (Tomado de Manual de tratamiento de aguas. Limusa Noriega Editores. Méjico. 1998)</i> .....	23
3.1.2 <i>calidad del agua</i> .....	25
3.1.3 <i>normas de calidad del agua</i> .....	26
3.1.4 <i>Planta de tratamiento de agua potable- PTAP. (Tomado de Manual de tratamiento de aguas. Limusa Noriega Editores. Méjico. 1998)</i> .....	26
3.1.5 <i>Parámetros de calidad del agua</i> .....	29
3.1.6 <i>Microorganismos en el agua</i> .....	34
3.1.7 <i>Algas en plantas de tratamiento de agua para el consumo humano.</i> ....	35
<b>4. METODOLOGÍA</b> .....	<b>38</b>
4.1. ETAPA DE DIAGNÓSTICO.....	38
4.2. ANÁLISIS DEL LABORATORIO. ....	39
4.3. DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIES DE ALGAS MICROSCÓPICAS. ...	40
<b>5. RESULTADOS</b> .....	<b>41</b>
5.1 DIAGNÓSTICO DE LA PLANTA .....	41
5.1.1 <i>Características de la planta.</i> .....	41
5.1.2 <i>Etapas del proceso Potabilización de la planta Puriblock II.</i> .....	44
5.2 ANALISIS FÍSICO QUIMICO.....	50
5.2.1 <i>Monitoreo de (Julio- Septiembre- Octubre) de agua cruda</i> .....	51
5.2.2 <i>Muestreo Septiembre</i> .....	52
5.2.3 <i>Muestreo Octubre</i> .....	53
5.2.2 <i>Monitoreo de (Julio- Septiembre- Octubre) de agua potable.</i> .....	57

5.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS GÉNEROS DE ALGAS PRESENTES EN LAS DIFERENTES ETAPAS DEL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE LA PLANTA PURIBLOCK II. ....	60
<b>6. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>64</b>
<b>7. CONCLUSIONES .....</b>	<b>68</b>
<b>8. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>70</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>72</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>75</b>

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1. TIPOS DE ALGAS PRINCIPALES EN AGUA. ....	34
TABLA 2. DIAGNÓSTICO DE LA PLANTA <i>PURIBLOCK II</i> .....	41
TABLA 3. ETAPAS DE POTABILIZACIÓN .....	44
TABLA 4. CALCULO VOLUMÉTRICO DEL CAUDAL DE ENTRADA AL SISTEMA .....	46
TABLA 5. DIMENSIONES DE LA UNIDAD DEL FLOCULADOR. ....	47
TABLA 6. DATOS DE TURBIEDAD PARA EL MES DE JULIO.....	48
TABLA 7. DIMENSIONES DE LA UNIDAD DEL FILTRO .....	49
TABLA 8. RESULTADOS ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS EN JULIO .....	51
TABLA 9. RESULTADOS ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS EN SEPTIEMBRE.....	52
TABLA 10. RESULTADOS ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS EN OCTUBRE. ....	53
TABLA 11. RESULTADOS ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS DE OCTUBRE. ....	55
TABLA 12. RESULTADOS DEL ANÁLISIS FISCOQUÍMICO DE OCTUBRE....	56
TABLA 13. RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICOS.....	57
TABLA 14. LISTA DE GÉNEROS ENCONTRADOS EN EL ESTUDIO.....	60
FIGURA1. ORDENES DE ALGAS PRESENTES.....	61
TABLA 15. NIVEL CELULAR, REINO Y GÉNEROS DE ALGAS PRESENTE EN LAS ETAPAS DE PROCESOS DE POTABILIZACIÓN. ....	62
TABLA 16. FAMILIAS ENCONTRADAS EN EL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE LA PTAP- PURIBLOCK II. ....	89



## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1. ORDENES DE ALGAS PRESENTES.....</b>	<b>61</b>
<b>FIGURA 2. NIVEL CELULAR DE LOS GÉNEROS DE ALGAS DETERMINADOS. .....</b>	<b>62</b>
<b>FIGURA 3. REINOS MÁS REPRESENTATIVOS.....</b>	<b>63</b>

## LISTA DE ANEXOS

<b>ANEXO A</b> <b>CARACTERÍSTICAS DE LOS GÉNEROS DE ALGAS PRESENTES EN LA PLANTA PURIBLOCK II.....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXO B</b> <b>TAXONOMÍA DE GÉNEROS ENCONTRADOS EN LAS ETAPAS DEL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE LA PLANTA PURIBLOCK II DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO- SANTANDER .....</b>	<b>84</b>
<b>ANEXOS C</b> <b>FAMILIAS PRESENTES EN LAS ETAPAS DE LOS PROCESOS DE LA PLANTA PURIBLOCK II.....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXO D</b> <b>(ESQUEMA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA – PTAP, DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO PURIBLOCK II – VISTA EN PLANTA) .....</b>	<b>90</b>
<b>ANEXO E</b> <b>(DETALLE – A MODULO 1 DE LA PLANTA).....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXO F</b> <b>(FOTOS DE LAS ETAPAS DEL PROCESO DE POTABILIZACION DE LA PLANTA DE AGUA – PTAP, DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO PURIBLOCK II) .....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXO G</b> <b>(FOTOS DE LA TOMA DE MUESTRAS DEL MONITOREO) .....</b>	<b>98</b>
<b>ANEXO H</b> <b>RESULTADOS FISICOQUÍMICOS DE AGUA POTABLE EN LA PLANTA PURIBLOCK II (JULIO- SEPTIEMBRE- OCTUBRE).....</b>	<b>106</b>
<b>ANEXO I</b> <b>MATRIZ DEL SISTEMA ÚNICO DE INFORMACIÓN DE SERVICIOS PÚBLICOS SUI DE LA UNIDAD DE SERVICIOS PÚBLICOS DEL ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO .....</b>	<b>113</b>

## GLOSARIO

**CALIDAD DEL AGUA:** Características químicas, físicas y biológicas, relacionadas con el uso para un fin determinado. El agua puede ser de excelente, buena calidad para cierto propósito y de mala calidad para otro, dependiendo de sus características y de las exigencias requeridas para su uso específico.

**CAUDAL:** Volumen del fluido que pasa a través de una superficie en la unidad de tiempo.

**CONTAMINACIÓN DEL AGUA:** Dícese de la alteración de las características físicas, químicas y/o bacteriológicas del agua, originadas por descargas contaminantes, produciendo enfermedades y aún la muerte del consumidor (Decreto 1594/84).

**CUENCA HIDROGRÁFICA:** Es la superficie geográfica que drena hacia un punto determinado.

**FITOPLANCTON:** La porción de la comunidad planctónica compuesta por algas y cianobacterias.

**HÁBITAT:** lugar concreto o sitio físico donde vive un organismo (animal o planta), a menudo caracterizado por una forma vegetal o por una peculiaridad física dominante (un hábitat de lagunas o un hábitat de bosque).

**MONITOREO:** Recolección, con un propósito determinado, de mediciones y observaciones sistemáticas y comparables, en una serie espacio-temporal, de cualquier variable o atributo ambiental que proporcione una visión sinóptica o una muestra representativa del medio ambiente.

**MUESTREO:** Radica en recolectar una reducida cantidad de información que aporte suficiente conocimiento del sistema al cual pertenece, para inferir sobre su necesidad de su evaluación total.

**TAXON:** Grupo taxonómico. Unidad taxonómica de categoría proporcionalmente no especificada; podrá incluir especie, género, etc.

**ACUEDUCTO.** Conjunto de obras, equipos y materiales utilizados para la captación, aducción, conducción, tratamiento y distribución del agua potable para consumo humano.

**AGUA CRUDA.** Agua superficial o subterránea en estado natural; es decir, que no ha sido sometida a ningún proceso de tratamiento.

**AGUA POTABLE.** Agua que por reunir los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos es apta y aceptable para el consumo humano y cumple con las normas de calidad de agua.

**CAPTACIÓN.** Conjunto de estructuras necesarias para obtener el agua de una fuente de abastecimiento.

**CAUDAL DE DISEÑO.** Caudal estimado con el cual se diseñan los equipos, dispositivos y estructuras de un sistema determinado.

**DESINFECCIÓN.** Proceso físico o químico que permite la eliminación o destrucción de los organismos patógenos presentes en el agua.

**RAS-2000.** Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico, reglamentado mediante la Resolución 1096 del 2000.

**REBOSADERO.** Estructura hidráulica destinada a evitar que el nivel del agua sobrepase una cota determinada; permite la evacuación del agua de exceso en un embalse, tanque o cualquier estructura que almacene agua hacia un lugar conveniente.

**SEDIMENTACIÓN.** Proceso en el cual los sólidos suspendidos en el agua se decantan por gravedad.

**FUENTE DE AGUA.** Es el lugar de donde se abastece de agua, los cuales pueden ser superficiales o subterráneos. En las fuentes superficiales se tiene en cuenta el embalse.

**EMBALSE.** Es la acumulación de agua causada por la obstrucción de un río que cierra parcial o totalmente su cauce.

## RESUMEN

**TÍTULO.** ESTUDIO DEL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE LA PLANTA DE AGUA POTABLE *PLANTA PURIBLOCK II* DEL MUNICIPIO EL SOCORRO, SANTANDER.

**AUTOR.** Ingrith Carolina Flórez García- Mónica Mayerly Porras Abaunza \*\*

**PALABRAS CLAVE:** Agua potable, potabilización, calidad del agua, algas, análisis físico-químico.

El estudio desarrollado tenía como objetivo principal identificar los errores operativos en el proceso de potabilización de la planta de agua potable *Planta Puriblock II* del Municipio de El Socorro, Santander; mediante la realización de un diagnóstico del funcionamiento de cada una de las etapas del procesos de potabilización para así determinar la eficiencia de cada uno de los elementos que conforman una PTAP para ello fue necesario llevar a cabo una serie de Análisis fisicoquímicos y determinaciones taxonómicas.

Está fundamentado en un diagnostico realizado en las diferentes etapas de los procesos de potabilización, análisis matemáticos, físico-químicos (pH, temperatura, color verdadero, cloro residual, turbiedad, cloruros, alcalinidad total, dureza total, sulfatos, nitritos, nitratos, aluminio residual, conductividad, hierro y fósforo total) y análisis microbiológicos (recuento de aerobios, Coliformes totales y *E. coli*). Así mismo se realizó una determinación taxonómica de algas (géneros); los cuales permitieron establecer una correlación entre la composición del líquido, la calidad del recurso hídrico entregado a los usuarios y el fenómeno de proliferación de las algas en las etapas de mezclado, coagulación, floculación, sedimentación, filtración y cloración. Los muestreos de agua y algas se realizaron en (julio-Septiembre –Octubre).

La planta está distribuida por dos bloques cada uno dotado con dos módulos para un total de cuatro módulos o miniplantas Puriblock; cada uno tiene un caudal de entrada de 7,81 L/s para un total de caudal de 31 L/s. La planta carece de equipos y sistemas necesarios para medir el caudal. En las visitas realizadas al sistema de potabilización se observó que la operación se realiza sin tener en cuenta criterios de tratabilidad en la preparación y dosificación de insumos químicos, como es el caso de Cloro gaseoso y el Policloruro de Aluminio (PAC).

---

\* Monografía de grado

\*\* Facultad de Ciencias. Escuela de Química. Especialización en Química Ambiental.  
Director. Biol. Ricardo Restrepo Manrique Esp. Química Ambiental

## SUMMARY

**TITLE.**WATER PURIFICATION PROCESS STUDY IN THE POTABLE WATER PLANT *PURIBLOCK II* IN SOCORRO, SANTANDER.

**AUTHOR.**IngrithCarolinaFlórezGarcía - Monica MayerlyPorrasAbaunza \*\*

**KEYWORDS:** Potable water, water purification process, water quality, waterweeds, physicochemical analysis.

This study had as a principal objective to identify the operational mistakes of water purification process in the potable water plant “PURIBLOCK II”, in the Colombian municipality of El Socorro, Santander; through a diagnosis about the correct working of each one of the stages in the process of water purification in order to establish the efficiency of each one of the elements that form a plant of water purification. In favor of this, some physicochemical and taxonomic studies were done.

This study is based in a diagnosis made in the different stages in the process of water treatment, a mathematical analysis, physicochemical analyses (pH, temperature, real color, residual chlorine, turbidity, chlorides, total alkalinity, total hardness, sulfates, nitrates, residual aluminum, conductivity, total iron and phosphorus) and microbiological analyses (aerobic organisms recounting, coliform index and E. Coli). Taxonomical establishing of some algae was done too, and this let to establish a relationship among the liquid composition, the hydric source quality given to the consumers and the phenomena of algae proliferation during the mixing, flocculation sedimentation, filtration and chlorine disinfection processes. The water and algae samples were taken in July-September-October.

The water treatment plant is divided in two blocks each one with two modules or “Puriblockminiplants”; each one of them has a inlet volume of flow of 7,81 L/s for a total volume of flow of 31 L/s. The plant does not have the necessary equipment and systems to measure the volume of flow. In the visits to the water purification system, it was observed that the operation is performed without taking into account some treatment criteria while making and dosing chemical products as chloride gas and AluminiumPolychloride.

---

\*Grade essay

\*\*Faculty of Sciences. School of Chemistry. Specialization in Environmental Chemistry.  
Director. Ricardo Restrepo Manrique BiolEspEnvironmentalChemistry

## INTRODUCCIÓN

El sistema de acueducto del municipio del Socorro se abastece de los embalses de La Honda y Aguilitas. Esta última forma parte de la microcuenca Sancotea, pero debido a la poca retención de agua que caracteriza sus afluentes; principalmente en épocas de estiaje, la demanda del recurso hídrico sobrepasa la oferta.

El 40% de la población total del área urbana del municipio del Socorro, y el 60 % de la población rural que son aproximadamente ochenta familias se abastecen de los principales afluentes y nacimientos de la parte alta y media de la microcuenca Sancotea, dicho aprovechamiento del recurso hídrico en la parte baja no es posible, debido a que el municipio vierte aguas residuales directamente sobre su cauce. Por tal motivo fabricaron un embalse Aguilitas, del cual se abastece de agua al municipio.

Para poder distribuir el agua tratada a todo el municipio del Socorro, se fabricaron dos acueductos, la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) Puriblock II, diseñada en el año de 1990 que está ubicada en la vereda el Líbano y la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) Convencional.

Analizando el proceso de potabilización de las dos plantas de tratamiento del Socorro, se llegó a la conclusión que la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) Puriblock II, presenta problemas de formación de algas por lo que se decidió hacer un estudio de esta planta.

En el estudio de La planta de tratamiento de agua potable (PTAP) Puriblock II, se realizan dos monitoreos, uno en época de sequía y otro en época de invierno, en los cuales se tomaron muestras de agua y de algas en cada etapa del proceso de potabilización de agua y en la red de distribución (casa aledañas).

Las muestras de agua se llevaron a analizar, empezando por la cantidad de nitrógeno y fosforo que contenía el agua, ya que ellos son los principales nutrientes para las algas, es decir para su crecimiento y posterior reproducción.

Teniendo en cuenta los datos arrojados por el análisis fisicoquímico del agua y la determinación de los géneros de algas encontradas, se empieza a analizar los datos obtenidos y a mirar la eficiencia de la planta en cada uno de sus procesos empezando con la captación y terminando con la desinfección que en este caso es la cloración.

## **1. GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO**

### **1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

El hombre, como otros animales, se ha provisto de agua de los ríos, lagos y fuentes desde las albores de la vida, y cuando la raza se ha extendido y desarrollado, ha recurrido a cavar pozos, generalmente en los lechos de las corrientes de agua. Después, cuando se practicó el riego y surgió la necesidad de mayores cantidades de agua, reclamaron toda su atención los problemas de obtener pozos más profundos, impulsar el agua y conducirla. Así, desde los tiempos más primitivos, el hombre ha estudiado la ciencia del agua. Se conoce que antes de era cristiana, construían acueductos soportados por arcos de varios Kilómetros de longitud para llevar el agua desde las montañas a sus ciudades. En la actualidad se construyen embalses o represas con el fin de abastecer las plantas de tratamiento de agua potable, suministrar el agua necesaria para el consumo humano y los sistemas de riego e inclusive para la generación de energía eléctrica.

Las cuencas hidrográficas de los ríos que abastecen las represas son la vida misma de ellas. El correcto manejo de una cuenca hidrográfica requiere de un estudio completo de los aspectos ecológicos, climatológicos, geológicos, de los suelos y del uso actual de la tierra. Con base a esa información se elabora un plan de manejo de la cuenca hidrográfica. Actualmente, uno de los problemas más serios que tiene el país en el aspecto hidrológico, es la aguda alteración y disminución de los caudales de los ríos, producidas por la destrucción de las selvas y de los bosques nativos que durante miles de años han cubierto con una capa vegetal protectora, las planicies y las montañas del país, lo que ha ocasionado un desequilibrio ecológico de graves repercusiones para la vida y la economía de las regiones afectadas.

Las consecuencias de la destrucción de las selvas y de los bosques nativos, han sido las inundaciones, la destrucción de las vías de comunicación, el agotamiento de la fertilidad de los suelos, la profunda alteración del régimen hidrológico de los ríos, la desaparición de las valiosas especies de animales y plantas, la escasez de agua y por consiguiente, un déficit en el llenado de los embalses y represas destinadas para los distintos usos de las aguas embalsadas.

Las plantas de tratamiento de agua diseñadas y operadas para obtener este elemento vital con destino de consumo humano o uso doméstico, debe contar con un sistema de operación y mantenimiento que garantice el suministro de agua en la cantidad necesaria, con las condiciones que satisfagan las normas de calidad establecidas para dicho uso. Cada PTAP- Planta de tratamiento de agua potable, posee ciertas características de operación y por consiguiente de mantenimiento, las cuales dependen del diseño, de la capacidad y de las propiedades del agua



cruda. En este sentido, se debe tomar en consideración la eficiencia, facilidad de la operación, capacitación y aptitud de los operarios y muy importante los sistemas de control de las operaciones.

El agua como recurso finito esencial para las actividades humanas, sin un manejo de la cantidad y calidad de este recurso esta actividad no es posible, una caracterización completa del agua implica una investigación detallada de las condiciones físicas, su carácter químico y sus condiciones microbiológicas. El aspecto de un agua no sirve de guía para juzgar de su pureza. Un agua colorada (o agua turbia) puede dar un aspecto repelente a un agua buena. El olor y el color son indicios de contaminación.

El agua para consumo humano o uso doméstico debe cumplir con una serie de requisitos físicos, químicos y bacteriológicos, de manera que no cause perjuicios a la salud de las personas que la consumen. Por lo tanto en objetivo fundamental para su tratamiento es obtener agua que reúna esas características, labor que deben cumplir los operadores de las plantas, pues de su trabajo depende el suministro de agua de buena calidad cumpliendo según los estándares establecidos en las normas locales y Nacionales que determinan los niveles máximos y mínimos permisibles para el contenido de minerales y una gran variedad de iones como cloruros, nitratos, nitritos, calcio, magnesio, fosfato y arsénico entre otros.

Colombia es uno de los países que tiene altos niveles de inversión y recuperación de costos, sin embargo algunas plantas de tratamiento no están presentando un funcionamiento óptimo, a pesar de que muchas regiones del país se tiene acceso al recurso hídrico, esto no significa de manera alguna que el agua suministrada sea apta para el consumo humano.

Durante años el municipio del Socorro ha experimentado escasez en el abastecimiento de agua potable, debido a que la oferta del recurso hídrico en época de estiaje, no alcanza a suplir las necesidades de la población tanto del sector urbano como rural. Esto se debe principalmente al mal uso y aprovechamiento de los componentes y recursos ambientales, lo que se ve reflejado en la deforestación intensiva y el uso inadecuado del suelo; generando un bajo nivel de vida en los habitantes y frenando el desarrollo de la industria en el municipio.(Torres, 2007)

Con agua de buena calidad se mejora el nivel de vida, se evitan riesgos en la salud y se reactiva el comercio, la microempresa y la industria, además con este estudio se puede tener una visión más clara del funcionamiento que deber tener una PTAP, que garantice un buen saneamiento de la población.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

El municipio del Socorro cuenta con un total de 5.250 usuarios para abastecimiento de agua potable de los cuales 2.296 pertenecen a la malla alta del acueducto que se surte del agua proveniente de la microcuenca Sancotea, sobre el cauce de ésta se construye el embalse denominado Aguilitas aproximadamente a una distancia de 2.21 Km. desde el afloramiento de origen de la quebrada Las Águilas hasta el inicio de la zona de inundación del embalse, éste tiene una capacidad en volumen de 150.000 m<sup>3</sup>, embalse que surte a la planta *Puriblock II* del Municipio que distribuye a una parte del Municipio que representan solo 4.000 usuarios del total. (Plan de Desarrollo Municipal, 2011)

En épocas de lluvias la PTAP se abastece con aguas superficiales de las quebradas Chochos y Pozo Azul, que confluyen en la Quebrada Majavita. En época de verano se abastece con el agua almacenada durante el invierno en el embalse Aguilitas, pues en el verano todas las fuentes se secan. Cuando se trabaja con el embalse Aguilitas, la operación de la planta sufre traumatismos, por la proliferación de mantos flotantes que se forman y que causan daños en la filtración por obstrucción, provocando más lavado de filtros y mayor pérdida de agua, lo que genera más costo y menos líquido tratado para distribuir.

La planta de tratamiento de agua potable (PTAP) Puriblock II, diseñada en el año de 1990 está ubicada en la vereda el Libano, Municipio el Socorro del Departamento de Santander. La planta cuenta con un sistema de dosificación para Policloruro de Aluminio PAC además de los procesos de mezcla rápida, floculación, sedimentación, filtración y cloración. En la actualidad el sistema de potabilización presenta dos grandes problemas: el primero la formación de grandes capas de flóculos, y el segundo la presencia de algas en todas las etapas del proceso de tratamiento. Para establecer la causa de las situaciones descritas anteriormente, este plan de monografía tiene como propósito estudiar el funcionamiento de la planta y hacer un estudio fitoplanctónico.

En la planta no se encuentran estudios o registros de mejoras en cuanto a la formación de grandes capas de flóculos y/o a la presencia de algas en las etapas del proceso de tratamiento. Los soportes que evidencian el estado de la planta son registros fotográficos desde el embalse donde se toma el agua hasta el tanque de cloración.

### **1.3 OBJETIVOS.**

#### **1.3.1. Objetivo General:**

Estudiar las etapas del proceso de potabilización de la planta de agua potable *Planta Puriblock II* del Municipio de El Socorro, Santander.

#### **1.3.2. Específicos:**

- Realizar un Diagnóstico del funcionamiento de los procesos de potabilización en la planta de agua potable *Planta Puriblock II* en el Municipio de El Socorro, Santander.
- Medir la eficiencia de los procesos en las diferentes etapas de la potabilización, mediante Análisis físicoquímicos.
- Establecer correlaciones entre la composición del líquido y el fenómeno de proliferación de algas antes –durante y después del tratamiento.
- Comparar los resultados de los análisis físicoquímicos con la norma Colombiana (Decreto 1594/ 84) para agua cruda y para agua potable (Decreto 1575 de 2007) e internacional (OMS)
- Identificar los géneros de algas presentes en las diferentes etapas del proceso de planta *Puriblock II* del Socorro, Santander.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 Presentación de casos.

#### 2.1.1 Sevilla (España)

Estudios de plantas de agua potable para consumo humano en las que el abastecimiento de agua es superficial, retenida en embalses, solo se ha tenido en cuenta la necesidad de disponer de agua en cantidad provocándose la eutrofización de las masas de agua. La eutrofia de la masa de agua se debe a la existencia de altas concentraciones de nutrientes (nitrógeno y fosforo) que ayudan al desarrollo de algas. Estas algas al sedimentarse son descompuestas por las cianobacterias que consumen grandes cantidades de oxígeno en las capas profundas.

Las consecuencias que la eutrofización puede tener en los abastecimientos de agua son variadas:

- Aumenta notablemente la demanda de reactivos para la depuración.
- Muchas algas pueden producir atascos en los filtros.
- Cuando la densidad de algas es muy alta, pueden no ser efectivos los sistemas convencionales de decantación y se deben cambiar por sistemas de flotación.
- Si las algas son cianofíceas se producen malos olores y sabores de difícil eliminación. Incluso algunas especies pueden ser tóxicas.

Para luchar contra la eutrofización se pueden usar varios métodos:

- Limitación de vertidos con fósforo.
- Eliminación por precipitación química de los fosfatos que han entrado a la planta.
- Retirar mecánicamente la materia orgánica, antes de su descomposición.
- Introducir peces herbívoros en el embalse.
- Oxigenación. Concentración de oxígeno en todo el perfil vertical.
- Aumentar la tasa de renovación de agua.

(TOJA, Julia. Control de la eutrofia en embalses por utilización selectiva de agua a distintas profundidades. Revista de obras públicas, abril-mayo de 1982, paginas 231-233)

### 2.1.2 Aracena Y La Minilla. (España)

Aracena y La Minilla son embalses españoles que pertenecen al grupo de embalses silíceos poco mineralizados. En ellos se ha intentado estudiar una serie de cuestiones que surgieron en el estudio general. Básicamente se observa que los factores que más influían en el grado de eutrofia de las aguas eran:

- Disponibilidad de nutrientes. En este sentido tiene también incidencia el tipo de agua, porque una mayor mineralización de las aguas contribuye a retirar fósforo del medio.
- Tasa de renovación de agua. Algunos resultados apuntaban hacia una relación inversa de entre la tasa de renovación del agua y el grado de eutrofia .

En Aracena y La Minilla se determinó que:

- Debía disminuirse los nutrientes mineralizando las aguas.
- Relación inversa entre la tasa de renovación de agua y el grado de eutrofia.
- Retirar la vegetación cercana al embalse.

(TOJA, Julia. Control de la eutrofia en embalses por utilización selectiva de agua a distintas profundidades. Revista de obras públicas, abril-mayo de 1982, páginas 231-233)

### 2.1.3 Estudios De Cianotoxinas.

Las cianobacterias se pueden encontrar en forma unicelular, como en los géneros *Synechococcus* y *Aphanothece*, en agrupaciones, como *Mycrocystis*, *Gomphosperia*, *Merismopedim*, o incluso en forma de filamentos, como *Oscillatoria*, *Planktothrix*, *Anabaena*, *Cylindrospermopsis*, y *Nostoc*.

Las cianobacterias pueden producir sabor y olor desagradables en el agua, y desequilibrar los ecosistemas acuáticos. Lo más grave es que algunas de ellas son capaces de liberar toxinas, que no pueden ser eliminadas mediante los sistemas convencionales de tratamiento del agua tradicionales y ni por ebullición. Estas toxinas son neurotóxicas o hepatóxicas. Originalmente son una defensa contra los organismos consumidores de algas, pero con la proliferación de las cianobacterias en las fuentes de captación para el agua potable de las ciudades, éstas constituyen un riesgo sanitario y una gran preocupación para las empresas suministradoras del agua de consumo público.

Varios casos de intoxicación humana por toxinas de cianobacterias, han llamado la atención a nivel mundial. En China, una gran mortalidad humana se produjo por causa de carcinomas hepáticos ocasionados por la ingestión de agua

contaminada con *Microcystis*. Síntomas de intoxicación también fueron observados en la población abastecida por el agua del Río Guadiana en Portugal; después de ingerir esta agua que contenía una gran cantidad de *Aphanizomenon flos-aquae*, las personas presentaron problemas gástricos y dermatitis (OLIVEIRA et al., 2004).

En Brasil, dos casos de intoxicación humana por cianotoxinas han sido publicados. En el primero, la toxina hepática produjo una epidemia gastrointestinal, con 2392 personas afectadas, de las que murieron 88, después de consumir agua con la toxina de *Anabaena Microcystis*(TEIXEIRA et al., 1993). Un segundo caso – el primero que confirmó la muerte por intoxicación humana por *Microcystis*– ocurrió en la ciudad de Caruaru en 1996, cuando pacientes renales sufrieron una intoxicación venosa mientras realizaban el tratamiento de hemodiálisis (OLIVEIRA et al., 2004).

De acuerdo con varios estudios realizados en manantiales de agua potable, se conoce que los motivos para el aumento de cianobacterias son:

- El aumento de los componentes nitrogenados y fosfatados en la agua. Las cianobacterias poseen tres elementos que limitan su crecimiento: el nitrógeno, el oxígeno y el fósforo.
- El aumento de la materia orgánica favorece el aumento de microorganismos desintegradores libres en el agua y en los sedimentos, que acaban consumiendo el oxígeno disuelto, favoreciendo así la actividad fotosintética de las cianobacterias. Además de eso, en los medios anaeróbicos la disponibilidad de las formas inorgánicas de nitrógeno y fósforo aumentan, facilitando el crecimiento masivo.

(LUCENA, Eveline. Aspectos sanitarios de las cianotoxinas. Higiene y sanidad ambiental, 8. Páginas 291-302,2008)

### 3. MARCO REFERENCIAL

#### 3.1 MARCO TEÓRICO

##### **3.1.1 Abastecimientos Superficiales. (Tomado de Manual de tratamiento de aguas. Limusa Noriega Editores. Méjico. 1998)**

Son fuentes como manantiales, lagos, corrientes, ríos o embalses.

3.1.1.1 Manantiales. Proporcionan aguas insípidas claras en épocas de verano. Estas aguas están expuestas a contaminación de origen humano.

3.1.1.2 Corrientes. Reciben el agua de cuencas habitadas y contaminantes producidas por el escurrimiento de tierras, aguas negras y desperdicios industriales.

3.1.1.3 Ríos. Estas aguas requieren de gran tratamiento debido a la turbiedad, mineral, épocas del año, temperatura, etc. Sus ventajas son no requiere construcciones como muros o canales.

3.1.1.4 Lagos. Proporcionan agua de buena calidad excepto cuando están cerca a descargas de drenajes o de corrientes fuertes. Sus aguas son uniformes de un día a otro y no varían tanto en temperatura.

3.1.1.5 Embalses. Es la acumulación de agua causada por la obstrucción de un río que cierra parcial o totalmente su cauce. Tiene grandes variaciones de un día a otro y de una época del año a otra. Las ventajas que tienen es que eliminan el lodo y disminuyen las bacterias. Pero también presentan desventajas como producción de olores y sabores debido a las algas.

Todo embalse consta de las siguientes estructuras básicas: la presa, el aliviadero y las obras de toma. La presa, dique o represa, es la estructura de retención de las aguas y resiste un empuje. Debe ser por lo tanto, impermeable y estable, conjuntamente con su fundación y sus estribos.

El aliviadero o estructura de alivio o descarga de los excedentes que llegan al embalse, los cuales no se desean almacenar. Sus características más importante

es la de evacuar con facilidad las máximas crecientes que llegan al vaso de almacenamiento. Su insuficiencia provoca el desborde del agua por encima de la cresta de la presa y el posible colapso de esta estructura si se trata de una presa de tierra o enrocado.

Las obras de toma son un conjunto de estructuras formado por una estructura de entrada o toma, un túnel o conducto a través de un estribo o de la presa y una estructura de salida. Este conjunto permite tomar las aguas del embalse y pasarlas al canal principal. Debe tener suficiente capacidad para descargar las aguas abastecer a la zona de riego con el gasto necesario, de acuerdo a los requerimientos de los suelos para niveles mínimos del embalse.

En algunos embalses se construyen diques o presas adicionales para el cierre de alguna depresión en la divisoria de aguas del vaso de almacenamiento. Algunos de estos diques se diseñan como diques fusibles, es decir, que pueden destruirse con el paso de las aguas sobre los mismos, aumentando así la seguridad de la presa principal.

En Colombia existen cerca de 24 embalses con volúmenes superiores a los mil millones de metros cúbicos; la mayoría de ellos tiene la finalidad de generar energía hidroeléctrica. Sus áreas varían entre 0,2 y 74 km<sup>2</sup>, su ubicación entre los 70 y 3000 m sobre el nivel del mar y una capacidad de generación entre los 10 y 1000 MW. La mayoría están localizados sobre las cuencas de los ríos Magdalena y Cauca y la altiplanicie de Cundinamarca-Boyacá. La vida útil de estos ecosistemas depende de muchos factores, entre los cuales pueden mencionarse: el área del embalse, el volumen, la profundidad, el tiempo de retención del agua, la limpieza previa del terreno a inundar, la cobertura vegetal de la cuenca y la calidad del agua que los surten, entre otros (Ramírez, 1989; Roldán, 1992 ). La limnología de los embalses en Colombia ha sido poco estudiada y las fuentes de eutrofización tales como vegetación inundada, aguas residuales domésticas e industriales, arrastre de sedimentos de zonas erosionadas y de nutrientes provenientes de zonas agrícolas aledañas, causan a menudo problemas de eutrofización que repercuten en graves daños a nivel de casa de máquinas y túneles de conducción . Dentro de los trabajos más representativos realizados hasta ahora en Colombia pueden mencionarse los de Uribe y Roldán, 1975; Björk y Gelin, 1980; Orozco, 1981; Bernier, 1981; Medina, 1983; Gaviria y Rodríguez, 1983; Roldán et al, 1984; Villamizar, 1984; ISA, 1985; Roldán, 1992; Vega et al, 1992; Ramírez et al, 2000; Roldán et al, 2000. Los problemas de eutrofización causan a menudo proliferación de algas y plantas acuáticas, inhabilitando el embalse para la recreación y la pesca (Roldán, 1978, 1982). Finalmente, un embalse eutrofizado, al desoxigenarse produce aguas saturadas de ácido sulfhídrico, metano y hierro soluble, las cuales se vuelven tóxicas y al ser vertidas aguas abajo destruyen todo tipo de vida en los cauces de ríos y quebradas receptoras.

Estudios relacionados con las fases tempranas de evolución trófica de los



embalses han sido realizados por Uribe y Roldán (1975); Sánchez (1976); Torres (1979); Gaviria (1983); Márquez (1984); Horta (1985); y Flórez y Vargas (1988). Todos estos estudios coinciden en afirmar acerca del peligro de eutrofización temprana de embalses en cuyo caso la vegetación no ha sido removida, si se continúan prácticas agrícolas en su área de influencia inmediata y si se siguen vertiendo en ellos aguas de descarga industrial y doméstica. Los estudios fisicoquímicos realizados muestran valores de pH que varían entre 6.1 y 7.4, alcalinidad, dureza de 5.0 a 50 mg/l, conductividad eléctrica entre los 14 y 90  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , nitratos entre 0.02 y 0.30 mg/l, fosfatos entre 0.01 y 0.30 mg/l y sulfatos entre 2.0 y 102 mg/l (Roldán, 1992). Estudios de perfiles de oxígeno en ocho embalses colombianos de 50 m de profundidad en promedio, muestran desde curvas ortograsas hasta fuertemente clinograsas en las cuales el oxígeno comienza a agotarse a los 10 m de profundidad (Roldán, 1992). Sólo se ha realizado un estudio de perifiton en el cual se encontraron hasta cerca de 200g/m<sup>2</sup> (Moreno, 1986). En cuanto al plancton se han reportado cerca de 62 géneros de fitoplancton y 18 de zooplancton (Ramírez, 1999).

Las plantas acuáticas se han convertido en un grave problema en varios de los embalses colombianos, restando capacidad de penetración de la luz, formando extensas áreas de desoxigenación y dificultando la navegación. Se han reportado cerca de 20 familias de plantas acuáticas y 30 géneros, de los cuales *Eichhorniacrassipes* es la más invasor (Roldán, 1992). Por otro lado, los embalses han sido objeto de estudio como medios para piscicultura, aspecto que aún falta por valorar, dados los peligros de eutrofización que pueden presentarse (Beltrán, 1978; Flórez, 1989). Actualmente en el embalse de El Guavio se están llevando a cabo estudios de crecimiento y desarrollo de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en balsas flotantes con resultados hasta ahora satisfactorios (Villamizar y Barros, com. per). Las especies de peces más frecuentes en los embalses colombianos están la "carpa" (*Ciprinus carpio*), la "trucha bass" (*Micropterus*) y "tilapia" (*Oreochromis niloticus*).

### **3.1.2 calidad del agua**

El concepto de calidad de agua guarda estrecha relación con el uso que se le pretende dar y cada actividad tiene sus exigencias específicas en cuanto a su calidad y, a su vez, origina cambios en el agua utilizada. Los problemas surgen cuando un usuario afecta la calidad del agua en forma tal, que su valor queda disminuido para otro uso (Kirchmer 1977, citado por Beitia, 1989)

En el mismo orden se puede establecer que la calidad del agua se refiere a las características del agua que puede afectar su adaptabilidad a un uso específico, o sea a la relación que existe entre la calidad de agua y las necesidades del usuario. La calidad del agua es una condición primaria en toda cuestión de suministro para consumo doméstico. Es apenas justo que la población pueda consumir agua sin riesgo de padecer las enfermedades que derivan de su mala calidad.

En Colombia, la situación de la calidad del agua para consumo humano es deficiente y se relaciona principalmente con la presencia de gérmenes patógenos, sin descartar los contaminantes de origen fisicoquímico. Un estudio realizado por el Ministerio de Salud en coordinación con la Organización Panamericana de la Salud, OPS, en 1993, determinó que en el grupo de enfermedades de salud pública más importantes, (enfermedad diarreica aguda, infección respiratoria aguda, enfermedades por vectores, etc.), 44% estaban relacionadas con el saneamiento básico y de ellas, aproximadamente 40% tenían relación directa con el agua potable.

Existen aproximadamente 870 municipios con menos de 12.500 habitantes que, según la Superintendencia que ejerce la inspección, control y vigilancia, presentan grandes problemas en el suministro de agua.

De una muestra revisada y analizada por la Superintendencia de Servicios Públicos y el Ministerio de Salud en el año 2001, con información enviada por los prestadores de servicios de agua y por las Secretarías Departamentales de Salud, se encontró que de 32 departamentos solo se obtuvo información de 18, que representan 56% del total. (Calidad del agua en Colombia. Geovani Arrieta)

### **3.1.3 normas de calidad del agua**

El agua para consumo humano o uso doméstico debe cumplir con una serie de requisitos físicos, químicos y bacteriológicos, de manera que no cause perjuicios a la salud de las personas que la consumen. Por lo tanto, el objetivo principal de su tratamiento es obtener agua que reúna esas características, labor que deben cumplir los operadores de las plantas, pues su trabajo depende el suministro de agua de buena calidad.

Una norma de calidad del agua se puede entender como un valor que debe poseer cada una de las propiedades o características del agua según el uso que se le vaya a dar. Por eso existen normas de calidad del agua para uso industrial, para consumo humano, entre otras. Entre esas normas esta la Resolución 2115 de 2007, por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano, el decreto 1594 de 1984 para el uso del aguay residuos líquidos así mismo existe el Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento básico RAS 2000 Seccion II título C.

### **3.1.4 Planta de tratamiento de agua potable- PTAP. (Tomado de Manual de tratamiento de aguas. Limusa Noriega Editores. Méjico. 1998)**

**3.1.4.1 Proceso de tratamiento.** Las etapas para la potabilización del agua para consumo humano se pude resumir en:

Las impurezas suspendidas y disueltas en el agua natural impiden que ésta sea adecuada para numerosos fines. Los métodos que se emplean para tratar el agua dependen del fin a que se destina el abastecimiento. Para aguas de consumo

humano se deben eliminar las impurezas suspendidas o disueltas. Los materiales indeseables, orgánicos e inorgánicos, se extraen por diversos métodos.

- **Aeración** Es el proceso de tratamiento del agua mediante el cual se incrementa el área de contacto del agua con el aire para facilitar el intercambio de gases y sustancias volátiles. Se realiza para: introducir oxígeno del aire, dejar que escapen gases disueltos y eliminar sustancias volátiles que causan olor y sabor.

Existen diversos métodos de aeración.

-Método con aspersores. Es uno de los más efectivos, usa aspersores en los que el agua se pulveriza en la atmósfera hasta formar una neblina o gotas muy pequeñas.

- Se descarga el agua por una tubería elevada que la conduce a unas arquetas de las que cae agua, por unos orificios del fondo derramándose por los bordes. También se puede dejar que el agua salpique y escurra por arquetas o lechos que contengan coque o piedra triturada. Se fuerza el paso de aire comprimido dentro del agua que se va a tratar.

- **Mezclado** Es la distribución uniforme y rápida de un coagulante en el agua que se trata por un corto tiempo, para que se adhieran fácilmente las partículas antes de que se verifiquen reacciones químicas en proporción notable. Esta operación se puede hacer mecánica o hidráulicamente en tanques.

- **Coagulación** Es la desestabilización de un coloide producida por la eliminación de las dobles capas eléctricas que rodean a todas las partículas coloidales con la formación de núcleos microscópicos, causado por la adición de un reactivo químico llamado coagulante, el cual, neutralizando sus cargas electrostáticas hace que las partículas tiendan a unirse entre sí formando un precipitado.

Para determinar la cantidad de coagulante que se le debe agregar al agua se debe realizar la prueba de jarras.

- **Floculación** Sucede cuando se agita el agua con el coagulante hasta que se forme una aglomeración de partículas desestabilizadas primero en microfloculos, y más tarde en aglomerados voluminosos llamados floculos, que se depositan en el

fondo de los recipientes construidos. Al adicionar el floculante se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua.

La agitación en la floculación puede realizarse mecánica o hidráulicamente. El método hidráulico más común es el de tanques con tabiques desviadores y en el mecánico es el de paletas o agitadores accionadas por un motor.

La solución floculante más adaptada a la naturaleza de las materias en suspensión con el fin de conseguir aguas decantadas limpias y la formación de lodos espesos se determina por pruebas, ya sea en laboratorio o en el campo.

- **Sedimentación** Ocurre en tanques especiales en los que se deposita el floculo con condiciones de reposo en el agua, removiendo por gravedad las partículas en suspensión más densas que quedan en el fondo del tanque. El proceso de sedimentación está gobernado por la ley de Stokes, que indica que las partículas sedimentan más fácilmente cuanto mayor es su diámetro, su peso específico comparado con el del líquido, y cuanto menor es la viscosidad del mismo.

Los factores de operación más importantes en un tanque de sedimentación son: el agua al entrar en el tanque provoque la mínima turbulencia, impedir corrientes en corto circuito o directas entre la entrada y la salida, el efluente salga sin provocar disturbios que puedan arrastrar material sedimentado.

- **Filtración** Es la etapa en la que se remueven las impurezas del agua, la cual se puede realizar por filtros rápidos de arena o filtros de diatomeas.

Consiste en pasar el agua a través de un medio poroso, en el que actúan mecanismos de remoción cuya eficiencia depende de las características de la suspensión y del medio poroso.

Los medios porosos utilizados son arena, antracita, granate, magnetita, carbón activado, cascara de arroz, cascara de coco, entre otras.

Los filtros se deben lavar cuando la columna de agua que representa las pérdidas de presión sea igual a la distancia que existe entre la superficie del agua dentro del filtro y el fondo de la capa del medio filtrante.

- **Cloración** Es la adición del cloro al agua tratada durante un determinado tiempo, para producir una desinfección en la que se eliminan microorganismos y bacterias que provocan enfermedades. El cloro se puede aplicar en forma gaseosa o como solución. La forma de aplicación del cloro, la cantidad o dosificación se pueden regular con cloradores o hipocloradores.

Es importante que se tomen las medidas pertinentes para que el cloro se aplique en forma continua al agua que se trata. Algunos compuestos de cloro que se agregan al agua son: hipoclorito de sodio, el hipoclorito de calcio y Cloro Gaseoso.

En la cloración influyen:

- Sólidos suspendidos, que protegen la acción destructora del cloro.
- Materia orgánica, reacciona con el cloro quitándole sus propiedades desinfectantes.
- Amoníaco, reacciona con el cloro libre formando compuestos de cloro con cualidades poco desinfectantes.
- Reacción del agua, las aguas de baja alcalinidad y pH son fácilmente desinfectadas en comparación con las de pH mayores a 7,6.
- Nitritos, reaccionan con el cloro libre y lo eliminan y pueden producir color falso.
- Manganeso, disminuye la acción del cloro y puede producir olor falso.
- Hierro, disminuye la acción del cloro

### 3.1.5 Parámetros de calidad del agua

- **pH.** Es un término de uso general para expresar la magnitud de acidez o alcalinidad. Es una forma de expresar la concentración o actividad de iones hidrógeno en solución. Este indicador es representado a partir de la escala de pH, la cual se expresa en términos de logaritmos negativos de la concentración de hidrógeno. La representación de la escala de pH usualmente oscila entre 0 a 14, donde el valor correspondiente a 7, a 25°C, representa la neutralidad absoluta. (Rojas, R. 1995). Según la norma el pH debe estar entre 6,5 y 9.

- **Temperatura.** Es una variable física que influye notablemente en el agua. Afecta los parámetros o características tales como solubilidad de gases y sales, la cinética de la reacción química y bioquímica, desplazamiento de los equilibrios químicos, tensión superficial, desarrollo de organismos presentes en el agua. La influencia más marcada de la temperatura es disminución de la solubilidad del oxígeno al aumentar la temperatura y la aceleración de los procesos de putrefacción. (MARÍN, 2009)

- **Color Verdadero.** El color en el agua, puede estar asociado a sustancias en solución (color verdadero) o a sustancias en suspensión (color aparente). El primero se obtiene a partir de mediciones realizadas sobre las muestras filtradas por membranas, mientras que el segundo proviene de las mediciones directas sobre muestras sin filtrar. Son causantes de color en cuerpos de aguas naturales, el material vegetal en descomposición, y algunos minerales disueltos de hierro y manganeso. En vertimientos industriales o en cuerpos de agua afectados o

contaminados por estos, el color se asocia necesariamente al tipo de actividad que desarrolle la industria. (MARÍN, 2009). Según la norma el color debe ser menor a 15 UPC.

- **Cloro Residual.** En los procesos de tratamiento de agua se le añade como desinfectante cloro en forma gaseosa, que elimina el resto de microorganismos que pudieran quedar en el agua procesada. La característica principal del cloro para su uso como desinfectante es su presencia continua en el agua como cloro residual. Este sirve para oxidar materia orgánica que pudiera aparecer en las tuberías de distribución o en los tanques de almacenamiento y previene la aparición y desarrollo de microorganismos, por otra parte, una concentración excesiva de cloro en el agua provoca su rechazo inmediato por parte del consumidor. No es perjudicial para la salud, pero da un sabor muy fuerte y desagradable al agua si su concentración supera los 0,5 ppm.(MARÍN, 2009). Según la norma el cloro residual debe estar entre 0,3 y 2 mg Cl/L

- **Turbiedad.** El grado de turbidez es una medida de la concentración de materias en suspensión como arcilla, materias orgánicas finamente divididas, etc., que interfieren el paso de la luz a través del agua. Las partículas varían en tamaño desde coloidales hasta granulares. Para medir la turbidez de las aguas se ha adoptado una unidad estándar arbitraria, la cual relaciona la turbidez causada por 1mg/l de SiO<sub>2</sub> con una unidad de turbidez. La medición de la turbidez puede hacerse por métodos visuales o instrumentales. El método instrumental hace uso de la nefelometría para medir la intensidad de la luz dispersada por las partículas que causan la turbidez. Los resultados se expresan en términos de "unidades de turbidez nefelométricas " (N.T.U. por sus siglas en ingles).(MARÍN, 2009). Según la norma la turbiedad debe ser menor a 2 UNT.

- **Cloruros.** El ion cloruro se encuentra con frecuencia en aguas naturales y residuales, principalmente formando parte del cloruro de sodio. Este ion ingresa a las agua en forma natural mediante el lavado que hacen las aguas lluvias sobre el suelo. En agua potable el sabor salino producido por el ion cloruro es variable y depende de la composición química del agua. Aguas con un contenido de 250 mg Cl /L pueden tener sabor detectable si el catión es sodio, pero si los cationes predominantes son calcio y magnesio sólo se detecta tal sabor en concentraciones de cloruro mayores de 1000 mg Cl/L.

La concentración de cloruro es mayor en aguas de desecho que en aguas naturales, debido a que el cloruro de sodio (NaCl) es un compuesto común en la dieta y pasa inalterado a través del sistema digestivo; además, los procesos industriales pueden incrementar su concentración. Los iones cloruros producen corrosión en tuberías y estructuras metálicas. Además, para el uso agrícola, los contenidos en cloruros pueden limitar ciertos cultivos. (Vinasco, 2007). Según la norma los cloruros deben ser menores a 250 mgCl/L

- **Alcalinidad Total.** Definimos la alcalinidad total como la capacidad del agua para neutralizar ácidos y representa la suma de las bases que pueden ser tituladas. Dado que la alcalinidad de aguas superficiales está determinada generalmente por el contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, ésta se toma como un indicador de dichas especies iónicas.

No sólo representa el principal sistema amortiguador (tampón, buffer) del agua dulce, sino que también desempeña un rol principal en la productividad de cuerpos de agua naturales, sirviendo como una fuente de reserva de  $\text{CO}_2$  para la fotosíntesis.(MARÍN, 2009). Según la norma la alcalinidad total debe ser menor a 200mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ .

- **Dureza Total.** La dureza es una característica química del agua que está determinada por el contenido de carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y ocasionalmente nitratos de calcio y magnesio. La dureza es indeseable en algunos procesos, tales como el lavado doméstico e industrial, provocando que se consuma más jabón, al producirse sales insolubles.

En calderas y sistemas enfriados por agua, se producen incrustaciones en las tuberías y una pérdida en la eficiencia de la transferencia de calor. Además le da un sabor indeseable al agua potable. Grandes cantidades de dureza son indeseables por razones antes expuestas y debe ser removida antes de que el agua tenga uso apropiado para las industrias de bebidas, lavanderías, acabados metálicos, teñido y textiles.(MARÍN, 2009). Según la norma la dureza total debe ser menor a 300 mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ .

- **Sulfatos.** Es uno de los iones más comunes en las aguas naturales, se puede conseguir en varias concentraciones, Según Rojas J. (2002) establece “Como los sulfatos de Sodio y de magnesio tienen un efecto purgante en los niños, se recomienda un límite superior en aguas potables de 250 mg/L”. De igual forma la presencia de los sulfatos puede traer problemas en las Calderas ya que tienen a formar incrustaciones.

Los sulfatos se encuentran en las aguas naturales en un amplio intervalo de concentraciones. Las aguas de minas y las descargas industriales contienen grandes cantidades de sulfatos provenientes de la oxidación de la pirita y del uso del ácido sulfúrico. El contenido de sulfatos es importante, porque las aguas con altas concentraciones tienden a formar incrustaciones en las calderas y los intercambiadores de calor. En aguas residuales la cantidad de sulfatos es un factor muy importante para la determinación de los problemas que pueden surgir por olor y corrosión de las alcantarillas.(Rojas, R. 1995). Según la norma los sulfatos deben ser menores de 250 mg  $\text{SO}_4/\text{l}$ .

- **Nitritos.** Los nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) son componentes no deseados en la composición

de las aguas potables de consumo público. Su presencia puede deberse a una oxidación incompleta del  $\text{NH}_3$  o a la reducción  $\text{NO}_3^-$  existentes en el agua. La reducción de  $\text{NO}_3^-$  a  $\text{NO}_2^-$  puede llevarse a efecto por la acción bacteriana.

Los nitritos ocurren naturalmente en el agua y en un número de alimentos, particularmente las verduras. También se utilizan como preservativos en las carnes tales como el tocino. Los nitritos se pueden también introducir en el agua por actividades humanas, por ejemplo, el césped, los fertilizantes del jardín y los agrícolas y las basuras de los animales del campo.

El agua que contenga  $\text{NO}_2^-$  puede considerarse sospechosa de una contaminación reciente por materias fecales. Algunas aguas, debido a los terrenos por donde discurren o a las condiciones de almacenamiento, pobre en  $\text{O}_2$ , pueden presentar cierto contenido de  $\text{NO}_2^-$ . La determinación cualitativa o cuantitativa del  $\text{NO}_2^-$  nos permite detectar posibles variaciones de calidad, ya que la presencia de  $\text{NO}_2^-$  es un buen indicador de la contaminación.

Los  $\text{NO}_2^-$  existentes en el agua pueden tener un efecto perjudicial sobre la salud de quien la consuma; sobre todo en niños, porque los  $\text{NO}_2^-$  son responsables de la formación de metahemoglobina, dando lugar a metahemoglobinemia, y por lo tanto a asfixia interna. (Rojas, R. 1995). Según la norma los nitritos deben ser menores de 0,1 mg  $\text{NO}_2^-/\text{l}$ .

- **Nitratos.** Son nutrientes para las plantas. El nitrato no es normalmente peligroso para la salud a menos que sea reducido a nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ). Debe ser controlado en el agua potable principalmente porque niveles excesivos pueden provocar metahemoglobinemia, o “la enfermedad de los bebés azules”. Aunque los niveles de nitratos que afectan a los bebés no son peligrosos para niños mayores y adultos, sí indican la posible presencia de otros contaminantes más peligrosos procedentes de las residencias o de la agricultura, tales como bacterias o pesticidas. (Marín, 2009). Según la norma los nitratos deben ser menores de 10 mg  $\text{NO}_3^-/\text{l}$ .

- **Aluminio Residual.** El aluminio es un elemento metálico que se halla ampliamente distribuido en las plantas y en casi todas las rocas, sobre todo en las ígneas, que contienen aluminio en forma de minerales de aluminio silicato. Cuando estos minerales se disuelven, según las condiciones químicas, es posible precipitar el aluminio en forma de arcillas minerales, hidróxidos de aluminio o ambos. La forma soluble en agua del Aluminio causa efectos perjudiciales, estas partículas son llamadas iones. Son usualmente encontradas en soluciones de Aluminio combinadas con otros iones. El sulfato de aluminio es una sal de fórmula  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , es sólido y blanco. Es ampliamente usada en la industria, comúnmente como floculante en la purificación de agua potable y en la industria del papel. (Rojas, R. 1995). Según la norma el aluminio residual deben ser menor de 0,2 mg  $\text{Al}/\text{l}$ .



- **Conductividad.** La conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica. Depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua (principalmente ácidos) y de la temperatura a la cual se haga la determinación. Por ello, el valor de la conductividad es muy usado en análisis de aguas para obtener un estimativo rápido del contenido de sólidos disueltos.(Rojas, R. 1995). Según la norma la conductividad debe ser menor de 1000 $\mu$ s/cm.

- **Fósforo Total.** El fósforo se encuentra en las aguas naturales casi exclusivamente en forma de fosfatos, polifosfatos y ligados orgánicamente. Se presentan en solución, partículas o detritus, o en los cuerpos de organismos acuáticos. Su exceso en el agua provoca eutrofización. El fósforo total incluye distintos compuestos como diversos ortofosfatos, polifosfatos y fósforo orgánico. La determinación se hace convirtiendo todos ellos en ortofosfatos que son los que se determinan por análisis químico.(Vinasco, 2007). Según la norma el fosforo total deben ser menor de 0,5 mg PO<sub>4</sub>/l.

- **Hierro.** El hierro es uno de los contaminantes que ocurren con más frecuencia en el agua potable. El hierro se encuentra en la mayor parte de las rocas ígneas y en los minerales arcillosos. En muchas aguas naturales, fundamentalmente en las subterráneas, se encuentra disuelto y cuando hace contacto con un lavamanos ó bañera, el hierro se mezcla con el oxígeno del aire y forma estas partículas rojizas marrones (comúnmente llamadas óxido). La poca disponibilidad de hierro, bajo ciertas condiciones, entre otros factores, puede limitar la productividad fotosintética, es un micronutriente esencial para la microflora, las plantas y los animales, y es tóxico a concentraciones muy altas.(Rojas, R. 1995). Según la norma el hierro debe ser menor de 0,3 mg Fe/l.

- **Análisis bacteriológico (coliformes totales, coliformes fecales, recuento estándar).** Las coliformes son una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluyendo a los humanos. La presencia de bacterias coliformes en el suministro de agua es un indicio de que el suministro de agua puede estar contaminado con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo. Valora la presencia de *E. coli*, y bacterias coliformes en agua, basado en la filtración por membrana y posterior cultivo en un medio selectivo y diferencial, y cálculo característico(Número Más Probable- NMP) en la muestra. La lectura de los resultados requiere el examen de las colonias aparecidas sobre la membrana y el examen de los halos en la capa de agar subyacente a la membrana.(Vinasco, 2007). Según la norma los sulfatos deben ser de 0 UFC/ 1000 m<sup>3</sup>.

### 3.1.6 Microorganismos en el agua

Son considerados a todos aquellos seres vivos microscópicos (o de muy pequeño tamaño, en general) cuyo hábitat permanente u ocasional es el medio hídrico. Los microorganismos más numerosos que pueden albergar las diferentes masas de aguas existentes en el planeta tierra son: bacterias, cianofíceas, hongos, protozoos, algas y virus. Las bacterias y las cianofíceas comparten su estructuración morfológica en células procariotas. (García, 2009). Según la norma los microorganismos deben ser de 0 microorganismos/ 100 m<sup>3</sup>

#### 3.1.6.1 Algas fitoplanctónicas.

Se define a las algas como microorganismos que realizan fotosíntesis desprendiendo oxígeno, y que poseen cloroplastos. Pueden ser unicelulares o pluricelulares, filamentosas algunas o formadoras de colonias otras. La clasificación de las algas está basada en sus propiedades celulares: naturaleza química de la pared celular, materiales orgánicos de reserva producido, tipo de pigmentación fotosintético o por la existencia y tipo de flagelo. (García, 2009)

**Tabla 1. Tipos de algas principales en agua.**

Clasificación	Características	Ordenes más habituales
<b>Clorofitas</b>	Con plastos de color verde puro y diferentes formas. Tienen como sustancia de reserva almidón. En fase móvil están dotadas, en general, de dos flagelos iguales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volvocales: <i>Chlamydomonas</i> spp., Gonium social o Pandorina.</li> <li>- Clorococcales: <i>Pediastrum</i> spp. y <i>Scenedesmus</i> spp.</li> <li>- Cladoforales</li> <li>- Conjugales: Cignemaceas (p.e. <i>Spirogyras</i> spp. y <i>Zygnemas</i> spp.)</li> <li>- Desmidiales (<i>Closterium</i> spp.)</li> <li>- Otros conocidos: Edogoniales, Quetoforales y Tetrasporales.</li> </ul>
<b>Euglenofitas</b>	Organismos unicelulares flagelados. Tienen en su interior plastos de color verde, estos contienen paramylon acumulado en forma de bastoncitos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Euglena</li> <li>- Facus.</li> </ul>

<b>Crisofitas</b>	<p>No poseen almidón como sustancia de reserva.          Sus plastos son de color amarillento verdoso, amarillo o marrón.          Elaboran leucosina o crisosa y diferentes tipos de aceites vegetales.          Poseen Silicio en su estructura celular.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Diatomeas</li> <li>✓ Centrales: <i>Melosiraspp.</i>, <i>Cylotellaspp.</i> y <i>Stephanodiscusspp.</i></li> <li>✓ Pennales: <i>Asterionellaspp.</i>, <i>Fragilariaspp.</i>, <i>Synedraspp.</i> y <i>Naviculaspp.</i></li> <li>✓ Crisoficeas (agua fría)</li> <li>✓ Xantoficeas.</li> </ul>
<b>Dinoficeas</b>	<p>Unicelulares.          Poseen números plastos de color marrón.          Su membrana externa esta cubierta por placas de celulosa.          Suelen ser móviles.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <i>Ceratium spp.</i></li> </ul>

**Fuente:** GARCIA OBANDO, Lina Andrea. Monitoreo de agua en cursos de agua: ríos y arroyos. Institución Universitaria publica de Formación. Colombia, 2009.

### 3.1.7 Algas en plantas de tratamiento de agua para el consumo humano.

En los embalses, en época de verano, el agua en las capas superiores presenta un alto crecimiento de algas, cuando las condiciones de nutrientes (nitrógeno fosforo) y temperatura son favorables. Las algas son organismos unicelulares que se encuentran en la superficie del agua y producen su propio alimento en la fotosíntesis, tienen estructuras reproductivas simples y sus tejidos no están diferenciados.

Las algas en el abastecimiento de agua pueden generar olores y sabores como es el caso de *Asteriomellaspp.*, *Anabaenaspp.*, *Anacystisspp.*, *Aphanizomenonspp.*, *Ceratium spp.*, *Dinobryom spp.*, *Geratium spp.*, *Gomphosphaeriaspp.*, *Hydrodictctyon spp.*, *Mallomonasspp.*, *Nitellaspp.*, *Pandorinaspp.*, *Peridinium spp.*, *Staurastrium spp.*, *Synedraspp.*, *Synuraspp.*, *Tabellarinaspp.*, *Uroglenopsisspp.* y *Volvox spp.*. Para ello se pueden aplicar varios tratamientos. (García, 2009)

#### 3.1.7.1 TRATAMIENTOS PREVENTIVOS. (Tomado de Manual de tratamiento de aguas. Limusa Noriega Editores. México. 1998)

Estos tratamientos se usan para prevenir la formación de algas y otros microorganismos en depósitos.

- **Tratamiento con sulfato de cobre.** Se añade sulfato de cobre al agua a tratar teniendo en cuenta los resultados de exámenes microscópicos de muestras de agua ya que dependiendo del alga se requiere una concentración para destruirla. Una dosificación moderada es de 0,3 mg/L y aplicarse a intervalos de 2 a 4 semanas en verano y es eficaz durante todo el año aplicando 0,18 mg/L, al agua que entra al depósito distribuyéndolo uniformemente en la superficie para que no ocurra una proliferación de algas. Esta dosificación puede hacerse con dosificadores de sustancias químicas o con tanques de soluciones preparadas con un dispositivo para regular la descarga.

- **Tratamiento con cloro.** Las concentraciones de cloro residual libre que destruyen la mayoría de algas es de 0,2 a 1 mg/L. si se quiere prevenir la proliferación de algas se debe estabilizar el cloro con amoniaco. Para evitar el aumento del cloro y otras sustancias como fenol o acido fenico se debe tratar el agua con cloro y amoniaco, se aplica de cloración o una cloración a residual libre.

### 3.1.7.2 TRATAMIENTO CORRECTIVO (Tomado de Manual de tratamiento de aguas. Limusa Noriega Editores. Méjico. 1998)

Los tratamientos usados para eliminar sabores y olores ya producidos son aeración, cloración, bióxido de cloro, ozono y carbón.

- **Aeración.** Consiste en colocar el agua en contacto con el aire. Su eficiencia es limitada en el control de olores y sabores.

- **Carbón activado.** Es eficiente para eliminar la mayoría de olores y sabores. Generalmente se emplea en polvo fino en dosis entre 1,2 a 6 g/m<sup>3</sup>, durante cortos periodos de tiempo. Este método es muy usado cuando se presentan algas pero agregando primer sulfato de cobre y luego carbón activado en polvo directamente al agua de depósito.

- **Cloración.** Es un proceso relativamente eficiente pero a veces se requieren grandes cantidades de cloro por lo que se debe de clorar el agua.

- **Bióxido de cloro.** Una forma de aplicar el cloro es usando cloruro de sodio junto con la cloración ordinaria produciéndose bióxido de cloro.

- **Ozono.** Tiene la ventaja de no producir sabores posteriores pero su desventaja es que tienen un precio elevado. El ozono se produce por ozonificadores los cuales el oxígeno del aire con una descarga eléctrica se transforma en aire ozonizado que se comprime y hace burbujear a través del agua que se va a tratar en unidades especiales de aeración.

### 3.1.7.3 OTROS MÉTODOS

- **Filtración en múltiples etapas.** La cual consta de una filtración gruesa en gravas como pretratamiento y la filtración lenta en arena como tratamiento principal. Esta tecnología es de bajo costo, muy eficiente, sencilla y fácil de operar. Adecuada para pequeñas comunidades.
- **Filtración gruesa.** La filtración gruesa contribuye principalmente a la separación de sólidos finos no retenidos en la sedimentación, pero también pueden mejorar la calidad microbiológica del agua, ya que las bacterias, algas y virus se pueden comportar como sólidos o se adhieren a la superficie de otros sólidos suspendidos en el agua (Van Loodsrecht et al, 1990, citado por Wegelin et al, 1998). La concentración de entrada de 10 a 100 mg/l de sólidos suspendidos se puede reducir por un filtro grueso hasta 1 o 3 mg/l; el color se remueve con una eficiencia máxima cercana al 50%, lo mismo el hierro y el manganeso (Visscher et al, 1998). Si el agua tiene una turbiedad promedio entre 30 a 70 UTN, se necesitará incorporar, antes del filtro lento, un filtro grueso de grava de flujo ascendente con tres capas de grava de diferente tamaño y una de arena. La tasa de filtración debe ser menor a 0.3 m/h (70 litros/hora).
- **Filtración lenta en arena.** Tiene como ventajas la eficacia, facilidad de diseño y sencillez en su operación y mantenimiento. Los filtros lentos de arena reducen drásticamente el número de virus (total), bacterias (99 - 99.9%), protozoarios o huevos de nemátodos (hasta 99.99%) dañinos para la salud (Visscher et al, 1998, Van Dijk, 1978). La turbiedad del efluente en un filtro bien diseñado y operado puede llegar a 1 UTN. La remoción de carbono orgánico biodegradable se logra hasta en un 50% (Wegelin et al, 1998), y se lleva a cabo por la actividad biológica que se genera en los lechos. El color real se remueve hasta en un 60% con ayuda de preoxidación. El hierro se puede reducir del 30 al 90%, pero los filtros se colmatan rápido si el contenido de hierro es mayor a 1 mg/l por lo que es necesario empacar el filtro con un grano de arena más grande (~0.5 mm) que el normal (T.E. 0.3 mm). Con el fin de alcanzar largas carreras de filtración, el agua que alimenta los filtros debe tener turbiedades promedio menores a 10 UTN, logradas con ayuda de los filtros gruesos.
- **Fosforo total.** Las concentraciones de fósforo deben ser de 30-50 µg/L como máximo (CHORUS y BARTRAM, 1999). De acuerdo con estos autores, en varias masas de agua con esos valores puede ser obtenida una reducción substancial de la densidad de las poblaciones de cianobacterias y fitoplancton en general.

## 4. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la presente investigación en la Planta de Tratamiento *Puriblock II* del Municipio del Socorro- Santander, se siguió una metodología en tres etapas. Para el inicio de esta metodología fue necesario realizar una detallada revisión bibliográfica sobre la temática a estudiar. La primera etapa consta de la elaboración de un diagnóstico de la Planta *Puriblock II*, con el fin de observar el funcionamiento de cada una de las etapas del proceso de potabilización del recurso hídrico.

En la segunda etapa se realizó un muestreo y toma de (agua – algas) tanto en la entrada, planta y salida de la misma. La tercera y última etapa fue el análisis de los resultados del laboratorio de muestras de aguas e identificación de los géneros de algas. Es importante mencionar que se realizaron monitoreos en dos épocas climáticas diferentes una en sequía y otra en lluvia.

### 4.1. ETAPA DE DIAGNÓSTICO.

En la primera etapa se realizó un diagnóstico del estado de la planta de tratamiento, verificando los análisis físico-químicos, equipos, materiales de laboratorio, instalaciones, procesos; todo ello se puede evidenciar en una serie de anotaciones y registro fotográfico.

La PTAP del Municipio del Socorro *Planta Puriblock II* es una planta convencional compacta de diseño compacto, esto hace que el sistema de tratamiento sea muy rápido y en ocasiones no funciona de la mejor manera. La planta está distribuida por dos bloques cada uno dotado con dos módulos para un total de cuatro módulos o miniplantas *Puriblock*; cada módulo está diseñado para el tratamiento de 10 L/s pero en la actualidad teniendo cuenta las características del agua, solo se puede tratar un máximo de 8 L/s, para un total de 32 L/s. Cada módulo cuenta con entrada de caudal, zona de dosificación de floculante, Sedimentador / floculador modificado, sistema de filtración, sistema de cloración y tubería de conducción independiente hasta el tanque de almacenamiento.

La primera etapa del proceso es la recepción de agua, la bocatoma, llamada Embalse Aguilita el cual forma parte de la microcuenca Sancotea. En la entrada de PTAP se encuentra ubicado un tanque abierto en el cual se produce la mezcla con el coagulante –floculante, Policloruro de Aluminio (PAC). El agua llega a los floculadores, pasando a los sedimentadores y de allí sigue a los filtros. Luego de filtrada el agua, sale por un conducto en la superficie de cada uno de los filtros y

se mezcla en un tubería para dirigirse al tanque de cloración que tiene una capacidad de 800 m<sup>3</sup>.

El Sistema de cloración de la PTAP es totalmente manual y no tiene un sistema de dosificación de relevante precisión pues se hace una mezcla de Cloro en el tanque de 800 m<sup>3</sup>. El cloro usado para la desinfección del agua ya clarificada es Cloro líquido por cilindro al 99 % de 68 Kg, el cual se vierte en el tanque de Cloración de 800 m<sup>3</sup>. Finalizado este proceso de cloración, parte a la red de distribución que surte a unos 3.000 usuarios del Municipio del Socorro.

## **4.2. ANÁLISIS DEL LABORATORIO.**

4.2. 1 Muestreo. Se realizaron tres muestreos en los meses de (Julio- Septiembre- Octubre). El muestreo “in situ” en los puntos Bocatoma (Embalse Aguilitas), entrada a PTAP, Floculadores, Sedimentadores, Filtración, Cloración y en la Red de Distribución; se realizaron con una periodicidad de tres veces, tomándose en periodo de sequía (Julio- Septiembre) y lluvia (Octubre). En la realización del muestreo se seguirán recomendaciones técnicas definidas para la toma y análisis de muestras según el Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water de la APHA – AWWA – WPCF última edición, tanto en preservación, tipo y limpieza del recipiente como el equipo y método analítico, y que son oficialmente aceptados por la Resolución 2115 de 2007.

Una vez en el punto de monitoreo se realizará una inspección ocular y toma la muestra puntual de forma aleatoria (con relación al tiempo) y se determinarán los parámetros in situ de pH, conductividad, turbiedad y temperatura con el equipo analizador Multiparámetros Horiba U-10, el cual se limpia debidamente en cada punto de monitoreo. Acto seguido se tomarán las muestras que serán preservadas al frío (<4°C) según lo establecido por el Standard Methods; rotuladas, empacadas para ser enviadas al laboratorio del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga AMB.

### **4.2.2 Parámetros de Medición.**

Los parámetros analizados in situ fueron:

- ✓ Temperatura
- ✓ pH
- ✓ Turbiedad

Los parámetros analizados en el laboratorio del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga AMB fueron:

- ✓ pH
- ✓ Color verdadero
- ✓ Turbiedad
- ✓ Alcalinidad

- ✓ Conductividad
- ✓ Recuento de aerobios
- ✓ Coliformes totales
- ✓ *E. coli*
- ✓ Aluminio
- ✓ Cloro residual
- ✓ Cloruros
- ✓ Dureza total
- ✓ Sulfatos
- ✓ Nitritos
- ✓ Nitratos

#### **4.3. DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIES DE ALGAS MICROSCÓPICAS.**

Las muestras colectadas fueron llevadas al Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales - CEIAM de la Universidad Industrial de Santander- UIS, donde se determinaron taxonómicamente hasta la categoría de género, mediante el uso de claves específicas, textos referentes y la consulta de especialistas en el área. Con ayuda de la bibliografía especializada se realizó la descripción de las características biológicas y morfológicas de los vegetales. Se tomaron fotos tanto de los detalles morfológicos microscópicos de los ejemplares en estudio, usando para ello microscopios de marcaOlimpus. Se elaboró un catálogo ilustrado con los especímenes estudiados, el cual contiene imágenes de los géneros de algas, con sus respectivos datos morfológicos, aspectos taxonómicos y sanitarios.



## 5. RESULTADOS

Los resultados físico-químicos permitieron generar un diagnóstico del estado de las etapas del proceso de potabilización. Adicionalmente, con la identificación de los diferentes tipos de algas las cuales se utilizaron como indicadores para conocer las condiciones del agua y la posible influencia en las etapas del proceso de potabilización y sobre la salud de los habitantes del Municipio del Socorro, Santander.

Estos resultados físico-químicos se compararon con las normas de calidad de agua Colombiana (Resolución 2115/2007 y Decreto 1594/1984) e Internacional (OMS), la cual determina el valor admisible para las características presente en el agua potable, para así evidenciar la calidad de recurso hídrico, contribuir a preservarlo y mantener la salud de la población del Municipio del Socorro, Santander. Así mismo permitió tomar las medidas de mejoras y mantenimiento para conseguir el óptimo funcionamiento de los proceso de potabilización de la planta de agua potable *Planta Puriblock II*.

### 5.1 DIAGNÓSTICO DE LA PLANTA

#### 5.1.1 Características de la planta.

En la primera visita técnica se pudo observar las características que presenta la planta *Puriblock II*, lugar donde se destacan generalidades etapas de procesos, equipos de laboratorio e insumos químicos utilizados en operación de la planta.

**Tabla 2. Diagnóstico de la planta *Puriblock II***

<b>Nombre de la planta</b>	<i>Puriblock II</i>
<b>Ubicación</b>	Vereda el Líbano.
<b>Altura</b>	1400 msnm
<b>Temperatura media</b>	23 °C
<b>Municipio</b>	Socorro.
<b>Departamento</b>	Santander.
<b>Generalidades</b>	
<b>Tipo de planta</b>	Hidráulica
<b>Diseño</b>	Planta compacta que lleva a cabo las etapas de mezclado, coagulación, floculación, sedimentación, Filtrado y

	Cloración. (Proceso Multibarreras)
<b>Año de entrega de la planta</b>	1992
<b>Tiempo de operación</b>	19 años
<b>Capacidad instalada</b>	40 Litros por segundo (L/s)
<b>Cantidad de agua que distribuye</b>	7,8 L/s por modulo = 31 L/s en total
<b>Medición de caudal</b>	Volumétrico, no posee sistema de medición.
<b>Módulos</b>	Posee 4 módulos.
<b>Mezcla rápida</b>	Cono de mezcla rápida.
<b>Dosificación de químicos</b>	<p>Cloración: Se utiliza Cloro gaseoso al 99 % de pureza para desinfección (1 tanque de 800 m<sup>3</sup>)</p> <p>Coagulante: Policloruro de Aluminio (1, 5%)</p>
<b>Etapas del proceso de Potabilización de la <i>Puriblock II</i></b>	
<b>Floculación</b>	1 tanque floculador por modulo
<b>Coagulante</b>	Policloruro de Aluminio (1, 5%)
<b>Sedimentación</b>	1 solo tanque por modulo

<b>Filtración</b>	Descendente, 10 L por segundo. De acuerdo a la calidad de agua cruda, en el embalse lo cambian cada 1 año.
<b>Tipos de Filtros</b>	Retro lavado de los filtros por medio de presión
<b>Retrolavado de los Filtros</b>	11 veces al día (24 horas)
<b>Desinfección</b>	En un tanque de almacenamiento de 800 m <sup>3</sup>
<b>Equipos del laboratorio</b>	
<b>Test de Jarras</b>	1
<b>Turbidímetro</b> Turbidity meter Marca Hannainstruments Microprocesador Hi 93703	1
<b>Termómetro</b>	1
<b>Colorímetro</b>	<i>Puriblock II</i> no cuenta con este equipo.

**Observación:** Según la resolución 2115 de 2007 la dotación básica del laboratorio de la planta de tratamiento deben contar con los equipos mínimos necesarios para realizar los siguientes ensayos: prueba de jarras, demanda de cloro, turbiedad, color y pH. El laboratorio de la planta *Puriblock II* no tiene Colorímetro desde hace 5 años que dejó de funcionar.

### 5.1.2 Etapas del proceso Potabilización de la planta *Puriblock II*.

**Tabla 3. Etapas de Potabilización**

COMO LO HACEN (Planta <i>Puriblock II</i> )	DICE LA TEORÍA	RECOMENDACIONES
No se realiza	AERACIÓN	Realizar este proceso porque ayuda a eliminar olores y sabores provocados por algas.
Si se realiza Presenta un cono de mezcla rápida.	MEZCLADO	Realizar pruebas con anterioridad para saber la cantidad que se va a mezclar de cada reactivo.
Si se realiza Utilizan como coagulador Policloruro de Aluminio 1,5 % (PAC)	COAGULACIÓN	Colocar un mecanismo hidráulico que mejore la forma de adicionar el coagulante
No tiene un sistema de Floculación, solo realizan una solución de Policloruro de Aluminio 15 Kg al 1,5 % en un tanque de 1200 L. No posee una válvula que regule el caudal de dosificación.	FLOCULACIÓN Manto de Lodo	Se debe tener en cuenta un tiempo de retención mayor del floculante.  Se recomienda instalar un dosificador de cabeza constante con válvula de aguja.
Si se realiza, pero sin embargo para los meses de Julio y Septiembre presenta un 68 % de remoción y para Octubre del 95 %, dichos porcentajes	SEDIMENTACIÓN	Tratar los lodos que se forman en los sedimentadores tal como lo establece el RAS- 2000 Sección II titulo C.

<p>están por debajo de los establecido en el RAS-2000 Sección II título C.</p>		
<p>Sí se realiza.</p> <p>El retro lavado de los filtros se realiza en 24 horas con una frecuencia de 11 veces.</p> <p>Tipo de Filtro (Filtros de capas de arenas)</p>	<p><b>FILTRACIÓN.</b> Según el RAS 2000 Sección II título C establece que el retro lavado en 24 horas debe ser 1.</p> <p>Filtros de capas de arenas tienen una operación hidráulica automática, y operan a una velocidad media.</p>	<p>Aplicar filtración en múltiples etapas para eliminar las algas.</p> <p>Realizar test de jarras, pues todo radica en este punto ya que es realización en la planta. Realizar una dosis óptima de floculación.</p> <p>La aplicación de una dosis de floculación puede convertirse en un ahorro de agua e inclusive de energía.</p> <p>Se determinó que la planta tiene una perdida en el lavado de filtros de <math>0,28 \text{ L/día} \times 100 = 28,76 \%</math>, en costo eso representa una pérdida \$ 776.736 día y al mes de \$ 23`302.080.</p>
<p>Sí se realiza, con Cloro gaseoso al 99 % de pureza.</p>	<p><b>CLORACIÓN</b></p> <p>Se puede utilizar :  <math>\text{Cl}_2</math> Gaseoso 99 % de pureza,          Una solución de Hipoclorito de Sodio <math>\text{NaClO}</math> al 13 % p/v          Una solución de Hipoclorito de Calcio <math>\text{Ca}(\text{ClO})_2</math> de 65 %-75% p/v</p>	<p>Realizar pruebas con anterioridad para saber la cantidad de cloro que se va a utilizar en el proceso, es decir una dosificación de cloro para una buena desinfección en el tanque de almacenamiento de <math>800 \text{ m}^3</math>.</p>

No se realiza el Ajuste de pH	Ajuste de pH	Es importante el ajuste de pH para conocer si el agua a entregar posee propiedades de corrosión o incrustación.
-------------------------------	--------------	---

### 5.1.2.1 Análisis de los procesos de potabilización

Para los diagnosticar las etapas del proceso de potabilización se realizaron una serie de cálculos matemáticos que permitieron tener un idea del funcionamiento y así poder compararlo con normas Colombianas: RAS 2000 Sección II Título C de sistemas de potabilización y las Resolución 2115/07 por medio de la cual se señalan las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

- Medición de caudal de entrada por volumen:

**Tabla 4. Calculo Volumétrico del caudal de entrada al sistema**

Medición	Tiempo(min)
1	1,22min
2	1,32min
3	1,30min
Promedio (min)	1,28min
Promedio (s)	88 s

**Datos:**

$$V = 10L$$

$$t_p = 88 s$$

$$Q = \frac{V}{t_p}$$

$$Q = \frac{10L}{88s}$$

$$Q = 0,114 \frac{L}{s}$$

ParacadamoduloselCaudales  $7,8 \frac{L}{s}$ .

El anterior dato se multiplico por la cantidad de módulos (4) dando un Caudal Total de entrada a la Planta *Puriblock II* de  $31 \frac{L}{s}$

- Floculador:

**Tabla 5. Dimensiones de la Unidad del Floculador.**

Medidas	
Largo	2.02 m
Ancho	2.54 m
Alto	2.20 m
Volumen	11,567 m <sup>3</sup>
Volumen	11567 L

$$t_{dta}(s) = \frac{V}{Q}$$

$$t_{dta}(s) = \frac{11567L}{\frac{7,81L}{s}}$$

$$t_{dta}(s) = 1481,05 s$$

Si este valor se representa en minutos queda:

$$t_{dta}(min) = \frac{1481,05}{60}$$

$$T_{dta}(min) = 24,68 \text{ minutos}$$

*Tiempoderetencionesde 24,68 minuto*

El Tiempo de retención es muy corto para el tipo de floculador (manto de lodo), la norma RAS 2000 Sección II Titulo C: establece que el tiempo de retención debe estar comprendido entre 1 Hora (60 min) 1 Hora ½ (90 min). El tiempo de

retención en la Unidad es 24, 68 minutos lo cual representa un valor que está muy por debajo de la norma.

- Sedimentador.

**Tabla 6. Datos de turbiedad para el mes de Julio**

	Julio	Septiembre	Octubre
	<b>Turbiedad</b>		
TE Entrada	16 NTU	16 NTU	9,32 NTU
TS Sedimentador	12 NTU	12 NTU	9,94 NTU
% de remoción	69 %	69 %	96 %

Calculo del % de Remoción:

Turbiedad a la entrada – Turbiedad Sedimentador= % Remoción

Mes de Julio y Septiembre de 2011

$$Ef = 1 - \frac{TS}{TE}$$

$$Ef = 1 - \frac{12NTU}{16NTU}$$

$$Ef = \frac{11NTU}{16NTU} = 0,687 (69\%)$$

Quiere decir entonces que los sedimentadores tienen una eficiencia de remoción del 68,7 %, dato que no alcanza a superar el exigido por el RAS-2000, en Sección II Título C, el cual establece que el porcentaje de remoción en los sedimentadores debe estar por encima del 99 % de remoción.

Mes de Octubre



$$Ef = 1 - \frac{TS}{TE}$$

$$Ef = 1 - \frac{9,94NTU}{9,32NTU}$$

$$Ef = \frac{8,94NTU}{9,32NTU} = 0,956 \text{ (96 \%)}$$

Para el mes de Octubre los sedimentadores tuvieron una eficiencia de remoción del 96 %, dato que no alcanza a superar el exigido por el RAS-2000, en Sección II Título C, el cual establece que el porcentaje de remoción en los sedimentadores debe estar por encima del 99 % de remoción.

- Filtros

**Tabla 7. Dimensiones de la Unidad del Filtro**

	Medidas
Largo	3.0 m
Ancho	1,65 m
Alto	3.56 m
Volumen (m <sup>3</sup> )	17,622 m <sup>3</sup>
Volumen (L)	17622 L

**Datos:**

$$V = 17.622 \text{ m}^3$$

*Nota: los Filtros ser retrolava 11 veces al día.*

$$Dia = 17.622L \cdot 11 = 193,84 \text{ m}^3 \cdot dia$$

$$Q = 193,84 \text{ m}^3 \cdot \frac{dia}{86,4} = 2,24 \frac{L}{s}$$

$$Filtro = 2,24 \frac{\frac{L}{s}}{\frac{7,81L}{s}}$$

$$filtro = 0,287 * 100 = (28,7\%) \text{ de pérdida de agua día}$$

Según los anteriores datos la planta presenta una pérdida del 28,7 % de agua total que entra al sistema de tratamiento.

$$Q_t = 31,24 \frac{L}{s}$$

$$Q_t = \left( 31,24 \frac{L}{s} * \frac{86400 s}{día} \right) = 2699136 \frac{L}{día}$$

$$Q_t = \frac{2699136 \frac{L}{día} * 28,7\%}{100} = 774652,08 \frac{L}{día}$$

$$\frac{774652,08 \frac{L}{día}}{1000 L} = 775 \frac{m^3}{día}$$

$$\$ \text{ día} = \$ 775 \frac{m^3}{día} * \frac{1000 \text{ pesos } m^3}{día} = 775.000 \$ \text{ día}$$

$$\$ \text{ mes} = 23'250.000 \text{ pesos al mes} * 12 \text{ meses} = 279.000.000 \text{ pesos al año}$$

La planta presenta una pérdida promedio del 28,7 % del agua que entra al sistema, el cual eso representa en costo promedio día de 775.000 pesos, al mes 23'250.000 millones pesos y al año de aproximadamente de 279.000.000 millones pesos.

Así mismo se evidenció la falta continua en la distribución del agua para el Municipio, esto quiere decir que los usuarios no poseen un servicio las 24 horas del día, dicha situación no permitió la toma de muestra a las 02:00 pm en un sector del Municipio ya que el servicio se presta para ese sector hasta las 10: 00 am.

## 5.2 ANALISIS FÍSICO QUIMICO

## 5.2.1 Monitoreo de (Julio- Septiembre- Octubre) de agua cruda

**Tabla 8. Resultados análisis fisicoquímicos en julio**

Punto	Parámetro	Resultados	Decreto 1594/84	Cumple norma	Norma internacional OMS	Cumple la norma	Observaciones
Entrada de la Planta (Agua Cruda)	pH	6,08	5,0-9,0	Si	----	---	Unidades de pH
	Color Verdadero	20	75	Si	----	----	Unidades de Pt-Co
	Turbiedad	16	*	---	----	----	NTU
	Alcalinidad	3,6	*	---	----	---	mg CaCO <sub>3</sub> /L
	Conductividad	15	*	---	----	---	μS/cm
	Recuento de aerobios	460	---	---	----	----	UFC/ 1 ml
	Coliformes Totales	1.600	20.000	Si	----	---	NMP/100 ml
	E. Coli	11	2.000	Si	----	---	NMP/100 ml
Agua Filtrada	pH	6,93	5,0-9,0	Si	----	---	Unidades de pH
	Color Verdadero	17	75	Si	----	----	Unidades de Pt-Co
	Turbiedad	11	*	---	----	----	NTU
	Alcalinidad	7,5	*	---	----	----	mg CaCO <sub>3</sub> /L
	Conductividad	44	*	---	----	---	μS/cm

En el análisis físico químico de julio del agua se determinó que los parámetros que cumplen con la Norma Colombiana y con la Norma Internacional OMS son:

- Entrada a la planta (agua cruda): pH, nitritos, nitratos y hierro.
- Sedimentadores: pH, alcalinidad y nitritos.
- Agua de filtradores; pH, alcalinidad, nitritos, hierro, fosfatos y aluminio.
- Agua clorada: pH, alcalinidad, nitritos, hierro, fosfatos y aluminio.

- Red de distribución (agua tratada): pH, alcalinidad, nitritos, hierro, fosfatos y cloro residual.

Los parámetros fisicoquímicos que no cumplen con la Norma Internacional OMS son:

- Sedimentadores: Nitratos
- Agua de filtradores: Nitratos.
- Agua clorada: Nitratos.
- Red de distribución (agua tratada): Nitratos.

El parámetro fisicoquímico que no cumple con la Norma colombiana es:

- Agua clorada: cloro residual.

En el análisis físico químico de julio del agua se determinó que el parámetro que no cumple con la Norma Colombiana ni con la Norma Internacional OMS es:

- Sedimentada: Hierro

### 5.2.2 Muestreo Septiembre

**Tabla 9. Resultados análisis fisicoquímicos en septiembre.**

Punto	Parámetro	Resultados	Decreto 1594/84	Cumple norma	Norma internacional OM	Cumple la norma	Observaciones
Entrada de la Planta (Agua Cruda)	pH	6,08	5,0-9,0	Si	----	---	Unidades de pH
	Color Verdadero	20	75	Si	----	----	Unidades de Pt-Co
	Turbiedad	16	*	---	----	----	NTU
	Alcalinidad	3,6	*	---	----	---	mg CaCO <sub>3</sub> /L
	Conductividad	15	*	---	----	---	µS/cm
	Recuento de aerobios	460	---	---	----	----	UFC/ 1 ml
	Coliformes Totales	1.600	20.000	Si	----	---	NMP/100 ml
	E. Coli	11	2.000	Si	----	---	NMP/100 ml

<b>Agua Filtrada</b>	pH	6,93	5,0-9,0	Si	----	---	Unidades de pH
	Color Verdadero	17	75	Si	----	----	Unidades de Pt-Co
	Turbiedad	11	*	---	----	----	NTU
	Alcalinidad	7,5	*	---	----	----	mg CaCO <sub>3</sub> /L
	Conductividad	44	*	---	----	---	μS/cm

En el análisis físico químico de septiembre del agua se determinó que los parámetros que cumplen con la Norma Colombiana y con la Norma Internacional OMS son:

- Entrada a la planta (agua cruda): pH, color, Coliformes totales, E-coli.
- Sedimentadores: pH, color.
- Agua de filtradores; pH, color, aluminio.
- Agua clorada: pH, color, aluminio.
- Red de distribución (agua tratada): pH, color aparente, cloro residual, cloruros, dureza total, sulfatos, nitritos, aluminio, coliformes fecales y E-coli.

Los parámetros fisicoquímicos que no cumplen con la Norma Internacional OMS son:

- Agua de filtros: Turbiedad.
- Agua clorada: cloro residual y turbiedad.
- Red de distribución (agua tratada): turbiedad y nitratos.

En el análisis físico químico de julio del agua se determinó que el parámetro que no cumple con la Norma Colombiana ni con la Norma Internacional OMS es:

- Sedimentada: Turbiedad

### 5.2.3 Muestreo Octubre

#### 5.2.3.1 Muestreo 10:00 am

**Tabla 10. Resultados análisis fisicoquímicos en octubre.**

Punt	Parámetro	Result	Decre to	Cumple	Norma internaci	Cumple la	Observaciones
------	-----------	--------	----------	--------	-----------------	-----------	---------------

o		ados	1594/ 84	norma	onal OMS	norma	
<b>Entrada de la Planta (Agua Cruda)</b>	pH-	6,96	5,0- 9,0	Si	----	---	Unidades de pH
	Color	80	75	No	----	----	Unidades de Pt-Co
	Turbiedad	9,32	*	---	----	----	NTU
	Temperatura	21,6	*	---	----	---	°C
	Conductividad	20	*	---	----	---	μS/cm
<b>Floculador-sedimentada</b>	pH	6,99	5,0- 9,0	Si	----	---	Unidades de pH
	Color	10	75	Si	----	----	Unidades de Pt-Co
	Turbiedad	9,94	*	---	----	----	NTU
	Temperatura	21,6	*	---	----	----	°C
	Conductividad	20	*	---	----	---	μS/cm

En el monitoreo de las 10 am en el análisis físico químico de septiembre del agua se determinó que los parámetros que cumplen con la Norma Colombiana y con la Norma Internacional OMS son:

- Agua de filtros; pH, color.
- Casa 1: pH, color.
- Casa 2: pH, color.
- Casa 3: pH, color

Los parámetros fisicoquímicos que no cumplen con la Norma Colombiana son:

- Agua cruda: Color ya que el dato obtenido (80 NTU) y por ende está por debajo del Decreto que establece el límite máximo permitido es 75 NTU.

En el análisis físico químico de 10: 00 am de octubre del agua se determinó que el parámetro que no cumple con la Norma Colombiana ni con la Norma Internacional OMS es:

- Casa 2: Turbiedad.
- Casa 3: Turbiedad.

#### 5.2.3.2. Muestreo 2:00 pm

**Tabla 11. Resultados análisis fisicoquímicos de octubre.**

Punto	Parámetro	Resultados	Decreto 1594/84	Cumple norma	Norma internacional OMS	Cumple la norma	Observaciones
Entrada de la Planta (Agua Cruda)	pH	6,91	5,0-9,0	Si	----	---	Unidades de pH
	Color	75	75	Si	----	----	Unidades de Pt-Co
	Turbiedad	10,45	*	---	----	----	NTU
	Temperatura	25,2	*	---	----	---	mg CaCO <sub>3</sub> /L
	Conductividad	23	*	---	----	---	μS/cm
Punto	Parámetro	Resultados	Decreto 1594/84	Cumple norma	Norma internacional OMS	Cumple la norma	Observaciones
	pH	6,82	5,0-9,0	Si	---	---	Unidades de pH
	Color	40	75	Si	----	----	Unidades de Pt-Co
	Turbiedad	10,7	*	---	----	----	NTU

		9					
	Temperatura	22,1	*	---	----	----	mg CaCO <sub>3</sub> /L
	Conductividad	23	*	---	----	---	μS/cm

En el monitoreo de las 2 pm en el análisis físico químico de octubre del agua se determinó que los parámetros que cumplen con la Norma Colombiana y con la Norma Internacional OMS son:

- Agua de filtradores; pH, color.
- Casa 1: pH, color.
- Casa 2: pH, color.

El parámetro fisicoquímico que no cumple con la Norma Internacional OMS es:

- Agua filtrada: turbiedad.

En el análisis físico químico de 2 pm de octubre del agua se determinó que los parámetros que no cumplen con la Norma Colombiana ni con la Norma Internacional OMS son:

- Casa 1: Turbiedad.
- Casa 2: Turbiedad.

#### 5.2.3.3. Muestreo 4:00 pm

**Tabla 12. Resultados del análisis fisicoquímico de octubre**

Punto	Parámetro	Resultados	Decreto 1594/84	Cumple norma	Norma internacional OM	Cumple la norma	Observaciones
Entrada de la Planta	pH	6,91	5,0-9,0	Si	----	---	Unidades de pH
	Color	110	75	No	----	----	Unidades de Pt-Co
	Turbiedad	10,56	*	---	----	----	NTU



	Temperatura	24,1	*	---	----	---	mg CaCO <sub>3</sub> /L
	Conductividad	19	*	---	----	---	μS/cm

En el monitoreo de las 4 pm en el análisis físico químico de septiembre del agua se determinó que los parámetros que cumplen con la Norma Colombiana y con la Norma Internacional OMS son:

- Agua de filtradores; pH, color.
- Casa 1: pH, color.
- Casa 2: pH, color.

Los parámetros fisicoquímicos que no cumplen con la Norma Internacional OMS son:

- Agua filtrada: turbiedad.
- Casa 1: turbiedad.

El parámetro fisicoquímico que no cumple con la Norma Colombiana es:

- Agua cruda: color

En el análisis físico químico de 4 pm de octubre del agua se determinó que el parámetro que no cumple con la Norma Colombiana ni con la Norma Internacional OMS es:

- Casa 2: Turbiedad

### 5.2.2 Monitoreo de (Julio- Septiembre- Octubre) de agua potable.

**Tabla 13. Resultados de análisis Físico- químicos.**

	Parámetro	Fecha											
		Julio				Septiembre				Octubre			
		Decreto 2125/07		Internacional OMS		Decreto 2125/07		Internacional OMS		Decreto 2125/07		Internacional OMS	
		Si	No	si	No	Si	No	Si	No	S	No	Si	No
<b>Sedimentada</b>	pH	X		X		X		X		X		—	—
	Alcalinidad	X		—	—		X		X		—	—	—

	Color	-	-	-	-	X		X		X		-	-
	Turbiedad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nitritos	X		X		-	-	-	-	-	-	-	-
	Nitratos	X			X	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hierro		X		X	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fosfatos		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Temperatura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Conductividad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Filtrada</b>	pH	X		X		X		X		X		X	
	Alcalinidad	X		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Color					X		X		X		X	
	Turbiedad	-	-	-	-	X			X	X			X
	Nitritos	X		X		-	-	-	-	-	-	-	-
	Nitratos	X			X	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hierro		X		X	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fosfatos		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Aluminio	X		X		X		X		-	-	-	-
	Temperatura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Clorada</b>	Conductividad	-	-	-	-	-	-	-	-	X		-	-
	pH	X		X		X		X		-	-	-	-
	Alcalinidad	X		-	-					-	-	-	-

	Color				X		X		-	-	-	-
	Turbiedad				X			X	-	-	-	-
	Nitritos	X		X	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nitratos	X			X	-	-	-	-	-	-	-
	Hierro	X		X	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fosfatos	X		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cloro residual		X	X		X		X	-	-	-	-
	Aluminio	X		X		X		X	-	-	-	-
<b>Agua Tratada</b>	pH	X		X		X		X		X		
	Alcalinidad	X		-	-	X		-	-	-	-	-
	Color aparente	-	-	-	-	X		X		X		X
	Turbiedad					X			X		X	X
	Nitritos	X		X		-	-	-	-	-	-	-
	Nitratos	X			X	-	-	-	-	-	-	-
	Hierro	X		X		-	-	-	-	-	-	-
	Fosfatos	X		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cloro residual	X		X		X		X		-	-	-
	Cloruros	-	-	-	-	X		X		-	-	-
	Dureza total	-	-	-	-	X		X		-	-	-
	Sulfatos	-	-	-	-	X		X		-	-	-
Nitritos	-	-	-	-	X		X		-	-	-	

Nitratos	-	-	-	-	X			X	-	-	-	-
Aluminio	-	-	-	-	X		X		-	-	-	-
Conductividad	-	-	-	-	X	-	-		X		-	-
Temperatura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recuento de aerobios	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
Coliformes fecales	-	-	-	-	X		X		-	-	-	-
E. coli	-	-	-	-	X		X		-	-	-	-

### 5.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS GÉNEROS DE ALGAS PRESENTES EN LAS DIFERENTES ETAPAS DEL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE LA PLANTA PURIBLOCK II.

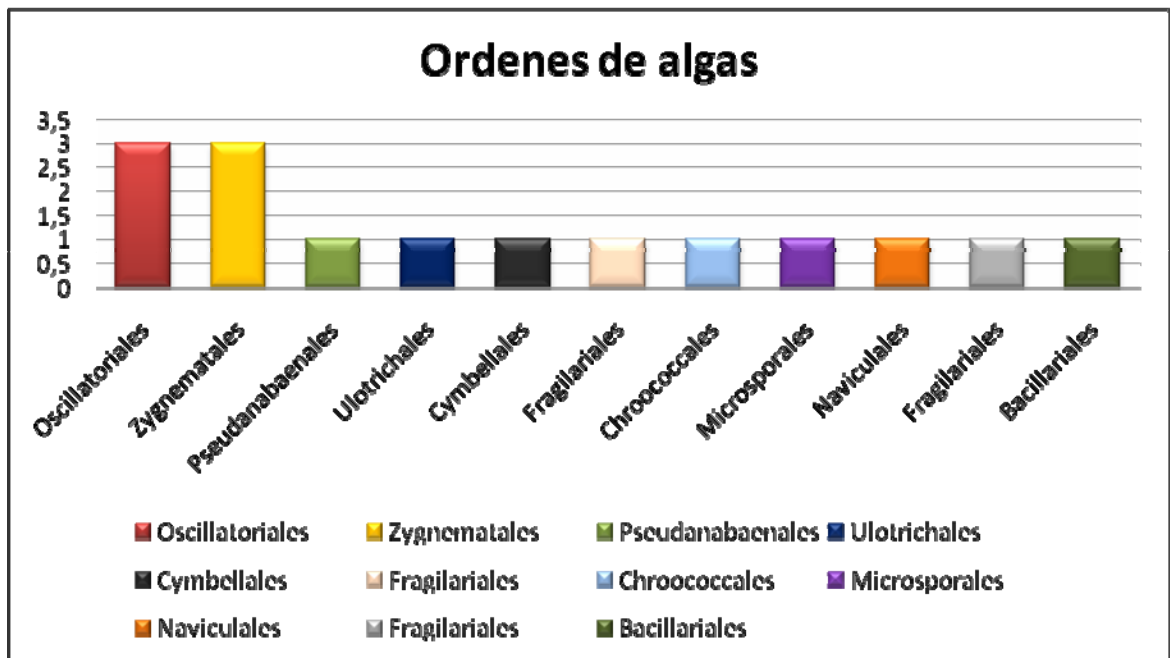
En la planta *Puriblock II* del Municipio del Socorro- Santander, se determinaron un total de 15 géneros muestreados en las etapas de Mezclado (Como de mezcla rápido), Floculación (Manto de lodos en la superficie), Sedimentadores y filtros (paredes de las unidades) y Cloración (En el tanque de almacenamiento de 800 m<sup>3</sup>).

**Tabla 14. Lista de géneros encontrados en el estudio.**

Nº	Orden	Familia	Género
1	Chroococcales	Microcystaceae	Anacystis sp.
2	Oscillatoriales	Phormidioideae	Arthospira sp.
3		Oscillatoriaceae	Oscillatoriasp.
4		Schizotrichaceae	Schizothrix sp.
5	Pseudanabaenales	Pseudanabaenaceae	Spirulina sp.

6	Ulotrichales	Ulotrichaceae	Ulothrix sp.
7	Cymbellales	Gomphonemataceae	Gomphonema sp.
8	Fragilariales	Fragilariaceae	Tabelaria sp.
9	Zygnematales	Zygnemataceae	Zygema sp.
10		Closteriaceae	Closterium sp.
11		Zygnemataceae	Spirogyra sp.
12	Microsporales	Microsporaceae	Microspora sp.
13	Naviculales	Naviculaceae	Navicula sp.
14	Fragilariales	Fragilariaceae	Fragilaria sp.
15	Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia sp.

Figura1. Ordenes de algas presentes.



Fuente: los autores

En planta Puriblock II del Municipio del Socorro- Santander, se determinó que en las etapas de mezclado, coagulación, floculación, Sedimentación y cloración se encontraron un total de 15 géneros de algas, distribuidas en 14 familias y 11 ordenes taxonómicos. Para el orden Oscillatoriales se determinaron 3 géneros, Zugnematales se determinaron 3 géneros y un género para los ordenes: Chroococcales, Pseudanabaenales, Ulotrichales, Cymbellales, Fragilariales, Microsporales, Naviculales, Fragilariales y Bacillariales respectivamente.

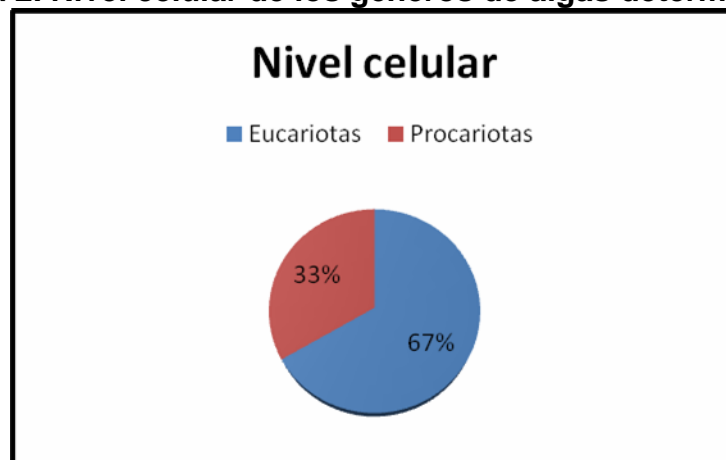
Es importante resaltar que del 100% de géneros determinados el 34% de los individuos son eucariotas del reino Plantae y Cromista y el 66,6% de los individuos son procariotas pertenecientes al reino Bacteria.(ver anexo B)

**Tabla 15. Nivel celular, reino y géneros de algas presente en las etapas de procesos de potabilización.**

Nivel celular	Reino	Nº de Géneros	Nombres
Procariota	Bacteria	5	Anacystis sp./ Oscillatoria sp./ Arthospira sp./ Spirulina sp./ Schizothrix sp.
Eucariota	Plantae	5	Ulothrix sp./ Zygeema sp./ Microspora sp./ Closterium sp./ Spirogyra sp.
	Cromista	5	Gomphonemasp./Naviculasp./ Fragilariasp./ Nitzschiasp./ Tabelariasp.
2	3	15	

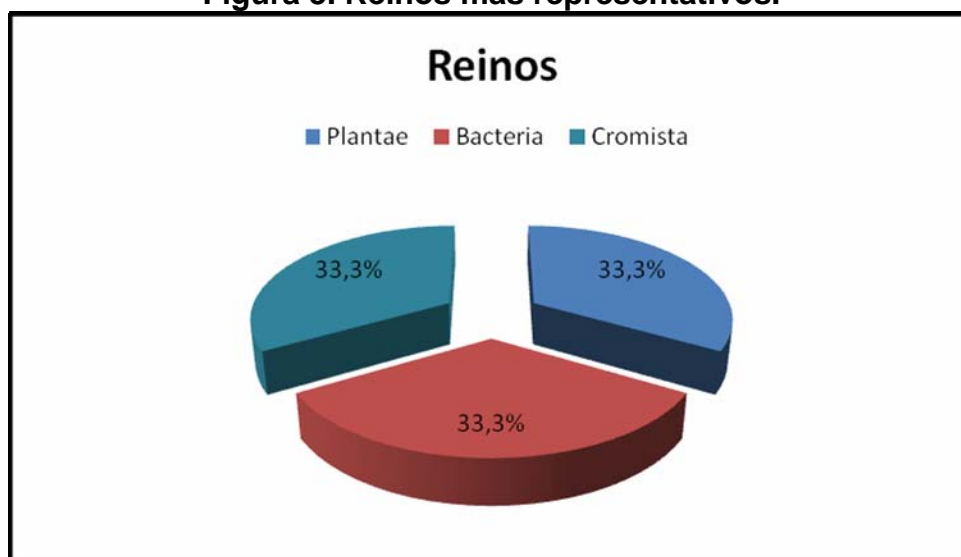
Fuente: los autores.

**Figura 2. Nivel celular de los géneros de algas determinados.**



Fuente: los autores.

**Figura 3. Reinos más representativos.**



Fuente: los autores

## 6. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados encontrados en el diagnóstico demuestran que en la Planta Puriblock II del Municipio del Socorro- Santander, presenta un diseño convencional compacto que ya tiene un periodo de vida de 19 años y en la actualidad está presentando ciertos problemas operativos. Las etapas que se llevan a cabo en el proceso de potabilización son: mezclado, coagulación, floculación, sedimentación, filtración y cloración. El caudal de entrada no es medida por ningún sistema, lo cual fue necesario hacer el cálculo volumétrico para confirmar la cantidad de agua que entra al sistema y así poder llevar a cabo los respectivos análisis matemáticos. El caudal determinado para un módulo fue de 7.8 L/s para caudal total de 31 L/s de agua que entra al sistema para potabilizar.

La etapa de mezclado tiene un diseño de cono de mezcla rápida, el cual permite que se combine el agua cruda que viene del embalse “Las Aguilitas” con el coagulante. Para la etapa de coagulación los operadores utilizan Policloruro de Aluminio al 1,5 % (PAC) el cual debe ser aplicado de acuerdo con las dosis mínimas óptimas que se obtiene por medio del ensayo Jarras (test de jarras). Tal como lo establece el RAS 2000 en el Capítulo A 11.2.5 del artículo 110. Sin embargo esta norma no es aplicada en la planta *Puriblock II* ya que dicho ensayo no se realiza, para la coagulación solo se realiza una solución de 15 Kg de PAC en 1200 L de agua en un tanque de dosificación.

La Floculación con respecto a los cálculos matemáticos realizados arrojaron que el tiempo de retención es 24.,68 minutos siendo este un tiempo muy corto para el tipo de diseño que según el RAS 2000 Sección II Título C el cual establece que debe estar comprendido entre 1 hora (60 min) a 1 hora  $\frac{1}{2}$  (90min). Como se puede observar el tiempo de detención es muy corto y no alcanza la formación de floculos (manto de lodos) de acuerdo al tipo de diseño, provocando que se formen en la superficie capas de lodos, para ello se recomienda la instalación de un sistema que mejore esta situación, por ejemplo un dosificador de cabeza constante con cabeza de aguja. De igual forma los tiempos de detención, gradientes y velocidad deben obtenerse mediante el Ensayos de Jarras previos ya que este ensayo de laboratorio simula las condiciones en que se realizan los procesos de oxidación química, coagulación, floculación y sedimentación en la planta.

En el siguiente paso de sedimentación se determinó que para el mes de Julio y Septiembre la remoción fue de 68% y para el mes Octubre del 95 % ambos datos indican que para los meses de Julio- Septiembre y Octubre el porcentaje de remoción está por debajo de la norma tal como lo establece el RAS 2000 Sección II título C, que debe estar por encima del 99 % de remoción de turbiedad. Para poder llevar a cabo este cálculo matemático fue necesario considerar para cada mes los valores de turbiedad en la entrada del sistema y en los sedimentadores.



Con respecto a la etapa de Filtración la planta *Puriblock II* presenta un diseño de capas de arenas de diferentes diámetros. Cabe destacar que en los módulos de filtración se evidenció que un periodo de 24 horas se realizan 11 lavados aproximadamente, el cual representa un 28,76% de pérdida de agua que entra en el sistema en 24 horas y según la norma del RAS 2000- c: Artículo C.7.3.1.1 establece que: “el porcentaje promedio mensual del consumo de agua tratada para el lavado de filtros debe ser máximo del 3%”. Así mismo afirma que la Filtración convencional debe utilizarse como pulimento final de los procesos de mezcla rápida, floculación y sedimentación, procesos que ya presentan dificultades. Para el caso de Turbiedad los resultados fisicoquímicos del agua sedimentada del mes de Julio y Septiembre (12 UNT) y Octubre (9,94 UNT) valores que no cumplen ya que lo indicado por la norma es “la Turbiedad del agua que ingresa a los filtros no debe ser mayor de 8.0 UNT” y para los tres meses de muestreo los valores superan los 8.0 UNT.

El 28,76 % de agua que se pierde el proceso de filtración representa en costo al día 775.000 pesos, al mes 23.250.000 millones pesos y al año de aproximadamente de 279.000.000 millones pesos. Gastos muy elevados que se ven reflejado en los recibos de pago de los usuarios y en la falta de prestación de servicio las 24 horas puesto que se distribuye hasta las 10:00 am en un sector para poder prestar el servicio a otros sectores del Municipio del Socorro.

En un tanque de contacto de 800 m<sup>3</sup> de capacidad se realiza la dosificación con Cloro gaseoso al 99 % de pureza, sin ninguna dosificación así mismo se observó que no posee un sistema de control del caudal de cloro que entre al tanque de almacenamiento. Situación un poco alarmante desde un punto de vista sanitario pues no se tiene controlado la cantidad de cloro que se utiliza por otro lado la falta de eficiencias de las etapas anteriores hace que parte de la materia orgánica pueda pasar hasta cuerpo de agua y se puedan formar compuesto derivados como THM (Trihalometanos) que según estudios realizados por la OMS en el año 1996 lo han catalogado como sustancia tóxica cancerígena.

Para culminar las etapas del proceso de potabilización del agua, los operarios no realizan ajuste de pH, lo cual podría ser una amenaza para los usuarios ya que es de vital importancia ajustar el pH cuando sea necesario por las propiedades de corrosión e incrustación que pueda presentar el agua que se entrega.

Los lodos producidos en los procesos de floculación, sedimentación y filtración producto de la planta de tratamiento son arrojados por una quebrada que conecta con el río Suarez, situación que está sujeta a especificaciones por el RAS 2000 en el Capítulo A.11.2.12 del artículo 119, el cual establece:

1. Para devolverlos directamente a la corriente de agua o descargarlo en alcantarillado, previo tratamiento, debe adquirirse un permiso de las autoridades ambientales y deben realizarse estudios de impacto ambiental.
2. Si no es posible lo anterior, se deben llevar a lagunas de almacenamiento en donde se decanten y por extra filtración y evaporación se elimine el agua de arrastre hasta dejar el lodo semisolidificado. De allí debe extraerse por sistemas mecánicos y transportados a sitios de disposición final.
3. Concentrar lodos en concentradores, extraer dicho lodo y llevarlo a lagunas de secado en donde debe ser solidificado para luego transportarlo y depositarlo en el sitio que se acuerde.
4. Secar el lodo por sistemas mecánicos: filtros prensas, centrifugado, filtros al vacío o camas de secado.
5. La descargar final del agua lixiviada, si se hace a un cuerpo de agua, debe cumplir con las normas de vertimientos en cuerpos de agua, establecidas en el artículo 72 del Decreto 1594/84.

Los resultados de los análisis físico- químicos y microbiológicos básicos los meses (Julio- Septiembre- Octubre) de agua cruda, indican que en general las características de calidad cumplen con los valores máximos establecidos en el Decreto 1594/ 84, sin embargo se observó que los valores de color no cumplen con la norma, lo cual permite afirmar que es necesario vigilar las fuentes de aguas que surten este recurso hídrico a la comunidad del Socorro. Según el artículo 38 de los criterios de calidad admisible para la destinación del recurso humano y doméstico del presente Decreto indica que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional, tal como lo se está realizando el Municipio del Socorro con la utilización del *Planta Puriblock II* de diseño convencional con las etapas de mezclado hasta cloración.

Por otra parte, se pudo observar que en los espacios aledaños al embalse “Las Aguilitas” que surte el agua a la planta *Puriblock II*, esta bordeada por cultivos de caña, café, y yuca siendo este una fuente de contaminación por fertilizantes y un gran potencial de materia orgánica en el cuerpo de agua.

Con relación a los resultados de los análisis físico- químicos y microbiológicos básicos los meses (Julio- Septiembre- Octubre) de agua tratada, indican que en general las características de calidad cumplen con los valores máximos establecidos en el Resolución 2115/ 07, sin embargo se pudo observar que los valores de cloro residual no cumplen con la norma, lo cual permite afirmar que es necesario optimizar la dosis de cloro necesario para el el proceso de desinfección del agua para así garantizar una calidad de agua a la comunidad del Socorro.

La determinación fico-florisística arrojó que en las etapas del proceso de potabilización se encontraron un total de 15 géneros, 11 órdenes y 14 familias. De todos los géneros encontrados solo el género *Oscillatoriosp.* esta reportado por el OMS en al año 1996 como un alga que genera sustancias tóxicas denominadas

anatoxinas –a y microsistinas. Cianotixinas producidas por este tipo de Cianobacteria. Estudios realizados por (John, 199) indica: “Las toxinas son péptidos hepatotóxicos, un alcaloide citotóxico, alcaloides neurotóxicos, y los derivados de la saxitoxina, con alergenicos y lipopolisacáridos presentes. Los brotes registrados de hepatoenteritis través del agua potable se han producido en el suministro de cloro en el momento de cualquiera de lisis natural o inducida por cobre de color azul-verde, y el floramiento de algas en el agua.” Además indica que las recientes muertes de pacientes en diálisis fueron por daño hepático causado por algas verde- azul, las toxinas de estas algas.

## 7. CONCLUSIONES

- La Planta *Puriblock II* presenta un diseño de planta convencional compacta, el cual tiene las etapas de Mezclado, Floculación, Coagulación, Sedimentación, Filtración y Cloración con ciertos errores operativos en el proceso de potabilización en el Municipio del Socorro- Santander.
- La planta está distribuida por dos bloques cada uno dotado con dos módulos para un total de cuatro módulos o miniplantas *Puriblock*; cada uno tiene in caudal de entrada de 7,81 L/s para un total de caudal de 31 L/s. La planta carece de equipos y sistemas necesarios para medir el caudal, para ello fue necesario realizar un aforo volumétrico en el punto de captación el cual indicó que el caudal promedio de agua cruda que se está tratando es de (31 L/s) dicho valor se encuentra por debajo del valor nominal de operación reportado por el proveedor del sistema de la *Puriblock II* (equivalente a 40 L/s).
- Mediante las visitas realizadas al sistema de potabilización *Puriblock II* del Municipio del Socorro se observó que la operación se realiza sin tener en cuenta criterios de tratabilidad en la preparación y dosificación de insumos químicos. Entre los que se destaca la dosificación del Cloro y el Policloruro de Aluminio (PAC).
- En la panta *puriblock II* no se aplica un sistema de análisis y ensayo de agua para controlar la calidad. Situación que se evidenció con el ensayo de test de jarras el cual no realizan, siendo este un ensayo que durante la operación de la planta debe efectuarse obligatoriamente, según lo establecido por el RAS Sección II Título C.
- En el proceso de dosificación lo único que se lleva a cabo es una solución de (Policloruro de Aluminio al 15 % +Agua) en un tanque de una capacidad 1.200 L de agua agregan 15 Kg de Policloruro de Aluminio. El cual no posee ninguna válvula que pueda regular la dosificación del coagulante.
- Así mismo el RAS Sección II Título C establece que los sistemas por gravedad: “de carga constante debe mantenerse una carga constante de agua sobre un orificio para obtener un caudal de dosificación constante. El caudal debe calibrarse a la salida mediante una válvula”Este proceso de dosificación no posee ninguna válvula que pueda mantener la carga de dosificación. La mezcla rápida se está operando de una manera incorrecta ya que el goteo del coagulante (Policloruro de Almunio) es mínimo para la cantidad de agua que entra al proceso.

- El tiempo de detención en la floculación 24, 86 min es muy corto, según la norma éste debe estar entre 1 hora (60 min) a 1 hora y media (90 min) tal como lo establece la norma RAS 2000 sección II Titulo C.
- El corto tiempo de retención trae como consecuencia la formación de capas muy espesas de lodos (manto de lodos), esto implica que los filtros se colmaten y se retrolaven en 24 horas unas 11 veces aproximadamente.
- El lavado del filtro se considera deficiente puesto que se observa que en 24 horas llega a retrolavar con una frecuencia de 10 a 11, lo que produce una pérdida de agua aumentando el costo del agua tratada y además la norma establece que el valor máximo de pérdidas de agua está entre el 3 y 5 %.al realizar los cálculos nos dio una pérdida de agua de la planta de 28,76 %. Y por otro lado la pérdida de agua es bien significativa, la cual va a tener una marcada influencia en el volumen de agua que sale del proceso para la comunidad.
- La planta presenta una pérdida promedio del 28,7 % del agua que entra al sistema, el cual representa en costo promedio día de 775.000 pesos, al mes 23`250.000 millones pesos y al año de aproximadamente de 279.000.000 millones pesos.
- Los operadores de la planta no realizan cálculos para hacer las anotaciones en las planillas correspondientes por eso se evidencian los mismos valores siempre.
- La planta no cuenta con una gran capacidad de abastecimiento de agua tratada, ya que el agua es distribuida por horas y sectores, ya que en ella no se pudieron obtener datos de la casa 3 después de las 2 pm.
- De los tres desinfectantes más comunes del mercado, en la planta *Puriblock II*, se utiliza el Cloro gaseoso al 99 % de pureza, siendo este uno de los procesos de desinfección que existe en el mercado. Sin embargo, este elemento no es dosificado de la mejor manera y tampoco posee un sistema que regule el caudal, situación que se vió reflejada en los resultados del Cloro residual monitoreado para el mes de Julio (0,1 mg Cl/L) en el tanque de almacenamiento valor que está por debajo de (0,3-2,0 mg Cl/L) tal como lo establece la Resolución 2115/07.

## 8. RECOMENDACIONES

- Mejorar la preparación y dosificación de insumos químicos, mediante la realización periódica de ensayos de tratabilidad que permitan establecer las concentraciones y dosificaciones óptimas para el agua.
- Se debe elaborar un manual actualizado de mantenimiento y operación donde se consigne la información relacionada con el diseño, planos y procedimientos involucrados en las etapas de tratamiento de agua potable de la Puriblock II del Municipio Socorro.
- Realizar un monitoreo periódico de la calidad del agua de la microcuenca Sancotea, que abastece al acueducto. Ya que una de las causales de la formación de biopelículas en el proceso de potabilidad se debe a la presencia de nutrientes que se encuentra en estos cuerpos productos de los vertimientos de aguas residuales y la presencia de cultivos en la zona de la microcuenca.
- Establecer un sistema de medición para conocer el caudal a tratar y la cantidad de insumos químicos a utilizar.
- Realizar un sistema de tratamiento de lodos que se producen en los filtros de la PTAP.
- Brindar capacitación continua a los operadores de la planta Puriblock II y realizar un manual de operaciones de equipos y simulaciones de cómo operarlos.
- Hacer un estudio sobre toxinas de las algas encontradas en la planta *Puriblock II*.
- Analizar los flocks del proceso desde la floculación hasta la disposición final.
- Realizar un análisis de costos de la pérdida de agua que presenta la planta Puriblock II del Municipio del Socorro- Santander.
- Implementar un control de la fuente de agua que abastece a la Planta *Puriblock II*.
- Aplicar la etapa de aeración ya que permitiría contacto del agua cruda con el aire, con el propósito de modificar la concentración de sustancias volátiles

contenidas en ella, la aireación se recomienda porque logra transferir oxígeno al agua y aumentar con ello el oxígeno disuelto, disminuye la concentración de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), remueve el metano ( $\text{CH}_4$ ), oxida el hierro (Fe) y el manganeso (Mn) y puede llegar a remover compuestos orgánicos volátiles (COV)

- Realizar tratamiento a los lodos puesto que los lodos productos de los procesos de sedimentación y filtración son arrojados a la quebrada que va al río Suárez, y según norma del RAS 2000, sección II título C, estos lodos deben ser tratados y son responsabilidad de la planta, según el artículo 70 del Decreto 1594/84 establece: “Los sedimentos, lodos, y sustancias sólidas provenientes de sistemas de tratamiento de agua o equipos de contaminación ambiental, y otras tales como cenizas, cachaza y bagazo, no podrán disponerse en cuerpos de aguas superficiales, subterráneas, marinas, estuarinas o sistemas de alcantarillado, y para su disposición deberá cumplirse con las normas legales en materia de residuos sólidos”.
- Realizar análisis de THM trihalometanos en el agua que se distribuye a los usuarios del Municipio del Socorro- Santander.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. ACERO Duarte, Luis Enrique. Árboles de La Zona Cafetera; Colombia, Ediciones Fondo Cultural Cafetero.
2. ALCALDIA DE SOCORRO. Plan de Desarrollo Municipal 2008-2011. Colombia, 2008.
3. AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, Y LA WATER ENVIRONMENT FEDERATION. Standard methods for the examination of water and wastewater; USA, American Public Health Association. 20 ed., New York, 1998.
4. BANCO MUNDIAL, Agua potable para poblados. Estados Unidos, 1976.
5. CORZO MORA, Sonia. Caracterización de microalgas y su control por medio de cloro como oxidante en la planta de tratamiento la Flora del acueducto de Bucaramanga: Universitaria de Santander- UDES, Colombia 2002.
6. DEFENSORIA DEL PUEBLO, Derecho humano del Agua. “Diagnóstico del cumplimiento del derecho humano del agua en Colombia. Serie estudios especiales DESC. Colombia, 2009.
7. GARCIA OBANDO, Lina Andrea. Monitoreo de agua en cursos de agua: ríos y arroyos. Institución Universitaria publica de Formación. Colombia, 2009.
8. GALVIN MARÍN, Físicoquímica y Microbiología de los medios acuáticos. Tratamiento y control de calidad de aguas. Ediciones Díaz de Santos, S. A. Madrid, 2003.
9. HILLEBOE, Hernán E. Manual de tratamiento de aguas; Editorial Noriega Editores. México. 1998.
10. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ORGANIC MICROPOLLUTANTS IN DRINKING WATER AND HEALTH, *Organicmicropollutantsin drinking wáter and healt: proeedings.*
11. MARGALEF, Ramón. Ecología. Ediciones Omega S.A. Barcelona, 1998.


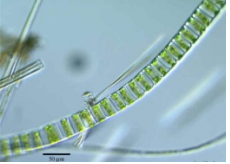
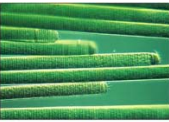


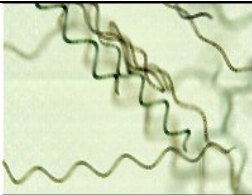
12. MARÍN ZAMBRANA, Bienvenido Germán. Manual de química del agua. Teoría y práctica. Editorial Unimagdalena. Primera Edición. Febrero de 2009.
13. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115 de 2007. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano, Bogotá, 2007.
14. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento básico RAS 2000, Bogotá, 2000.
15. PEÑA RODRIGUEZ, Carlos. Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Agua. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Colombia, 1995
16. RODRÍGUEZ PEÑA, Carlos. Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua.
17. ROMERO ROJA, Jairo. *Acuipurificación, diseño y sistemas de purificación de aguas*. Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá, 1995.
18. ROMERO ROJAS, Jairo. *Acuiquímica*. Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá, 1996.
19. RUIZ, Efraín José y GÓMEZ, Jeremías. Calidad de agua en Colombia, 1988.
20. SEMINARIO DE LIMNOLOGÍA APLICADA, Colombia, noviembre 28-29 de 2002.
21. SIR CYRIL, Fox. El agua. Ediciones Omega S.A. Barcelona, 1953.
22. TORRES SOLANO, Diana P. Diagnóstico de la calidad del agua de la microcuencasancotea que abastece el 40% del acueducto del municipio del socorro – Santander. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2007.
23. VALENCIA ARBOLEDA, Jorge. Manual de Desinfección del Agua. Asociación Colombiana de Acueductos y Alcantarillados. Colombia, 1976.
24. VALENCIA ARBOLEDA, Jorge. Teoría y práctica de la purificación del agua. Colombia, 1976.

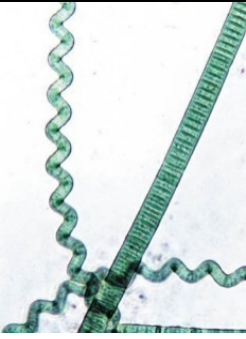
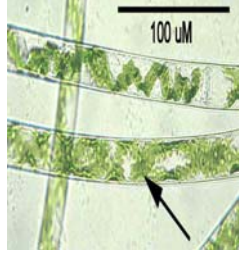

25. VINASCO J. y JARAMILLO B. Análisis de Cloruros. Departamento de tecnología Química. Universidad del Valle. Colombia, 2007.
26. RAMÍREZ J. JAIRO. Fitoplancton de agua dulce: aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitario. Editorial Universidad de Antioquia. Colombia. 2000

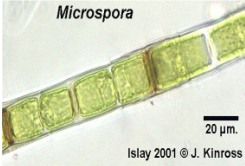

## **ANEXOS**

**ANEXO A Características de los Géneros de Algas Presentes en la Planta  
Puriblock II**

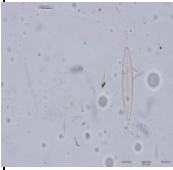
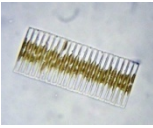
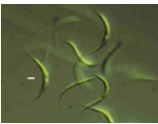
Genero	Fotografía	Características Morfológicas	Aspectos sanitarios Ramírez, 2
<i>Anacystis</i> sp.		<p>-Este género está formado por diminutas células unicelulares flotantes y cilíndricas forman una varilla.</p> <p>-Las células miden 1 µm de ancho y tres veces más largo, y varían en color desde el verde pálido, azul o verde oliva a amarillo o rojo.</p> <p>-Las células son solitarias o agrupadas en cúmulos irregulares. No forma colonias distintas, pero pueden tener grupos de 2-4 células que no se han separado por completo después de división. Las células pueden estar rodeadas por una capa de mucílago suelto, pero no tienen una vaina distinta.</p> <p>-El contenido celular es en su mayoría uniforme, pero a veces tienen gránulos visibles.</p>	<p>- No rep</p>
<i>Ulothrix</i> sp. Kützing 1836		<p>- Poseen filamentos flácidos, básicamente no ramificados y uniseriados.</p> <p>-Las células siempre están estrechamente adherente. Si está presente, en forma de envolver los puños las paredes transversales.</p> <p>-Pared celular en células jóvenes es delgadas y lisas, más tarde, se torna gruesa y áspera en ocasiones.</p>	<p>Indica aguas limpias, p pepino en el</p>
<i>Oscillatoria</i> sp. Vaucher 1803		<p>-Género muy común que consiste en filamentos ramificados (tricomas) en el plancton o adjunto, con frecuencia en los estratos finos, suaves capas (esteras).</p> <p>-De tamaño Microscópicos y macroscópicos de varios cm de diámetro, rara vez solitarias o en</p>	<p>Son indicadores de industriales de papel salina, estos generos diferentes sustratos (l arena) en aguas poco el litoral o en habi ventónicos, salobres suelos hume</p>

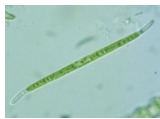
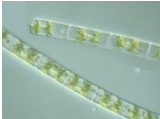
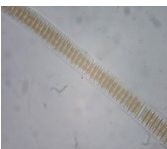
		<p>pequeños grupos, sin envolturas, excepto en condiciones extremas.</p> <p>-Células finales ampliamente redondeados, a veces, capitado o con calyptra estrecho. Falsa ramificación, heterocytes y akinetes falta. Transversal de la división celular, en una rápida secuencia y, a veces irregular en las zonas meristemáticas.</p> <p>-Tricomas fragmento en corto, hormogonios móviles por medio de separaciones</p>	
<p><i>Arthrospira</i> sp. Gomont, M. 1892-1893</p>		<p>Arthrospira sp.</p> <p>-De filamentos ramificados, solitarios y de vida libre (flotante), en las esteras pueden ser microscópicos o macroscópicos, que cubre el sustrato, más o menos regular de rosca, como libre y en espiral a lo largo de toda su longitud, conigual o cambiar continuamente (disminución o aumento de ancho) de los tornillos.</p> <p>-Vainas suele faltar, rara vez facultativos desarrollados, incoloro en forma de tubo, se une a los tricomas, abierto en los extremos, que contiene un único tricoma.</p> <p>-Células final muy redondeada y generalmente con engrosamiento de las paredes celulares exterior o con calyptras (tricomas en desarrollo) ; perforación especial de las paredes celulares</p> <p>-Contenido de la celda de color pálido o verde azulado brillante o verde oliva; tilacoides situado perpendicularmente y de forma irregular a lo largo de las paredes celulares.</p>	<p>Varias especies son biotopos de agua dulce planctónicos, principalmente tropicales y solución salina lagos y embalses.</p>

<p><i>Spirulina</i> sp. Turpin 1829</p>		<p>Filamentosos, filamentos ramificados, siempre sin vainas, rara vez solitarios (libre flotación), por lo general en grupos o en esteras finas,</p> <p>-Son visibles macroscópicamente y cubriendo el sustrato, regularmente se semejan a un tornillo como en espirala lo largo de toda la longitud de tricomas, con un ancho de cambios de los tornillos (muy rara vez es la forma de espiral eliminado), los tornillos son muy ajustados, tocando uno a otro, o con pequeños espacios entre ellos.</p>	<p>Son algas que habitan en la superficie, en general en presencia de agua dulce.</p> <p>Varias especies son comestibles o crecen en los biotecnológicos, por lo general en aguas contaminadas a menudo pesadas, en detritus en ambientes acuáticos.</p>
<p><i>Spirogyrasp.</i> Link 1820</p>		<p>-Los talos compuesto por filamentos ramificados uniseriados entrelazan para formar ovillos.</p> <p>-Las pilas cilíndricas, de 10 a &gt; 200 micras de diámetro mayor, de 20 a 60 micras, hasta varias veces, siempre, de la pared celular de dos capas de celulosa con la capa interna, externa mucilago que hace que los filamentos muy viscoso al tacto, extremo plano de las paredes, no flagelado etapas.</p> <p>-Las células basales con poca frecuencia con discos de fijación rhizoidal. Paredes de los extremos con varias capas: externa mucilaginoso celulosa, interiores, planos (plano) en el 75% de las especies o la taza que se repliegue (reproducir) en el 25%, las células de las especies de replicar más estrecho que las especies avión.</p> <p>-Las células pueden contener inclusiones cristalinas como aragonita.</p>	<p>Frecuentes en aguas dulces, pueden producir olores desagradables en agua, vive en aguas con pH alcalina.</p>
<p><i>Schizothrix</i> sp.</p>		<p>-Forma filamentos y colonias. Tricomas de filamentos más polarizada, de espesor, que contiene una rara, por lo general varios o menos paralela situada.</p> <p>-Filamentosas-colonial vainas bien definidas, poco o ampliado con claridad, gelatinosa, homogénea,</p>	

		<p>rara vez o en capas laminares, con rectas o en forma irregular margen ondulado, limitado, a veces bien fundas especiales que envuelve a la tricomas simples ocurren.</p> <p>- Vainas incoloras o en algunas partes de color amarillo, marrón amarillento, rojizo o azul-violeta; extremos de las vainas característicamente reducido y sin rodeo, por lo general cerradas, a veces ramificadas.</p> <p>-Filamentos libres en colonias hemisféricas o en capas divergentes, microscópica o macroscópica de talos filamentosos</p>	
<p><i>Microsporasp.</i> <i>Thuret 1850</i></p>		<p>- Alga tubular.</p> <p>-Paredes celulares gruesas, a menudo laminada, formada por de las dos mitades superpuestas que se puede romper en H-piezas.</p> <p>-Las células suelen tener finales Hshaped extremos.</p> <p>- No tiene cloroplastos en la parte superior.</p> <p>- Cloroplastos reticulados.</p>	<p>Son algas que viven en sustratos sólidos, viven de pH ácidos</p>
<p><i>Gomphonemasp.</i> <i>Ehrenberg 1831</i></p>		<p>- Género de diatomea que agrupa células cuyas caras pleurales son cuneiformes.</p> <p>-Las células se pueden encontrar fijadas a sustratos mediante pedúnculos gelatinosos simples.</p>	<p>Viven pegadas a las superficies, son indicadoras de contaminación</p>



<p><i>Navicula sp.</i> Bory de Saint Vincent 1822</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Individuos con valvas lanceoladas, estriadas transversalmente en la zona media, en sentido opuesto a los polos.</li> <li>- Los extremos de la célula son redondeados.</li> </ul>	<p>Son características de resisten la polucion de papel y fenol, pueden i presencia de metales c</p>
<p><i>Fragilariasp.</i> Lyngbye 1819</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Diatomea de células dilatadas en el centro que se unen formando cintas curvadas y retorcidas.</li> <li>- Las valvas son muy estrechas y presentan sutiles estrías transversales.</li> </ul>	<p>las especies de este g olor a geranio cuando pequeñas cantidades y cuando se presentan e</p>
<p><i>Closteriumsp.</i> Nitzsch 1817</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aislamiento de células (rara vez agregados), pequeñas y grandes (72 a 1.700 um), por lo general se alargan-cilíndrica para alargar-fusiforμες, rectas o, más comúnmente, curva (por lo menos en los extremos).</li> <li>-Las células generalmente disminuyen hacia ambos extremos, bordes agudos, redondeados o truncados.</li> <li>-De la pared celular lisa o con estrías longitudinales o costillas, la pared incolora, amarillenta o marrón (a veces sólo en los extremos de la célula).</li> <li>-De la pared celularcon ultraestructuralmente exterior, electrones de alta densidad capa amorfa y la capa interior microfibrilar.</li> </ul>	<p>Genero de algas frecue duras, son particularme a los desechos ricos en cuando su densidad es confiere un olor a pepi</p>

<p><i>Nitzschiasp.</i> Hassall 1845</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Género que agrupa células, en general pequeñas.</li> <li>-Células con con valvas lanceoladas que presentan estrías transversales muy finas, apenas visibles.</li> <li>-Células y dispuestas densamente.</li> </ul>	<p>Algunas especies son de aguas limpias(<i>N. lineata</i>). <i>N. palea</i> es característica de aguas contaminadas por desechos industriales con contenidos de ácido sulfhídrico, cloro y fenólicos.</p>
<p><i>Zygnemasp.</i> C.A Agardh 1817</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Los talos compuesto por filamentos ramificados uniseriados entrelazan para formar ovillos.</li> <li>-Células cilíndricas, de 10 a 50 micras de diámetro, la mayoría de 20-30 m; longitud igual o ancho en varias ocasiones, la pared celular de dos capas de celulosa con la capa interna, el mucílago exterior; externa varía vaina mucílago desde muy delgada a más ancho que la celda, pero en general, más delgada con relación <i>Spirogyra</i>, extremo plano de las paredes, sin etapas flageladas.</li> </ul>	<p>Son algas de superficie que obstruyen filtros, se encuentran en aguas con bajo contenido de oxígeno.</p>
<p><i>Tabellariasp.</i> Ehrenberg 1840</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Constituída por células que forman cadenas en cadenas.</li> <li>-Vistas de lado las células son casi cuadradas, con numerosas bandas intercalares cuyos numerosos septos penetran profundamente.</li> <li>-Las valvas se encuentran muy dilatadas en el centro.</li> </ul>	<p>Los organismos de esta especie obstruyen filtros, y algunas producen a veces olor a amoníaco.</p>

Fuente: (Fotografías y características morfológicas) [AlgaeBase](http://www.algaebase.org) is a database of information on algae that includes terrestrial, marine and freshwater organisms, 2011.



**ANEXO B Taxonomía de Géneros encontrados en las etapas del proceso de Potabilización de la planta Puriblock II del Municipio del Socorro- Santander**

**Empire:**Prokaryota  
**Kingdom:** Bacteria  
**Subkingdom:**Negibacteria  
**Phylum:** Cyanobacteria  
**Class:**Cyanophyceae  
**Subclass:**Oscillatoriophyceidae  
**Order:**Chroococcales  
**Family:**Microcystaceae

**Genus:**Anacystis sp.

**Family:**Phormidiaceae

**Subfamily:**Phormidioideae

**Genus:**

Arthospirasp

**Order:** Oscillatoriales

**Family:** Oscillatoriaceae

**Genus:**Oscillatoriasp.

**Subclass:** Synechococcophycideae

**Order:** Pseudanabaenales

**Family:** Pseudanabaenaceae

**Subfamily:** Spirulinoideae

**Genus:**

Spirulina sp.

**Empire:**Eukaryota

**Kingdom:** Plantae

**Subkingdom:**Viridaeplantae

**Infrakingdom:**Chlorophyta

**Phylum:**Chlorophyta

**Subphylum:**Tetraphytina

**Class:**Ulvophyceae

**Order :**Ulotrichales

**Family:**Ulotrichaceae

**Genus:**Ulothrix

sp

**Kingdom:** Chromista

**Subkingdom:** Harosa

**Infrakingdom:** Heterokonta

**Phylum:** Ochrophyta

**Subphylum:** Khakista

**Class:** Bacillariophyceae

**Order:** Cymbellales

**Family:** Gomphonemataceae

**Genus:**Gompho

nemasp

**Class:** Bacillariophyceae

**Order:** Fragilariales

**Family:** Fragilariaceae

**Genus:**Tabelari

asp

**Phylum:**Charophyta

**Class:**Zygnematophyceae

**Order:**Zygnematales

**Family:**Zygnemataceae

**Genus:**

Zygemasp

**Family:**Schizotrichaceae

**Genus:**

Schizothrixsp

**Class:** Chlorophyceae

**Order:**Microsporales

**Family:**Microsporaceae

**Genus:**

Microsporasp

**Infrakingdom:**Streptophyta

**Phylum:**Charophyta

**Class:**Zygnematophyceae

**Order:**Zygnematales

**Family:**Closteriaceae

**Genus:** Closteriumsp

**Family:**Zygnemataceae

**Genus:**

Spirogyra sp

**Order:**Naviculales

**Family:**Naviculaceae

**Genus:**Naviculasp

**Order:**Fragilariales

**Family:**Fragilariaceae

**Genus:**Fragilariasp

**Order:**Bacillariales

Nitzschiap

**Family:**Bacillariaceae  
**Genus:**

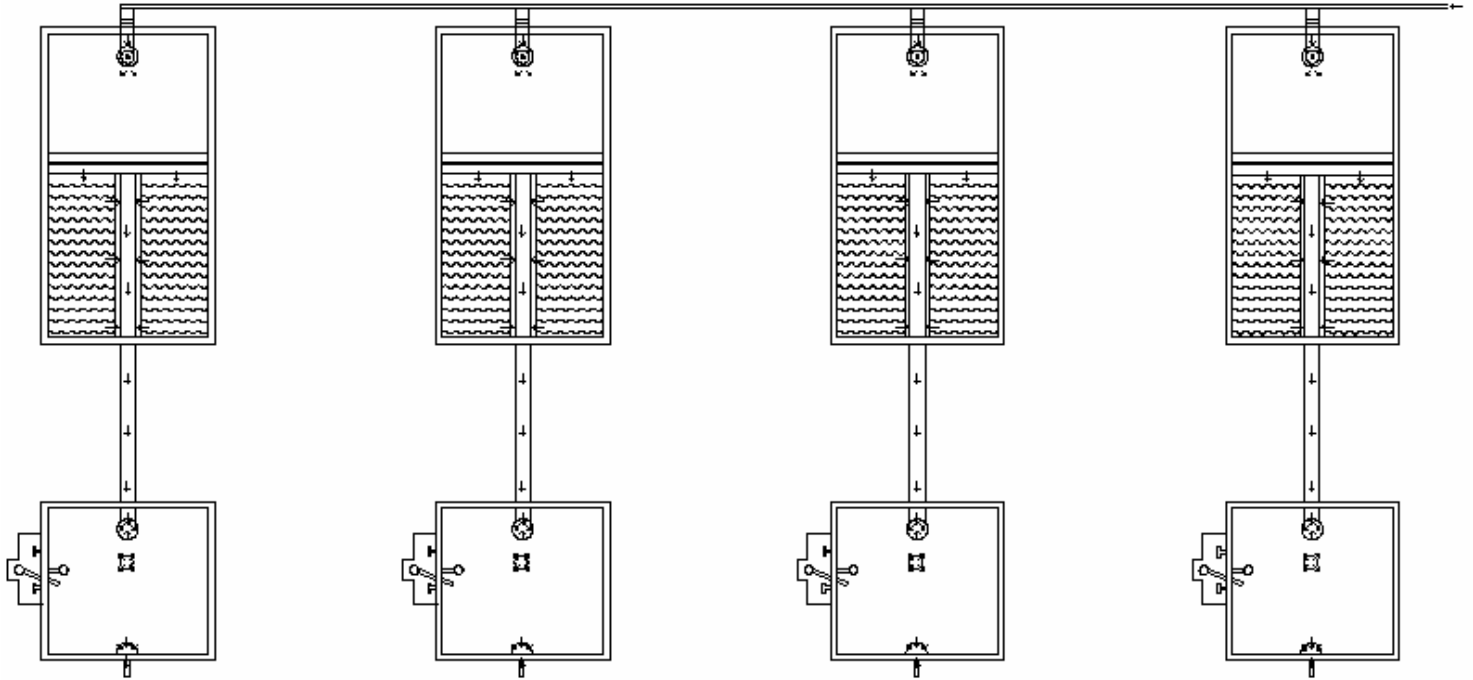
**ANEXOS CFamilias Presentes en las Etapas de los Procesos de la Planta  
Puriblock II**



**Tabla 16. Familias encontradas en el proceso de potabilización de la PTAP-Puriblock II.**

		Familias														
Géneros		Microcystaceae	Ulotrichaceae	Oscillatoriaceae	Phormidiaceae	Pseudanabaenaceae	Zygnemataceae	Schizotrichaceae	Microsporaceae	Gomphonemataceae	Naviculaceae	Fragilariaceae	Closteriaceae	Bacillariaceae	Zygnemataceae	
	Anacystis	x														
	Ulothrix		x													
	Oscillatoria			x												
	Arthrospira				x											
	Spirulina					x										
	Spirogyra						x									
	Schizothrix							x								
	Microspora								x							
	Gomphonema									x						
	Navicula										x					
	Fragilaria											x				
	Closterium												x			
	Nitzschia														x	
	Zygnema															x
	Tabelaria												x			
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	

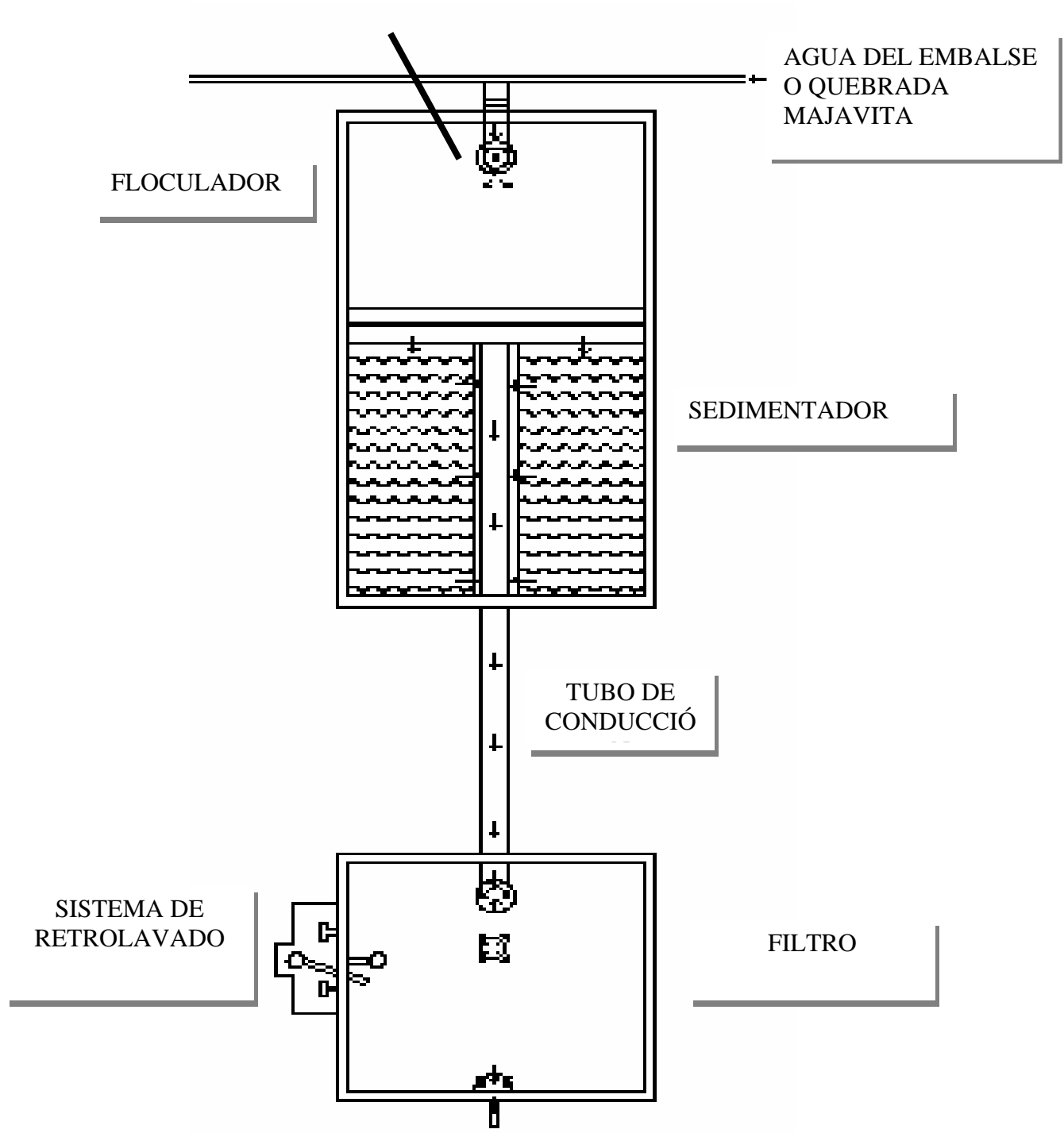
**ANEXO D(Esquema de la Planta de Tratamiento de Agua – Ptap, del  
Municipio del Socorro Puriblock II – Vista en Planta)**



**ESQUEMA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DEL SOCORRO –  
VISTA EN PLANTA**

**ANEXO E(Detalle – A Modulo 1 de la Planta)**

CONO  
DE MEZCLA



**ANEXO F(Fotos de las Etapas del Proceso de Potabilizacion de la Planta de  
Agua – Ptap, del Municipio del Socorro Puriblock II)**

**CAPTACION-EMBALSE AGUILITAS**



**CAPTACION-EMBALSE AGUILITASCON LOSCULTIVOS QUE PRESENTA ALREDEDOR**



**COAGULACION**



**MEZCLA RÁPIDA**



**FLOCULADOR**



**SEDIMENTADOR**



**FILTRACIÓN**





**CLORACIÓN**



**ANEXO G(Fotos de la Toma de muestras del Monitoreo)**

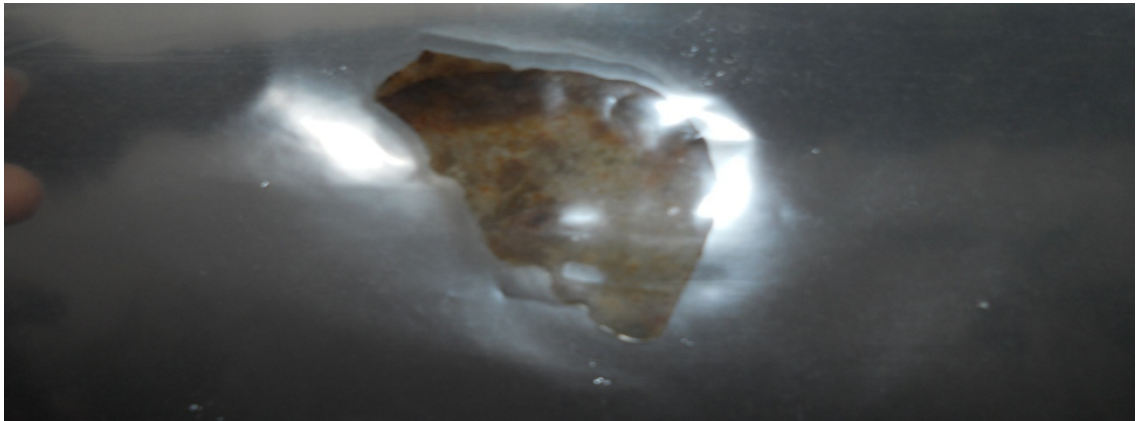
**TRANSPORTE DE MATERIAL NECESARIO PARA EL MONITOREO**



**MARCACIÓN DE LOS FRASCOS PARA LAS MUESTRAS DE LOS PUNTOS DEMONITOREO**



**CAPTACIÓN-EMBALSE AGUILITAS DE ALGAS**



**CAPTACIÓN DEL AGUA CRUDA DE LA TUBERÍA QUE VIENE DEL EMBALSE**



**MEZCLA RÁPIDA- MUESTRA DE AGUA**



**MEZCLA RÁPIDA- MUESTRA DE ALGA**



**SEDIMENTADOR- MUESTRA DE ALGAS**



**CAPAS DE LODOS**



**SEDIMENTADORES- TOMA DE MUESTRA DE AGUA**



## FILTRACIÓN-MUESTRA DE AGUA



## FILTRACIÓN- MUESTRA DE ALGAS



## CLORACIÓN-TOMA DE MUESTRA DE ALGA





**ANEXO H Resultados Físicoquímicos de agua potable en la Planta  
*Puriblock II* (Julio- Septiembre- Octubre)**

	<b>LABORATORIO QUIMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES</b>	<b>Código:</b> F-PA-02	
	<b>POST-ANALITICO</b>	<b>Versión:</b> 03	
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	<b>Fecha:</b> 30/11/2010 <b>Página</b> 1 de 6	

<b>Solicitud No.</b> 11-234	<b>Fecha de emisión:</b> Julio 29 de 2011
<b>Cliente:</b> INGRITH FLOREZ GARCIA	
<b>Dirección del cliente:</b> Carrera 29 con Calle 24	
<b>No. de muestras:</b> 5	
<b>Fecha de recepción de las muestras:</b> Junio 24 de 2011	
<b>Muestras recibidas por:</b> Yolanda Vargas	
<b>Fecha de análisis:</b> Junio 24 de 2011 – Julio 29 de 2011	

## 1. ANALISIS FISICOQUIMICO

<b>Codificación de la Muestra:</b> 11-234-01	<b>Tipo de muestra:</b> Puntual
<b>Identificación de la muestra:</b> PO	
<b>Matriz de la muestra:</b> Agua Cruda	
<b>Muestreo realizado por:</b> El Cliente	
<b>Lugar y punto de muestreo:</b> Planta Puribloc en Socorro / Entrada	
<b>Fecha del muestreo:</b> Junio 23 de 2011	

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
pH (Unidades de pH)	7,31	Potenciométrico / SM 4500-H <sup>+</sup> B
Temperatura ( °C )	24,0	Termométrico / SM 2550 B
Fósforo Total (mg P/L)	0,45	Espectrofotométrico / SM 4500-P C
Nitratos (mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L)	0,82	Espectrofotométrico / RODIER
Nitritos (mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /L)	0,020	Espectrofotométrico/SM 4500- NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> B
Manganeso (mg Mn/L)	<L.D	Absorción Atómica / SM 3111B
Hierro( mg Fe/L)	0,68	Absorción Atómica / SM 3500-Fe B
Alcalinidad Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	18,2	Titrimétrico / SM 2320 B

*Límite de Detección del Manganeso 0,050mg Mn/L*

**Observaciones:** Ninguna

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222  
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009  
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: [laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co](mailto:laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co)  
 Bucaramanga - Colombia

	<b>LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES</b>	<b>Código:</b> F-PA-02	
	<b>POST-ANALITICO</b>	<b>Versión:</b> 03	
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	<b>Fecha:</b> 30/11/2010 <b>Página</b> 2 de 6	

Solicitud No. 11-234

## 2. ANALISIS FISICOQUIMICO

<b>Codificación de la Muestra:</b> 11-234-02	<b>Tipo de muestra:</b> Puntual
<b>Identificación de la muestra:</b> P1	
<b>Matriz de la muestra:</b> Agua Cruda	
<b>Muestreo realizado por:</b> El Cliente	
<b>Lugar y punto de muestreo:</b> Planta Puribloc en Socorro / Sedimentadores	
<b>Fecha del muestreo:</b> Junio 23 de 2011	

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
pH (Unidades de pH)	7,39	Potenciométrico / SM 4500-H <sup>+</sup> B
Temperatura ( °C )	24,0	Termométrico / SM 2550 B
Fósforo Total (mg P/L)	0,6	Espectrofotométrico / SM 4500-P C
Nitratos (mg NO <sub>3</sub> /L)	0,85	Espectrofotométrico / RODIER
Nitritos (mg NO <sub>2</sub> /L)	0,011	Espectrofotométrico/SM 4500- NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> B
Manganeso (mg Mn/L)	<L.D	Absorción Atómica / SM 3111B
Hierro( mg Fe/L)	0,35	Absorción Atómica / SM 3500-Fe B
Alcalinidad Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	18,2	Titrimétrico / SM 2320 B

*Limite de Detección del Manganeso 0,050mg Mn/L*

**Observaciones:** Ninguna

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222  
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009  
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: [laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co](mailto:laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co)  
 Bucaramanga - Colombia

	<b>LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES</b>	<b>Código:</b> F-PA-02	
	<b>POST-ANALÍTICO</b>	<b>Versión:</b> 03	
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	<b>Fecha:</b> 30/11/2010 <b>Página</b> 3 de 6	

Solicitud No. 11-234

### 3. ANALISIS FISICOQUIMICO

<b>Codificación de la Muestra:</b> 11-234-03	<b>Tipo de muestra:</b> Puntual
<b>Identificación de la muestra:</b> P4	
<b>Matriz de la muestra:</b> Agua Cruda	
<b>Muestreo realizado por:</b> El Cliente	
<b>Lugar y punto de muestreo:</b> Planta Puribloc en Socorro / Filtros	
<b>Fecha del muestreo:</b> Junio 23 de 2011	

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
pH (Unidades de pH)	7,41	Potenciométrico / SM 4500-H <sup>+</sup> B
Temperatura ( °C )	24,0	Termométrico / SM 2550 B
Fósforo Total (mg P/L)	N.D	Espectrofotométrico / SM 4500-P C
Nitratos (mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L)	0,51	Espectrofotométrico / RODIER
Nitritos (mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /L)	0,003	Espectrofotométrico/SM 4500- NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> B
Manganeso (mg Mn/L)	<L.D	Absorción Atómica / SM 3111B
Hierro( mg Fe/L)	0,12	Absorción Atómica / SM 3500-Fe B
Alcalinidad Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	38,4	Titrimétrico / SM 2320 B

*N.D: No detectable a la mínima concentración del Método  
Límite de Detección del Manganeso 0,050mg Mn/L*

**Observaciones:** Ninguna

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222  
Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009  
Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: [laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co](mailto:laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co)  
Bucaramanga - Colombia

	<b>LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES</b>	<b>Código:</b> F-PA-02	
	<b>POST-ANALITICO</b>	<b>Versión:</b> 03	
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	<b>Fecha:</b> 30/11/2010 <b>Página</b> 4 de 6	

Solicitud No. 11-234

#### 4. ANALISIS FISICOQUIMICO

<b>Codificación de la Muestra:</b> 11-234-04	<b>Tipo de muestra:</b> Puntual
<b>Identificación de la muestra:</b> Cloración	
<b>Matriz de la muestra:</b> Agua Cruda	
<b>Muestreo realizado por:</b> El Cliente	
<b>Lugar y punto de muestreo:</b> Planta Puribloc en Socorro / Tanque 800 m <sup>3</sup>	
<b>Fecha del muestreo:</b> Junio 23 de 2011	

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
pH (Unidades de pH)	7,39	Potenciométrico / SM 4500-H <sup>+</sup> B
Temperatura ( °C )	24,0	Termométrico / SM 2550 B
Fósforo Total (mg P/L)	0,2	Espectrofotométrico / SM 4500-P C
Nitratos (mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L)	0,92	Espectrofotométrico / RODIER
Nitritos (mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /L)	0,005	Espectrofotométrico/SM 4500- NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> B
Manganeso (mg Mn/L)	<L.D	Absorción Atómica / SM 3111B
Hierro( mg Fe/L)	0,14	Absorción Atómica / SM 3500-Fe B
Alcalinidad Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	18,2	Titrimétrico / SM 2320 B
Cloro Residual ( mg Cl <sub>2</sub> /L)	0,1	Espectrofotométrico / SM 4500 -Cl

*Límite de Detección del Manganeso 0,050mg Mn/L*

**Observaciones:** Ninguna

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222  
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009  
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: [laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co](mailto:laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co)  
 Bucaramanga - Colombia

	<b>LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES</b>	<b>Código:</b> F-PA-02	
	<b>POST-ANALITICO</b>	<b>Versión:</b> 03	
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	<b>Fecha:</b> 30/11/2010 <b>Página</b> 5 de 6	

Solicitud No. 11-234

### 5. ANALISIS FISICOQUIMICO

<b>Codificación de la Muestra:</b> 11-234-05	<b>Tipo de muestra:</b> Puntual
<b>Identificación de la muestra:</b> Casa	
<b>Matriz de la muestra:</b> Agua Cruda	
<b>Muestreo realizado por:</b> El Cliente	
<b>Lugar y punto de muestreo:</b> Planta Puribloc en Socorro / Domiciliaria	
<b>Fecha del muestreo:</b> Junio 23 de 2011	

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
pH (Unidades de pH)	7,40	Potenciométrico / SM 4500-H <sup>+</sup> B
Temperatura ( °C )	24,0	Termométrico / SM 2550 B
Fósforo Total (mg P/L)	0,15	Espectrofotométrico / SM 4500-P C
Nitratos (mg NO <sub>3</sub> /L)	0,49	Espectrofotométrico / RODIER
Nitritos (mg NO <sub>2</sub> /L)	0,006	Espectrofotométrico/SM 4500- NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> B
Manganeso (mg Mn/L)	<L.D	Absorción Atómica / SM 3111B
Hierro( mg Fe/L)	0,14	Absorción Atómica / SM 3500-Fe B
Alcalinidad Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	20,2	Titrimétrico / SM 2320 B
Cloro Residual ( mg Cl <sub>2</sub> /L)	0	Espectrofotométrico / SM 4500 -Cl

*Límite de Detección del Manganeso 0,050mg Mn/L*

**Observaciones:** Ninguna

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222  
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009  
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: [laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co](mailto:laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co)  
 Bucaramanga - Colombia

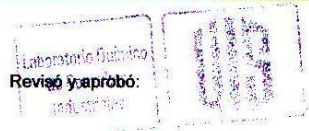
	<b>LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES</b>	<b>Código:</b> F-PA-02	
	<b>POST-ANALITICO</b>	<b>Versión:</b> 03	
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	<b>Fecha:</b> 30/11/2010 Página 6 de 6	

**Solicitud No. 11-234**

**Nota 1:** Estos resultados son válidos únicamente para las muestras analizadas y reportadas por el laboratorio.

**Nota 2:** En caso de ser copia del resultado original se realizará la siguiente aclaración: Copia del resultado original.

**Estimado cliente:** Para nosotros es muy importante conocer sus inquietudes, sugerencias, felicitaciones, quejas y/o reclamos en los servicios prestados por el laboratorio, con el propósito de mejorar nuestros servicios. Le agradecemos que se comunique con el laboratorio, donde un miembro del personal amablemente recibirá su solicitud y pronto estaremos en comunicación con usted para aclarar y/o resolver su requerimiento.



**Luz Yolanda Vargas Fiallo**  
 Directora del Laboratorio  
 Química, Msc Química UIS  
 MP PQ 1144

Elaboró: *Johana Riveros*



**ANEXO I Matriz del Sistema Único de Información de Servicios Públicos Sui  
de la Unidad de Servicios Públicos del Acueducto del Municipio del Socorro**



Año	Departamento	Municipio	Identificador de Empresa	Nombre de la empresa	Nombre de la planta	Caudal medio de entrada (lts/seg)	Caudal medio de salida (lts/seg)	Operación promedio (Horas/día)	Capacidad utilizada (lts/seg)	Caudal de diseño (lts/seg)	Tipo de proceso
2008	SANTANDER	SOCORRO	2686	UNIDAD DE SERVICIOS DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO	CONVENCIONAL	45	40	24	45	50	Sedimentación
2008	SANTANDER	SOCORRO	2686	UNIDAD DE SERVICIOS DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO	CONVENCIONAL	45	40	24	45	50	Floculación
2008	SANTANDER	SOCORRO	2686	UNIDAD DE SERVICIOS DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO	CONVENCIONAL	45	40	24	45	50	Alezoa Rápida
2008	SANTANDER	SOCORRO	2686	UNIDAD DE SERVICIOS DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO	CONVENCIONAL	45	40	24	45	50	Cribado
2008	SANTANDER	SOCORRO	2686	UNIDAD DE SERVICIOS DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO	CONVENCIONAL	45	40	24	45	50	pH (Estabilización del pH)
2008	SANTANDER	SOCORRO	2686	UNIDAD DE SERVICIOS DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO	CONVENCIONAL	45	40	24	45	50	Filtración
2008	SANTANDER	SOCORRO	2686	UNIDAD DE SERVICIOS DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO	CONVENCIONAL	45	40	24	45	50	Desarenación
2008	SANTANDER	SOCORRO	2686	UNIDAD DE SERVICIOS DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO	CONVENCIONAL	45	40	24	45	50	Aplicación de Químicos
2008	SANTANDER	SOCORRO	2686	UNIDAD DE SERVICIOS DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO	CONVENCIONAL	45	40	24	45	50	Ablandamiento
2008	SANTANDER	SOCORRO	2686	UNIDAD DE SERVICIOS DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO	CONVENCIONAL	45	40	24	45	50	Desinfección
2008	SANTANDER	SOCORRO	2686	UNIDAD DE SERVICIOS DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO	PURIBLOCK II	30	25	20	30	40	Desarenación
2008	SANTANDER	SOCORRO	2686	UNIDAD DE SERVICIOS DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO	PURIBLOCK II	30	25	20	30	40	Aireación



Año	Departamento	Municipio	Identificador de Empresa	Nombre de la empresa	Nombre de la planta	Caudal medio de entrada (lts/seg)	Caudal medio de salida (lts/seg)	Operación promedio (Horas/día)	Capacidad utilizada (lts/seg)	Caudal de diseño (lts/seg)	Tipo de proceso
				SERVICIOS DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO							
2008	SANTANDER	SOCORRO	2886	UNIDAD DE SERVICIOS DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO	PURIBLOCK II	30	26	20	30	40	pH (Estabilización del pH)
2008	SANTANDER	SOCORRO	2886	UNIDAD DE SERVICIOS DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO	PURIBLOCK II	30	26	20	30	40	Desinfección
2008	SANTANDER	SOCORRO	2886	UNIDAD DE SERVICIOS DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO	PURIBLOCK II	30	26	20	30	40	Mezcla Rápida
2008	SANTANDER	SOCORRO	2886	UNIDAD DE SERVICIOS DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO	PURIBLOCK II	30	26	20	30	40	Floculación
2008	SANTANDER	SOCORRO	2886	UNIDAD DE SERVICIOS DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO	PURIBLOCK II	30	26	20	30	40	Filtración
2008	SANTANDER	SOCORRO	2886	UNIDAD DE SERVICIOS DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO	PURIBLOCK II	30	26	20	30	40	Ablandamiento
2008	SANTANDER	SOCORRO	2886	UNIDAD DE SERVICIOS DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO	PURIBLOCK II	30	26	20	30	40	Aplicación de Químicos
2008	SANTANDER	SOCORRO	2886	UNIDAD DE SERVICIOS DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO	PURIBLOCK II	30	26	20	30	40	Cribado
2008	SANTANDER	SOCORRO	2886	UNIDAD DE SERVICIOS DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO	PURIBLOCK II	30	26	20	30	40	Adsorción
2008	SANTANDER	SOCORRO	2886	UNIDAD DE SERVICIOS DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO	PURIBLOCK II	30	26	20	30	40	Sedimentación