

**“ACOMPañAMIENTO AL ACUEDUCTO DE PALERMO PARA LA
DETERMINACIÓN DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS POTABLES Y
ELABORACIÓN DE LOS MANUALES DE PROCEDIMIENTO”.**

ADRIANA BONILLA CHARRY.

EMILCE TOVAR PUENTES.

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE EDUCACIÓN
PROGRAMA DE LICENCIATURA EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ÉNFASIS EN
CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL.
NEIVA-HUILA
2013.**

**“ACOMPañAMIENTO AL ACUEDUCTO DE PALERMO PARA LA
DETERMINACIÓN DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS POTABLES Y
ELABORACIÓN DE LOS MANUALES DE PROCEDIMIENTO”.**

**ADRIANA BONILLA CHARRY.
Código: 2006262553**

**EMILCE TOVAR PUENTES.
Código: 2007269805**

**Trabajo de tesis, para optar al título de Licenciado en Educación Básica con
Énfasis en Ciencias Naturales y Educación ambiental.**

**Asesor
Jaime Rojas Puentes.
Ingeniero Químico.**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE EDUCACIÓN
PROGRAMA DE LICENCIATURA EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ÉNFASIS EN
CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL.
NEIVA-HUILA
2013**

Nota de Aceptación:

Asesor de Pasantía.

Firma de Jurado.

Firma de Jurado.

Neiva, 31 de Julio de 2013.

DEDICATORIAS

A Dios, por guiarme todos estos años en mi camino y permitirme llegar donde estoy; a mis padres que me han dado la vida y su apoyo incondicional, que a pesar de todas las circunstancias han estado ahí sin desfallecer ante las adversidades, a ellos que son el motivo de seguir adelante cada día; a mis hermanos por su compañía constante, a mi novio Iván Botello Hernández por hacer de mi, la persona que soy hoy en día y por estar ahí cuando más lo necesite; a mis compañeros por hacer cada momento vivido algo maravilloso lleno de nuevas experiencias; a mis profesores por haberme brindado sus conocimientos, y dedicación para forjar un excelente profesional...

Emilce Tovar Puentes.

A Dios principalmente por darme la vida y la oportunidad de conocer y experimentar este mundo, por darme la fortaleza y la sabiduría para saber llevar cada una de las dificultades que se presentaron durante este ejercicio académico, a mi madre que me ha dado su apoyo incondicional, que a pesar de todas las circunstancias han estado ahí sin desfallecer ante las adversidades, a mi hermano por su compañía constante, a mi sobrino por alegrarme la vida, a mis amigos y compañeros por hacer cada momento vivido algo maravilloso lleno de nuevas experiencias; a los profesores por haberme brindado sus conocimientos, y dedicación durante esta ardua carrera...

Adriana Bonilla Charry.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras expresan sus agradecimientos:

A Dios por todas las bondades recibidas y por apostar en nuestro camino personas de gran corazón que sin tener obligación alguna nos brindaron su apoyo y dedicación.

A la Empresa de Servicios Públicos de Palermo. "E.S.P. E.P.P", y en especial a su Gerente, la doctora JANNETTE ZORAYA VARGAS, por habernos brindado la oportunidad de realizar la Pasantía en esta empresa.

Al profesor Juan Manuel Peréa, por su ayuda en la gestión del desarrollo de la pasantía, al profesor Carlos Arturo Franco Ruiz que nos dio el impulso para la realización de esta pasantía, por compartir parte de su conocimiento para con nosotras en la realización de este proyecto, y a todos los docentes del programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación ambiental por sus enseñanzas a lo largo de nuestra carrera.

A nuestro asesor Jaime Rojas Puentes por su orientación y paciencia; al Ingeniero José Luis Rodríguez, por su apoyo incondicional y por su colaboración en el transcurso de la pasantía, a los operarios de cada una de las plantas de tratamiento de agua potable del municipio de Palermo, pero sobre todo a el operario de planta René Antonio Dussan, quien siempre estuvo atento ante nuestras inquietudes y debilidades para auxiliarnos.

A nuestros padres por sus enseñanzas y consejos que nos permitieron salir adelante, quienes siempre estuvieron apoyándonos en todos los aspectos de nuestras vidas y a nuestros hermanos y hermanas y demás familiares por su constante ayuda.

A todos y cada uno de ellos mil gracias por estar ahí cuando los necesitamos...

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE TABLAS -----	10
LISTA DE GRAFICAS. -----	12
LISTA DE ANEXOS -----	13
ABSTRACT -----	14
RESUMEN -----	15
INTRODUCCION-----	16
JUSTIFICACIÓN -----	18
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA -----	19
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA -----	19
1.2.1 Objetivo general -----	21
1.2.1 Objetivos específicos -----	21
2. MARCO TEÓRICO-----	22
2.1 MARCO CONTEXTUAL -----	22
2.1.1 Área de Estudio-----	22
2.1.2 Reseña Descriptiva de la Empresa -----	24
2.2 MARCO LEGAL -----	25
2.2.1 Marco Jurídico.-----	25
2.3 MARCO CONCEPTUAL -----	27
2.3.1 Calidad del agua. -----	27

2.3.2 Muestra. -----	27
2.3.3 Toma, preservación y transporte de muestras para agua potable. -----	27
2.3.3.1 Toma de muestras -----	27
2.3.3.2 Rotulación de muestras. -----	29
2.3.3.3 Volumen de muestras. -----	29
2.3.3.4 Preservación y transporte de muestras. -----	29
2.3.4 Agua cruda. -----	30
2.3.6 Planta de tratamiento de agua. -----	30
2.3.6.1 Esquema de Funcionamiento de una planta de tratamiento de agua. -	30
2.3.7 Manual de procedimiento. -----	31
2.3.8 Parámetros indicadores de la calidad del agua. -----	31
2.3.9 Análisis Físicoquímicos. -----	32
2.3.9.1 Color (U.P.C) -----	33
2.3.9.2 Olor. -----	33
2.3.9.3 Turbiedad (U.N.T). -----	33
2.3.9.4 Dureza total (CaCO ₃). -----	33
2.3.9.5 Alcalinidad. -----	35
2.3.9.6 Potencial de Hidrogeno (pH). -----	35
2.3.9.7 Amoníaco. -----	37
2.3.9.8 Hierro (Fe). -----	37
2.3.9.9 Fosfato PO ₄ ⁻³ . -----	37
2.3.9.10 Aluminio Al ₃ ⁺ . -----	38

2.3.9.11 Nitritos (NO_2^-).	38
2.3.9.12 Nitratos (NO_3^-).	38
2.3.9.13 Cloruros (Cl^-).	38
2.3.9.14 Sulfatos ($\text{SO}_4^{=}$).	39
3. METODOLOGÍA	40
3.1 FASE UNO: ANÁLISIS FISCOQUÍMICO DE MUESTRAS	40
3.1.1 Etapas.	40
3.1.1.1 Etapa de Campo.	41
3.1.1.2 Etapa de laboratorio.	43
3.1.1.3 Etapa de análisis de la información.	43
3.1.1.4 Reporte de resultados.	43
3.2 FASE DOS: MANUAL DE PROCEDIMIENTOS.	44
3.2.1 Etapas.	44
3.2.1.1 Recopilación de documentos.	44
3.2.1.2 Organización de datos recopilados.	45
3.2.1.3 Diseño y elaboración de manuales.	45
3.2.1.4 Reporte de resultados.	45
3.3 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	46
4. RESULTADOS Y ANALISIS	47
4.1 INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS FISCOQUIMICOS.	47
4.1.1 Potencial de hidrógeno (pH).	64

4.1.2 Turbiedad. -----	65
4.1.3 Color. -----	67
4.1.4 Dureza Total y Dureza Temporal. -----	69
4.1.5 Cloruros Cl ⁻ . -----	70
4.1.6 Hierro (Fe). -----	71
4.1.7 Nitritos (NO ₂ ⁻). -----	73
4.1.8 Nitratos (NO ₃ ⁻). -----	75
4.1.9 Sulfatos (SO ₄ ⁻²). -----	76
4.1.10 Aluminio (Al ₃ ⁺). -----	77
4.1.11 Fosfatos (PO ₄ ⁻³).-----	79
4.2 MANUALES DE PROCEDIMIENTOS -----	81
4.2.1 Manual de procedimientos de laboratorio. -----	81
4.2.2 Manual de mantenimiento y calibración de “equipos de laboratorio”. -----	82
4.2.3 Manual de Fichas técnicas de “Instrumentos de laboratorio” -----	82
5. CONCLUSIONES -----	83
6. RECOMENDACIONES-----	85
BIBLIOGRAFÍA -----	86

Anexos (ver CD).

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Criterios de calidad del agua potable

Tabla 2. Cronograma de actividades para el desarrollo de la pasantía.

Tabla 3. Resultados fisicoquímicos de agua cruda y tratada, planta de tratamiento de Betania. (Octubre y Noviembre).

Tabla 4. Resultados fisicoquímicos de agua cruda y tratada. Planta de tratamiento el juncal. (Octubre y noviembre).

Tabla 5. Resultados análisis fisicoquímicos de agua cruda y tratada. Planta de tratamiento de Amborco. (Octubre y noviembre).

Tabla 6. Resultados análisis fisicoquímicos de agua cruda y tratada. Planta de tratamiento de Palermo. (Octubre y noviembre).

Tabla 7. Resultados fisicoquímicos de agua cruda y tratada. Planta de tratamiento el juncal. (Diciembre).

Tabla 8. Resultados fisicoquímicos de agua cruda y tratada. Planta de tratamiento Betania. (Diciembre).

Tabla 9. Resultados fisicoquímicos de agua cruda y tratada. Planta de tratamiento de Amborco. (Diciembre).

Tabla 10. Resultados fisicoquímicos de agua cruda y tratada. Planta de tratamiento de Palermo. (Diciembre).

Tabla 11: Resultados fisicoquímicos de agua cruda y tratada. Planta de tratamiento el juncal. (Enero).

Tabla 12. Resultados fisicoquímicos de agua cruda y tratada. Planta de tratamiento Betania. (Enero)

Tabla 13: Resultados fisicoquímicos de agua cruda y tratada. Planta de tratamiento de Amborco. (Enero).

Tabla 14. Resultados fisicoquímicos de agua cruda y tratada. Planta de tratamiento de Palermo. (Enero)

Tabla 15. Resultados fisicoquímicos de agua cruda y tratada. Planta de tratamiento el juncal.(Febrero).

Tabla 16. Resultados fisicoquímicos de agua cruda y tratada. Planta de tratamiento Betania. (Febrero).

Tabla 17. Resultados fisicoquímicos de agua cruda y tratada. Planta de tratamiento de Amborco. (Febrero).

Tabla 18. Resultados fisicoquímicos de agua cruda y tratada. Planta de tratamiento de Palermo.

Tabla 19. Potencial de hidrogeno pH.

Tabla 20. Turbiedad U.T.N.

Tabla 21. Color U.P.C. (unidades platino - cobalto)

Tabla 22. Dureza total CaCO_3 mg/l.

Tabla 23. Cloruros Cl^- mg/l.

Tabla 24. Hierro Fe mg/l.

Tabla 25. Nitritos NO_2^- mg/l.

Tabla 26. Nitratos NO_3^- mg/l.

Tabla 27. Sulfatos SO_4^- 2 mg/l.

Tabla 28. Aluminio Al_3^+ mg/l.

Tabla 29. Fosfatos PO_4^{-3} mg/l.

LISTA DE GRAFICAS.

- Grafica 1.** Promedio de la concentración de pH.
- Grafica 2.** Promedio de la concentración de Turbiedad UNT.
- Grafica 3.** Promedio de la concentración de Color U.P.C.
- Grafica 4.** Promedio de la concentración de Dureza Total CaCO_3 .
- Grafica 5.** Promedio de la concentración de Cloruros Cl^- .
- Grafica 6.** Promedio de la concentración de Hierro Fe^- .
- Grafica 7.** Promedio de la concentración de Nitritos NO_2^- .
- Grafica 8.** Promedio de la concentración de Nitratos NO_3^- .
- Grafica 9.** Promedio de la concentración de Sulfatos SO_4^{-2} .
- Grafica 10.** Promedio de la concentración de Aluminio Al_3^+ .
- Grafica 11.** Promedio de la concentración de Fosfato PO_4^{-3} .

LISTA DE ANEXOS
(CD).

Anexo A. Reportes de resultados Físicoquímicos a Empresa de servicios Públicos de Palermo “E.P.S.-E.P.P.”

Anexo B. Manual de Procedimientos de Laboratorio “Análisis Físicoquímico”

Anexo C. Manual de Mantenimiento y Calibración “Equipos de Laboratorio”.

Anexo D. Manual de Fichas Técnicas “Instrumentos de Laboratorio”

Anexo E. Reporte Fotográfico

ABSTRACT

This document presents the monitoring carried out for six months (October 2012 to March 2013) to water treatment in populated areas of Juncal, Amborco, Betania, and the urban area of the municipality of Palermo-Huila.

Using statistical analysis, it was determined whether the potable water met the physicochemical parameters established in resolution 2115 of 2007, which contains the technical standards of potable water quality in Colombia. Fifteen tests were performed during eighteen sampling weeks. Photometric, colorimetric, nephelometric and electrometric methods were used in respective physical and chemical analyzes.

The results and its analysis were of great value to know the quality of water that is supplied to the population, and infer about the possible pollution problems in these water sources. In addition, results led to the development of procedure manuals, technical specifications, plans for maintenance and calibration of laboratory equipment, which are essential for the proper operation of the laboratory equipment, effectiveness and reliability of results.

Keywords: Potable Water, Analysis from Water Quality, Physicochemical Characterization, procedure manuals, Water Treatment Plants.

RESUMEN

El presente documento, contiene el seguimiento realizado durante seis meses (Octubre 2012 a Marzo 2013) al tratamiento del agua en las zonas pobladas de Juncal, Amborco, Betania, y la zona urbana del municipio de Palermo- Huila. Por medio de análisis estadísticos, se determinó si el agua para consumo humano cumplía con los parámetros fisicoquímicos, establecidos en la resolución 2115 de 2007, la cual contiene las normas técnicas de calidad de agua potable en Colombia. Se realizaron quince pruebas, en cada una de las dieciocho semanas de muestreos. Métodos fotométricos, colorimétricos, Nefelométricos y electrométricos, fueron empleados en los respectivos análisis físicos-químicos.

Los resultados obtenidos y su posterior análisis, fueron de gran valor para conocer la calidad sanitaria del agua que se suministra a la población, e inferir acerca de los posibles problemas de contaminación que estas fuentes hídricas puedan presentar. Adicionalmente, los resultados permitieron la elaboración de manuales de procedimientos, fichas técnicas, planes de mantenimiento y calibración para los equipos de laboratorio; los cuales, son indispensables para el buen funcionamiento de los equipos de laboratorio, efectividad en las pruebas y confiabilidad en los resultados.

Palabras Claves: Agua de Consumo Humano, Análisis de calidad de agua, caracterización Fisicoquímica, Manuales de procedimientos, planta de tratamiento de agua potable.

INTRODUCCION

La Universidad Surcolombiana en el marco de sus componentes académico, investigativo y de proyección social, tiene establecido para sus diferentes Programas Académicos la pasantía como Modalidad de Grado que permite aplicar el conocimiento en forma integral en los contextos académicos, tecnológicos, sociales, económicos y culturales de las comunidades en los diferentes sectores de la producción .

Este trabajo presenta en su conjunto las actividades desarrolladas en las Empresas Públicas de Palermo, en los aspectos relacionados con los análisis fisicoquímicos empleados para el proceso de potabilización del agua, y los manuales de procedimiento necesarios para realizar dichos análisis.

Inicialmente, se formulan los objetivos con base en el planteamiento del problema, los cuales hacen referencia a la calidad del agua cruda y tratada, evaluada a través del estudio de las características fisicoquímicas de muestras de agua, tomadas en las plantas de tratamiento del casco urbano de Palermo, centros poblados de Betania, Juncal y Amborco.

Posteriormente, se hace referencia al área de estudio, las características climatológicas, la ubicación espacial y áreas limítrofes del municipio de Palermo-Huila. De igual forma, se incluye el marco legal y conceptual, que contiene los decretos, acuerdos y normativo colombianas para el control de la calidad del agua para consumo humano, los valores deseables o admisibles en el agua potable y las características físicas y químicas indicadoras de la calidad del agua.

La metodología que se implementó para la realización de los análisis fisicoquímicos de las muestras de agua, se desarrollo en dos fases: una fase inicial de “Análisis fisicoquímico de muestras”, la cual contiene cuatro etapas: De campo, laboratorio, técnicas de análisis de información y reporte de resultados. La segunda fase, “Manual de procedimientos”, se desarrollo en cuatro etapas: Recopilación de documentos, organización de datos recopilados, diseño y elaboración de manuales, y reporte de resultados. De igual forma, se describe la sistemática para la construcción de los diferentes manuales, Fichas técnicas de los instrumentos de laboratorio, el Plan de mantenimiento y calibración de los equipos de laboratorio, y el Manual de procedimientos de laboratorio análisis fisicoquímico de agua potable.

Por otro lado, se desarrolló una discusión general de los resultados obtenidos en los análisis físico-químicos de laboratorio; practicados al agua cruda como al agua tratada. Adicionalmente, se presenta la descripción general del manual de procedimiento de laboratorio, las fichas técnicas, y el plan de mantenimiento y calibración de los equipos.

Finalmente, las conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado durante la pasantía, se obtienen de los análisis físico-químicos y de los manuales elaborados para la empresa. Las recomendaciones son consideradas para contribuir al desarrollo de las actividades en el laboratorio y la calidad del agua potable.

JUSTIFICACIÓN

El agua es la fuente principal de desarrollo y sostenimiento de los seres humanos y ecosistemas del planeta, la adquisición permanente de agua potable y el conocimiento de la calidad de ésta, es un argumento imprescindible en materia de higiene, salud y progreso de una población.

La problemática global que presentan las fuentes hídricas, ha llevado al deterioro de la oferta ambiental y a la violación de los derechos ambientales en las diferentes poblaciones y ecosistemas.

Por su localización geográfica, su orografía y una gran variedad de regímenes climáticos, Colombia se ubica entre los países con mayor riqueza en recursos hídricos en el mundo. Sin embargo, cuando se considera en detalle que la población y las actividades socioeconómicas se ubican en regiones con baja oferta hídrica, que existen necesidades hídricas insatisfechas de los ecosistemas y que cada vez es mayor el número de impactos de origen antrópico sobre el agua, se concluye que la disponibilidad del recurso es cada vez menor (ministerio del medio ambiente, vivienda y desarrollo territorial MAVDT).

Por tal razón, es de gran importancia la construcción de estructuras captadoras, distribuidoras y almacenadoras, que garanticen un adecuado servicio de calidad de agua potable y permitan hacer uso eficiente del recurso hídrico, preservándolo como una riqueza natural para el bienestar de las generaciones futuras de Colombianos (ministerio del medio ambiente, vivienda y desarrollo territorial MAVDT).

El presente trabajo de pasantía, se realizó con la finalidad de tener una perspectiva más clara de la calidad del agua potable suministrada por la empresa de servicios públicos “E.S.P. E.P.P”, a la población del casco urbano de Palermo, centros poblados de Betania, Juncal y Amborco. Y así contribuir al mejoramiento de las condiciones sanitarias del agua para consumo humano.

Por medio de análisis fisicoquímicos, es relevante realizar un seguimiento al agua cruda y tratada en las diferentes plantas de tratamiento, con el fin de establecer si el agua consumida por la población, cuenta con los requisitos organolépticos, físicos y químicos que estipula la normatividad Colombiana, brindando un servicio de calidad sanitaria sin producir efectos adversos a su salud.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las fuentes de agua superficial son eje de desarrollo de los seres humanos que permiten el abastecimiento para las diferentes actividades socioeconómicas llevadas a cabo en los asentamientos poblacionales; no obstante, de forma paradójica muchas de estas actividades causan alteración y deterioro de las mismas (Patricia Torres, 2009). En la mayoría de países en desarrollo, la calidad del agua ha sido objeto de múltiples discusiones en cuanto a su aplicación para la regulación del recurso hídrico en el mundo ya que se consideran criterios que no siempre garantizan el resultado esperado para regiones con diferentes características. Como consecuencia, muchos países han desarrollado estudios e indicadores tendentes a aplicar criterios de evaluación propios, de tal manera que su aplicabilidad corresponda con sus requerimientos y necesidades que tiene la población (Patricia Torres, 2009).

De esta forma se ha hecho necesario la construcción de acueductos que garanticen un adecuado servicio de calidad del agua potable; es decir, en la actualidad a nivel mundial el servicio de agua potable se realiza desde plantas de tratamiento de aguas domiciliarias que cuentan con los estándares y permisos requeridos para este servicio; por tal razón cada país rige sus normas para la prestación del mismo, obligando a que en cada ciudad se tenga una planta de tratamiento que brinde las garantías necesarias en la calidad de agua potable.

Por tal razón en Colombia, las responsabilidades de prestación de este servicio las tienen las empresas que los departamentos y Municipios han creado, las cuales tienen la obligación de "asegurar que se preste a sus habitantes, de manera eficiente, los servicios domiciliarios de acueducto y alcantarillado... según Art. 5, Ley 142 de 1994."

Por otro lado en Colombia existen algunas zonas rurales y urbanas marginales, en las cuales las juntas de acción comunal se ven obligadas a brindar servicios de suministro de agua potable, aumentando la calidad de este servicio significativamente durante la última década; situación que provoca una calidad inadecuada del servicio por la falta de plantas de tratamiento en las cuales se pueda tratar el agua.

En el caso del municipio de Palermo que cuenta con cuatro plantas de servicio para el suministro de agua potable, solo la planta del casco urbano cuenta con el tratamiento fisicoquímico que estipula la ley Colombiana; las plantas de Amborco, Juncal y Betania que son responsabilidad directa del mismo, solamente reciben un análisis parcial de pH, alcalinidad y Cloro libre Residual, esto implica que no se puede dar cuenta de la calidad de agua de estos lugares, así que es necesario implementar unos análisis más rigurosos que permitan conocer la calidad de dichas aguas y ello es posible mediante un análisis fisicoquímico.

Por otra parte dichas plantas carecen del manual de Normatividad y procedimientos involucrados en el proceso de análisis de aguas potables, que son importantes implementarlos para asegurar una mejor calidad del servicio de agua; manuales que los operarios encargados del proceso físico-químico deben conocer y atender de forma precisa.

Teniendo en cuenta la situación anterior se hace necesario plantear dos preguntas problema para estas plantas de suministro de agua:

- ❖ Cuáles son los valores de los parámetros físico-químicos en muestras de agua de las diferentes plantas de tratamiento (Palermo, Juncal, Betania y Amborco), que permitan dar cuenta de la calidad del agua suministrada a la población beneficiaria de este servicio?
- ❖ Para cumplir con los requisitos certificados, exigidos por las normas vigentes, en cuanto a potabilidad de aguas, cuáles son los manuales de procedimiento que se deben implementar?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Determinar mediante análisis fisicoquímico la calidad del agua potable en las plantas de tratamiento de Palermo, Juncal, Betania, y Amborco y elaborar los manuales de procedimientos involucrados en dichos análisis.

1.2.2 Objetivos específicos

- ❖ Establecer la calidad físico-química del agua de las quebradas la Guagua, que abastece el acueducto del municipio de Palermo, La Arenosa del acueducto de Betania y de los aljibes de las zonas pobladas de Juncal y Amborco.

- ❖ Implementar un manual de procedimiento que involucre los análisis fisicoquímicos, mantenimiento de equipos y fichas de caracterización de cada uno de los equipos de adquisición de la empresa de servicios Públicos de Palermo “E.S.P.P.”

2. MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO CONTEXTUAL

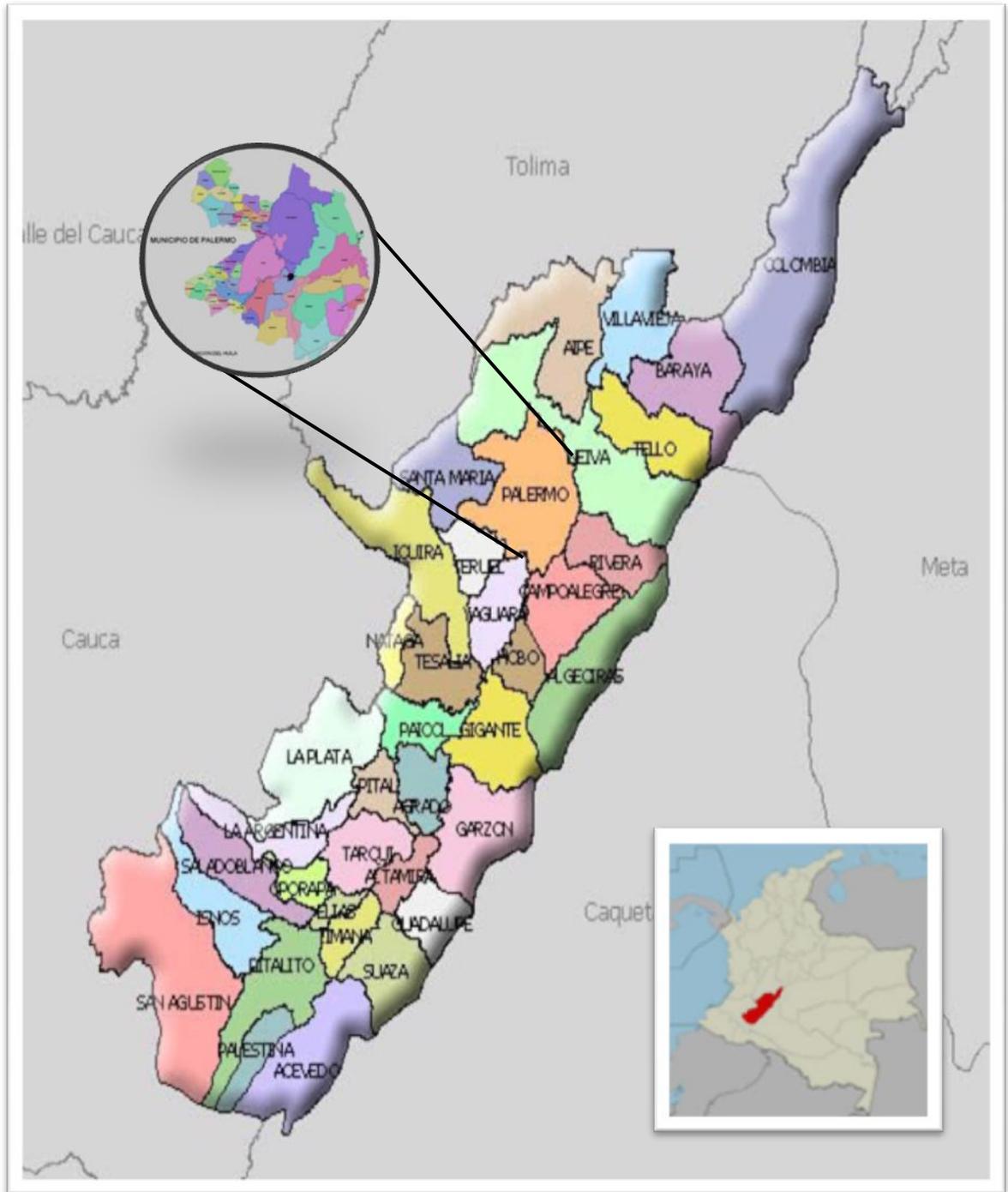
2.1.1 Área de Estudio

El municipio de Palermo se halla ubicado al Noroeste del departamento del Huila, sobre la margen izquierda del río Magdalena, a una distancia de 20 Km de Neiva, tiene una extensión de 917Km², cuenta con una altitud promedio de 549 m.s.n.m. El municipio presenta unas temperaturas que oscilan entre los 15°C en las zonas de las cordilleras y 27°C para las zonas bajas la cual corresponde a los valles del río Magdalena y Bache. El casco urbano presenta una temperatura promedio de 26.2°C; cuenta con una población de 27.217 habitantes según lo reportado por el DANE en el censo 2005.

El Municipio de Palermo Huila, limita al norte con el municipio de Neiva y Planadas, al sur con Yaguará, Campoalegre y Teruel, al oriente con Rivera, Campoalegre, Neiva y al occidente con Santa María y Neiva. Su posición geográfica es 2° 54' Latitud Norte y 75° 26' Longitud Oeste, tomando como Coordenadas la cabecera municipal. (Ver figura 1.)

El municipio de Palermo posee ocho Jurisdicciones y 55 veredas, de las cuales el casco Urbano tiene a su cargo tres Jurisdicciones que le brinda el servicio de agua potable (El Juncal, Betania y Amborco) con sus respectivas plantas, de igual forma la zona urbana cuenta con 18 barrios que reciben de forma directa el servicio de agua potable, alcantarillado y aseo.

Figura 1. Ubicación general del Municipio de Palermo, Huila, Colombia.



Fuente: Sitio oficial de Palermo en Huila, Colombia. El municipio en el departamento. [Imagen].2012.

2.1.2 Reseña Descriptiva de la Empresa

Mediante decreto No. 003 de 1998 se crea la Empresa de Servicios Públicos de Agua Potable, Alcantarillado y Aseo del Municipio de Palermo. E.S.P. "EMPRESAS PÚBLICAS DE PALERMO E.S.P." como una Empresa Industrial y Comercial del Municipio; cuya finalidad es ofrecer a la población Palermuna los servicios Públicos Domiciliarios de Agua Potable, Alcantarillado y Aseo, bajo los principios de eficiencia, eficacia, calidad, continuidad y cantidad, estableciendo un régimen tarifario proporcional para los Sectores de bajos ingresos de acuerdo con los preceptos de equidad y solidaridad; Contribuyendo así con el mejoramiento y la calidad de vida de los usuarios.

En la actualidad la empresa cuenta con cuatro plantas de tratamiento de agua potable, una en el casco urbano, garantizando el servicio a toda la comunidad ubicada en este sector, y las otras tres ubicadas en los centro poblados de Betania, Juncal y Amborco; cuya agua se extrae de diferentes fuentes, (Quebrada La Guagua, Quebrada La Arenosa, y de Aljibes) y que requieren de un tratamiento para el consumo; también se cuenta con cinco plantas de tratamiento de aguas residuales y una planta de procesamiento de basuras.

La empresa está integrada por una Junta Directiva y un Director de libre nombramiento, un área administrativa y un área operativa. En la actualidad dicha empresa se encuentra ubicada en el casco urbano de Palermo en la Calle 9 N. 7 - 52 en el segundo piso de la alcaldía Municipal , con la que se pueden comunicar a los teléfonos, 878 40 71, Fax: 878 37 67 y al Correo Electrónico: eppesp@hotmail.com

2.2 MARCO LEGAL

2.2.1 Marco Jurídico. La carta magna colombiana de 1991 establece en el art. 1° que Colombia es un estado social de derecho, descentralizado, con autonomía de sus entidades territoriales, participativa, pluralista y con prevalencia del interés general del pueblo; de igual modo consagra en el artículo 80, lo alusivo a la organización del manejo y aprovechamiento de los recursos naturales donde es deber del Estado garantizar el desarrollo sostenible, su conservación y restauración de dichos recursos.

Los recursos naturales son diversos y abundantes dependiendo del uso y aprovechamiento que le den las comunidades a éstos; el territorio nacional colombiano, con el propósito de garantizar la prevalencia de los diversos recursos y en especial el hídrico, ha consolidados decretos, acuerdos y normativas con el fin de protegerlos, de los cuales tenemos:

El Decreto 1575 de mayo 09 de 2007, expedido por el Ministerio de la Protección Social (MPS), y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), “Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano”

La Resolución 2115 de junio 22 de 2007 expedida por el MPS y el MAVDT, “Por medio del cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano”. Según lo ordenado en el Decreto 1575 de 2007.

La Resolución 0811 de marzo 5 de 2008 expedida por el MPS y el MAVDT, “Por medio del cual se definen los lineamientos a partir de los cuales la Autoridad Sanitaria y las Personas Prestadoras, concertadamente definirán en su área de influencia los lugares y puntos de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución”. Según lo ordenado en el Decreto 1575 de 2007.

La Resolución 00082 de enero 16 de 2009 expedida por el MPS, “Por medio del cual se adoptan unos formularios para la práctica de visitas de inspección sanitaria a los sistemas de suministro de agua para consumo humano. Según lo ordenado en el Decreto 1575 de 2007.

La Resolución 4716 de noviembre 18 de 2010 expedida por el MPS y el MAVDT, “Por medio de la cual se reglamenta el parágrafo del artículo 15 del Decreto 1575 de 2007”, mediante el cual se establecen las condiciones para elaborar los Mapas de Riego la calidad del agua para consumo humano.

El Decreto 2323 de julio 12 de 2006 expedido por el MPS, “Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 9ª de 1979 en relación con la Red Nacional de Laboratorios y se dictan otras disposiciones”.

Las entidades prestadoras del servicio de agua potable tienen la obligación de acatar dichas normas para la prestación del servicio, que conlleva a la calidad del agua requerida para la población humana, de lo contrario incurrirán en la ley y serán sancionadas bajo las mismas.

2.3 MARCO CONCEPTUAL

2.3.1 Calidad del agua. La calidad del agua se define en función de un conjunto de características variables físico – química o microbiológica, así como de sus valores de aceptación o de rechazo. La calidad físico – química del agua se basa en la determinación de sustancias químicas específicas que pueden afectar a la salud a la salud (OMS, 2006), tras cortos o largos periodos de exposición (Rojas, 2002).

Aquellas aguas que cumplan con los estándares preestablecidos para el conjunto de parámetros indicadores considerados serán aptas para la finalidad a que se las destina. El agua para consumo humano es aquella utilizada para la ingesta, preparación de alimentos, higiene personal, lavado de utensilios y otros menesteres domésticos (OPS, 2003).

El agua para consumo humano se deriva de dos fuentes: aguas superficiales, como los ríos y reservorios, y subterráneas (Fawell y Nieuwenhuijsen, 2003). Las primeras son aquellas que fluyen sobre la superficie de la tierra, incluyen las que precipitan de las lluvias y las que brotan de los manantiales. Las segundas son las que están situadas bajo el nivel freático y saturado completamente los poros y fisuras del terreno; fluyen a la superficie del suelo de forma natural a través de manantiales y pozos artesanales, o por medio de sistemas de bombeo (CIRA-UAEM, 2005).

2.3.2 Muestra. Toma puntual de agua en los puntos de muestreo concertados, que refleja la composición física, química y microbiológica representativa del momento, para el proceso de vigilancia de la Autoridad Sanitaria.

2.3.3 Toma, preservación y transporte de muestras para agua potable.

2.3.3.1 Toma de muestras

♣ **Asignación de la custodia:** Para la toma y recolección de muestras de campo, se debe asignar a una sola persona la responsabilidad de la custodia de las muestras; de igual forma deberá asignarse un segundo responsable que reemplace al principal, en ausencia. Las muestras deberán ser manipuladas por la menor cantidad posible de personas. El muestreador de campo asignado deberá ser responsable personalmente del cuidado y custodia de las muestras tomadas hasta que se transfieran adecuadamente al laboratorio para su respectivo análisis. Mientras que las muestras permanezcan bajo su custodia, el personal de campo

debe estar en la capacidad de atestiguar que nadie ha manipulado indebidamente las muestras, sin su conocimiento.

♣ **Recolección de la muestra:** Lo más importante es tratar que la muestra de agua sea homogénea y representativa, y por sobre todo que en la extracción no se modifiquen las propiedades del agua a analizar. Preferentemente se debe tomar la muestra en un envase de vidrio; puede usarse envase de plástico. Es necesario que el envase se encuentre perfectamente limpio (para esto debe lavarse con jabón o detergente, enjuagar varias veces con agua potable y por último enjuagar con el agua a analizar), y que su tapa o cierre no permita la salida del líquido, ni tampoco la entrada de elementos contaminantes.

Si el agua a analizar es de un sistema de distribución, se abre el grifo, se deja correr 4 ó 5 minutos (ya que el volumen próximo a la punta de la canilla sufre corrosión) y se toma la muestra.

Cuando la muestra proceda de ríos, arroyos, lagos, estanques, etc., se tratará de efectuar la toma lejos de las costas y a mediana profundidad, evitando hacerlo en sitios afectados por aportes accidentales de otros cursos y descargas de líquidos industriales, pluviales o cloacales.

Siempre se destapará el recipiente sumergido a una profundidad de 20 cm., tomándolo del cuello. Si hay corriente, la boca del recipiente se orientará en sentido contrario a ella. Si no hay corriente, se moverá el recipiente en semicírculo. Una vez lleno, se tapaná de inmediato dentro de la fuente.

Si el agua a analizar es de un pozo excavado o fuente similar, el procedimiento es el mismo que en el caso anterior. Se puede atar una pesa en la parte externa del recipiente de recolección, para facilitar el procedimiento.

En todos los casos se llena completamente el envase y se tapa. Es importante que no quede cámara de aire en el envase. Rotular y enviar al laboratorio.

♣ **Toma de muestra para análisis fisicoquímico:** Mantenga el frasco de muestreo cerrado hasta el momento en el que se realice el llenado. Antes de recolectar la muestra de agua es necesario dejar fluir el líquido libremente y con la presión suficiente, durante 3 a 5 minutos aproximadamente; esto con el objeto de captar el agua de interés y no aquella que pudiera estar retenida en las tuberías y puntos muertos del sistema. Cuando la muestra se toma de un punto diferente a una llave, es necesario asegurarse que ésta se encuentre bien mezclada para asegurar su representatividad. El frasco se debe purgar tres veces y llenar completamente hasta el tope. Tapar correctamente el recipiente, de manera que sea necesario romper el sello de seguridad en el momento de abrirlo. El punto de toma debe desinfectarse (hidrantes, grifos, válvulas, etc), flameando el orificio de

salida con mechero de alcohol. Los grifos o válvulas de material plástico se deben limpiar rigurosamente con un paño o toalla impregnada de solución de hipoclorito de Sodio con una concentración del 5 al 10%.

Todas las superficies que estén en contacto con el agua deben estar limpias y desinfectadas.

2.3.3.2 Rotulación de muestras. La identificación de la muestra se coloca en un rótulo marcado con tinta indeleble, adherida al recipiente y debe contener como mínimo los siguientes datos:

- Procedencia
- Sitio de recolección (Descripción detallada de la ubicación de la válvula o grifo, indicando la dirección, localidad, vereda, municipio, etc.)
- Persona que recolectó
- Preservación realizada
- Fuente de provisión (si es de origen superficial indicar río, arroyo, laguna, estanque o lo que corresponda). Si es de origen subterráneo indicar pozo surgente, semisurgente, de balde, etc.,
- Tipo de muestreo
- Número de la muestra
- Fecha y hora de recolección

Es indispensable registrar en el Formato de Recepción de Muestras toda la información anterior y los demás datos necesarios para asegurar la integridad de la muestra.

2.3.3.3 Volumen de muestras. Para el análisis Físicoquímico de aguas potables se utilizan frascos de tapa rosca, boca angosta, vidrio ámbar o de material plástico opaco, con capacidad mínima de 1 litro por si esta llegase a derramarse o para purga de tubos de ensayo.

2.3.3.4 Preservación y transporte de muestras. En el momento de envío de las muestras se debe revisar que los recipientes estén correctamente tapados, para evitar posibles derrames o contaminación. Para el transporte de la muestra, debe ser en forma refrigerada ó a temperatura no muy alta, ya que hay varios parámetros (nitratos, nitritos, amoníaco) que pueden modificarse por efecto del calor debido a la proliferación microbiana. El recipiente debe empacarse dentro de la nevera portátil junto con el medio refrigerante. Durante el transporte de las muestras evitar agitación innecesaria y exposición a la luz. Planear el proceso de transporte teniendo en cuenta que para aguas potables no debe transcurrir más de 8 horas entre la recolección y la llegada al laboratorio.

2.3.4 Agua cruda. Es el agua natural que no ha sido sometida a proceso de tratamiento para su potabilización.

2.3.5 Agua potable o agua para consumo humano. Es aquella que cumple las características físicas, químicas y microbiológicas, en las condiciones señaladas en la Resolución 2115 de 2007.

2.3.6 Planta de tratamiento de agua. Es un conjunto de estructuras en las que se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano.

2.3.6.1 Esquema de Funcionamiento de una planta de tratamiento de agua

♣ **Toma del río.** Punto de captación de las aguas;

♣ **Reja.** Impide la penetración de elementos de gran tamaño (ramas, troncos, peces, etc.).

♣ **Desarenador.** Es una estructura hidráulica que tiene como función remover las partículas de cierto tamaño que la captación de una fuente superficial permite pasar. Es una estructura diseñada para retener la arena que traen las aguas superficiales a fin de evitar que ingresen, al canal de aducción, a la central hidroeléctrica o al proceso de tratamiento y lo obstaculicen creando serios problemas.

♣ **Canaleta Parshall.** El aforador Parshall es una estructura hidráulica que permite medirla cantidad de agua que pasa por una sección de un canal. Consta de cuatro partes principales:

- **Sección convergente:** Por esta parte entra el agua hasta la planta.
- **Garganta:** Esta sección tiene una pendiente fuerte y debido a su estrechamiento, la velocidad se aumenta considerablemente produciéndose la turbulencia, la cual es aprovechada para la mezcla rápida.
- **Sección divergente:** Esta localizada al final de la estructura y se caracteriza por tener una pendiente suave.
- **Cámara de mezcla.** Donde se agrega al agua productos químicos. Los principales son los coagulantes (sulfato de alúmina), alcalinizantes (cal).

♣ **Floculador.** Estructura diseñada para crear condiciones adecuadas para aglomerar las partículas desestabilizadas en la coagulación y obtener flóculos grandes y pesados que decanten con rapidez y que sean resistentes a los esfuerzos cortantes que se generan en el lecho filtrante.

♣ **Decantador o Sedimentador.** El agua llega velozmente a una pileta muy amplia donde se reposa, permitiendo que se depositen las impurezas en el fondo. Para acelerar esta operación, se le agrega al agua coagulantes que atrapan las impurezas formando pesados coágulos. El agua sale muy clarificada y junto con la suciedad quedan gran parte de las bacterias que contenía

♣ **Filtración (Lecho filtrante).** Una vez que se ha decantado el agua para terminar el proceso de clarificación, se hace pasar por una etapa de filtración, la cual consiste en hacer pasar el agua que todavía contiene materias en suspensión a través de un medio filtrante que permite el paso del líquido pero no el de las partículas sólidas, las cuales quedan retenidas en el medio filtrante. De este modo, las partículas que no han sedimentado en el decantador son retenidas en los filtros. El medio filtrante más utilizado es la arena, sobre un lecho de grava como soporte, que consiste en un colchón con un lecho de arena fina, colocado sobre una capa de grava y antracita que constituye el soporte de la arena la cual, a su vez, se encuentra sobre un sistema de tuberías perforadas que recolectan el agua filtrada. El flujo es descendente, con una velocidad de filtración muy baja que puede ser controlada preferiblemente al ingreso del tanque. Esto se realiza con la finalidad de obtener un efluente de calidad sin necesidad de la utilización reactivos químicos durante el proceso.

♣ **Desinfección.** La última etapa del proceso es la adición de cloro para eliminar los microorganismos y conferirle efectivamente las características potables al agua.

2.3.7 Manual de procedimiento. El Manual de Procedimientos es un elemento del Sistema de Control Interno, el cual es un documento instrumental de información detallado e integral, que contiene, en forma ordenada y sistemática, instrucciones, responsabilidades e información sobre políticas, funciones, sistemas y reglamentos de las distintas operaciones o actividades que se deben realizar individual y colectivamente en una empresa, en todas sus áreas, secciones, departamentos y servicios.

2.3.8 Parámetros indicadores de la calidad del agua. La calidad del agua de consumo humano muestra al consumidor la presencia o ausencia de sustancias químicas y agentes patógenos nocivos a la salud, su calidad se encuentra determinada principalmente por el uso que se dé a la misma.

El proceder de las fuentes de agua para consumo se evalúa mediante la determinación de compuestos, metales, iones, etc. y sus distintas concentraciones presentes en el líquido, empleando diferentes pruebas de campo y laboratorio con cierto grado de complejidad.

Teniendo en cuenta lo anterior en Colombia se manejan algunos parámetros de mayor relevancia para la determinación de la calidad de aguas de consumo humano. Los cuales se relacionan a continuación:

Tabla 1. Criterios de calidad del agua potable.

CARACTERÍSTICAS	EXPRESADAS COMO	VALOR ADMISIBLE
Color Verdadero	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	≤ 15
Conductividad	µS /cm	50 – 1000
Nitratos	mg/L NO ₃	10 mg/L
Calcio	mg/L Ca CO ₃	60 mg/L
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃	100 mg/L
Cloruros	mg/L Cl ⁻	250 mg/L
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	160 mg/L
Magnesio	mg/L Mg	36 mg/L
Sulfatos	mg/L SO ₄ ⁻²	250 mg/L
pH	Potencial de hidrógeno	6.5 - 9.0

Fuente: Resolución 2115/2007. Diario Oficial. Ministerio de Salud Pública.

Estos parámetros se regulan en los decretos 1575 de 2007 por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable; decreto 1594 de 1998 por el cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano; resolución 2115 de 2007 donde se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias de sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo.

2.3.9 Análisis Físicoquímicos. El agua potable de uso domiciliario es el agua proveniente de un suministro público, de un pozo o de otra fuente, ubicada en los reservorios o depósitos domiciliarios. Ambas deberán cumplir con las características físicas, químicas y microbiológicas que cita el decreto 1575 de 2007 del ministerio de salud.

2.3.9.1 Color (U.P.C). El color de las aguas naturales se debe a la presencia de sustancias orgánicas disueltas o coloidales, de origen vegetal y, a veces, sustancias minerales (sales de hierro, manganeso, etc.). Como el color se aprecia sobre agua filtrada, el dato analítico no corresponde a la coloración comunicada por cierta materia en suspensión. El color de las aguas se determina por comparación con una escala de patrones preparada con una solución de cloruro de platino y cloruro de cobalto. El número que expresa el color de un agua es igual al número de miligramos de platino que contiene un litro patrón cuyo color es igual al del agua examinada.

Existen dos tipos de color: el verdadero y el aparente. El primero es el que se debe a las sustancias disueltas una vez eliminada la turbiedad. El segundo es el que resulta de las sustancias disueltas, ejemplos las materias en suspensión.

2.3.9.2 Olor. Está dado por diversas causas. Sin embargo los casos más frecuentes son:

- ✓ al desarrollo de microorganismos,
- ✓ a la descomposición de restos vegetales,
- ✓ a la contaminación con líquidos cloacales industriales,
- ✓ a la formación de compuestos resultantes del tratamiento químico del agua.

Las aguas destinadas a la bebida no deben tener olor perceptible.

2.3.9.3 Turbiedad (U.N.T). La turbiedad es una medida de la cantidad de materia en suspensión que interfiere con el paso de un haz de luz a través del agua. Se expresa en unidades Nefelométricas de turbiedad (U.N.T) y se mide en un turbidímetro (OMS, 1998). es producida por materia en suspensión, como arcilla, limo o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, plancton y otros microorganismos.

2.3.9.4 Dureza total (CaCO₃). El concepto dureza hace referencia a la cantidad total de cationes metálicos polivalentes como los iones Ca⁺² y Mg⁺² que hay en el agua, provenientes de la disolución de rocas y minerales; el grado de dureza determinado es proporcional a la concentración de sales alcalinas y esta característica está enmarcada por el contenido de bicarbonatos, carbonatos, cloruros, sulfatos y ocasionalmente nitratos de calcio y/o magnesio (Harris, D. 2006).

Puede haber también nitratos, fosfatos, silicatos, etc. (dureza permanente). El agua debe tener una dureza comprendida entre 60 y 100 mg/l. no siendo

conveniente aguas de dureza inferiores a 40 mg/l, por su acción corrosiva. Valor máximo aceptable de Dureza Total (CaCO₃) 400 mg/l.

Interpretación de la dureza:

DUREZA EXPRESADA COMO CaCO ₃	INTERPRETACIÓN
0-75 mg/L	Agua suave
75-150 mg/L	Agua poca dura
150-300 mg/L	Agua dura.
>300 mg/L	Agua muy dura

** Standard methods for the examination of water and waste water. Publicado por la APHA. Determinación de Dureza en agua Método 2340 C, 1995.*

La dureza se expresa en mg/L de CaCO₃; para Colombia la dureza que debe presentar el agua potable según el decreto 1575/2007 y 1594/1984 es de 200mg/L.

Existen dos tipos de dureza:

- **Dureza temporal:** determinada por el contenido de carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio. Puede ser eliminada por ebullición del agua y posterior eliminación de precipitados tomados por filtración.
- **Dureza permanente:** determinada por todas las sales de calcio y magnesio exceptuando carbonatos y bicarbonatos, en comparación a la dureza temporal, esta no puede eliminarse por ebullición del agua, esta dureza temporal permite hablar sobre los parámetros calcio el cual es uno de los elementos de mayor abundancia en la corteza terrestre, su presencia en las aguas naturales se debe a su paso sobre depósitos de piedra caliza, yeso y dolomita; mientras que la dureza magnésica se determina por sustracción entre el parámetro dureza total y entre la concentración del ion calcio.

Las valoraciones volumétricas con EDTA son las usadas como agente titulador puesto que esta solución da pie a la formación de iones complejos solubles con el calcio y el magnesio entre otros causantes de la dureza del agua.

2.3.9.5 Alcalinidad. Es la capacidad ácido neutralizante de una sustancia química en solución acuosa. Se considera como la acción de neutralizar ácidos, reaccionar con iones y captar protones, por lo tanto, es una medida de la cantidad de iones carbonatos $(\text{CO}_3)^{-2}$, hidroxilos (OH^-) y/o bicarbonatos (HCO_3^-) presentes en el agua los cuales presentan en ésta una acción buffer debido a que absorben protones manteniendo el potencial de hidrógeno en valores estables. El carácter alcalino en los cuerpos hídricos se debe al aporte de iones como: Ca^{+2} , Na^+ , K^+ y Mg^{+2} por parte de rocas básicas carbonatadas de incidencia en el área del afluente (Rodríguez M, J.M y Galvín M, R.1999).

La alcalinidad se determina mediante indicadores químicos cualitativos como la fenolftaleína para el caso de presencia de carbonatos o por medio de un indicador mixto (verde de Bromocresol y rojo de metilo) para bicarbonatos, realizando valoraciones con ácido clorhídrico (HCl 0.02M).

2.3.9.6 Potencial de Hidrogeno (pH). El agua presenta en su estructura molecular dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno lo cual le comunica a este compuesto un carácter inorgánico; gran parte de los compuestos existentes se encuentran cargados eléctricamente, es decir son iones; el potencial de hidrógeno da la medida del grado de acidez o alcalinidad que presenta una sustancia en este caso el agua y con base en ésta se define como la concentración de protones que contiene el agua.

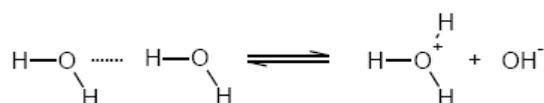
$$\text{pH} = -\text{Log} [\text{H}^+]$$

El agua se encuentra disociada en protones $[\text{H}^+]$ e iones hidroxilos $[\text{OH}^-]$.el producto de la concentración de estas especies se encuentra relacionado por una constante llamada constante de hidrólisis del agua K_w :

$$K_w = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{HOH}]} = 10^{-14}$$

El agua es un electrolito muy débil debido a la baja disociación por ella presentada; por igual, la baja o pequeña masa del átomo de hidrogeno cuyo único electrón se encuentra prácticamente retenido por el átomo de oxigeno de manera covalente, son las causas fundamentales de este comportamiento.

Cuando la variación de la energía interna molecular del agua es favorable, el ion hidrogeno se disocia y es obligado a movilizarse o “saltar” a la molécula de agua vecina con la cual está unida a través de un puente de hidrogeno así:



La disociación también se puede representar convencionalmente por la siguiente ecuación:



Aplicando la ley de acción de masas se tiene:

$$K_{eq} = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{HOH}]} = 10^{-14}$$

La [HOH] o concentración molar del agua no disociada es muy alta, [HOH] = 55.5 M si se reemplaza este valor se tiene que $55.5 K_{eq} = [\text{H}^+][\text{OH}^-]$. Por igual se adopto convencionalmente que $55.5 K_{eq} = [\text{H}^+][\text{OH}^-] K_w$, producto iónico del agua.

$$K_w: [\text{H}^+][\text{OH}^-]$$

En una situación de neutralidad la concentración de H^+ será igual a la concentración de OH^- por lo que se puede expresar la ecuación anterior de la forma siguiente:

$$[\text{H}^+]^2 = 10^{-14}$$

$$[\text{H}^+] = \sqrt{10^{-14}} = 10^{-7} = [\text{OH}^-] \text{ Ecuación 1}$$

Si multiplicamos a ambos lados de la ecuación 1 por -1 y tomamos logaritmos tendremos:

$$-\text{Log} [\text{H}^+] = -\text{Log} (10^{-7}) = 7$$

Con base en la definición de pH se tiene que en condiciones de neutralidad el pH es igual a siete.

La forma más útil y confiable para determinar el potencial de hidrógeno en el agua es empleando el método potenciométrico (pH metro) con respecto a un electrodo estándar según lo argumentado por Rojas. (Rojas, J.2007).

2.3.9.7 Amoniaco. El amoniaco presente en el medio ambiente procede de procesos metabólicos, agropecuarios e industriales y como producto de degradación del material nitrogenado en aguas naturales. También se encuentra en efluentes domésticos y en determinadas aguas residuales industriales. Las concentraciones naturales en aguas subterráneas y superficiales suelen ser menores que 0,2 mg/l, pero las aguas subterráneas anaerobias pueden contener hasta 3 mg/l y la ganadería intensiva puede generar concentraciones mayores en aguas superficiales.

El amoníaco es dañino para los peces y otras formas de vida acuática. Las pruebas de amoníaco se aplican habitualmente al control de la contaminación en los efluentes y las aguas residuales, y para el seguimiento de los suministros de agua potable.

2.3.9.8 Hierro (Fe). El hierro está presente en la naturaleza y es encontrado en muchas aguas naturales y tratadas de forma bivalente (Fe^{++}) o trivalente (Fe^{+++}), siendo soluble como (Fe^{++}) bajo condiciones anaeróbicas, pero en presencia de oxígeno se vuelve trivalente y forma complejos coloidales con otros iones inorgánicos. Constituye el elemento esencial para síntesis de los pigmentos respiratorios de muchos animales y hace parte de numerosas enzimas.

El hierro es un constituyente indeseable en suministros de aguas domésticas e industriales. La presencia de hierro afecta el sabor de bebidas y causa manchas en la ropa, accesorios de fontanería, piscina y superficies similares.

2.3.9.9 Fosfato PO_4^{-3} . Los compuestos que contienen fósforo (P), tales como los fosfatos y nitrógenos son bionutrientes, es decir, sustancias necesarias para el crecimiento vegetal (Orozco, 2005). El exceso de fosfatos causa la eutrofización, la cual provoca un incremento incontrolado de floraciones algales de cianobacterias que producen toxinas en el organismo que las ingiere, y una drástica disminución de oxígeno disuelto en el agua (Sharpley, 2003).

En principio, estos bionutrientes no deberían ser considerados como contaminantes del agua, pero la actividad humana ha aportado excesos en los ecosistemas acuáticos (Sharpley, 2003).

Los fosfatos están presentes en las aguas superficiales como resultado de la meteorización y lixiviación de las rocas portadoras de fósforo procedentes de la erosión del suelo, de las aguas residuales, escorrentía agrícola y precipitación atmosférica (Kiely, 1999).

2.3.9.10 Aluminio Al_3^+ . El aluminio es un componente natural de las aguas superficiales y subterráneas. Es el metal más abundante de los metales, constituyendo cerca del 8% de la corteza terrestre. Todas las aguas contienen aluminio; en aguas neutras está presente como compuestos insolubles, y en aguas altamente ácidas o alcalinas se puede presentar en solución.

La mayoría de las autoridades del agua alrededor del mundo utilizan el sulfato de aluminio ($AlSO_4$) como agente floculante en el tratamiento de sus suministros de agua. Un agente floculante es una sustancia que, añadida al agua, atrae las pequeñas partículas de materia inorgánica, bacterias, virus y otros organismos potencialmente peligrosos para los humanos, ayudando a su filtrado. (Documento 4 de la Asociación Española de aluminios (AEA – abril 2008)

2.3.9.11 Nitritos (NO_2^-). Los nitritos se encuentran en las aguas naturales como producto intermedio en el ciclo del nitrógeno. El nitrito es dañino para los peces y otras formas de vida acuática y el nivel de nitritos deben ser cuidadosamente controladas en el agua utilizada para las piscifactorías, y acuarios. En los seres humanos, el nitrito reduce la capacidad de los glóbulos rojos para llevar oxígeno. En la mayoría de los adultos y niños, estos glóbulos rojos se normalizan rápidamente. Sin embargo, en los lactantes pueden desarrollar una enfermedad seria debido a la falta de oxígeno.

2.3.9.12 Nitratos (NO_3^-). Son iones presentes en la naturaleza y hacen parte del ciclo del nitrógeno lo cual hace que su distribución en la corteza terrestre sea variada, desde el aire, pasando por alimentos e incluso en las aguas (Mora A.D; 2009). Para su determinación se utilizan muestras con bajo contenido en materia orgánica (suministros de agua potable) las cuales se determinan por colorimetría comparativa o mediante lecturas en un espectrofotómetro el cual permite la determinación de nitratos que son absorbentes a 220 nm de longitud de onda. Debido a que la materia orgánica también puede absorber a esta longitud de onda debemos hacer una segunda lectura a 275 nm para obtener la medida relativa sólo a nitratos.

2.3.9.13 Cloruros (Cl^-). Todas las aguas contienen cloruros. Una gran cantidad puede ser índice de contaminación ya que las materias residuales de origen animal siempre tienen considerables cantidades de estas sales. Un agua con alto tenor de oxidabilidad, amoníaco, nitrato, nitrito, caracteriza una contaminación y por lo tanto los cloruros tienen ese origen. Pero si estas sustancias faltan ese alto tenor se debe a que el agua atraviesa terrenos ricos en cloruros. Los cloruros son inocuos de por sí, pero en cantidades altas dan sabor desagradable. Valor máximo aceptable: 350 mg/l.

2.3.9.14 Sulfatos (SO_4^-). El ión sulfato es uno de los aniones que con mayor frecuencia se encuentran en las aguas naturales, debido al poder de disolución que tiene el agua sobre los minerales contenidos en la corteza terrestre.

Los sulfatos se introducen en aguas tratadas por el uso de productos químicos tales como sulfato de aluminio, bisulfito de sodio (ácido seco) y el ácido sulfúrico. En las aguas industriales que contiene sulfato, la corrosión localizada de hierro, acero y aluminio en planta y tuberías puede ocurrir a través de la acción de bacterias reductoras de sulfato. Estas bacterias, que generan sulfuros, causan una característica corrosiva por la picadura de la superficie del metal.

3. METODOLOGÍA

El presente trabajo se desarrollo bajo la modalidad de pasantía, en la Empresa Pública de Palermo; se llevo a cabo una investigación de tipo cuantitativo, con el fin de determinar la calidad del agua suministrada a la población. Para el logro de los objetivos planteados, la metodología que se implementó, se dividió en dos fases:

3.1 FASE UNO: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE MUESTRAS

La población objeto de estudio que se tuvo en cuenta corresponde a los cuerpos de agua que abastecen los acueductos de la zona urbana del municipio de Palermo, y los centros poblados de Betania, Juncal y Amborco; los cuales hacen parte de la diversidad hídrica de la región. La muestra escogida fue el agua de consumo de las quebradas La Guagua y La Arenosa y de los aljibes de Juncal y Amborco, como sistema de suministro de agua de estas zonas, a las cuales se les practicaron los análisis fisicoquímicos en un periodo de cinco meses con un muestreo semanal.

3.1.1 Etapas. Las etapas que se emplearon en el desarrollo de de los análisis fisicoquímicos fueron las siguientes:

- ❖ **Campo:** describe la metodología y técnicas empleadas utilizadas en el sitio de muestreo.
- ❖ **Laboratorio:** explica los procedimientos que se emplearon para caracterizar el material recolectado en la fase de campo.
- ❖ **Técnicas de análisis de la información:** contiene las herramientas estadísticas que se utilizaron para agrupar, comparar, clasificar y ordenar los datos obtenidos en la fase de laboratorio.
- ❖ **Reporte de resultados:** describe la forma como se generó los informes de los resultados de análisis de las diferentes muestras a la empresa de servicios Públicos de Palermo “E.S.P.P”, con sus correspondientes observaciones.

3.1.1.1 Etapa de Campo. Las muestras de agua fueron tomadas en dos puntos principales de cada planta (ver figura 2);

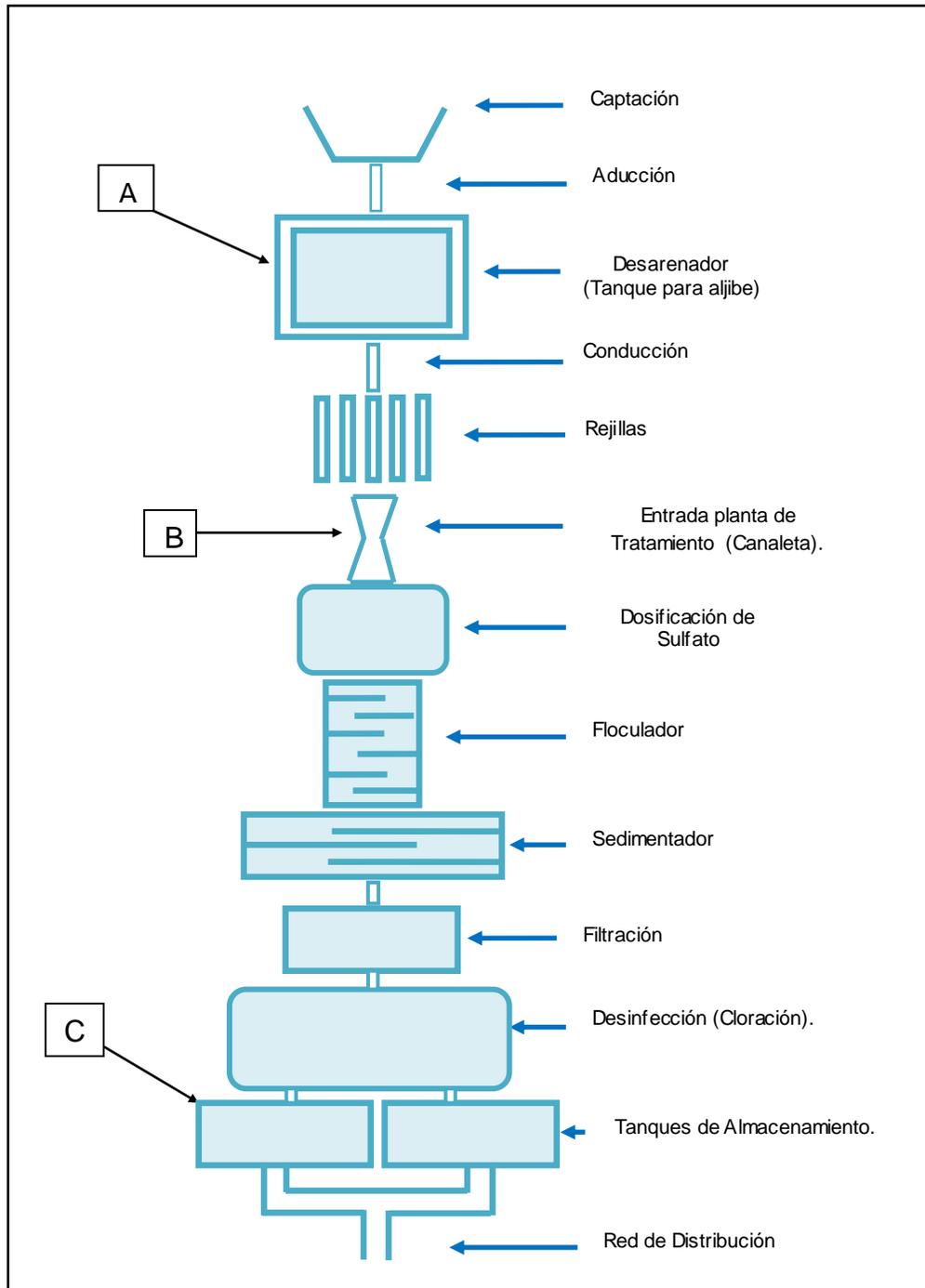
- A.** Tanques de captación de bombeo de aljibes: Lugar de captación de agua cruda bombeada desde el aljibe para luego ser tratada.
- B.** Canaleta Parshall: Lugar donde entra el agua a la planta de tratamiento.
- C.** Tanque de almacenamiento: Corresponde al lugar donde se almacena el agua después de ser tratada y desinfectada para ser surtida por el sistema de suministro a la población.

La frecuencia de muestreo se realizó semanalmente durante los meses de Octubre, Noviembre, Diciembre, Enero y Febrero (cinco meses consecutivos). En cada uno de los puntos relacionados en la figura 2; cabe resaltar que el punto A. corresponde a los tanques de captación de bombeo de los aljibes, correspondientes a los centros poblados de Juncal y Amborco.

Se tomaron dos muestras (agua cruda y agua tratada) obteniendo ocho muestras por semana, para un total de ciento cuarenta y cuatro (144) muestras recolectadas en campo.

Cada una de las muestras tomadas durante los cinco meses de trabajo en campo, se recolectaron teniendo en cuenta las condiciones adecuadas para el análisis fisicoquímico, que consiste en tomar muestras de agua a analizar, las cuales se captan empleando una botella de vidrio ó plástico de 1 litro de capacidad, totalmente limpia y con tapa hermética, ésta se introduce tapada en un lugar medio dentro de la zona elegida para tomar la muestra y una vez dentro del cuerpo de agua se destapa el recipiente para que se llene de agua totalmente; posteriormente se tapa nuevamente y se retira para ser etiquetada, guardada, refrigerada y llevada al laboratorio para practicarle los respectivos análisis.

Figura 2. Puntos de muestreo para sistema de suministro de agua de consumo humano.



Diseño: Emilce Tovar Puentes. (Pasante Usco) 2013

3.1.1.2 Etapa de laboratorio. Los análisis realizados a cada una de las muestras recolectadas en campo, se llevaron a cabo en el laboratorio de la “EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE PALERMO E.S.P.” ubicado en el municipio de Palermo, bajo la orientación del asesor de pasantía y el operario de turno de planta.

Los análisis de las muestras se realizaron simultáneamente con el trabajo de Campo, ya que las muestras de agua pueden perder algunas propiedades con el tiempo y así mismo los resultados de algunos parámetros se pueden ver alterados. Por semana, se analizaron ocho muestras para un total de ciento cuarenta y cuatro muestras analizadas en el laboratorio durante los cinco meses consecutivos.

A cada una de las ciento cuarenta y cuatro (144) muestras se les practicó un análisis fisicoquímico, apoyado con cada uno de los instrumentos que la empresa tiene para este tipo de análisis (fotómetro, turbidímetro, pH-metro, etc.) y sus respectivos reactivos. Los análisis realizados fueron: pH, temperatura, turbiedad, color, dureza temporal y total (CaCO_3), cloruros (Cl^-), hierro (Fe), nitritos (NO_2^-), nitratos (NO_3^-), aluminio (Al_3^+) sulfatos (SO_4^{2-}), fosfatos (PO_4^{3-}) y cloro libre residual (Cl_2). Durante el análisis de laboratorio estas pruebas fueron realizadas tanto a las muestras de agua cruda como a las muestras de agua tratada. (Ver tablas de resultados fisicoquímicos 3 -18).

3.1.1.3 Etapa de análisis de la información. Para realizar el respectivo análisis de los datos obtenidos a partir de las pruebas fisicoquímicas preliminares aplicadas, se basó en los parámetros fisicoquímicos regidos en la normatividad vigente para el tratamiento y suministro de agua potable establecidos en el decreto 1575 de 2007 y la resolución 2115 de 2007 expuesta para Colombia, a las empresas prestadoras de este servicio. De igual forma se trabajó con la estadística descriptiva, la cual permite analizar mediante las medidas de tendencia central, la forma como los datos de una muestra se agrupan en torno a un valor central de la variable; así mismo, mediante las medidas de dispersión se analiza el comportamiento de estos datos en tanto se acercan o no, a ese valor central y cómo se distribuyen. Entre las principales medidas y técnicas estadísticas aplicadas encontramos: promedio, desviación estándar y varianza.

3.1.1.4 Reporte de resultados. Los reportes de los resultados, se presentaron en dos informes (Octubre- Noviembre y Diciembre) dentro de los cuales se analizó cada parámetro con su respectivo resultado y observación, especialmente para aquellos que no se encontraban dentro del rango permisible, según la normatividad vigente para aguas de consumo humano. Estos fueron reportados al jefe Operativo de plantas. (Ver CD. Anexo A).

Los resultados obtenidos durante los meses de Enero y Febrero no se reportaron de forma escrita, debido a que el jefe operativo de las plantas y la gerente encargada de la empresa, sugirieron un informe parcial oral, de los resultados obtenidos durante estos meses.

3.2 FASE DOS: MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

Para la elaboración del manual de procedimientos, el plan de mantenimiento y calibración, y las fichas técnicas de los instrumentos de laboratorio, de cada uno de los equipos y sus accesorios, que posee la empresa de servicios públicos de Palermo “E.S.P” “E.P.P” se prosiguió de la siguiente manera:

3.2.1 Etapas.

- ❖ **Recopilación de documentos:** describe la metodología empleada en la recopilación de datos de aquellos posibles documentos que la empresa posee en el momento.
- ❖ **Organización de datos recopilados:** expone la forma en que se organizaron los datos recopilados.
- ❖ **Diseño y elaboración de manuales (plan de mantenimiento y calibración, fichas técnicas y manuales de procedimientos de equipos):** especifica la forma de diseño y elaboración de cada uno de los manuales elaborados.
- ❖ **Reporte de resultados:** describe de forma breve como se realizó la presentación de los manuales elaborados.

3.2.1.1 Recopilación de documentos. La recopilación de los datos de la posible documentación que pudiese tener la empresa en cuanto a manuales de procedimientos de los equipos de laboratorio, se realizó investigando en los archivos existentes en la oficina de la empresa de servicios públicos, y en cada una de las plantas de tratamiento de agua potable (Palermo y centros poblados de Betania, Juncal y Amborco) esto con el fin de recolectar todos aquellos documentos que pudiera ayudar con la información para posteriormente realizar los manuales planteados, de igual forma se realizó un seguimiento exhaustivo de la forma de operación de cada uno de los equipos con que cuenta la empresa (fotómetro, turbidímetro, pH-metro, etc.) para determinar el procedimiento paso a

paso que se debe seguir en el momento de realizar un análisis a una muestra de agua o cualquier otra solución a analizar.

3.2.1.2 Organización de datos recopilados. Los datos recopilados que pudiesen servir para la elaboración de los manuales, se fueron digitalizando para elaborar un archivo con la información colectada y de esta forma ir armando los manuales propuestos en esta pasantía.

3.2.1.3 Diseño y elaboración de manuales. Con los datos procesados y digitalizados se procedió a realizar el diseño y elaboración de los manuales.

Los diseños de los diferentes manuales elaborados, se realizaron fundamentalmente basados en la utilidad que le podían dar a cada uno de ellos, teniendo en cuenta las personas que van a consultarlos, es decir, se busco la forma de hacerlos lo mas entendible y prácticos, que el consultor del manual, tuviera una ruta de fácil seguimiento en cada uno de los procesos que fuesen consultados. De igual forma se tuvo en cuenta los colores de los logotipos de la empresa para acondicionarlos a todas las imágenes y graficas que allí se plasmaron.

Una vez diseñado la plataforma donde se iba articular los procesos de los manuales se prosiguió a la digitalización y elaboración de los componentes de los manuales, con sus respectivas imágenes. (Ver CD. Anexo B-D).

3.2.1.4 Reporte de resultados. Para realizar la presentación de los manuales (plan de mantenimiento y calibración, fichas técnicas y manuales de procedimientos de equipos) elaborados se realizó una breve exposición, donde se dio a conocer el resultado final de estos manuales, esta exposición fue dirigida a todos los operarios de cada una de las plantas de tratamiento de agua potable, Juncal, Amborco, Betania y Palermo, al igual que el jefe operativo, el almacenista y la gerente de la empresa y en ella se expuso el contenido general de cada uno de los manuales.

3.3 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla 2. Cronograma de actividades para el desarrollo de la pasantía.

ACTIVIDADES	MESES – SEMANAS																															
	SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO				ABRIL							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Gestión del Convenio entre la Universidad y la Empresa.	*	*	*																													
Visita preliminar al área de trabajo		*	*																													
Elaboración del anteproyecto y aprobación por el comité de currículo.		*	*	*	*																											
Semana de inducción.					*																											
Análisis físico-químico de las muestras. (Tratamiento, lectura).						*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*								
Digitalización de los resultados obtenidos en prueba de análisis.						*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*								
Reunión de comité administrativo (informe de resultados del análisis de aguas)						*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*								
Recopilación de documentos (manuales y procedimientos de las plantas).						*	*	*																								
Organización de datos recopilados.						*	*	*	*	*	*	*																				
Elaboración de fichas técnicas. Manuales de procedimiento, manuales de funciones.						*	*	*					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*								
Codificación de reactivos y de muestras. Elaboración de fichas técnicas de los equipos y de los procedimientos a seguir en el laboratorio.						*	*	*					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*								
Implementación de un plan de mantenimiento y calibración de los equipos.																	*	*	*	*	*	*	*	*								
Socialización de los resultados obtenidos en la pasantía																									*	*	*	*				

Las fechas hacen referencia a los tiempos comprendidos entre Septiembre de 2012 y Abril de 2013.

4. RESULTADOS Y ANALISIS

4.1 INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS FISICOQUIMICOS.

Los muestreos periódicos y los análisis de laboratorio que se practicaron al agua de consumo del municipio de Palermo y sus zonas pobladas de Juncal, Betania, y Amborco, se llevaron a cabo con la finalidad de tener una visión clara sobre el estado fisicoquímico del agua de esta región, la periodicidad de éstos constituye una herramienta útil para caracterizar el agua de consumo humano y así conocer la calidad sanitaria que esta presenta e inferir acerca de los posibles problemas de contaminación que estas fuentes hídricas pudieren presentar.

En total se practicaron quince pruebas para cada una de las dieciocho semanas de muestreos (pH, temperatura, turbiedad, color, dureza temporal y total (CaCO_3), cloruros (Cl^-), hierro (Fe), nitritos (NO_2), nitratos (NO_3), aluminio (Al^+), sulfatos (SO_4^{-2}), fosfatos (PO_4^{-3}) y cloro libre residual (Cl_2)). La recolección de estas y el posterior análisis, tuvo lugar durante la tercera semana del mes de octubre del año 2012 y la cuarta semana del mes de febrero del año 2013, análisis que fue practicado en el laboratorio de la empresa de servicios públicos de Palermo, donde se priorizó en el almacenamiento de las muestras recolectadas, con el objeto de brindar la mayor confiabilidad en los resultados.

Las determinaciones realizadas se fundamentaron en las técnicas reportadas por los operarios de las plantas previamente capacitados para estos procesos y con base al modo de operación de los instrumentos de laboratorio de la empresa.

A continuación se presenta los resultados obtenidos por cada parámetro para las dieciocho semanas de muestreo, en cada una de las plantas (Palermo, Betania, Juncal y Amborco), donde se puede observar cada uno de lo valores obtenidos durante cada semana de análisis.

Tabla 3. Resultados fisicoquímicos de agua cruda y tratada.
Planta de tratamiento de Betania.
(Octubre y Noviembre).

Parámetros	Valor admisible	Fecha: 19/10/2012		Fecha: 09/11/2012		Fecha: 16/11/2012		Fecha: 23/11/2012		Fecha: 30/11/2012	
		Agua tratada	Agua cruda								
QE L/S	-----	-----	38,4	-----	38,4	-----	38,4	-----	38,4	-----	38,4
Temperatura	-----	23 °C	23 °C	24 °C	24 °C	23 °C	24 °C	23 °C	26 °C	23 °C	23 °C
Turbiedad U.T.N.	2.0 U.N.T	2,19	2,83	3,01	3,33	3,11	3,31	9,2	8,58	3,68	3,69
Color U.P.C.	≤ 15 U.P.C.	15	20	0,0	5	0,5	5	70	70	18	20
pH	6.5 - 9.0	-----	-----	7,3	7,1	7,5	7,2	7,4	7,3	7,3	7,6
Dureza Total mg/l CaCO ₃	300 mg/L	26	26	15	15	15	15	30	27	31	29
Dureza Temporal mg/l CaCO ₃	-----	26	26	15	15	15	15	30	27	31	29
Cloruros mg/l Cl ⁻	250 mg/L	4,3	3,4	4,0	5,7	4,6	5,9	5,9	4,7	16,5	9,8
Hierro mg/l Fe	0.3 mg/L	0,3	0,3	0,41	0,64	0,3	0,34	0,61	0,66	0,56	0,47
Nitritos mg/l NO ₂ ⁻	0.1 mg/L	0	0,08	0,001	0,05	0,001	0,06	0,010	0,014	0,006	0,002
Nitratos mg/l NO ₃ ⁻	10 mg/L	0,115	0,115	0,159	0,134	0,159	0,134	0,143	0,133	0,075	0,117
Aluminio mg/l Al ₃ ⁺	0.2 mg/L	0,07	0,07	0,01	0,01	0,01	0,01	0,06	0,03	0,4	0,08
Sulfatos mg/l SO ₄ ⁻²	250 mg/L	1	1	0,0	3	0,0	3	27	20	7	3
Fosfatos mg/l PO ₄ ⁻³	0.5 mg/L	0,48	0,48	2,0	0,32	0,49	0,32	0,40	0,22	0,0	0,0
Cloro Libre Residual Cl ₂	0.3 – 2.0 mg/L	0,03	-----	3,84	-----	0,03	-----	0,28	-----	1,74	-----
Sitio de Muestreo	-----	TA	PTA								

TA = Tanque de Almacenamiento

PTA = Planta de Tratamiento de Agua

QE L/S = caudal de Entrada en litros/segundo

Valores en Negrita son aquellos que se encuentran por encima o por debajo del valor admisible.

Tabla 4. Resultados fisicoquímicos de agua cruda y tratada.
Planta de tratamiento el Juncal.
(Octubre y Noviembre).

Parámetros	Valor admisible	Fecha: 19/10/2012		Fecha: 09/11/2012		Fecha: 16/11/2012		Fecha: 23/11/2012		Fecha: 30/11/2012	
		Agua tratada	Agua cruda								
QE L/S	-----	-----	17,8	-----	17,8	-----	17,8	-----	17,8	-----	17,8
Temperatura	-----	26 °C	28 °C	30 °C	29 °C	25 °C	25 °C	25 °C	26 °C	30°C	27°C
Turbiedad U.T.N.	2.0 U.N.T	1,39	1,63	1,29	1,71	3,01	0,83	1,60	0,83	1,50	0,50
Color U.P.C.	≤15 U.P.C.	45	46	65	60	35	30	15	5	5	5
pH	6.5 - 9.0	-----	-----	7,6	7,9	7,6	7,9	7,7	7,3	7,5	7,7
Dureza Total mg/l CaCO ₃	300 mg/L	9	11	7	9	12	11	9	10	13	9,0
Dureza Temporal mg/l CaCO ₃	-----	9	11	7	9		11	9	10	13	9,0
Cloruros mg/l Cl ⁻	250 mg/L	4,9	6,9	4,7	6,7	8,2	5,8	5,4	7,2	12,5	4,9
Hierro mg/l Fe	0.3 mg/L	0,29	0,15	0,30	0,16	0,04	0,14	0,01	0,35	0,26	0,07
Nitritos mg/l NO ₂ ⁻	0.1 mg/L	0,006	0,019	0,004	0,016	0,001	0,004	0,005	0,003	0,002	0,003
Nitratos mg/l NO ₃ ⁻	10 mg/L	0,186	0,168	0,176	0,165	0,198	0,117	0,288	0,189	0,147	0,254
Aluminio mg/l Al ₃ ⁺	0.2 mg/L	0,19	0,19	0,12	0,20	0,14	0,14	0,11	0,16	0,33	0,0
Sulfatos mg/l SO ₄ ⁻²	250 mg/L	26	29	23	25	21	23	23	25	23	25
Fosfatos mg/l PO ₄ ⁻³	0.5 mg/L	1,12	1,08	1,75	1,05	1,15	0,81	1,40	1,15	1,60	1,25
Cloro Libre Residual Cl ₂	0.3–2.0mg/l	0,98	-----	0,80	-----	0,80	-----	0,38	-----	1,62	-----
Sitio de Muestreo	-----	TA	PTA								

TA = Tanque de Almacenamiento

PTA = Planta de Tratamiento de Agua

QE L/S = caudal de Entrada en litros/segundo

Valores en Negrita son aquellos que se encuentran por encima o por debajo del valor admisible.

Tabla 5. Resultados análisis fisicoquímicos de agua cruda y tratada.
Planta de tratamiento de Amborco.
(Octubre y Noviembre).

Parámetros	Valor admisible	Fecha: 19/10/2012		Fecha: 09/11/2012		Fecha: 16/11/2012		Fecha: 30/11/2012	
		Agua tratada	Agua cruda						
QE L/S	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Temperatura	-----	25 °C	27 °C	27 °C	26 °C	24 °C	24 °C	26°C	30 °C
Turbiedad U.T.N.	2.0 U.N.T	0,69	0,78	1,48	0,38	0,63	0,87	1,89	1,99
Color U.P.C.	≤ 15 U.P.C.	0,9	0,6	15	30	0,0	0,0	0,0	15
pH	6.5 - 9.0	-----	-----	7,8	7,9	7,6	7,4	7,4	7,5
Dureza Total mg/l CaCO ₃	300 mg/L	7,1	9	25	15	9	11	23	2,1
Dureza Temporal mg/l CaCO ₃	-----	7,1	9	25	15	9	11	23	2,1
Cloruros mg/l Cl ⁻	250 mg/L	11,3	12,5	5,6	7,1	5,3	5,9	8,2	6,2
Hierro mg/l Fe	0.3 mg/L	0,29	0,33	0,13	0,06	0,06	0,12	0,07	0,11
Nitritos mg/l NO ₂ ⁻	0.1 mg/L	0,002	0,002	0,005	0,011	0,003	0,004	0,001	0,009
Nitratos mg/l NO ₃ ⁻	10 mg/L	0,415	0,417	0,176	0,157	0,096	0,286	1,010	0,473
Aluminio mg/l Al ₃ ⁺	0.2 mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0,04	0,002	0,01
Sulfatos mg/l SO ₄ ⁻²	250 mg/L	14	16	10	16	7	10	6	4,0
Fosfatos mg/l PO ₄ ⁻³	0.5 mg/L	0,86	0,95	1,70	2,10	0,87	2,0	0,003	3,60
Cloro Libre Residual Cl ₂	0.3 – 2.0 mg/L	0,98	-----	0,76	-----	1,13	-----	0,67	-----
Sitio de Muestreo	-----	TA	PTA	TA	PTA	TA	PTA	TA	PTA

TA = Tanque de Almacenamiento (Agua Tratada)

PTA = Planta de Tratamiento (Agua Cruda)

QE L/S = caudal de Entrada en litros/segundo.

*NOTA: El día 23 de Noviembre de 2012 no se realizó análisis de agua porque la planta se encontraba en mantenimiento.

Valores en Negrita son aquellos que se encuentran por encima o por debajo del valor admisible.

Tabla 6. Resultados análisis fisicoquímicos de agua cruda y tratada.
Planta de tratamiento de Palermo.
(Octubre y Noviembre).

Parámetros	Valor admisible	Fecha: 19/10/2012		Fecha: 09/11/2012		Fecha: 16/11/2012		Fecha: 23/11/2012		Fecha: 30/11/2012	
		Agua tratada	Agua cruda								
QE L/S	-----	-----	40,4	-----	40,4	-----	38,8	-----	×	-----	40,4
Temperatura	-----	23,0 °C	22,8 °C	24 °C	23 °C	23 °C	22 °C	23 °C	×	24 °C	24 °C
Turbiedad U.T.N.	2.0 U.N.T	3,28	613	2,53	879	4,22	30,3	3,525	×	12,0	116
Color U.P.C.	≤ 15 U.P.C.	12	100	5	350	5	165	8	×	60	620
pH	6.5 - 9.0	-----	-----	-----	-----	6,80	7,40	X	×	6,7	7,5
Dureza Total mg/l CaCO ₃	300 mg/L	47	45	32	28	28	20	26	×	30	5
Dureza Temporal mg/l CaCO ₃	-----	47	45	32	28	28	20	26	×	30	5
Cloruros mg/l Cl ⁻	250 mg/L	13	18	6,3	1,2	5,8	7,2	4,5	×	5,6	6,1
Hierro mg/l Fe	0.3 mg/L	0,17	0,23	0,19	0,54	0,05	0,57	0,33	×	0,53	1,66
Nitritos mg/l NO ₂ ⁻	0.1 mg/L	0.005	0,1	0,007	0,007	0,009	0,015	0,009	×	0,015	0,062
Nitratos mg/l NO ₃ ⁻	10 mg/L	0,03	0,179	0,125	0,046	0,475	0,645	0,225	×	0,348	0,560
Aluminio mg/l Al ₃ ⁺	0.2 mg/L	0,94	0,2	0,22	0,07	0,29	0,08	0,16	×	0,12	0,24
Sulfatos mg/l SO ₄ ⁻²	250 mg/L	56	32	31	24	26	24	29	×	27	32
Fosfatos mg/l PO ₄ ⁻³	0.5 mg/L	1,64	1,33	0,31	0,90	0,40	0,92	0,28	×	0,40	1.40
Cloro Libre Residual Cl ₂	0.3 – 2.0 mg/L	0,65	-----	0,57	-----	0,91	-----	0,52	×	0,14	-----
Sitio de Muestreo	-----	TA	PTA	TA	PTA	TA	PTA	TA	×	TA	PTA

PTA = Planta de Tratamiento (Agua Cruda)

TA = Tanque de Almacenamiento (Agua Tratada)

QE L/S = caudal de Entrada en litros/segundo

*NOTA: El día 23 de Noviembre de 2012 no se realizó análisis de agua cruda porque no hubo caudal de entrada.

Valores en Negrita son aquellos que se encuentran por encima o por debajo del valor admisible.

**Tabla 7. Resultados fisicoquímicos de agua cruda y tratada.
Planta de tratamiento el Juncal.
(Diciembre).**

Parámetros	Valor admisible	Fecha: 07/12/2012		Fecha: 14/12/2012		Fecha: 21/12 /2012		Fecha: 28/12/2012	
		Agua tratada	Agua cruda	Agua tratada	Agua cruda	Agua tratada	Agua cruda	Agua tratada	Agua cruda
QEL/S	-----	-----	17,8	-----	17,8	-----	17,8	-----	17,8
Temperatura	-----	30	24	30	29	31	30	30	30
Turbiedad U.T.N.	2.0 U.N.T	1,39	0,74	1,82	2	1,67	1,59	1,01	0,96
Color U.P.C.	≤ 15 U.P.C.	15	20	15	25	14	26	16	25
pH	6.5 - 9.0	7,9	7,5	7,9	7,5	7,9	7,4	7,9	7,6
Dureza Total mg/l CaCO ₃	300 mg/L	13	13	15	16	12	8	8	17
Dureza Temporal mg/l CaCO ₃	-----	13	13	15	16	12	8	8	17
Cloruros mg/l Cl ⁻	250 mg/L	6,6	22,0	32,0	22,0	30,0	26,5	26,0	24,5
Hierro mg/l Fe	0.3 mg/L	0,20	0,16	0,20	0,11	0,27	0,3	0,3	0,12
Nitritos mg/l NO ₂ ⁻	0,1 mg/L	0,007	0,007	0,004	0,001	0,009	0,008	0,004	0,001
Nitratos mg/l NO ₃ ⁻	10 mg/L	0,214	0,222	0,190	0,108	0,225	0,283	0,620	0,023
Aluminio mg/l Al ₃ ⁺	0.2 mg/L	0,02	0,06	0,26	0,06	0,15	0,15	0,12	0,08
Sulfatos mg/l SO ₄ ⁻²	250 mg/L	27	26	24	22	24	22	25	23
Fosfatos mg/l PO ₄ ⁻³	0.5 mg/L	1,10	1,05	1,20	1,45	1,35	1,15	1,40	0,83
Cloro Libre Residual Cl ₂	0.3 – 2.0 mg/L	0,74	-----	0,74	-----	1,56	-----	1,30	-----
Sitio de Muestreo	-----	TA	PTA	TA	PTA	TA	PTA	TA	PTA

TA = Tanque de Almacenamiento (Agua Tratada).

PTA = Planta de Tratamiento (Agua Cruda).

QE L/S = caudal de Entrada en litros/segundo.

Valores en Negrita son aquellos que se encuentran por encima o por debajo del valor admisible.

Tabla 8. Resultados fisicoquímicos de agua cruda y tratada.
Planta de tratamiento Betania.
(Diciembre).

Parámetros	Valor admisible	Fecha: 07/12/2012		Fecha: 14/12/2012		Fecha: 21/12 /2012		Fecha: 28/12/2012	
		Agua tratada	Agua cruda	Agua tratada	Agua cruda	Agua tratada	Agua cruda	Agua tratada	Agua cruda
QEL/S	-----	-----	38,4	-----	38,4	-----	38,4	-----	38,4
Temperatura	-----	22	25	23	23	21	22	22	23
Turbiedad U.T.N.	2.0 U.N.T	5,69	7,64	120	150	15,3	15,3	9,51	9,44
Color U.P.C.	≤ 15 U.P.C.	25	35	580	590	135	150	55	60
pH	6.5 - 9.0	7,8	7,4	7,6	7,6	7,4	7,4	7,6	7,7
Dureza Total mg/l CaCO ₃	300 mg/L	50	44	2	7	24	22	44	30
Dureza Temporal mg/l CaCO ₃	-----	50	44	2	7	24	22	44	30
Cloruros mg/l Cl ⁻	250 mg/L	7,6	1,3	6,3	7,0	1,5	5,3	7,5	3,5
Hierro mg/l Fe	0.3 mg/L	0,61	0,68	2,30	2,25	0,98	0,92	0,67	0,78
Nitritos mg/l NO ₂ ⁻	0,1 mg/L	0,006	0,006	0,047	0,041	0,009	0,008	0,009	0,003
Nitratos mg/l NO ₃ ⁻	10 mg/L	0,208	0,675	0,263	0,428	0,190	0,216	0,525	0,041
Aluminio mg/l Al ₃ ⁺	0.2 mg/L	0,04	0,002	0,17	0,11	0,03	0,03	0,03	0,03
Sulfatos mg/l SO ₄ ⁻²	250 mg/L	10	7	26	24	9	8	9	7
Fosfatos mg/l PO ₄ ⁻³	0.5 mg/L	0,29	0,35	0,42	0,44	0,31	0,29	0,33	0,30
Cloro Libre Residual Cl ₂	0.3 – 2.0 mg/L	1,56	-----	1,28	-----	0,59	-----	2,55	-----
Sitio de Muestreo	-----	TA	PTA	TA	PTA	TA	PTA	TA	PTA

TA = Tanque de Almacenamiento (Agua Tratada).

PTA = Planta de Tratamiento (Agua Cruda).

QE L/S = caudal de Entrada en litros/segundo.

Valores en Negrita son aquellos que se encuentran por encima o por debajo del valor admisible.

Tabla 9. Resultados fisicoquímicos de agua cruda y tratada.
Planta de tratamiento de Amborco.
(Diciembre).

Parámetros	Valor admisible	Fecha: 07/12/2012		Fecha: 14/12/2012		Fecha: 21/12/2012		Fecha: 28/12/2012	
		Agua tratada	Agua cruda						
Qe l/s	-----	-----		-----		-----		-----	
Temperatura	-----	25	26	29	30	30	30	28	29
Turbiedad U.T.N.	2.0 u.n.t	0,78	0,58	0,67	0,43	0,56	1,04	0,58	0,68
Color U.P.C.	≤ 15 u.p.c.	5	20	10	20	5	5	5	15
pH	6.5 - 9.0	7,6	7,3	7,6	7,4	7,8	7,5	7,7	7,5
Dureza total mg/l CaCO ₃	300 mg/l	19	16	20	26	39	16	20	18
Dureza temporal mg/l CaCO ₃	-----	19	16	20	26	39	16	20	18
Cloruros mg/l Cl ⁻	250 mg/l	3,7	2,4	6,7	3,9	6,7	2,4	7,1	2,9
Hierro mg/l Fe	0.3 mg/l	0,11	0,14	0,21	0,09	0,09	0,18	0,13	0,14
Nitritos mg/l NO ₂ ⁻	0,1 mg/l	0,005	0,008	0,001	0,004	0,006	0,008	0,003	0,006
Nitratos mg/l NO ₃ ⁻	10 mg/l	0,349	0,148	0,645	0,175	0,129	0,223	0,268	0,182
Aluminio mg/l Al ₃ ⁺	0.2 mg/l	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Sulfatos mg/l SO ₄ ⁻²	250 mg/l	10	10	5	9	9	8	3	9
Fosfatos mg/l PO ₄ ⁻³	0.5 mg/l	1,95	2,10	1,50	1,90	1,85	1,65	2,10	1,79
Cloro libre residual Cl ₂	0.3 – 2.0 mg/l	0,77	-----	1,15	-----	1,49	-----	0,79	-----
Sitio de muestreo	-----	TA	PTA	TA	PTA	TA	PTA	TA	PTA

PTA = Planta de Tratamiento (Agua Cruda)

TA = Tanque de Almacenamiento (Agua Tratada)

QE L/S = caudal de Entrada en litros/segundo

Valores en Negrita son aquellos que se encuentran por encima o por debajo del valor admisible.

Tabla 10. Resultados fisicoquímicos de agua cruda y tratada.
Planta de tratamiento de Palermo.
(Diciembre).

Parámetros	Valor admisible	Fecha: 07/12/2012		Fecha: 14/12/2012		Fecha: 21/12 /2012		Fecha: 28/12/2012	
		Agua tratada	Agua cruda	Agua tratada	Agua cruda	Agua tratada	Agua cruda	Agua tratada	Agua cruda
QEL/S	-----	-----	40,4	-----	40,4	-----	38,8	-----	40,4
Temperatura	-----	23	22	23	23	23	23	23	22
Turbiedad U.T.N.	2.0 U.N.T	4,8	22,1	1,82	9,9	2,54	8,81	3,43	6,11
Color U.P.C.	≤ 15 U.P.C.	2,5	115	5	80	5	15	0,5	5
pH	6.5 - 9.0	6,9	7,5	6,75	7,5	7,2	7,5	7,10	7,75
Dureza Total mg/l CaCO ₃	300 mg/L	43	39	33	29	49	30	45	29
Dureza Temporal mg/l CaCO ₃	-----	43	39	33	29	49	30	45	29
Cloruros mg/l Cl ⁻	250 mg/L	6,1	6,8	6,6	4,6	2,8	2,5	2,2	2,1
Hierro mg/l Fe	0.3 mg/L	0,27	0,49	0,13	0,40	0,27	0,42	0,18	0,10
Nitritos mg/l NO ₂ ⁻	0,1 mg/L	0,004	0,016	0,002	0,010	0,001	0,005	0,009	0,007
Nitratos mg/l NO ₃ ⁻	10 mg/L	0,121	0,261	0,116	0,082	0,207	0,076	0,255	0,021
Aluminio mg/l Al ₃ ⁺	0.2 mg/L	0,19	0,03	0,11	0,02	0,02	0,01	0,23	0,01
Sulfatos mg/l SO ₄ ⁻²	250 mg/L	34	27	24	19	20	27	21	21
Fosfatos mg/l PO ₄ ⁻³	0.5 mg/L	0,34	0,81	0,29	0,86	0,39	0,88	0,39	0,81
Cloro Libre Residual Cl ₂	0.3 – 2.0 mg/L	0,98	-----	0,75	-----	0,94	-----	0,53	-----
Sitio de Muestreo	-----	TA	PTA	TA	PTA	TA	PTA	TA	PTA

PTA = Planta de Tratamiento (Agua Cruda)

TA = Tanque de Almacenamiento (Agua Tratada)

QE L/S = caudal de Entrada en litros/segundo

Valores en Negrita son aquellos que se encuentran por encima o por debajo del valor admisible.

Tabla 11. Resultados fisicoquímicos de agua cruda y tratada.
Planta de tratamiento el juncal.
(Enero).

Parámetros	Valor admisible	Fecha: 04/01/2013		Fecha: 11/01/2013		Fecha: 18/01/2013		Fecha: 25/01/2013	
		Agua tratada	Agua cruda						
QEL/S	-----	-----	17,8	-----	17,8	-----	17,8	-----	17,8
Temperatura	-----	30	24	30	29	31	30	30	30
Turbiedad U.T.N.	2.0 U.N.T	1,37	1,34	1,22	1,55	1,67	1,58	1,05	1,06
Color U.P.C.	≤ 15 U.P.C.	15	20	15	15	13	16	14	15
pH	6.5 - 9.0	7,8	7,5	7,5	7,5	7,7	7,5	7,9	7,6
Dureza Total mg/l CaCO ₃	300 mg/L	12	12	15	16	12	11	8	17
Dureza Temporal mg/l CaCO ₃	-----	12	12	15	16	12	11	8	17
Cloruros mg/l Cl ⁻	250 mg/L	6,8	22,1	33,0	21,0	30,1	26,5	26,0	24,5
Hierro mg/l Fe	0.3 mg/L	0,22	0,20	0,20	0,15	0,25	0,3	0,3	0,11
Nitritos mg/l NO ₂ ⁻	0,1 mg/L	0,009	0,008	0,006	0,004	0,009	0,008	0,006	0,003
Nitratos mg/l NO ₃ ⁻	10 mg/L	0,224	0,222	0,192	0,118	0,215	0,273	0,320	0,023
Aluminio mg/l Al ₃ ⁺	0.2 mg/L	0,02	0,06	0,026	0,061	0,25	0,19	0,15	0,09
Sulfatos mg/l SO ₄ ⁻²	250 mg/L	26	26	23	22	24	22	25	23
Fosfatos mg/l PO ₄ ⁻³	0.5 mg/L	1,01	1,08	1,04	1,55	1,05	1,16	1,04	0,83
Cloro Libre Residual Cl ₂	0.3 – 2.0 mg/L	0,74	-----	0,74	-----	1,56	-----	1,30	-----
Sitio de Muestreo	-----	TA	PTA	TA	PTA	TA	PTA	TA	PTA

PTA = Planta de Tratamiento (Agua Cruda)

TA = Tanque de Almacenamiento (Agua Tratada)

QE L/S = caudal de Entrada en litros/segundo

Valores en Negrita son aquellos que se encuentran por encima o por debajo del valor admisible.

Tabla 12. Resultados fisicoquímicos de agua cruda y tratada.
Planta de tratamiento Betania.
(Enero)

Parámetros	Valor admisible	Fecha: 04/01/2013		Fecha: 11/01/2013		Fecha: 18/01/2013		Fecha: 25/01/2013	
		Agua tratada	Agua cruda						
QE L/S	-----	-----	38,4	-----	38,4	-----	38,4	-----	38,4
Temperatura	-----	22	24	22	22	24	25	23	24
Turbiedad U.T.N.	2.0 U.N.T	6,69	7,64	4,5	6,4	5,3	5,3	9,5	9,4
Color U.P.C.	≤ 15 U.P.C.	16	25	19	90	13	150	57	60
pH	6.5 - 9.0	7,8	7,4	7,7	7,6	7,6	7,4	7,7	7,7
Dureza Total mg/l CaCO ₃	300 mg/L	56	46	26	17	24	22	44	30
Dureza Temporal mg/l CaCO ₃	-----	56	46	26	17	24	22	44	30
Cloruros mg/l Cl ⁻	250 mg/L	7,9	2,3	6,3	7,0	5,5	5,3	9,5	8,5
Hierro mg/l Fe	0.3 mg/L	0,69	0,68	3,30	2,25	0,98	0,92	0,69	0,78
Nitritos mg/l NO ₂ ⁻	0,1 mg/L	0,006	0,006	0,047	0,041	0,009	0,008	0,009	0,003
Nitratos mg/l NO ₃ ⁻	10 mg/L	0,209	0,685	0,363	0,528	0,290	0,212	0,425	0,141
Aluminio mg/l Al ₃ ⁺	0.2 mg/L	0,05	0,005	0,19	0,14	0,09	0,08	0,03	0,03
Sulfatos mg/l SO ₄ ⁻²	250 mg/L	10	7	26	24	9	8	9	7
Fosfatos mg/l PO ₄ ⁻³	0.5 mg/L	0,29	0,35	0,42	0,44	0,31	0,29	0,33	0,30
Cloro Libre Residual Cl ₂	0.3 – 2.0 mg/L	1,56	-----	1,28	-----	0,59	-----	2,55	-----
Sitio de Muestreo	-----	TA	PTA	TA	PTA	TA	PTA	TA	PTA

PTA = Planta de Tratamiento (Agua Cruda)

TA = Tanque de Almacenamiento (Agua Tratada)

QE L/S = caudal de Entrada en litros/segundo

Valores en Negrita son aquellos que se encuentran por encima o por debajo del valor admisible.

Tabla 13. Resultados fisicoquímicos de agua cruda y tratada.
Planta de tratamiento de Amborco.
(Enero).

Parámetros	Valor admisible	Fecha: 04/01/2013		Fecha: 11/01/2013		Fecha: 18/01/2013		Fecha: 25/01/2013	
		Agua tratada	Agua cruda						
QEL/S	-----	-----		-----		-----		-----	
Temperatura	-----	25	26	29	30	30	30	28	29
Turbiedad U.T.N.	2.0 U.N.T	0,79	0,60	0,67	0,53	0,59	1,40	0,68	0,68
Color U.P.C.	≤ 15 U.P.C.	5	20	10	20	5	5	5	15
pH	6.5 - 9.0	7,6	7,3	7,6	7,4	7,8	7,5	7,7	7,5
Dureza Total mg/l CaCO ₃	300 mg/L	20	16	21	26	29	16	23	21
Dureza Temporal mg/l CaCO ₃	-----	20	16	21	26	29	16	23	21
Cloruros mg/l Cl ⁻	250 mg/L	9,7	6,4	6,7	4,9	6,7	4,4	7,1	3,9
Hierro mg/l Fe	0.3 mg/L	0,15	0,19	0,22	0,10	0,09	0,18	0,13	0,14
Nitritos mg/l NO ₂ ⁻	0.1 mg/L	0,006	0,008	0,003	0,004	0,005	0,008	0,003	0,006
Nitratos mg/l NO ₃ ⁻	10 mg/L	0,349	0,148	0,645	0,175	0,129	0,223	0,268	0,182
Aluminio mg/l Al ₃ ⁺	0.2 mg/L	0,03	0,05	0,06	0,06	0,01	0,02	0,02	0,02
Sulfatos mg/l SO ₄ ⁻²	250 mg/L	11	10	9	7	9	8	5	9
Fosfatos mg/l PO ₄ ⁻³	0.5 mg/L	1,65	2,10	1,40	1,90	1,55	1,65	2,11	1,79
Cloro Libre Residual Cl ₂	0.3 – 2.0 mg/L	0,77	----	1,15	----	1,49	----	0,79	----
Sitio de Muestreo	-----	TA	PTA	TA	PTA	TA	PTA	TA	PTA

PTA = Planta de Tratamiento (Agua Cruda)

TA = Tanque de Almacenamiento (Agua Tratada)

QE L/S = caudal de Entrada en litros/segundo

Valores en Negrita son aquellos que se encuentran por encima o por debajo del valor admisible.

Tabla 14. Resultados fisicoquímicos de agua cruda y tratada.
Planta de tratamiento de Palermo.
(Enero)

Parámetros	Valor admisible	Fecha: 04/01/2013		Fecha: 11/01/2013		Fecha: 18/01/2013		Fecha: 25/01/2013	
		Agua tratada	Agua cruda						
QE L/S	-----	-----	40,4	-----	40,4	-----	38,8	-----	40,4
Temperatura	-----	23	22	23	23	23	23	23	22
Turbiedad U.T.N.	2.0 U.N.T	2,0	22,1	1,82	9,9	2,04	8,81	3,43	6,11
Color U.P.C.	≤ 15 U.P.C.	5,0	115	6,0	80	3,8	15	2,5	5
pH	6.5 – 9.0	6,9	7,5	6,75	7,5	7,2	7,5	7,10	7,75
Dureza Total mg/l CaCO ₃	300 mg/L	44	29	34	30	49	30	45	29
Dureza Temporal mg/l CaCO ₃	-----	44	29	34	30	49	30	45	29
Cloruros mg/l Cl ⁻	250 mg/L	6,5	6,9	6,5	5,6	3,8	2,5	2,2	2,1
Hierro mg/l Fe	0.3 mg/L	0,27	0,49	0,23	0,30	0,27	0,42	0,18	0,10
Nitritos mg/l NO ₂ ⁻	0.1 mg/L	0,004	0,016	0,002	0,010	0,002	0,005	0,009	0,007
Nitratos mg/l NO ₃ ⁻	10 mg/L	0,121	0,251	0,116	0,072	0,207	0,077	0,255	0,021
Aluminio mg/l Al ₃ ⁺	0.2 mg/L	0,20	0,03	0,13	0,02	0,02	0,01	0,22	0,01
Sulfatos mg/l SO ₄ ⁻²	250 mg/L	34	27	24	19	20	27	21	21
Fosfatos mg/l PO ₄ ⁻³	0.5 mg/L	0,34	0,81	0,29	0,86	0,39	0,88	0,39	0,81
Cloro Libre Residual Cl ₂	0.3 – 2.0 mg/L	0,98	-----	0,75	-----	0,94	-----	0,53	-----
Sitio de Muestreo	-----	TA	PTA	TA	PTA	TA	PTA	TA	PTA

PTA = Planta de Tratamiento (Agua Cruda)

TA = Tanque de Almacenamiento (Agua Tratada)

QE L/S = caudal de Entrada en litros/segundo

Valores en Negrita son aquellos que se encuentran por encima o por debajo del valor admisible.

Tabla 15. Resultados fisicoquímicos de agua cruda y tratada.
Planta de tratamiento el juncal.
(Febrero).

Parámetros	Valor admisible	Fecha: 01/02/2013		Fecha: 08/02/2013		Fecha: 15/02 /2013		Fecha: 22/02/2013	
		Agua tratada	Agua cruda	Agua tratada	Agua cruda	Agua tratada	Agua cruda	Agua tratada	Agua cruda
QEL/S	-----	-----	17,8	-----	17,8	-----	17,8	-----	17,8
Temperatura	-----	30	24	30	29	31	30	30	30
Turbiedad U.T.N.	2.0 U.N.T	1,39	0,74	1,82	2	1,67	1,59	1,01	0,96
Color U.P.C.	≤ 15 U.P.C.	14	20	15	25	14	26	15	25
pH	6.5 – 9.0	7,9	7,5	7,9	7,5	7,9	7,4	7,9	7,6
Dureza Total mg/l CaCO ₃	300 mg/L	18	17	14	16	11	8	9	17
Dureza Temporal mg/l CaCO ₃	-----	18	17	14	16	11	8	8	17
Cloruros mg/l Cl ⁻	250 mg/L	6,6	22,0	32,0	22,0	30,0	26,5	26,0	24,5
Hierro mg/l Fe	0.3 mg/L	0,20	0,16	0,20	0,11	0,27	0,3	0,3	0,12
Nitritos mg/l NO ₂ ⁻	0.1 mg/L	0,007	0,007	0,004	0,001	0,009	0,008	0,004	0,001
Nitratos mg/l NO ₃ ⁻	10 mg/L	0,214	0,222	0,190	0,108	0,225	0,283	0,620	0,023
Aluminio mg/l Al ₃ ⁺	0.2 mg/L	0,02	0,06	0,26	0,06	0,15	0,15	0,12	0,08
Sulfatos mg/l SO ₄ ⁻²	250 mg/L	27	26	24	22	24	22	25	23
Fosfatos mg/l PO ₄ ⁻³	0.5 mg/L	1,10	1,05	1,20	1,45	1,35	1,15	1,40	0,83
Cloro Libre Residual Cl ₂	0.3 – 2.0 mg/L	0,74	-----	0,74	-----	1,56	-----	1,30	-----
Sitio de Muestreo	-----	TA	PTA	TA	PTA	TA	PTA	TA	PTA

PTA = Planta de Tratamiento (Agua Cruda)

TA = Tanque de Almacenamiento (Agua Tratada)

QE L/S = caudal de Entrada en litros/segundo

Valores en Negrita son aquellos que se encuentran por encima o por debajo del valor admisible.

Tabla 16. Resultados fisicoquímicos de agua cruda y tratada.
Planta de tratamiento Betania.
(Febrero).

Parámetros	Valor admisible	Fecha: 01/02/2013		Fecha: 08/02/2013		Fecha: 15/02 /2013		Fecha: 22/02/2013	
		Agua tratada	Agua cruda	Agua tratada	Agua cruda	Agua tratada	Agua cruda	Agua tratada	Agua cruda
QE L/S	-----	-----	38,4	-----	38,4	-----	38,4	-----	38,4
Temperatura	-----	22	25	23	23	21	22	22	23
Turbiedad U.T.N.	2.0 U.N.T	3,6	7,64	14	150	12	15,3	9	9,44
Color U.P.C.	≤ 15 U.P.C.	22	35	50	590	35	150	52	60
pH	6.5 - 9.0	7,8	7,4	7,6	7,6	7,4	7,4	7,6	7,7
Dureza Total mg/l CaCO ₃	300 mg/L	60	44	7	7	44	32	46	30
Dureza Temporal mg/l CaCO ₃	-----	60	44	7	7	44	32	46	30
Cloruros mg/l Cl ⁻	250 mg/L	7,6	1,3	6,3	7,0	1,5	5,3	7,5	3,5
Hierro mg/l Fe	0.3 mg/L	0,4	0,68	2,3	2,25	0,28	0,92	0,37	0,78
Nitritos mg/l NO ₂ ⁻	0.1 mg/L	0,006	0,006	0,047	0,041	0,009	0,008	0,009	0,003
Nitratos mg/l NO ₃ ⁻	10 mg/L	0,218	0,685	0,262	0,429	0,191	0,217	0,535	0,041
Aluminio mg/l Al ₃ ⁺	0.2 mg/L	0,09	0,003	0,17	0,18	0,06	0,04	0,03	0,03
Sulfatos mg/l SO ₄ ⁻²	250 mg/L	11	7	26	24	9	8	9	7
Fosfatos mg/l PO ₄ ⁻³	0.5 mg/L	0,29	0,35	0,42	0,44	0,31	0,29	0,33	0,30
Cloro Libre Residual Cl ₂	0.3 – 2.0 mg/L	1,56	-----	1,28	-----	0,59	-----	2,55	-----
Sitio de Muestreo	-----	TA	PTA	TA	PTA	TA	PTA	TA	PTA

PTA = Planta de Tratamiento (Agua Cruda)

TA = Tanque de Almacenamiento (Agua Tratada)

QE L/S = caudal de Entrada en litros/segundo

Valores en Negrita son aquellos que se encuentran por encima o por debajo del valor admisible.

Tabla 17. Resultados fisicoquímicos de agua cruda y tratada.
Planta de tratamiento de Amborco.
(Febrero).

Parámetros	Valor admisible	Fecha: 01/02/2013		Fecha: 08/02/2013		Fecha: 15/02/2013		Fecha: 22/02/2013	
		Agua tratada	Agua cruda						
QE L/S	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Temperatura	-----	25	26	29	30	30	30	28	29
Turbiedad U.T.N.	2.0 U.N.T	0,68	0,68	0,69	0,53	0,60	1,04	0,58	0,68
Color U.P.C.	≤ 15 U.P.C.	5	20	10	20	5	5	5	15
pH	6.5 - 9.0	7,6	7,3	7,6	7,4	7,8	7,5	7,7	7,5
Dureza Total mg/l CaCO ₃	300 mg/L	20	16	22	26	29	16	20	18
Dureza Temporal mg/l CaCO ₃	-----	20	16	22	26	29	16	20	18
Cloruros mg/l Cl ⁻	250 mg/L	3,7	2,4	6,7	3,9	6,7	2,4	7,1	2,9
Hierro mg/l Fe	0.3 mg/L	0,11	0,14	0,21	0,09	0,09	0,18	0,13	0,14
Nitritos mg/l NO ₂ ⁻	0.1 mg/L	0,005	0,008	0,001	0,004	0,006	0,008	0,003	0,006
Nitratos mg/l NO ₃ ⁻	10 mg/L	0,349	0,148	0,645	0,175	0,129	0,223	0,268	0,182
Aluminio mg/l Al ₃ ⁺	0.2 mg/L	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Sulfatos mg/l SO ₄ ⁻²	250 mg/L	10	10	5	9	9	8	3	9
Fosfatos mg/l PO ₄ ⁻³	0.5 mg/L	0,95	2,10	1,0	1,90	1,05	1,65	1,10	1,79
Cloro Libre Residual Cl ₂	0.3 – 2.0 mg/L	0,77	-----	1,15	-----	1,49	-----	0,79	-----
Sitio de Muestreo	-----	TA	PTA	TA	PTA	TA	PTA	TA	PTA

PTA = Planta de Tratamiento (Agua Cruda)

TA = Tanque de Almacenamiento (Agua Tratada)

QE L/S = caudal de Entrada en litros/segundo

Valores en Negrita son aquellos que se encuentran por encima o por debajo del valor admisible.

Tabla 18. Resultados fisicoquímicos de agua cruda y tratada.
Planta de tratamiento de Palermo.
(Febrero).

Parámetros	Valor admisible	Fecha: 01/02/2013		Fecha: 08/02/2013		Fecha: 15/02 /2013		Fecha: 22/02/2013	
		Agua tratada	Agua cruda	Agua tratada	Agua cruda	Agua tratada	Agua cruda	Agua tratada	Agua cruda
QE L/S	-----	-----	40,4	-----	40,4	-----	38,8	-----	40,4
Temperatura	-----	23	22	23	23	23	23	23	22
Turbiedad U.T.N.	2.0 U.N.T	1,08	22,1	1,82	9,9	1,54	8,81	1,43	6,11
Color U.P.C.	≤ 15 U.P.C.	2,5	115	5	80	5	15	0,5	5
pH	6.5 - 9.0	6,9	7,5	6,75	7,5	7,2	7,5	7,10	7,75
Dureza Total mg/l CaCO ₃	300 mg/L	33	39	32	29	46	30	45	29
Dureza Temporal mg/l CaCO ₃	-----	33	39	32	29	46	30	45	29
Cloruros mg/l Cl ⁻	250 mg/L	6,1	6,8	6,6	4,6	2,8	2,5	2,2	2,1
Hierro mg/l Fe	0.3 mg/L	0,28	0,50	0,16	0,43	0,30	0,42	0,20	0,10
Nitritos mg/l NO ₂ ⁻	0.1 mg/L	0,004	0,016	0,002	0,010	0,001	0,005	0,009	0,007
Nitratos mg/l NO ₃ ⁻	10 mg/L	0,121	0,261	0,116	0,082	0,207	0,076	0,255	0,021
Aluminio mg/l Al ₃ ⁺	0.2 mg/L	0,19	0,03	0,11	0,02	0,02	0,01	0,23	0,01
Sulfatos mg/l SO ₄ ⁻²	250 mg/L	34	27	24	19	20	27	21	21
Fosfatos mg/l PO ₄ ⁻³	0.5 mg/L	0,34	0,81	0,29	0,86	0,39	0,88	0,39	0,81
Cloro Libre Residual Cl ₂	0.3 – 2.0 mg/L	0,98	-----	0,75	-----	0,94	-----	0,53	-----
Sitio de Muestreo	-----	TA	PTA	TA	PTA	TA	PTA	TA	PTA

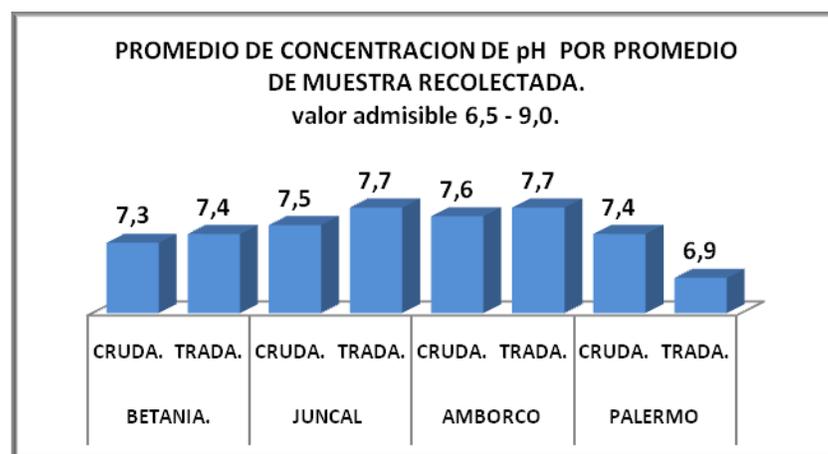
PTA = Planta de Tratamiento (Agua Cruda)
TA = Tanque de Almacenamiento (Agua Tratada)
QE L/S = caudal de Entrada en litros/segundo

Las gráficas 3 a 18 representan los valores obtenidos semanalmente, durante los meses de análisis en muestras de agua tratada y cruda en cada planta de tratamiento; en ellos se resalta en color rojo los valores que excedieron el nivel admisible para consumo humano en Colombia. Los parámetros de turbiedad, color, hierro y fosfato son los que con mayor frecuencia superaron el nivel admisible; particularmente, los valores altos en los parámetros de color y turbiedad se evidenciaron principalmente en las plantas de tratamiento de Betania y Palermo; y el parámetro de fosfato en las plantas de Juncal y Amborco.

Con relación a los resultados obtenidos se hace necesario realizar un análisis individual de cada uno de los parámetros físico-químicos evaluados, para ello se promedia los resultados obtenidos en cada parámetro durante los meses de análisis de las muestra, y con base a estos se realiza el análisis respectivo de la calidad del agua que suministra la empresa de servicios públicos de Palermo a la población beneficiaría.

4.1.1 Potencial de hidrógeno (pH). La grafica 1; muestra el comportamiento del pH en las muestras de agua analizadas, tanto crudas como tratadas, donde se puede observar que en todos los puntos no hay una variación significativa de pH en relación a lo estipulado en la resolución 2115 de 2007 del ministerio de la protección social ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, en el cual se contempla un límite promedio máximo permisible de 6.5-9.0, lo cual sugiere que estos puntos en mención cumple con lo estipulado en la norma técnica colombiana.

Grafica 1. Promedio de la concentración de pH.



La tabla 19, da a conocer la variación de pH en los puntos de muestreo de los centros poblados de Betania, Juncal y Amborco y de la zona urbana de Palermo, para cada uno de los puntos de muestreo, es decir del agua cruda y del agua tratada. En el cual se puede apreciar claramente que el pH presentado por estas cuencas hidrográficas, presenta y preservan un pH apropiado para poder ser consumida. En relación a la dispersión de datos se puede afirmar que la desviación estándar de acuerdo al promedio global de los datos de pH en los puntos de muestreo es de +/- 0.18, lo cual muestra que los datos tienden a ser homogéneos.

Tabla 19. Potencial de hidrogeno pH.

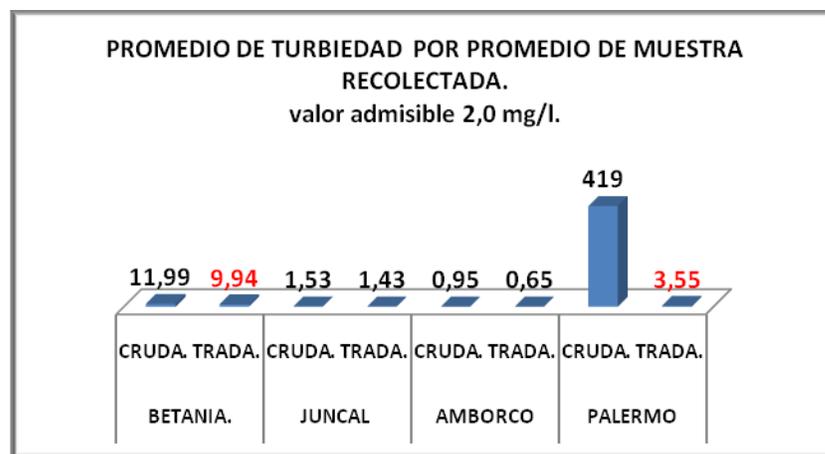
POTENCIAL DE HIDROGENO pH.											
PARAMETRO	POTENCIAL DE HIDROGENO pH.	PUNTO DE MUESTREO	MUESTRA DE AGUA.	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	PROMEDIO DE CONCENTRACION DE pH POR PROMEDIO DE MUESTRA RECOLECTADA.	PROMEDIO DE CONCENTRACION DE pH POR CADA PUNTO DE MUESTREO	
				PROMEDIO DE MUESTRA POR MES.							
		POTENCIAL DE HIDROGENO pH.	BETANIA.	CRUDA.	7,1	7,2	7,5	7,1	7,6	7,3	7,39
TRADA.	7,2			7,4	7,6	7,3	7,9	7,48			
JUNCAL	CRUDA.		7,6	7,7	7,5	7,5	7,4	7,54	7,63		
	TRADA.		7,6	7,6	7,9	7,7	7,8	7,72			
AMBORCO	CRUDA.		7,9	7,6	7,4	7,3	7,8	7,6	7,65	Promedio total de pH en el agua de consumo. 7,46 +/- 0,18	
	TRADA.		7,7	7,6	7,7	7,9	7,6	7,7			
PALERMO	CRUDA.		7,6	7,2	7,5	7,6	7,5	7,48	7,194		
	TRADA.		6,8	6,95	6,98	6,89	6,92	6,908			
DESVIACIÓN ESTANDAR									0,1874		

4.1.2 Turbiedad. En la grafica 2, se puede apreciar que las Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT), de las aguas superficiales que alimentan las plantas de tratamiento de Palermo y Betania superan el rango del valor admisible por la normatividad de saneamientos de agua para consumo humano, estipulado en la resolución 2115 de 2007 del ministerio de la protección social ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, que tiene como valor admisible de hasta 2,0 mg/l; lo cual se ve reflejado en la tabla 20; analizando este parámetro se observó que la turbiedad en agua cruda excede los valores del agua tratada, y por tanto se hace más complejo un tratamiento adecuado de la misma; de igual forma estos meses, en que se hicieron los análisis, se caracterizó por ser una época lluviosa, por lo que indica que la escorrentía superficial favorece el aumento de la turbiedad en el agua. Este parámetro se relaciona con los sedimentos en el sentido de la cantidad de materia en suspensión, por lo tanto estos deterioran la calidad del agua (Ongley, 1997). El suelo de las áreas aledañas de las quebradas

La Guagua y La Arenosa presentan pendientes pronunciadas y es arcilloso (ver CD. Anexo E.), por lo que facilita el arrastre de sedimentos por escorrentía superficial y se refleja en un incremento de la turbiedad de sus aguas. Tomando como referencia este valor se puede decir que esta agua no cumple las características para el consumo humano, y hace necesario un tratamiento más adecuado.

Por tanto las plantas de tratamiento de Juncal y Amborco que sus aguas proceden de aljibes cumplen con la normatividad vigente, sin embargo se puede observar que la turbidez de la planta de tratamiento de agua de la zona poblada del Juncal se encuentra casi sobre el límite de la normatividad, hecho que pudo ocurrir por la colmatación de los filtros por sustancias orgánicas disueltas o suspendidas en el tanque, y que al paso del agua ya no se hizo el proceso adecuado de filtración dichas partículas como debiera haber sido.

Grafica 2. Promedio de la concentración de Turbiedad U.N.T.



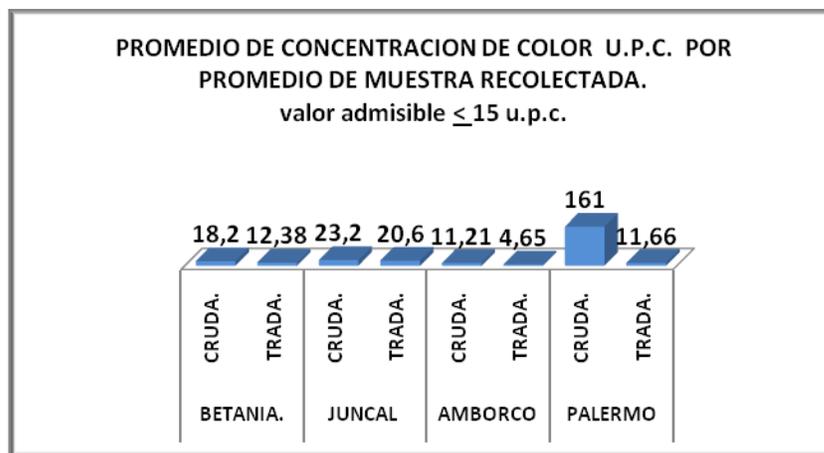
El promedio de la turbiedad de estas aguas registrado en la tabla 20, corresponde a 56,18 Unidades Nefelométricas (UNT); este valor se ve alterado, y no cumple con el valor máximo permisible según Decreto 1575 de mayo 09 de 2007, expedido por el Ministerio de la Protección Social (MPS), y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), “Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano”. En relación a la dispersión de datos se puede afirmar que la desviación estándar de acuerdo al promedio global de los datos de Turbiedad en los puntos de muestreo es de 2.83 lo cual muestra que los datos tienden a ser homogéneos.

Tabla 20. Turbiedad U.T.N.

TURBIEDAD U.T.N.													
PARAMETRO	TURBIEDAD U.N.T.	PUNTO DE MUESTREO	MUESTRA DE AGUA.	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	PROMEDIO DE TURBIEDAD POR PROMEDIO DE MUESTRA RECOLECTADA	PROMEDIO DE TURBIEDAD POR CADA PUNTO DE MUESTREO			
				PROMEDIO DE MUESTRA POR MES.									
				BETANIA.	CRUDA.	2,8	4,73	45,5	3,8	2,98	11,996	10,96	Máximo permisible según Resolución 2115/2007 del Ministerio de Salud. 2,0 mg/l.
TRADA.	2,1				4,75	37,6	2,9	2,18	9,94				
JUNCAL	CRUDA.			1,6	0,98	1,32	1,8	1,87	1,53	1,48			
	TRADA.			1,3	1,85	1,47	1,2	1,22	1,43				
AMBORCO	CRUDA.			0,78	1,33	0,68	1,02	1,02	0,9525	0,804	Promedio total de turbiedad en el agua de consumo. 56,18 +/- 2,83		
	TRADA.			0,69	0,68	0,65	0,68	0,58	0,656				
PALERMO	CRUDA.			613	341,7	10,38	543	589	419,416	211,4			
	TRADA.			3,28	5,56	3,14	2,63	3,12	3,546				
DESVIACIÓN ESTANDAR										2,838			

4.1.3 Color. El color es un parámetro que influye en la calidad del agua de consumo, sin embargo aunque no exista una correlación entre el color y la contaminación, suele suceder que las personas asocian su presencia con ella. En la grafica 3, se puede apreciar que las unidades de platino cobalto, en el agua tratada, son un tanto elevadas puesto que lo ideal de un agua para consumo humano debería tener en promedio en color de 5 unidades de platino cobalto, sin embargo el nivel se encuentra dentro del rango de lo estipulado en la resolución 2115 de 2007 del ministerio de la protección social ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, en el cual se contempla un límite promedio máximo permisible de <15 U.P.C, lo cual sugiere que estos puntos en mención cumple con lo estipulado en la norma técnica colombiana.

Grafica 3. Promedio de la concentración de Color U.P.C.



La tabla 21, refleja en algunos puntos que el color excede el valor permisible para consumo humano, específicamente en la planta de tratamiento del Juncal donde en los meses de Octubre y Noviembre se duplicaron; una de las probabilidades que se maneja, fue la concentración de sedimento en las paredes del tanque de almacenamiento del agua tratada, en primera instancia porque este se encuentra desprotegido de los animales especialmente aves, que puede acceder a el con facilidad y con ello aportar partículas que posteriormente se van sedimentado en el tanque, puesto que solo está cubierto con una especie de techo (Ver CD. Anexo E), por otra razón, no se había realizado un lavo de mantenimiento en un periodo bastante prolongado y esto puede contribuir con la alteración del color. En las plantas de Betania y Palermo en el mes de Noviembre se presento un incremento en este parámetro posiblemente por la temporada de lluvia que se presento y al momento de contrarrestar las altas concentraciones de turbiedad se ve alterado este parámetro.

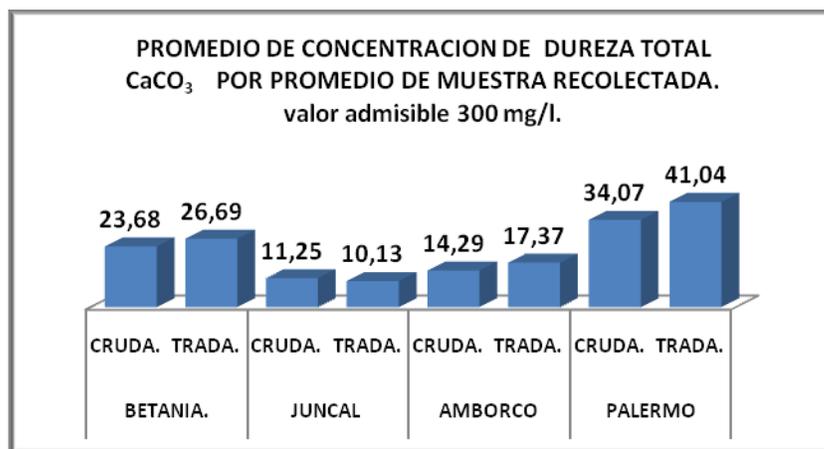
El color de las aguas que sirve para consumo humano del Municipio de Palermo y sus zonas pobladas como Juncal, Betania y Amborco, en particular, cumple casi sobre el limite el valor máximo permisible según Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de salud que corresponde a ≤ 15 U.P.C para aguas de consumo humano como se evidencia la tabla 21. En relación a la dispersión de datos se puede afirmar que la desviación estándar de acuerdo al promedio global de los datos de color en los puntos de muestreo es de +/- 31.3, con lo que se concluye que tiende a variar por debajo o por encima de 31.3 unidades platino – cobalto, dependiendo la temporada.

Tabla 21. Color U.P.C. (Unidades Platino - Cobalto)

COLOR U.P.C. (Unidades Platino - Cobalto)											
PARAMETRO	COLOR U.P.C.	PUNTO DE MUESTREO	MUESTRA DE AGUA.	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	PROMEDIO DE CONCENTRACION DE COLOR U.P.C. POR PROMEDIO DE MUESTRA RECOLECTADA	PROMEDIO DE COLOR EN UPC POR CADA PUNTO DE MUESTREO	
				PROMEDIO DE MUESTRA POR MES.							
				BETANIA.	CRUDA.	20	25	15	16	15	18,2
TRADA.	15				22,25	6,25	8,86	9,56	12,384		
JUNCAL	CRUDA.			46	25	24	10	11	23,2	21,9	
	TRADA.			45	30	15	5	8	20,6		
AMBORCO	CRUDA.			0,6	15,2	15	10,26	15	11,212	7,933	
	TRADA.			0,9	5,4	6,25	4,18	6,54	4,654		
PALERMO	CRUDA.			100	378	53,7	177	98	161,34	86,50	
	TRADA.			12	19,5	3,25	11,58	12	11,666		
DESVIACIÓN ESTANDAR										31,33	

4.1.4 Dureza Total y Dureza Temporal. La dureza del agua está determinada por la cantidad de sales cálcicas y/o magnésicas contenidas en las mismas y expresadas como carbonato de calcio (CaCO_3). En razón a la grafica 4, se observa que en promedio durante los cinco meses de muestreo, no hay valores en cuanto a dureza total que excedan el límite máximo permisible; se evidencia en general que las aguas que son suministradas por las diferentes plantas de tratamiento en este municipio (Palermo), presentan una dureza bastante baja con relación al valor permitido; destacando las zonas pobladas de Juncal y Amborco que presentan el promedio mas bajo, probablemente por ser aguas provenientes de aljibes; de igual forma el centro urbano (Palermo) presenta mayor cantidad en su porcentaje de dureza Total. Desde el punto de vista de la calidad del agua, de acuerdo a los promedios obtenidos en la tabla 22, las concentraciones de calcio y magnesio encontradas en estas aguas tanto subterráneas como superficiales son características propias de dichas fuentes hidrográficas, ya que estos cationes son abundantes en la naturaleza y se originan de la disolución de los minerales en contacto con medio acuso, según lo argumentado por Chapman D, (1996).

Grafica 4. Promedio de la concentración de Dureza Total CaCO_3



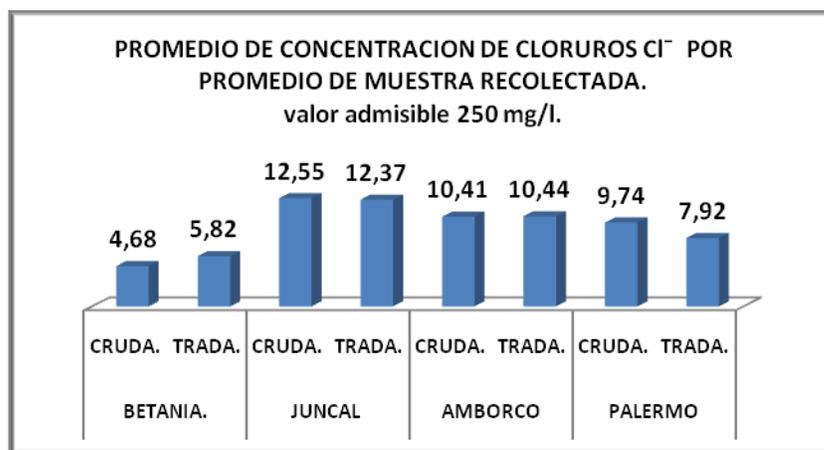
La tabla 22, muestra que el promedio de dureza total corresponde a 22,3 mg/L CaCO_3 , este valor no supera lo estipulado en la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Salud cuyo valor máximo permisible para dureza total es de 300 mg/l. CaCO_3 . De igual forma, la dispersión de los datos de acuerdo a la desviación estándar el promedio global de los datos de Dureza total cálcica en los puntos de muestreo es de +/- 24.5, con lo que se concluye que tiende a variar por debajo o por encima de este valor. En proporción con los resultados de la dureza total de estas fuentes de agua de los sitios evaluados demuestran que está si es apta para el consumo humano.

Tabla 22. Dureza total CaCO₃ mg/l.

DUREZA TOTAL CaCO ₃ mg/l.												
PARAMETRO	DUREZA TOTAL CaCO ₃	PUNTO DE MUESTREO	MUESTRA DE AGUA.	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	PROMEDIO DE CONCENTRACION DE DUREZA TOTAL CaCO ₃ POR PROMEDIO DE MUESTRA RECOLECTADA	PROMEDIO DE CONCENTRACION DE DUREZA TOTAL CaCO ₃ POR CADA PUNTO DE MUESTREO		
				PROMEDIO DE MUESTRA POR MES.								
				BETANIA.	CRUDA.	26	21,5	25,75	22,8	21,5	23,6875	25,1
			TRADA.	26	22,75	30	29,1	25,6	26,69			
		JUNCAL	CRUDA.	11	9,75	13,5	10	12	11,25	10,6		
				TRADA.	9	10,25	12	9,8	9,6		10,13	
		AMBORCO	CRUDA.	9	7,05	19	16,9	19,5	14,29	15,8	Promedio total de Dureza Total CaCO ₃ en el agua de consumo. 22,3 +/- 24,5	
				TRADA.	7,1	14,25	24,5	18,6	22,4			17,37
		PALERMO	CRUDA.	45	17,6	31,75	36,5	39,52	34,078	37,5		
				TRADA.	47	29	42,5	43,2	43,5			41,04
DESVIACIÓN ESTANDAR										24,54		

4.1.5 Cloruros Cl⁻. Los aniones cloruros Cl⁻ presentes en el agua tienen relevancia más en razón de la propiedad organoléptica del agua que por motivos de salud como lo establece la OMS, (2006) al igual que Marvein, G.R; (2003), la mayor procedencia de sales presentes en aguas de consumo corresponde generalmente a los cloruros de sodio, magnesio y calcio, principalmente, como lo argumentan Rodríguez, V.; Simón M, E (2009). En los resultados registrados en la grafica 5, durante los cinco meses de muestreo, en las cuatro plantas de tratamiento de agua, es posible inferir que en los puntos de muestreo los valores encontrados no exceden el límite permisible estimado de 250 mg/l Cl⁻ en la norma técnica colombiana Decreto 1575 de 2007 del Ministerio de Salud.

Grafica 5. Promedio de la concentración de Cloruros Cl⁻.



En la tabla 23, se observa que el promedio total de cloruros Cl^- en el agua de suministro potable del Municipio de Palermo y sus zonas pobladas de Juncal, Betania y Amborco, según este parámetro, el agua es apta para consumo humano, ya que presenta un contenido de cloruro por debajo del límite definido (250 mg/l) para una buena calidad de agua. El promedio total de cloruro que oscila en estas fuentes hidrológicas es de 9,2mg/l, este valor no supera lo estipulado en la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio. En proporción a la dispersión de datos se puede afirmar que la desviación estándar de acuerdo al promedio global de los datos de cloruro en los puntos de muestreo es de +/- 2.6, lo que indica que las concentraciones tienden a ser homogéneas debido a que la desviación estándar es pequeña.

Tabla 23. Cloruros Cl^- mg/l.

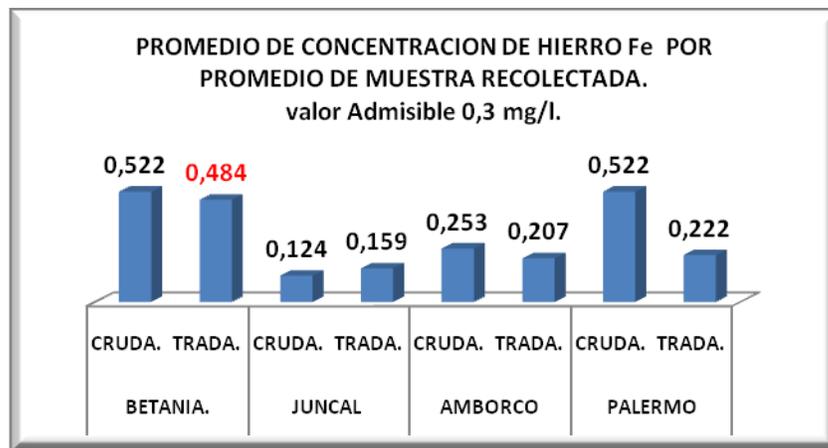
		CLORUROS Cl^- mg/l.									
PARAMETRO	CLORUROS Cl^-	PUNTO DE MUESTREO	MUESTRA DE AGUA.	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	PROMEDIO DE CONCENTRACION DE CLORUROS Cl^- POR PROMEDIO DE MUESTRA RECOLECTADA	PROMEDIO DE CONCENTRACION DE CLORUROS Cl^- POR CADA PUNTO DE MUESTREO	
				PROMEDIO DE MUESTRA POR MES.							
				BETANIA.	CRUDA.	3,4	6,52	4,27	3,68	5,55	4,684
			TRADA.	4,3	7,75	5,72	4,83	6,52	5,824		
		JUNCAL	CRUDA.	6,9	6,15	23,7	12,25	13,75	12,55	12,463	
			TRADA.	4,9	7,7	23,6	12,03	13,65	12,376		
		AMBORCO	CRUDA.	12,5	6,4	2,9	14,3	15,98	10,416	10,428	
			TRADA.	11,3	6,4	6,05	12,85	15,6	10,44		
		PALERMO	CRUDA.	18	4,8	4,9	9,8	11,2	9,74	8,83	
			TRADA.	13	5,5	4,4	6,9	9,8	7,92		
DESVIACIÓN ESTANDAR										2,638906	

4.1.6 Hierro (Fe). El hierro es un constituyente indeseable en suministros de aguas domésticas, la presencia de alto nivel de hierro (Fe), afecta el sabor de bebidas y alimentos, y además puede causar manchas en la ropa.

En los resultados registrados en la grafica 6, en los cinco meses de muestreo, en las cuatro plantas de tratamiento de agua, es posible inferir que en tres de los cuatro puntos de muestreo los valores encontrados no exceden el límite permisible estimado de 0,3 mg/l Fe, en la norma técnica colombiana Decreto 1575 de 2007 del Ministerio de Salud. Caso contrario ocurre con la planta de tratamiento de la zona poblada de Betania donde los niveles encontrados en promedio se encuentran por encima de lo estipulado por las normas de saneamientos de agua potables. En la tabla 24, se observa que los valores de concentración de Hierro en

el agua de Betania son más altos en comparación que las otras fuentes de agua, y que además estos se encuentran por encima o sobre el límite del valor permitido, estos niveles altos presentes en la PTAP, podrían considerarse como posible a la presencia de rocas con composición de hierro (Fe) y manganeso (Mn) presente en el recorrido de la quebrada y alrededor de la misma (ver CD. Anexo E), que al ser filtrados por el suelo pueden disolver el mineral y acarrearlo hacia el agua a tratar. Otra de las causas probables, sea el deterioro de la infraestructura de la PTAP, construida en metal, en la cual se evidencia el deterioro de las paredes del tanque (oxidadas), que al corroerse y lixiviar (disolver) ocasiona el desprendimiento de hierro presente en el agua a consumir.

Grafica 6. Promedio de la concentración de Hierro Fe⁻



De igual forma en la tabla 24, la variación total de Hierro en los puntos de muestreo de los centros poblados de Juncal y Amborco y de la zona urbana de Palermo, presentan en sus cuencas hidrográficas, un nivel de hierro apropiado para poder ser consumida. En relación a la dispersión de datos se puede afirmar que el promedio global de Hierro en los puntos de muestreo es de 0.3 mg/l Fe, lo cual concuerda con lo establecido por la ley colombiana, y la desviación estándar oscila entre +/- 0,1 confirmando que los datos obtenidos tienden a ser homogéneos. Basado en este parámetro se puede afirmar que el agua si es apta para consumo humano en todas y cada una de las plantas donde presta el servicio la empresa de servicios públicos de Palermo.

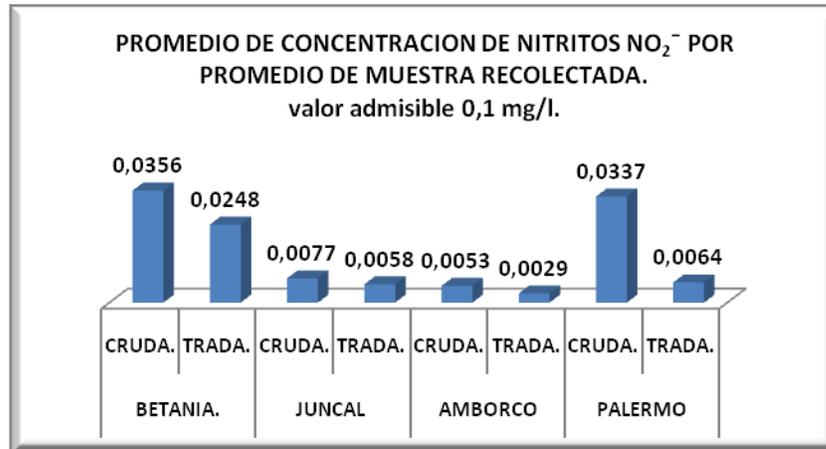
Tabla 24. Hierro Fe mg/l.

HIERRO Fe mg/l.														
PARAMETRO	HIERRO Fe	PUNTO DE MUESTREO	MUESTRA DE AGUA.	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	PROMEDIO DE CONCENTRACION DE HIERRO Fe POR PROMEDIO DE MUESTRA RECOLECTADA	PROMEDIO DE CONCENTRACION DE HIERRO Fe POR CADA PUNTO DE MUESTREO				
				PROMEDIO DE MUESTRA POR MES.										
				CRUDA.	TRADA.	CRUDA.	TRADA.	CRUDA.				TRADA.	CRUDA.	TRADA.
		BETANIA.	CRUDA.	0,3	0,52	1,15	0,32	0,32	0,522	0,50	Máximo permisible según Resolución 2115/2007 del Ministerio de Salud. 0,3 mg/l.			
			TRADA.	0,3	0,47	1,14	0,3	0,21	0,484					
		JUNCAL	CRUDA.	0,15	0,18	0,014	0,029	0,25	0,1246	0,14				
			TRADA.	0,29	0,15	0,017	0,19	0,15	0,1594					
		AMBORCO	CRUDA.	0,33	0,096	0,14	0,39	0,31	0,2532	0,23		Promedio total de Hierro Fe en el agua de consumo. 0,3 +/- 0,1		
			TRADA.	0,29	0,086	0,13	0,29	0,24	0,2072					
		PALERMO	CRUDA.	0,23	0,92	0,35	0,85	0,26	0,522	0,37				
			TRADA.	0,17	0,27	0,21	0,27	0,19	0,222					
		DESVIACIÓN ESTANDAR											0,13757	

4.1.7 Nitritos (NO₂⁻). Los nitritos NO₂⁻ se encuentran en las aguas naturales como producto intermedio en el ciclo del nitrógeno. En los seres humanos, el nitrito reduce la capacidad de los glóbulos rojos para llevar oxígeno. En la mayoría de los adultos y niños, estos glóbulos rojos se normalizan rápidamente. Sin embargo, en los lactantes pueden desarrollar una enfermedad seria debido a la falta de oxígeno.

La grafica 7, se muestra los niveles de nitritos NO₂⁻ presentes en agua de consumo humano, suministrados por las plantas de tratamiento de agua potable de las zonas pobladas de Juncal, Betania y Amborco y zona urbana de Palermo, en esta se puede observar que los niveles de nitrito no representan riesgo de contaminación, ya que su concentración en dichas fuentes está por debajo del valor admitido establecidos por la ley colombiana en la resolución 2115 de 2007 del ministerio de la protección social ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, en el cual se contempla un límite promedio máximo permisible de 0,1 mg/l NO₂⁻, lo cual sugiere que estos puntos en mención cumple con lo estipulado en la norma, y es apta para consumo humano.

Grafica 7. Promedio de la concentración de Nitritos NO_2^-



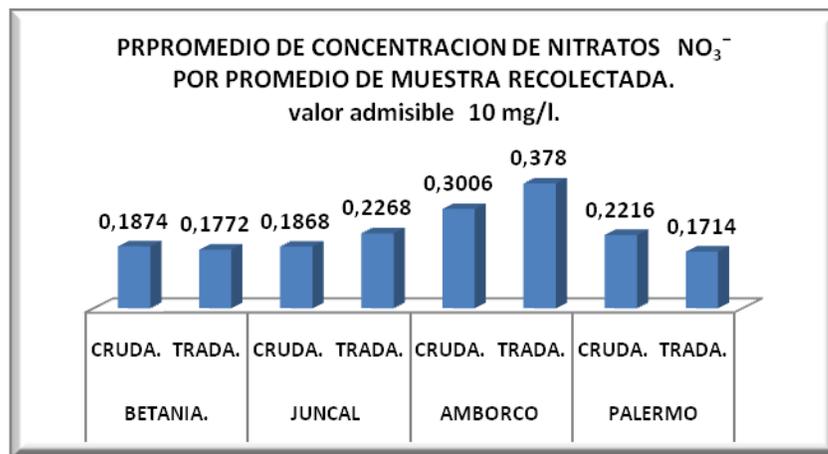
En relación a la dispersión de datos se puede afirmar que el promedio global de Nitritos en los puntos de muestreo es de 0.02 mg/l NO_2^- , lo cual se ajusta con lo establecido por la ley colombiana, puesto que desviación estándar que esta podría tener es de +/- 0,1 confirmando que los datos obtenidos tienden a ser homogéneos.

Tabla 25. Nitritos NO_2^- mg/l.

NITRITOS NO_2^- mg/l.											
PARAMETRO	NITRITOS NO_2^-	PUNTO DE MUESTREO	MUESTRA DE AGUA.	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	PROMEDIO DE CONCENTRACION DE NITRITOS NO_2^- POR PROMEDIO DE MUESTRA RECOLECTADA	PROMEDIO DE CONCENTRACION DE NITRITOS NO_2^- POR CADA PUNTO DE MUESTREO	
				PROMEDIO DE MUESTRA POR MES.						0,0302	Máximo permisible según Resolución 2115/2007 del Ministerio de Salud. 0,1 mg/l.
		BETANIA.	CRUDA.	0,08	0,031	0,014	0,035	0,018	0,0356		
TRADA.	0,01		0,045	0,017	0,028	0,024	0,0248				
JUNCAL	CRUDA.	0,019	0,007	0,004	0,004	0,005	0,00774	0,00677	Máximo permisible según Resolución 2115/2007 del Ministerio de Salud. 0,1 mg/l.		
	TRADA.	0,006	0,003	0,006	0,005	0,009	0,0058				
AMBORCO	CRUDA.	0,002	0,008	0,007	0,002	0,008	0,0053	0,00413	Promedio total de Nitritos NO_2^- mg/l. en el agua de consumo. 0,02 +/- 0,01		
	TRADA.	0,002	0,003	0,004	0,002	0,004	0,00296				
PALERMO	CRUDA.	0,1	0,028	0,009	0,009	0,023	0,03378	0,02009	Promedio total de Nitritos NO_2^- mg/l. en el agua de consumo. 0,02 +/- 0,01		
	TRADA.	0,005	0,01	0,004	0,003	0,01	0,0064				
DESVIACIÓN ESTANDAR										0,010517	

4.1.8 Nitratos (NO_3^-). Los compuestos nitrogenados presentes en las aguas naturales están íntimamente relacionados con el ciclo del nitrógeno. En el agua de consumo del municipio de Palermo y sus zonas pobladas de Juncal, Amborco y Betania, se hizo énfasis en la determinación de nitratos (NO_3^-) puesto que el nitrógeno puede aparecer en forma de NH_3 , NH_4^+ y por oxidación, estas formas pueden transformarse en NO_2^- y finalmente en NO_3^- que es la forma más usual y estable según lo afirmado por De Miguel, (1999), en la grafica 8, se aprecia que durante los muestreos hay existencia de nitratos en el agua de consumo en concentraciones mínimas, ya que su concentración está por debajo del rango permitido (10 mg/l NO_3^-), lo cual sugiere que estos puntos en mención cumple con lo estipulado en la norma y se hace apta en este parámetro para la población beneficiaria.

Grafica 8. Promedio de la concentración de Nitratos NO_3^-



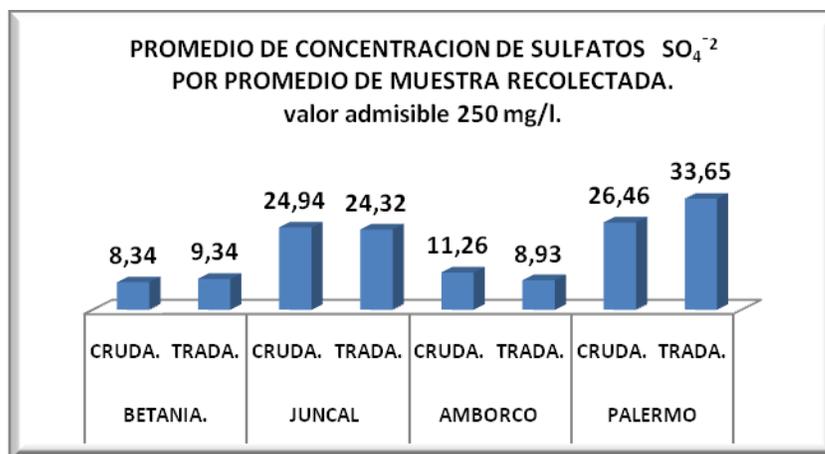
El promedio total de Nitratos encontrado en el agua de consumo es de 0,23 mg/L NO_3^- el cual presenta una desviación estándar ± 0.06 , dicha cifra no es relevante de acuerdo a la norma técnica colombiana, confirmando que los datos obtenidos tienden a ser homogéneos e interpretándose como aguas que cumplen con las características establecidas para consumo humano, hecho que se evidencia en los porcentajes obtenidos en la tabla 26.

Tabla 26. Nitratos NO_3^- mg/l.

NITRATOS NO_3^- mg/l.											
PARAMETRO	NITRATOS NO_3^-	PUNTO DE MUESTREO	MUESTRA DE AGUA.	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	PROMEDIO DE CONCENTRACION DE NITRATOS NO_3^- POR PROMEDIO DE MUESTRA RECOLECTADA	PROMEDIO DE CONCENTRACION DE NITRATOS NO_3^- POR CADA PUNTO DE MUESTREO	
				PROMEDIO DE MUESTRA POR MES.							
				BETANIA.	CRUDA.	0,115	0,129	0,34	0,194	0,159	0,1874
			TRADA.	0,115	0,134	0,296	0,181	0,16	0,1772		
		JUNCAL	CRUDA.	0,168	0,181	0,159	0,228	0,198	0,1868	0,206	
			TRADA.	0,186	0,202	0,312	0,233	0,201	0,2268		
		AMBORCO	CRUDA.	0,417	0,305	0,182	0,301	0,298	0,3006	0,339	Promedio total de Nitratos NO_3^- mg/l. en el agua de consumo. 0,23 +/- 0,06
			TRADA.	0,415	0,427	0,347	0,396	0,305	0,378		
		PALERMO	CRUDA.	0,179	0,417	0,111	0,235	0,166	0,2216	0,196	
			TRADA.	0,03	0,293	0,174	0,165	0,195	0,1714		
DESVIACIÓN ESTANDAR										0,063	

4.1.9 Sulfatos (SO_4^{-2}). Los sulfatos están presentes en forma natural en muchos minerales, se encuentran en todas las aguas naturales debido a su gran poder de solubilidad en ésta, una fuente importante de sulfatos en una región determinada está en función de las precipitaciones desde la atmosfera (OMS, 2003). En la grafica 9, se observa que la cantidad de sulfatos presentes en las aguas de muestreo de las diferentes plantas de tratamiento del Municipio de Palermo, se caracterizan por presentar una mínima dosis de de sulfatos SO_4^{-2} .

Grafica 9. Promedio de la concentración de Sulfatos SO_4^{-2}



En la tabla 27, se aprecia que no hay variaciones significativas durante las semanas de muestreo entre las concentraciones de sulfatos en el agua de consumo de las zonas pobladas de Betania, Juncal, y Amborco, al igual que la zona urbana de Palermo. El promedio total de sulfatos del agua corresponde a 18,4 mg/l SO_4^{-2} , este valor no supera lo estimado en el Decreto 1575 de 2007 del Ministerio de Salud, en el cual se reglamenta para Sulfatos, como valor máximo permisible 250 mg/L SO_4 .

Con estas características se puede inferir que son aguas aptas para consumo.

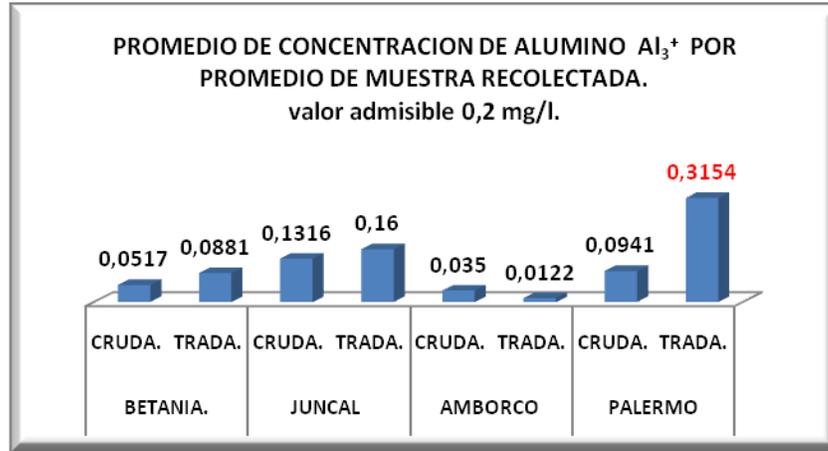
Tabla 27. Sulfatos SO_4^{-2} mg/l.

SULFATOS SO_4^{-2} mg/l.												
PARAMETRO	SULFATOS SO_4^{-2}	PUNTO DE MUESTREO	MUESTRA DE AGUA.	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	PROMEDIO DE CONCENTRACION DE SULFATOS SO_4^{-2} POR PROMEDIO DE MUESTRA RECOLECTADA	PROMEDIO DE CONCENTRACION DE SULFATOS SO_4^{-2} POR CADA PUNTO DE MUESTREO		
				PROMEDIO DE MUESTRA POR MES.								
		BETANIA.	CRUDA.	1	7,25	11,5	10,48	11,5	8,346	9	Máximo permisible según Resolución 2115/2007 del Ministerio de Salud. 250 mg/l.	
			TRADA.	1	8,5	13,5	11,5	12,2	9,34			
		JUNCAL	CRUDA.	29	24,5	23,2	25,5	22,5	24,94	24,63		
			TRADA.	26	22,5	25	24,5	23,6	24,32			
		AMBORCO	CRUDA.	16	10	9	11	10,3	11,26	10,09		Promedio total de Sulfatos SO_4^{-2} mg/l. en el agua de consumo. 18,4 +/- 9,1
			TRADA.	14	7,6	6,75	8,5	7,8	8,93			
		PALERMO	CRUDA.	32	26,6	23,5	27,4	22,8	26,46	30,05		
			TRADA.	56	28,3	24,7	36,3	25,6	33,65			
DESVIACIÓN ESTANDAR										9,149		

4.1.10 Aluminio (Al_3^+). El aluminio hace parte de los componentes naturales del agua, debido principalmente a que forma parte de la estructura de las arcillas. Puede estar presente en sus formas solubles o en sistemas coloidales, responsables de la turbiedad del agua.

En la grafica 10, y tabla 28, se observa que en las zonas pobladas de Betania, Juncal y Amborco la cantidad de aluminio presentes en estas aguas es baja, con relación a la cantidad presente en la zona urbana de Palermo, que supera el rango admisible por resolución 2115 de 2007 del ministerio de la protección social ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, en el cual se contempla un límite promedio máximo permisible de 0,2 mg/l Al_3^+ , la alta concentración de aluminio, que se presenta en esta planta de tratamiento de agua podría relacionarse con la dosificación de Sulfato de Aluminio que se utiliza para contrarrestar la turbiedad presente en esta agua y por la composición de la tierra que en su mayoría está compuesta por arcilla.

Grafica 10. Promedio de la concentración de Aluminio Al_3^+



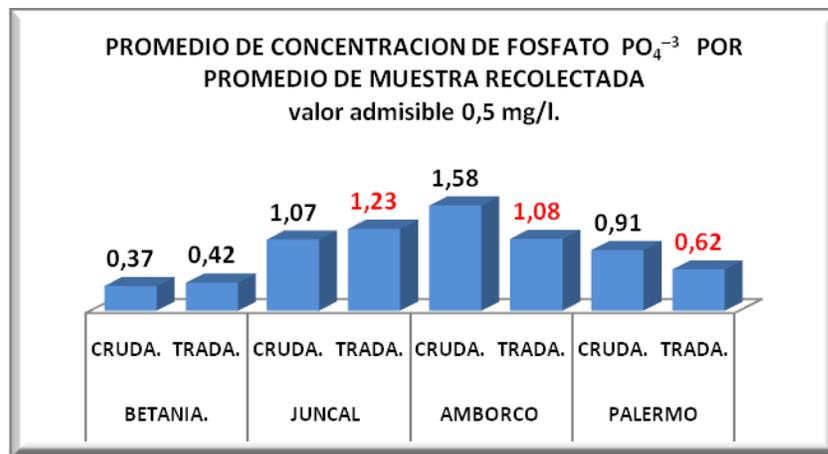
Por otra parte la tabla 28, muestra la relación de la concentración total de aluminio presente en las aguas de tratamiento de agua potable del municipio de Palermo y las zonas pobladas de Juncal, Amborco y Betania, las cuales presenta una concentración promedio de 0,1 mg/l de Al_3^+ con una variación estándar de +/- 0.06, con estas características estas plantas cumple la normatividad para este parámetro que tiene como rango máximo permitido de 0,2 mg/l Al_3^+ , según Resolución 2115 de 2007 establecida por el ministerio de la protección social ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, para aguas de consumo humano.

Tabla 28. Aluminio Al_3^+ mg/l.

ALUMINIO Al_3^+ mg/l.											
PARAMETRO	ALUMINIO Al_3^+	PUNTO DE MUESTREO	MUESTRA DE AGUA.	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DIEMBRE	ENERO	FEBRERO	PROMEDIO DE CONCENTRACION DE ALUMINO Al_3^+ POR PROMEDIO DE MUESTRA RECOLECTADA	PROMEDIO DE CONCENTRACION DE ALUMINIO Al_3^+ POR CADA PUNTO DE MUESTREO	
				PROMEDIO DE MUESTRA POR MES.							
		ALUMINIO Al_3^+	BETANIA.	CRUDA.		0,07	0,033	0,043	0,048	0,065	0,0517
TRADA.				0,07	0,12	0,068	0,086	0,097	0,0881		
JUNCAL	CRUDA.			0,19	0,125	0,087	0,134	0,122	0,1316	0,1458	
	TRADA.			0,19	0,175	0,137	0,167	0,131	0,16		
AMBORCO	CRUDA.			0,01	0,02	0,075	0,035	0,035	0,035	0,0236	
	TRADA.			0,01	0,004	0,015	0,009	0,023	0,0122		
PALERMO	CRUDA.			0,2	0,13	0,018	0,025	0,098	0,0941	0,2047	
	TRADA.			0,94	0,197	0,137	0,138	0,165	0,3154		
DESVIACIÓN ESTANDAR										0,06949	

4.1.11 Fosfatos (PO_4^{-3}). El fósforo es el elemento esencial en el crecimiento de la plantas y animales; actualmente es considerado como uno de los nutrientes primarios que controla el crecimiento de algas; crecimiento que puede llegar a perjudicar el uso que se le haya asignado al cuerpo de agua receptor. En la grafica 11, se puede observar que el promedio de concentración de fosfato en el agua de las plantas de tratamiento de las zonas pobladas de Juncal y Amborco, son elevadas en comparación con las otras dos plantas de tratamiento (Betania y Palermo); superior al permitido, que podría interpretarse como algo común en algunas aguas subterráneas, debido a la descomposición vegetal, a fósiles o filtraciones de jabones o detergentes de la población que se encuentre en los alrededores de estos. En el caso del centro poblado del Juncal, se podría estar presentando por la cercanía del aljibe con algunas zonas con actividades agropecuarias que allí se practican y que por escorrentía, los plaguicidas y fungicidas se estarían filtrando hacia el agua subterránea extraída para el consumo humano. En el caso de la zona poblada de Amborco los asentamientos aledaños a la planta de tratamiento, carecen de un sistema de recolección de agua con jabones o detergentes y esto, mas el mal manejo y uso inadecuado de los residuos sólidos, podrían estar generando la contaminación y puede ser una de las causas del incremento en los niveles de fosfatos en esta agua.

Grafica 11. Promedio de la concentración de Fosfato PO_4^{-3}



De igual forma la tabla 29, muestra de forma individual los porcentajes de fosfato en cada uno de los meses de análisis, en donde se puede observar con mayor precisión los niveles elevados que se presentan en las plantas de Juncal y Amborco de este parámetro, como se había indica en la grafica 11.

La relación del promedio de concentración total de fosfato presente en las aguas de tratamiento del municipio de Palermo y sus zonas pobladas, presenta una concentración promedio de 0,36 mg/l de PO_4^{-3} con una variación estándar de +/-

0.06, con estas características estas plantas cumple la normatividad para este parámetro que tiene como rango máximo permitido de 0,5 mg/l PO_4^{-3} , según Resolución 2115 de 2007 establecida por el ministerio de la protección social ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, para aguas de consumo humano.

Tabla 29. Fosfatos PO_4^{-3} mg/l.

FOSFATOS PO_4^{-3} mg/l.											
PARAMETRO	FOSFATO PO_4^{-3}	PUNTO DE MUESTREO	MUESTRA DE AGUA.	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	PROMEDIO DE CONCENTRACION DE FOSFATO PO_4^{-3} POR PROMEDIO DE MUESTRA RECOLECTADA	PROMEDIO DE CONCENTRACION DE FOSFATO PO_4^{-3} POR CADA PUNTO DE MUESTREO	
				PROMEDIO DE MUESTRA POR MES.						0,397	Máximo permisible según Resolución 2115/ 2007 del Ministerio de Salud. 0,5 mg/l.
		BETANIA.	CRUDA.	0,48	0,21	0,34	0,36	0,47	0,372		
		BETANIA.	TRADA.	0,48	0,49	0,34	0,34	0,46	0,422		
		JUNCAL	CRUDA.	1,08	1,07	1,12	1,09	1,01	1,074	1,153	
			TRADA.	1,12	1,47	1,26	1,28	1,03	1,232		
		AMBORCO	CRUDA.	0,95	2,56	1,86	1,79	0,75	1,582	1,334	Promedio total de Fosfatos PO_4^{-3} mg/l. en el agua de consumo. 0,36 +/- 0,06
			TRADA.	0,86	0,85	1,85	1,18	0,69	1,086		
		PALERMO	CRUDA.	1,33	0,91	0,84	0,65	0,83	0,912	0,767	
			TRADA.	1,64	0,34	0,35	0,42	0,36	0,622		
DESVIACIÓN ESTANDAR										0,36	

4.2 MANUALES DE PROCEDIMIENTOS

Los manuales de procedimiento que se plasmaron durante las pasantías se basaron, en cada uno de los instrumentos de laboratorio que posee la empresa de servicios públicos de Palermo “E.S.P” “E.P.P”, y se realizó con la información base entregada por dicha empresa, la cual no fue muy significativa, ya que la entidad no contaba con documentos o manuales específicos de cada uno de los equipos, que pudiesen ser útiles para la elaboración de los manuales propuestos. El seguimiento realizado a labor de los operarios en el proceso de análisis de muestras a la planta de Palermo durante las primeras semanas de pasantía, permitió ir consignando los procedimientos a seguir para el análisis de muestras y la forma de operación de los diferentes equipos (fotómetro, turbidímetro, pH-metro, etc.), de igual forma se observó una serie de falencias por parte de los operarios con relación a forma de operar cada uno de los instrumentos que conforma el laboratorio, el mantenimiento de los equipos el cuidados de los mismo, etc. Con ello se evidencio la falta de un manual instructivo que facilitara los procedimientos de análisis de muestras en el laboratorio y a la vez un manual de mantenimiento y calibración interno de equipos; a medida que se caracterizaba la función de cada equipo y se especificaba en su procedimiento de operación se hacia necesario indagar mas sobre su funcionamiento, mantenimiento y cuidado de estos, para ir recopilando la información necesaria para la elaboración de los manuales, que serían de utilidad para la empresa y para el personal en general encargado de los procesos de potabilización del agua.

4.2.1 Manual de procedimientos de laboratorio. De “análisis físico-químico de agua potable”

El manual de procedimientos de laboratorio para el análisis fisicoquímico, se realizó basado en la necesidad de tener una guía consecuente para determinar los parámetros fisicoquímicos más específicos en la potabilización de agua para consumo humano, y para ayuda en el procedimiento de operar de cada uno de operarios de la plantas de tratamiento del municipio de Palermo. Además se constituye en el elemento básico necesario para la consolidación del Subsistema de Información de la Vigilancia de la Calidad del Agua; ya que su atención permitirá dar mayor confiabilidad a los resultados generados por el laboratorio y optimizar el servicio de calidad de agua potable. (Ver CD. Anexo B). El manual de procedimiento contiene en sí los mecanismos básicos de análisis de laboratorio; en se encontrará paso a paso los procedimientos de toma, preservación, transporte y recepción de las muestras, normas y funciones generales del personal de laboratorio, y los procedimientos de medición de parámetros con relación a cada uno de los instrumentos que existe en estos momentos en el laboratorio.

4.2.2 Manual de mantenimiento y calibración de “equipos de laboratorio”.

Durante el trabajo realizado a lo largo de la pasantía, se presentó dificultades en algunos de los equipos de trabajo del laboratorio de la empresa de servicios públicos de Palermo (Fotómetro, pH-metro y Turbidímetro), provocando con esto la dificultad para analizar ciertos parámetros de calidad en el agua a tratar. Hecho que genero la necesidad de elaborar un manual de mantenimiento y calibración de equipos, donde se estableciera de forma sencilla el mantenimiento y los cuidados que se debe tener a cada uno de los equipos existentes en la empresa. El manual diseñado contiene los mecanismos fundamentales de mantenimiento de cada uno de los equipos y sus accesorios, para lograr el buen funcionamiento de cada uno de ellos y la conservación de los mismos. De igual forma contiene el procedimiento de calibración interna de cada uno de los equipos: pH-metro, turbidímetro Hach Stablcal, balanza gramera, fotómetro Palintest 7500, test para prueba de jarra Maquilab electronics. x 6 vasos, fotómetro medidor de fluoruros, fotómetro medidor de pH y cl_2 , y kit comparativos de pH y cl_2 . Al igual que el inventario de cada uno de los instrumentos, reactivos y equipos que la empresa ostenta en el momento. (Ver CD. Anexo C). El manual será de gran utilidad para cada uno de los operarios encargados de la manipulación de cada instrumento y con ello contribuirá a reducir perdidas de tiempo en los análisis de muestras cuando llegase el caso de fallar algún instrumento y fuese necesaria una reparación externa diferente a la empresa.

4.2.3 Manual de Fichas técnicas de “Instrumentos de laboratorio”

La adquisición de instrumentos de laboratorio para procesos de análisis fisicoquímico de agua potable, en una empresa de servicios públicos genera la necesidad de tener un manual que especifique ciertas características de dichos equipos, para lograr una categorización específica de cada uno de ellos y se lleve un adecuado manejo de estos. Este manual contiene las fichas de caracterización de cada uno de los instrumentos de laboratorio, su descripción general, registro de adquisición, registro de servicio técnico, formato de uso, especificaciones de equipo, y el cronograma de calibración y mantenimiento que se debe realizar. Este manual le permitirá a la empresa llevar de forma ordenada el mantenimiento y cuidado de cada uno de estos instrumentos. (Ver CD. Anexo D).

5. CONCLUSIONES

El acompañamiento al acueducto de Palermo para la determinación de análisis fisicoquímico de aguas potables y construcción de los manuales de procedimiento, permitió caracterizar la calidad sanitaria del agua de consumo del municipio de Palermo y sus zonas pobladas de Betania, Juncal y Amborco, al igual que la elaboración de los diferentes manuales de procedimiento a seguir de ahora en adelante para la obtención de un mejor análisis de agua.

Las conclusiones de este trabajo de pasantía realizado para el análisis fisicoquímico son:

- ♣ Durante el seguimiento realizado al agua potable que suministra la empresa de servicios públicos de Palermo “E.S.P. E.S.P.P.” desde cada una de sus plantas de tratamiento (Betania, Juncal, Amborco y Palermo) Se puede constatar, en términos generales que es de buena calidad, según los parámetros establecidos por los entes gubernamentales

- ♣ El agua potable de las plantas de tratamiento con mayor índice de turbiedad son las de Palermo y Betania, con lo que se puede inferir que bajo este parámetro el agua de estas plantas no son aptas para el consumo humano.

- ♣ La planta de tratamiento del centro poblado de Betania, es una de las plantas con mayor deterioro en su infraestructura, lo cual podría ocasionar, elevadas concentraciones de hierro, excediendo el valor permitido en aguas de consumo humano.

- ♣ Las plantas de tratamiento de agua potable de los centros poblados de Amborco y Juncal, son extraídas de pozo profundo, lo cual produce que en los resultados fisicoquímicos, se obtenga un alto porcentaje de fosfato.

- ♣ Según los análisis estadísticos, en cada una de las plantas de tratamiento de agua potable, los parámetros de calidad del agua: pH, dureza total, cloruros, nitritos, nitratos, sulfatos y aluminio, cumplen con los valores admisibles, según la normatividad vigente.

♣ Los manuales de procedimientos permitirán al operario el correcto funcionamiento de los equipos en la realización de los análisis fisicoquímicos, y mantenimiento de los mismos.

♣ El acompañamiento al acueducto de Palermo en los análisis de aguas potables, y la elaboración de los manuales, dio lugar a un plan de acción por parte de los operarios, jefe operativo y gerente, para el mejoramiento de aquellos parámetros que exceden el valor admisible según la resolución 2115 de 2007.

♣ Las muestras estudiadas según la normatividad vigente en Colombia, durante el período comprendido entre los meses, Octubre de 2012 y Febrero de 2013, evidencian que el agua suministrada por la Empresa Pública de Palermo es apta para el consumo humano.

6. RECOMENDACIONES

- ♣ Para contrarrestar el alto índice de turbiedad en la planta de tratamiento de Betania, se recomienda acondicionar un sistema de dosificación de sulfato de aluminio u hidroxiclорuros, que ayuda a que las partículas disueltas o en suspensión se encapsulen, obteniendo una presentación agradable del agua según los parámetros establecidos por el ministerio de Medio Ambiente bajo la Resolución 2115 de 2007. De igual forma se recomienda realizar el cambio del lecho filtrante (gravilla, antracita y arena), para mejorar el proceso de filtración del agua.

- ♣ Ejecutar un plan de mantenimiento a la planta de Betania, en primera instancia, la aplicación de pintura anticorrosiva para reducir el desprendimiento del hierro, previniendo la oxidación de las paredes del tanque. Adecuar barandas de seguridad alrededor de los tanques de almacenamiento y un puente que comunique ambos tanques, con el fin de garantizar la seguridad del operador de la planta y facilitar el acceso a las diferentes zonas de la planta.

- ♣ En la planta de tratamiento de Palermo, las plaquetas de los sedimentadores ya cumplieron su periodo de utilidad, lo que dificulta el sistema de floculación. Se recomienda adecuar sedimentadores en colmena, los cuales son más eficientes para atraer, recoger y asentar el floc, produciendo menos grumos en altas temperaturas, mejorando de esta forma el proceso de tratamiento de turbiedad.

- ♣ Adicionar Oxhidrato de Hierro, al tratamiento del agua de las plantas de Juncal y Amborco como procedimiento a los altos niveles de fosfatos, ya que actúa como agente de aglutinación para la remoción del mismo y ayuda a contrarrestar los niveles altos de fosfatos presentes en aguas potables.

- ♣ Establecer un plan de seguimiento fisicoquímico semanal a cada una de las plantas de potabilización de agua para asegurar una mejor calidad de agua a la población.

- ♣ Debido al uso de reactivos para la realización de los análisis fisicoquímicos, es indispensable implementar un sistema de disposición de residuos químicos, con el fin de reducir las cargas contaminantes generadas en el laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

Apha, Awwa, Wpcf, "Standard Methods for the examination of water and wasterwater", 14^a. Edicion, 1975.

Asociación Española del Aluminio. (2013). Compuestos de aluminio en tratamientos de aguas. Recuperado de <http://www.asoc-aluminio.es/DocsPublicos/DocsMedioAmbiente/doc4agua.pdf>

Ávila, M.; Bustillo, L.; Charris, H.; Mayorga, E.(2011).Alcalinidad y Dureza. Corporación Universitaria de la Costa, Facultad de Ciencias Ambientales.

CHAPMAN, D. 1996. Water quality assessment. A guide to use of biota, sedimentsand water in environmental. 2.ed. London, UNESCO/UNEP. Pp.626.

Chaverri, B, G; (1992).Fundamentos de química. Quinta edición .San José, Costa Rica. Universidad estatal a distancia.

Colombia. Corte Constitucional. Constitución Política de Colombia. Bogotá: Corte Constitucional; 1991.

De Miguel, F. C. (1999). Hidrogeología Aplicada, Editorial "Félix Varela", La Habana. 453 Paginas.

Decreto 1575 DE 2007 (mayo 9). Diario Oficial No.46.623 de 9 de mayo de 2007.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2013). Resultados censo general 2005. Recuperado de www.dane.gov.co/files/censo2005/regiones/huila/aipe.pdf

Diagnóstico del indicador de calidad del agua suministrada por las empresas prestadoras del servicio de acueducto. Superintendencia de servicios públicos domiciliarios delegada para acueducto, alcantarillado y aseo. Bogotá D.C., Noviembre de 2009

Díaz, P. (2013). Muestreo. Recuperado de <http://www.intranus.net/archivos/Muestreo.pdf>

Franco, R. Carlos A. (2011). "Análisis de aguas"; Colombia; Primera Edición. Editorial Universidad Surcolombiana.

Fundación Héctor A. García. (2013). Historia de los acueductos. Recuperado de http://www.proyectosalohogar.com/El_porque_de_las_cosas/historia_de_los_acueductos.htm

Glynn, J; W, Gary. (1999). Ingeniería ambiental. Editorial Pearson Educación. Página 166- 401. México.

Ministerio de protección social. (2013). Decreto 1575 de 2007 – Corpamag. Recuperado de http://www.corpamag.gov.co/archivos/normatividad/Decreto1575_20070509.htm

OMS, (2006): Hardness in drinking-water. Guías para la calidad del agua potable Primer apéndice a la tercera edición, Volumen 1. Ginebra (Suiza), Organización Mundial de la Salud.

OMS, 2003: Sulfate in drinking-water. Documento de referencia para la elaboración de las Guías de la OMS para la calidad del agua potable. Ginebra (Suiza), Organización Mundial de la Salud (WHO/SDE/WSH/03.04/114).

Resolución 2115 DE 2007 (Junio 22). Ministerio de la protección social, ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Diario oficial.

Rigola, M (1989). Tratamiento de aguas industriales: Aguas de procesos y Residuales. Editorial Marcombo, S.A. Página 34.

Rodríguez, M.J; M y Galvín M, R.(1999). Físicoquímica De Aguas. España; Ediciones Díaz De Santos, S.A.

Rojas, J. (2007). "Fundamentos de calidad del agua". Facultad de ingeniería. Universidad Surcolombiana. Neiva-Huila.

Rojas, J, Zambrano .H y Sánchez .M. (2001). Evaluación Del Recurso Hídrico de la Estructura Y Función del Ecosistema Acuático del Alto Magdalena en el Huila. Volumen 1. Caracterización Físicoquímica .Universidad Surcolombiana.

Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2013). Decreto 475 de 1998 Nivel Nacional. Recuperado de www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1327

Siapa, Gerencia de Agua Potable y Alcantarillado. (2013). Manual de Procedimientos. Retomado de http://www.siapa.gob.mx/extras/transparencia/manuales/GCIA_AGUA_POTABLE/Manual_Procedimientos

Torres. P, Cruz. Camilo, Patiño. P. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales Utilizadas en la producción de agua para Consumo humano. Una revisión crítica. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 8, 79-94.

Universidad de Buenos Aires, Microbiología e Inmunología, Departamento de Química Biológica. (2013). Análisis físico – Químico y bacteriológico de aguas. Recuperado de www.microinmuno.qb.fcen.uba.ar/SeminarioAguas.htm