

**ANALISIS FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO EN AGUAS
SUBTERRANEAS DEL CORREGIMIENTO DE SAN MIGUEL DEL TIGRE EN
YONDÓ, ANTIOQUIA**

HUMBERTO YAMPIERO CAICEDO BARÓN

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE QUÍMICA
BUCARAMANGA
2011**

**ANALISIS FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO EN AGUAS
SUBTERRANEAS DEL CORREGIMIENTO DE SAN MIGUEL DEL TIGRE EN
YONDÓ, ANTIOQUIA**

HUMBERTO YAMPIERO CAICEDO BARÓN
Lic. en Química y Biología

Monografía presentada como requisito para optar al título de
Especialista en Química Ambiental

Directora:
LUZ YOLANDA VARGAS FIALLO
Química, M.Sc.
Especialista en Química Ambiental

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE QUÍMICA
BUCARAMANGA
2011**

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso por iluminarme en todo momento y fortalecer mi desarrollo personal en pro de la consecución de los logros propuestos.

A mi madre por ser la persona que está presente en los momentos más importantes de mi vida y que con su extenso amor me permiten forjar una vida de paz y armonía.

A mi hermana, hijo y sobrinos que me irradian grandes expresiones de amor que permiten edificar una mejor persona y un mejor profesional.

A Maritza, Gonzalo, Andrea y Alí que me han brindado el apoyo y cariño suficiente en los momentos que más lo he necesitado.

A mis compañeros de trabajo. Especialmente a la rectora Ana Cristina, a las profesoras Rosalba y Jacqueline, a mis amigos Arcelio, Henry Munera y Henry Arrieta que con su trabajo me aportan mecanismos de formación y me proyectan por senderos de alegría en el lindo arte de enseñar.

A Cristian Reyes, Nelcy Mesa, Diego Benavides, Angie Díaz, Daniela Fernández, Angie Gonzales, Adela Bedoya, Eliana Mejía, Greis Gonzales, Esteban Martínez, Iván Martínez, Raúl Marín, Miguel Lerma y Ely Silva por ser esas maravillosas personas que a través de sus actos logran motivarme en pro de la formación integral de los diversos alumnos del plantel, a su vez consolidan una linda amistad basada en la sinceridad y lucha por mejorar día a día.

A mis bebitas Angellys, Shirley, Karen y Yaira, por siempre darme ese toque de amor y alegría que me permiten trabajar con entusiasmo todos los días de la semana.

AGRADECIMIENTOS

A la profesora Luz Yolanda Vargas Fiallo por ser esa maestra que edifica con sus palabras y que fomenta la proyección de un ser trabajador en excelencia.

A Yeison arroyo, Iván Martínez y Henry Munera por acompañarme a las zonas de muestreo y regocijar los espacios que permitieron un buen estudio de los puntos de análisis.

A mis alumnos de décimo grado por ser ese bastión anímico que me fortalece en mi proceso de enseñanza-aprendizaje.

A Nelson, Carlos, Ana, Marlen, Sandra, Diana y Diana Cristina que siempre me aportaron momentos de regocijo, cariño y sabiduría en el desarrollo de mi proceso de formación en la especialización.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	19
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	21
3. JUSTIFICACIÓN	22
4. OBJETIVOS.....	23
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	23
4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	23
5. MARCO TEÓRICO.....	24
5.1 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.	25
5.1.1 Pozos excavados	26
5.1.2 Pozos verticales	27
5.1.3 Sondeos.	28
5.2. CALIDAD DEL AGUA.	29
5.3. CONTAMINACIÓN DE AGUA.....	30
5.4. ENFERMEDADES HÍDRICAS.	31
5.5. LEGISLACIÓN AMBIENTAL.....	32
5.5.1 Resolución 2115/2007	34
5.5.1.1 Artículo 2º. Características físicas	34
5.5.1.2 Artículo 4º. Potencial de hidrógeno	35
5.5.1.3 Artículo 6º. Características químicas de sustancias que tienen implicaciones sobre la salud humana	35
5.5.1.4 Artículo 7º. Características químicas que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana	35
5.5.1.5 Artículo 8º. Características químicas relacionadas con los plaguicidas y otras sustancias	36
5.5.1.6 Artículo 10. Técnicas para realizar análisis microbiológicos	37
5.5.1.7 Artículo 13. Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano, IRCA	37
6. METODOLOGIA	40

6.1 REVISION DE ANTECEDENTES.....	40
6.2 DESARROLLO DE ENCUESTA.....	40
6.3 PUNTOS DE MUESTREO.....	40
6.4 ANALISIS DE LAS MUESTRAS.....	41
6.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	41
7. RESULTADOS.....	42
7.1 PUNTOS DE MUESTREO.....	42
7.2 ANALISIS DE ANTECEDENTES Y ENCUESTAS.....	42
7.3 DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE RIESGO PARA LA CALIDAD DEL AGUA (IRCA).....	49
7.3.1 Resultados de las muestras.....	50
7.4 ANALISIS DE MUESTRAS (TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y TANQUE DOMICILIARIO).....	51
7.4.1 Parámetros Físicos.....	51
7.4.2 Parámetros Químicos.....	51
7.4.3 Parámetros microbiológicos.....	55
8. POSIBLES ENFERMEDADES HIDRICAS DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO EN EL CORREGIMIENTO DE SAN MIGUEL DEL TIGRE (YONDÓ/ANTIOQUÍA).....	57
8.1 LA DIARREA.....	58
8.2 LA DESHIDRATACIÓN.....	59
9. CONCLUSIONES.....	60
10. RECOMENDACIONES.....	61
11. BIBLIOGRAFIA.....	62
12. ANEXOS.....	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Pozo Excavado.....	26
Figura 2. Pozo Vertical.....	27
Figura 3. Sondeo.....	28
Figura 4. Datos del análisis del desarrollo municipal en Colombia.	33
Figura 5. ¿Conoce el tratamiento que se le está realizando al agua del corregimiento?	43
Figura 6. ¿Se siente conforme con el agua que ingiere?.....	43
Figura 7. ¿Ha sufrido alguna vez de problemas estomacales posteriores al consumo del agua?.....	44
Figura 8. ¿Cree usted que la manera como toma el agua y la mantiene, es la adecuada para evitar enfermedades gastrointestinales?.....	44
Figura 9. ¿Hierva usted el agua antes de consumirla?	44
Figura 10. ¿Siente usted mal sabor en el agua que ingiere?.....	45
Figura 11. ¿Considera usted que el color del agua es un punto a favor para el consumo del agua?.....	45
Figura 12. ¿Ha sentido desconfianza de tomar el agua directamente de la plumilla?.....	45
Figura 13. ¿Cree que al incrementar el grado de concentración de cloro esto podría causar cambios en el sabor del agua y de paso hacerla inapropiada para su ingestión?	46

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Cobertura de sistemas de abastecimiento.	24
Cuadro 2. Componentes de un sistema de abastecimiento.	25
Cuadro 3. Características físicas del agua aceptadas para el consumo humano.	34
Cuadro 4. Características químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana.	35
Cuadro 5. Características químicas que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana.	36
Cuadro 6. Valores aceptables para el agua destinada al consumo humano.	38
Cuadro 7. Interpretación IRCA.	39
Cuadro 8. Identificación de la muestra # 1.	47
Cuadro 9. Resultados: Parámetros físicos, muestra 1.	47
Cuadro 10. Resultados: Análisis Químico, muestra 1.	47
Cuadro 11. Resultados: Análisis Microbiológico, muestra 1.	48
Cuadro 12. Identificación de la muestra # 2.	48
Cuadro 13. Resultados: Parámetros Físicos, muestra 2.	48
Cuadro 14. Resultados: Análisis Microbiológico, muestra 2.	48
Cuadro 15. Resultados: Análisis Químico, muestra 2.	49
Cuadro 16. IRCA, Muestra 1.	50
Cuadro 17. IRCA, Muestra 2.	50

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Punto de muestreo # 1.....	64
Anexo 2. Punto de muestreo # 2.....	65
Anexo 3. Mapa de división político administrativa del municipio de Yondó-Antioquia.....	66

GLOSARIO

Ablandamiento. La eliminación del calcio y el magnesio de un agua para reducir su dureza.

Acuífero. Una capa en el suelo que es capaz de transportar un volumen significativo de agua subterránea.

Aerobio. Un proceso que ocurre en presencia del oxígeno, tal como la digestión de la materia orgánica por las bacterias en una charca de oxidación.

Agua blanda. Cualquier agua que no contiene grandes concentraciones de minerales disueltos como calcio y magnesio.

Agua contaminada. La presencia en el agua de suficiente material perjudicial o desagradable para causar un daño en la calidad del agua.

Agua dura. Agua que contiene un gran número de iones positivos. La dureza está determinada por el número de átomos de calcio y magnesio presentes.

Agua potable. Agua que es segura para beber y para cocinar.

Agua subterránea. Agua que puede ser encontrada en la zona satura del suelo; zona que consiste principalmente en agua. Se mueve lentamente desde lugares con alta elevación y presión hacia lugares de baja elevación y presión, como los ríos y lagos.

Alcalinidad. La alcalinidad significa la capacidad tapón del agua; la capacidad del agua de neutralizar. Evitar que los niveles de pH del agua lleguen a ser demasiado

básico o ácido. Es También añadir carbón al agua. La alcalinidad estabiliza el agua en los niveles del pH alrededor de 7. Sin embargo, cuando la acidez es alta en el agua la alcalinidad disminuye, puede causar condiciones dañinas para la vida acuática.

Anión. Un ion cargado negativamente que resulta de la disociación de sales, de ácidos o de álcalis en la solución.

Asimilación. La capacidad del agua de purificarse de agentes contaminadores.

Bacterias. Pequeños microorganismos unicelulares, que se reproducen por la fisión de esporas.

Bacteria coliforme. Bacteria que sirve como indicador de contaminantes y patógenos cuando son encontradas en las aguas. Estas son usualmente encontradas en el tracto intestinal de los seres humanos y otros animales de sangre caliente.

Bacteria facultativa. Bacteria que puede vivir bajo condiciones aeróbicas o anaeróbicas.

Catión. Ión de carga negativa, resultado como la disolución de moléculas en agua.

Cloración. Proceso de purificación del agua en el cual el cloro es añadido al agua para desinfectarla, para el control de organismos presente. También usado en procesos de oxidación de productos impuros en el agua.

Cloro disponible. Es una medida de la cantidad de cloro disponible en Compuestos clorados, compuestos del hipoclorito, y otros materiales.

Compuestos. Dos o más elementos diferentes sostenidos juntos en proporciones fijas por fuerzas de atracción llamado enlace químico.

Desinfección. La descontaminación de fluidos y superficies. Para desinfectar un fluido o una superficie una variedad de técnicas están disponibles, como desinfección por ozono. A menudo desinfección significa eliminación de la presencia de microorganismo con un biocida.

Escherichia coli (E. coli). Bacteria coliforme que está a menudo asociada con el hombre y desechos a animales y es encontrada en el intestino. Es usada por departamentos de salud y laboratorios privados para medir la calidad de las aguas.

Evaluación cualitativa del agua. Análisis del agua usado para describir la visibilidad o las características estáticas del agua.

Evaluación cuantitativa del agua. Uso de análisis para establecer las propiedades del agua y concentraciones de compuestos y contaminantes en orden de definir la calidad del agua.

Hiperfosfatemia. Aumento de la cantidad de fosfatos contenida en sangre.

Ión. Un átomo en solución que está cargado, o sea positivamente (cationes) o negativamente (aniones).

Materia orgánica. Sustancias de material de plantas y animales muertos, con estructura de carbono e hidrógeno.

Metabolismo. Conversión de la comida, por ejemplo materia orgánica soluble, para material celular y gases por productos a través de procesos biológicos.

Microorganismos. Organismos que son tan pequeño que sólo pueden ser observados a través del microscopio, por ejemplo bacterias, fungi, levaduras, etc.

Nivel piezométrico del agua. La superficie del agua subterránea en el suelo.

Partes por millón (ppm). Expresado como ppm; medida de la concentración. Un ppm es una unidad de peso de soluto por peso de solución. En análisis de agua un ppm es equivalente a mg/l.

Patógeno. Enfermedad producida por microorganismos.

pH. El valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculado por el número de iones de hidrógeno presente. Es medido en una escala desde 0 a 14, en la cual 7 significa que la sustancia es neutra. Valores de pH por debajo de 7 indica que la sustancia es ácida y valores por encima de 7 indican que la sustancia es básica.

Planta de tratamiento. Una estructura construida para tratar el agua residual antes de ser descargada al medio ambiente.

Red de distribución de agua potable. Es un sistema compuesto por tanques, tubos, bombas y válvulas de diferentes tipos, conectados entre sí con el objeto de llevar este recurso hasta los usuarios finales.

Salinidad. La presencia de minerales solubles en el agua.

Sistema de abastecimiento de agua. La colección, tratamiento, almacenaje, y distribución de un agua desde su fuente hasta los consumidores.

Solubilidad. La cantidad de masa de un compuesto que puede disolverse por unidad de volumen de agua.

Turbidez. Medida de la no transparencia del agua debida a la presencia de materia orgánica suspendida.

Uremia: Síndrome debido a un exceso de sustancias nitrogenadas en la sangre secundario a una insuficiencia renal. Se caracteriza por náuseas, vómitos, cefaleas, prurito, somnolencia y coma.

RESUMEN

TÍTULO: ANALISIS FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO EN AGUAS SUBTERRANEAS DEL CORREGIMIENTO DE SAN MIGUEL DEL TIGRE EN YONDÓ, ANTIOQUIA*.

AUTOR: Humberto Yampiero Caicedo Barón**

PALABRAS CLAVES: Agua subterránea, Niveles piezométricos, Sistema de abastecimiento, Escherichia coli, Coliformes Totales, Fisicoquímicos, Microbiológicos

CONTENIDO: La siguiente monografía tiene como prioridad dar a conocer de forma específica las problemáticas que surgen en relación a parámetros medibles del recurso hídrico en el corregimiento de San Miguel del Tigre (Yondó/Antioquia) Para ello se planteo una relación con la resolución 2115/2007 por ser esta la base legislativa del agua potable en Colombia.

El trabajo comprende tres líneas de base donde se dan a conocer caracteres de la calidad del agua en Colombia y su relación con los efectos de contaminación, culminando en su primera línea de análisis con la especificación de la reglamentación del agua potable. La segunda línea de estudio hace especial referencia a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos en los muestreos, puntualizando en los valores que originan problemáticas al consumidor, a manera de análisis, con el fin de sensibilizarlos en la ingesta del líquido. La tercera línea relaciona las enfermedades a producirse por parte de presencias inadecuadas de elementos, compuestos y microorganismos que varían la composición estable del agua.

El objetivo general de este trabajo es Analizar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para determinar la calidad del agua suministrada en el sistema de abastecimiento de agua potable en el corregimiento de San Miguel del Tigre (Yondó, Antioquia). Como objetivos específicos se planteo la comparación de los resultados obtenidos con las normas que rigen la potabilización de agua en Colombia, con el fin determinar las posibles enfermedades hídricas originadas en la ingesta del recurso.

* Monografía

** Facultad de Ciencias, Escuela de Química, Especialización en Química Ambiental. Directora: Luz Yolanda Vargas Fiallo, Química, M.Sc.-Especialista en Química Ambiental

ABSTRACT

TITLE: PHYSICAL-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL ANALYSIS IN THE UNDERGROUND WATERS IN SAN MIGUEL DEL TIGRE DISTRICT OF YONDÓ (ANTIOQUÍA)

AUTHOR: Humberto Yampiero Caicedo Barón **

Keywords: Underground water, Piezometricos levels, Water supply system, Escherichia coli, Total coliformes, Physical-chemical, microbiological.

CONTENT: This essay explains in a specific way some problems which are surged in ratio to some parameters which are measurable water resources in San Miguel del Tigre (Yondó). In order to get this, it was necessary to establish a relation in accordance to the resolution 2115/2007 because this is the legislative basic to use drinking water in Colombia.

There are three guidelines in this essay which will be examined to get to know the different types of quality of water in Colombia and it is relation to the effects of pollution, ending up at it is first line of analysis with the specification of drinking water law. The second line in this study makes special reference to the physical-chemical and microbiological parameters which were obtained in some samples, taking care of some values which can show dangerous levels for the pollution. The third one makes reference to the illness produced by the ingest of some elements, compounds and microorganisms which can vary the natural state of drinking water.

The general objectives of this essay is to analyze the physical-chemical and microbiological parameters to determine the quality of water supplied by the drinking water system in San Miguel del Tigre. As a specific objectives was stated the comparison of some results that were obtained with norms which regulate the quality of water in Colombia, in order to determine some possible illness which are related with the consumption of available water in this district.

** Science Faculty, School of Chemistry. Environmental Chemical Specialization. Director: Luz Yolanda Vargas Fiallo. Chemistry, M.Sc. Environmental Chemistry-Specialist.

1. INTRODUCCIÓN

El agua subterránea constituye una fuente muy importante de extracción para beber y para riego agrícola, pero como su proceso de renovación es muy lento, resulta una fuente de agua fácil de agotar. Por otra parte, la contaminación del agua subterránea puede considerarse permanente.

Algunas bacterias y la mayoría de los contaminantes sólidos son removidas o eliminadas cuando el agua superficial contaminada se filtra en el suelo a los mantos acuíferos. Pero este proceso puede llegar a ser sobrecargado por grandes volúmenes de desechos domésticos e industriales. A pesar de que el suelo si retiene algunas sustancias contaminantes, no puede retener ni virus ni muchas sustancias químicas orgánicas, las cuales se disuelven en las aguas subterráneas¹.

Las aguas subterráneas no pueden depurarse por sí mismas, ya que las corrientes de éstas son lentas y no turbulentas, y los contaminantes no se diluyen ni se dispersan fácilmente. Es difícil, también, que se lleve a cabo el proceso de descomposición aeróbica, ya que es muy poco el oxígeno debajo de la tierra, y las colonias de bacterias anaeróbicas son muy dispersas y no son suficientes para descomponer la materia. Para que las aguas subterráneas puedan liberarse por sí mismas de los desechos contaminantes tienen que pasar cientos de miles de años. Por esto a medida del paso del tiempo las autoridades ambientales han marcado la necesidad de crear una veeduría sobre el tratamiento que se le aplica a estas, además del apoyo que se ejerce desde las administraciones en relación a investigaciones de tipo hídrico.

¹ ONGLEY, E.D. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Estudio FAO riego y drenaje. 1997.

En estos últimos años, la investigación hídrica se ha centrado en los problemas de la calidad del agua subterránea. En la mayoría de los casos, no solo se trata de la búsqueda incesante del agua, sino de estudiar como la calidad del agua subterránea se ha visto afectada por actividades humanas, predecir la evolución del problema, intentar mitigarlo, o en una caso más afortunado, simplemente adoptar las medidas oportunas para que estos problemas no lleguen a producirse.

El aporte de este trabajo forja su idea en originar un estudio que permita conocer las problemáticas (físicoquímicas y microbiológicas) del agua que abastece al corregimiento de San Miguel del Tigre, con el fin de generar conciencia en la preservación del recurso, y promover espacios que permitan a través de sistemas de tratamiento el fortalecimiento de la calidad como origen básico de condiciones aptas para la ingesta del hídrico en cuestión.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El corregimiento de San Miguel del Tigre en la municipalidad de Yondó, Antioquia, ha tenido históricamente un nivel de pobreza que le impide presentar tecnología de punta para la explotación de sus recursos hídricos y de este modo presentar un nivel adecuado de organización para los distintos trabajos que allí se presentan, como la pesca, la agricultura y la ganadería. Este desarrollo económico y el crecimiento poblacional contribuyeron a una mayor demanda de agua y por tanto la necesidad de satisfacer las necesidades de la población por parte de las autoridades responsables del suministro del recurso hídrico. Para ello la comunidad junto con miembros de la alcaldía, decidieron recurrir a las fuentes de agua subterránea aplicando técnicas artesanales para la captación mediante pozos artesanales. Sin embargo, se continúan presentando quejas por parte de la población, ya que no se ha logrado abastecer todo el corregimiento.

El recurso hídrico tomado en San Miguel del Tigre ha sido manejado por personas que han aprendido a través de las enseñanzas que les dejan sus predecesores, lo cual ha desencadenado decisiones que en ocasiones son equivocadas y que desencadenan problemas con los diferentes componentes activos del corregimiento en relación a la falta del preciado líquido.

En pro de solucionar los caracteres negativos anteriormente dichos se resalta la importancia de realizar una evaluación inicial de las condiciones actuales del suministro de agua, ya que de acuerdo a la revisión inicial de información consultada, no se han encontrado reportes para verificar la calidad de agua según los límites contemplados en *el Decreto 1575/2007* y *la Resolución 2115* del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Protección Social.

3. JUSTIFICACIÓN

La vida en la tierra depende del agua, constituye el 80% del cuerpo de la gran parte de los organismos, además es el hábitat natural para la mayoría de ellos. Una persona debe consumir de manera ideal, dos litros de agua de muy buena calidad diariamente para mantener un cuerpo sano².

El desarrollo de una nación, departamento o municipio, su nivel de vida, la actividad industrial, agrícola y ganadera, depende de este recurso fundamental. Dada la importancia del agua para la vida de todos los seres vivos, y debido al aumento de las necesidades de este recurso por el crecimiento y continuo desarrollo de la humanidad, el hombre está en la obligación de proteger el agua y evitar toda influencia nociva sobre las fuentes del preciado líquido.

Teniendo en cuenta la importancia de los sistemas acuíferos como principal o única fuente de abastecimiento para muchas poblaciones, en especial para sitios con alto detrimento económico, se realiza este estudio que tiene como finalidad elevar la confiabilidad hacia el sistema de uso del recurso y evitar con ello enfermedades hídricas en los habitantes.

Así mismo a través de este diagnóstico, se puede evidenciar como se lleva a cabo el suministro de agua y la presencia de enfermedades hídricas (dengue, diarreas, entre otros) en la comunidad, para determinar las posibles causas (como la calidad del agua suministrada o el inadecuado almacenamiento de la misma). Todo ello con el propósito de mejorar la calidad de vida de la población que se beneficia de este recurso hídrico y contribuir al desarrollo económico de la comunidad.

² Michael, 2003.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL.

Analizar fisicoquímica y microbiológicamente la calidad del agua suministrada a través del sistema de abastecimiento de agua potable a los habitantes del corregimiento de San Miguel del Tigre en Yondó, Antioquia

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

1. Seleccionar puntos de interés para el muestreo de agua potable suministrada a la población de San Miguel del Tigre en Yondó, Antioquia.
2. Comparar los resultados obtenidos con las normas que rigen la potabilización de agua en Colombia.
3. Determinar las posibles enfermedades relacionadas con los parámetros estudiados en el sistema de abastecimiento.
4. Determinar el índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA).

5. MARCO TEÓRICO

El acceso al agua potable y saneamiento en Colombia y la calidad de estos servicios ha aumentado significativamente durante la última década. Sin embargo, aún quedan desafíos importantes, incluso una cobertura insuficiente de los servicios, especialmente en zonas rurales y una calidad inadecuada de los servicios de agua y saneamiento³. En comparación con algunos otros países de América Latina, el sector está caracterizado por altos niveles de inversiones y de recuperación de costos, la existencia de algunas grandes empresas públicas eficientes y una fuerte y estable participación del sector privado local⁴.

Cuadro 1. Cobertura de sistemas de abastecimiento.

Tipos	Características	Urbano (77% de la población)	Rural (23% de la población)	Total
Agua	Definición amplia	99%	71%	93%
	Conexiones domiciliarias	96%	51%	86%
Saneamiento	Definición amplia	96%	54%	86%
	Alcantarillado	90%	20%	74%

Fuente. IDEAM, 2004.

En el año 2004, la población con acceso a agua potable y a un saneamiento adecuado representaba el 93% y el 86%, respectivamente. La población rural, que representa aproximadamente el 23% de la población total del país, mostraba las tasas de cobertura más bajas, ya que sólo el 71% tenía acceso a agua potable y el 54% a un saneamiento adecuado. Mostrando de esta manera bajos niveles de asimilación del recurso en relación a su calidad; debido a inversiones minúsculas del sistema⁵.

³ IDEAM, 1998.

⁴ Departamento Nacional de Planeación, 1991.

⁵ IDEAM, 2004

5.1 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.

Para conocer las problemáticas que surgen en Colombia, se deben priorizar las fuentes de suministro en relación a agua potable; ya que estas originan el tipo de sistema que será recibido en cada uno de los hogares. De acuerdo a la forma de abastecimiento se consideran tres tipos principales de fuente: aguas de lluvia, aguas superficiales y aguas subterráneas, Siendo estas dos últimas las más usadas en los distintos sistemas de suministro acuífero.

Cuadro 2. Componentes de un sistema de abastecimiento.

Componentes	Descripción
Fuentes de producción	Agua de lluvia Agua superficial Agua subterránea
Obras de captación	En la mayoría de los sistemas de abastecimiento el agua proviene de captaciones superficiales o subterráneas; en algunas regiones existe una gestión integrada de ambos recursos.
Planta de tratamiento	Es una de las etapas delicadas del sistema. El tipo de tratamiento varía en función de la calidad de agua captada.
Almacenamiento del agua tratada	Tiene la función de compensar las variaciones horarias del consumo, en situaciones de emergencia (incendios) o en casos de racionamientos.
Red de distribución	Se inicia en el tanque de agua tratada y termina en la primera vivienda del usuario del sistema. Consta de estaciones de bombeo en topografías planas y tuberías (principales, secundarias y terciarias) para la conducción del agua tratada desde su almacenamiento o captación.

Fuente. Adaptado de Heredia, 1999.

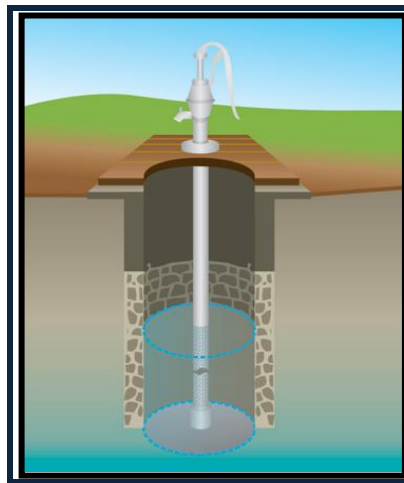
Dentro de los sistemas de abastecimiento se encuentran las captaciones de agua superficial y captaciones de agua subterránea. Las aguas superficiales están constituidas por los arroyos, ríos, lagos, etc. que discurren naturalmente en la superficie terrestre. Estas fuentes no son tan deseables, especialmente si existen zonas habitadas o de pastoreo animal aguas arriba. Sin embargo a veces no

existe otra fuente alternativa en la comunidad, siendo necesario para su utilización, contar con información detallada y completa que permita visualizar su estado sanitario, caudales disponibles y calidad de agua.⁶

Las aguas subterráneas son parte de la precipitación en la cuenca que se infiltra en el suelo hasta la zona de saturación. La explotación de estas dependerá de las características hidrológicas y de la formación geológica del acuífero. La captación de aguas subterráneas se puede realizar a través de manantiales, galerías filtrantes y pozos (excavados y tubulares)⁷.

5.1.1 Pozos excavados. Son obras de perforación a mano, con un diámetro mínimo de 1,5 metros. Su profundidad normalmente es de unas pocas decenas de metros (20 ó 30), aunque han llegado a varios centenares (ver *Figura 1*). Este tipo de obras se realizan en acuíferos de materiales poco consolidados con niveles piezométricos poco profundos.

Figura 1. Pozo Excavado.



Fuente. Martínez, 1998.

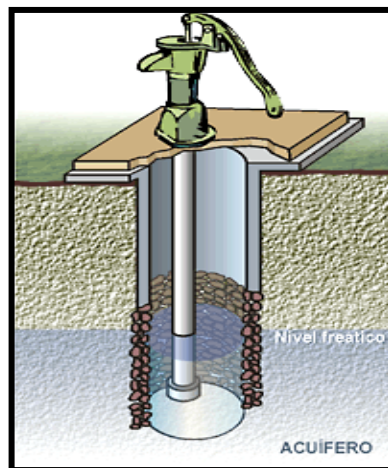
⁶ OPS, 2004.

⁷ Custodio y Llamas, 1983.

El método constructivo es el clásico de pico y pala, aunque también se utilizan martillos neumáticos y explosivos. Requieren de una bomba de achique para que pueda ser extraída el agua una vez alcanzado el nivel que permita la continuación de los trabajos⁸.

5.1.2 Pozos verticales. Pueden entenderse todos aquellos que se proyectan y construyen para obtener el agua por penetración vertical de la obra de captación en una capa acuífera como se observa en *La Figura 2*. La extracción del agua en ellos se realiza, en general, por medio de bombas que suelen ser movidas, a su vez, por motores eléctricos, bien sea situados al exterior sobre la boca del pozo (bombas de eje vertical) o sumergidos formando un solo cuerpo (motobombas sumergibles)⁹.

Figura 2. Pozo Vertical.



Fuente. Martínez, 1998.

Para la construcción de un pozo vertical Custodio y Llamas recomiendan tener en cuenta la profundidad, el método de perforación, la entubación provisional durante la

⁸ Custodio y Llamas, 1983.

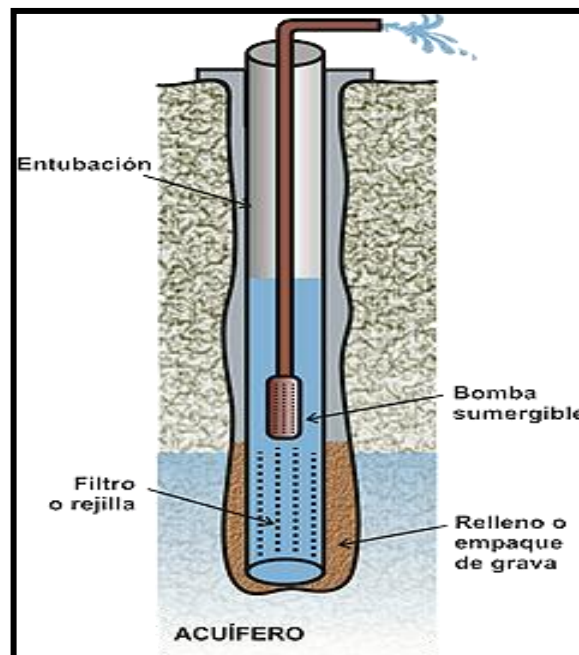
⁹ Ibid.

construcción del pozo y el entubado definitivo tiene la función de sostener las paredes de la perforación y conducir al exterior el agua del acuífero a explotar.

Una vez se termina el pozo, se requiere la protección sanitaria para aguas extraídas de formaciones arenosas. Generalmente el agua subterránea en su estado natural es de buena calidad, cuando el agua obtenida está contaminada biológicamente puede asegurarse, que de algún modo ha sido negligencia humana. El abandono de pozos, cualquiera sea la causa que lo motive, debe realizarse con el previo sellado del mismo.

5.1.3 Sondeos. Corresponde a las obras que con mayor frecuencia se realizan para el aprovechamiento de las aguas subterráneas. Un sondeo es una perforación excavada por medios mecánicos, preferentemente vertical (ver *Figura 3*), de diámetro inferior a 1,5 metros, aunque los más usuales se encuentran entre los 150 y los 700 mm.

Figura 3. Sondeo.



Fuente. Ibáñez y Porrez, 2001.

Presentan la ventaja de que pueden alcanzar grandes profundidades y tienen un coste normalmente inferior a cualquier otro tipo de captaciones.¹⁰

5.2. CALIDAD DEL AGUA.

El estudio de la calidad del agua destinada a ser consumida por el hombre ha sido, y es, de primordial importancia, interviniendo en el mismo muchos factores que pueden afectarla; siendo las actividades antrópicas una de las principales causas de la contaminación del agua. De modo general, se denomina potable a aquella agua que puede ser consumida por el hombre sin peligro alguno para su salud. Ello supone tener en cuenta las distintas características del agua, ya sean físicas, químicas y bacteriológicas, definiendo criterios de calidad. Los criterios usuales para dictaminar acerca de la potabilidad del agua son el físico, el químico y el bacteriológico¹¹.

El riesgo para la salud provocado por las sustancias físicas y/o químicas que pueden existir en el agua potable, depende del nivel de concentración de los contaminantes presentes. Los problemas relacionados con los componentes químicos surgen fundamentalmente por la posibilidad de que esas sustancias causen efectos negativos después de períodos prolongados de exposición¹².

Puesto que la mayoría de las quejas de los consumidores acerca de la calidad del agua según estudios realizados por Terán, se relaciona con su color, sabor u olor, la calidad del agua potable de acuerdo con la percepción sensorial determina en gran medida la aceptabilidad de un tipo de agua en particular.

Los criterios de calidad bacteriológica del agua se basan en la determinación de aquellos microorganismos que puedan afectar directamente la salud del hombre o

¹⁰ Ibid.

¹¹ Terán, 2003.

¹² Ibid.

que, por su presencia, puedan señalar la posible existencia de otros. El agua, aunque no es un buen cultivo para los microorganismos, es un elemento transmisor de enfermedades; a través de la bebida y el baño puede incorporar al hombre aquellos gérmenes patógenos procedentes de la vía intestinal, que previamente la hayan contaminado.

5.3. CONTAMINACIÓN DE AGUA.

La contaminación del agua causada por las actividades del hombre es un fenómeno ambiental de importancia, se inicia desde los primeros intentos de industrialización, para transformarse en un problema generalizado, a partir de la revolución industrial, iniciada a comienzos del siglo XIX¹³.

Los procesos de producción industrial iniciados en esta época requieren la utilización de grandes volúmenes de agua para la transformación de materias primas, siendo los efluentes de dichos procesos productivos, vertidos en los cauces naturales de agua (ríos, lagos) con desechos contaminantes¹⁴.

Desde entonces, esta situación se ha repetido en todos los países que han desarrollado la industrialización, y aún cuando la tecnología ha logrado reducir de alguna forma el volumen y tipo de contaminantes vertidos a los cauces naturales de agua, ello no ha ocurrido ni en la forma ni en la cantidad necesarias para que el problema de contaminación de las aguas esté resuelto¹⁵.

La contaminación del agua se produce a través de la introducción directa o indirecta en los cauces o acuíferos de sustancias sólidas, líquidas, gaseosas, así como de energía calórica, entre otras. Esta contaminación es causante de daños

¹³ OPS, 2004.

¹⁴ OEA, 2002.

¹⁵ OPS, 2004.

en los organismos vivos del medio acuático y representa, además, un peligro para la salud de las personas y de los animales.

Existen dos formas a través de las cuales se puede contaminar el agua. Una de ellas es por medio de contaminantes naturales, es decir, el ciclo natural del agua puede entrar en contacto con ciertos constituyentes contaminantes que se vierten en las aguas, atmósfera y corteza terrestre. Por ejemplo, sustancias minerales y orgánicas disueltas o en suspensión, tales como arsénico, cadmio, bacterias, arcillas, materias orgánicas, etc.¹⁶

Otra forma es a través de los contaminantes generados por el hombre o de origen humano, y son producto de los desechos líquidos y sólidos que se vierten directa o indirectamente en el agua. Por ejemplo, las sustancias de sumideros sanitarios, sustancias provenientes de desechos industriales y las sustancias empleadas en el combate de plagas agrícolas y/o vectores de enfermedades.

5.4. ENFERMEDADES HÍDRICAS.

Las enfermedades hídricas son aquellas en las que el causante de la patología sean organismos microbiológicos o sustancias químicas que ingresan al cuerpo como un componente del agua ingerida.

La mayoría de los organismos que provocan estas patologías llegan al agua mediante contaminación con excretas humanas y finalmente ingresan al cuerpo a través de la boca. Se manifiestan casi todas como enfermedades entéricas. El síndrome más frecuente es la diarrea. Los agentes etiológicos pueden ser bacterias, virus o parásitos.

¹⁶ IDEAM, 1998

Este tipo de enfermedades podría controlarse con un abastecimiento de agua confiable y adecuada disposición de excretas. Constituyen un índice elocuente del desarrollo económico social de la población, siendo los sectores más afectados por la pobreza y la marginalidad, los más castigados por las enfermedades hídricas.

Se sabe de terribles epidemias de cólera, fiebre tifoidea y disentería, en distintas partes del mundo, que han causado tantas muertes como las guerras. Sin embargo en los países en desarrollo adquiere aún mayor dimensión, los niveles continuos de morbi-mortalidad por diarreas.

La O.M.S. estima que cada año se presentan 500 millones de casos en niños menores de 5 años en Asia, África y América Latina. Entre 15 y 20 millones terminan con la muerte. Mejoras en el saneamiento básico pueden bajar la morbilidad por estas enfermedades hasta un 50%¹⁷.

5.5. LEGISLACIÓN AMBIENTAL.

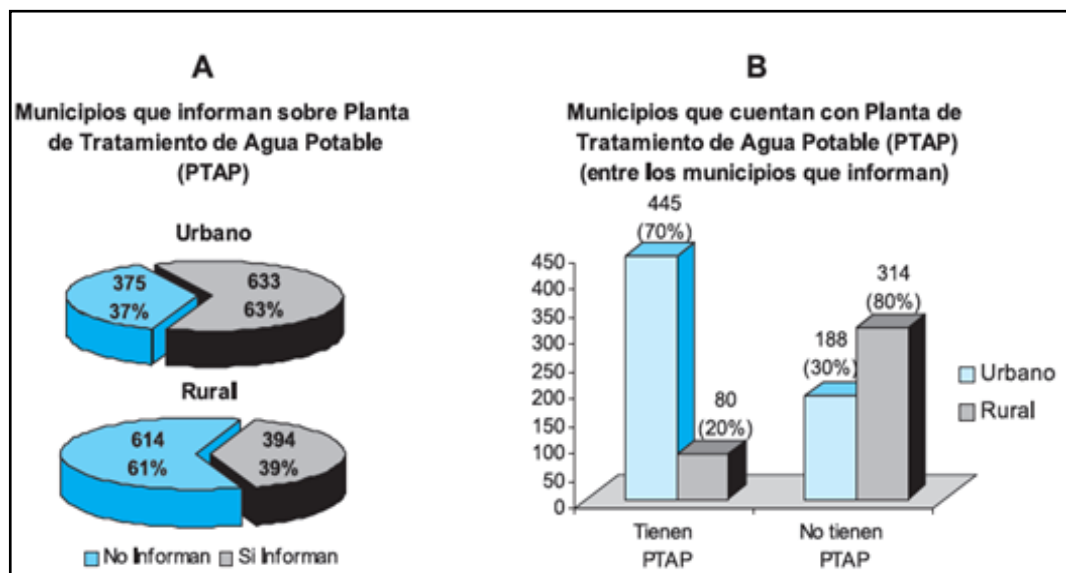
Según el *RAS 2000*, la entidad prestadora del servicio público de acueducto es la responsable de controlar la calidad de agua en la red de distribución ya sea en puntos previamente escogidos, como hidrantes o pilas diseñadas para recoger muestras, o en acometidas escogidas aleatoriamente. En dichos sitios deben realizarse mínimo los análisis organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos establecidos en los Artículos 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 de la Resolución 2115/2007. Además, la vigilancia de que este proceso se cumpla está a cargo de las autoridades de salud de los Departamentos, Distritos o Municipios, tal como está estipulado en *el Resolución anteriormente mencionada en el capítulo V*.

¹⁷ OPS, 2004.

Sin embargo, la mayoría de las empresas prestadoras del servicio de acueducto; sobre todo las más pequeñas, tienen dificultades para medir la calidad de su agua debido a la falta de capacidad financiera y técnica. No tienen tarifas que cubran al menos los costos de operación y no logran obtener los ingresos para adquirir los insumos para hacer potable el agua, ni para establecer laboratorios que realicen una constante evaluación del agua.

El Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS 2000, establece que el agua para consumo humano no debe contener microorganismos patógenos, ni sustancias tóxicas o nocivas para la salud, por lo que debe cumplir los requisitos de calidad microbiológicos y fisicoquímicos exigidos en *la Resolución 2115/2007*, expedido por el Ministerio de Salud. Además, la calidad del agua no debe deteriorarse ni caer por debajo de los límites establecidos durante el periodo de tiempo para el cual se diseñó el sistema de abastecimiento.

Figura 4. Datos del análisis del desarrollo municipal en Colombia.



Fuente. UNICEF – Colombia.

En los planes de desarrollo municipales se encontró que el 63% de los municipios analizados incluye información sobre la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) de la zona urbana en el diagnóstico, mientras que el 37% restante no reseña el tema en su plan. Además, sobre el sistema de potabilización que sirve a las zonas rurales y dispersas, solo el 39% de los municipios analizados incluye información en sus planes de desarrollo.

5.5.1 Resolución 2115/2007. Resuelve en sus diferentes capítulos y artículos un compendio de ideas que limitan la excesiva presencia de elementos y compuestos que podrían causar alteración no solo a nivel del recurso sino al organismo mismo de las personas que ingieren agua proveniente de los diferentes sistemas de potabilización que se presentan a nivel de la nación.

La reglamentación específica del Capítulo II sostiene concepciones acerca de las características físicas y químicas que debe tener el agua para su consumo.

5.5.1.1 Artículo 2º. Características físicas. El agua para consumo humano no podrá sobrepasar los valores máximos aceptables para cada una de las características físicas que se señalan a continuación:

Cuadro 3. Características físicas del agua aceptadas para el consumo humano.

Características físicas	Expresadas como	Valor mínimo aceptable	Valor máximo aceptable
Color aparente	Unidades de platino Cobalto (UPC)		15
Turbiedad	Unidades nefelométricas de Turbiedad (UNT)		2
Potencial de Hidrogeno	pH	6.5	9.0

Fuente. Resolución 2115

5.5.1.2 Artículo 4°. Potencial de hidrógeno. El valor del pH del agua para consumo humano, deberá estar comprendido entre 6,5 y 9,0.

5.5.1.3 Artículo 6°. Características químicas de sustancias que tienen implicaciones sobre la salud humana. Las características químicas del agua para consumo humano en relación con los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana se señalan en el siguiente cuadro.

Cuadro 4. Características químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana.

Características Químicas	Expresadas como	Valor mínimo aceptable	Valor máximo aceptable
Carbono Orgánico Total	COT		5.0
Nitritos	(NO ₂) ⁻		0.1
Nitratos	(NO ₃) ⁻		10
Fluoruros	F ⁻		1.0

Fuente. Resolución 2115/2007

Parágrafo. Cualquier incremento en las concentraciones habituales de Carbono Orgánico Total, COT, debe ser investigado conjuntamente por la persona prestadora que suministra o distribuye agua para consumo humano y la autoridad sanitaria, con el fin de establecer el tratamiento correspondiente para su reducción.

5.5.1.4 Artículo 7°. Características químicas que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana. Las características químicas del agua para consumo humano en relación con los elementos y compuestos químicos que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud se señalan a continuación.

Cuadro 5. Características químicas que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana.

Características Químicas	Expresadas como	Valor mínimo aceptable	Valor máximo aceptable
Cloro residual Libre	mg/L	0.3	2
Alcalinidad Total	CaCO ₃		200
Calcio	Ca		60
Fosfatos	(PO ₄) ⁻³		0.5
Manganeso	Mn		0.1
Molibdeno	Mo		0.07
Magnesio	Mg		36
Zinc	Zn		3
Dureza Total	CaCO ₃		300
Sulfatos	(SO ₄) ⁻²		250
Hierro Total	Fe		0.3
Cloruros	Cl ⁻		250

Fuente. Resolución 2115/2007

5.5.1.5 Artículo 8º. Características químicas relacionadas con los plaguicidas y otras sustancias. Las características químicas del agua para consumo humano deberán sujetarse a las concentraciones máximas aceptables de plaguicidas y otras sustancias químicas que se señalan a continuación. La concentración máxima aceptable presente en el agua es de 0,0001 mg/L para cada una de las siguientes características químicas:

- Las características químicas reconocidas por el Ministerio de la Protección Social como cancerígenas, mutagénicas y teratogénicas o las referencias reconocidas por el mencionado Ministerio. No se incluye el asbesto, pues se considera cancerígeno sólo por inhalación.

- Las características químicas cuyo valor DL₅₀ oral mínimo reconocido sea menor o igual a 20 mg/Kg, según las referencias reconocidas por el Ministerio de la Protección Social.
- Las características cuya información reconocida por el Ministerio de la Protección Social, sean catalogadas como extrema o altamente peligrosas.
- Las características químicas de origen natural o sintético sobre las que se considere necesario aplicar normas de precaución, en el sentido de que a pesar de no poseer suficiente información científica, se considere necesario adoptar medidas para prevenir daños graves o irreversibles a la salud de las personas, en razón a las condiciones de uso y manejo de las mismas.

5.5.1.6 Artículo 10. Técnicas para realizar análisis microbiológicos. Las técnicas aceptadas para realizar los análisis microbiológicos del agua para consumo humano son las siguientes:

- Para Escherichia Coli y Coliformes totales: Filtración por membrana, Sustrato Definido, enzima sustrato y presencia-ausencia.

Se podrán adoptar otras técnicas y metodologías debidamente validadas por el Instituto Nacional de Salud, INS, o este realizará una revalidación con base en documentos soporte de organismos internacionales que presenten los solicitantes; instrumentos básicos para garantizar la calidad del agua para consumo humano.

5.5.1.7 Artículo 13. Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano, IRCA. Para el cálculo del IRCA al que se refiere el Artículo 12 del *Decreto 1575 de 2007* se asignará el puntaje de riesgo contemplado en el Cuadro N° 6 a cada característica física, química y microbiológica, por no cumplimiento de los valores aceptables establecidos en la presente Resolución:

Cuadro 6. Valores aceptables para el agua destinada al consumo humano.

Características Físicas/Químicas/Microbiológicas	Expresadas como	Valor mínimo aceptable	Valor máximo aceptable	Puntaje de riesgo
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)		15	6
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de Turbiedad (UNT)		2	15
Potencial de Hidrógeno	pH	6.5	9.0	1.5
Cloro residual Libre	Mg/L	0.3	2	15
Alcalinidad Total	CaCO ₃		200	1
Calcio	Ca		60	1
Fosfatos	(PO ₄) ⁻³		0.5	1
Manganeso	Mn		0.1	1
Molibdeno	Mo		0.07	1
Magnesio	Mg		36	1
Zinc	Zn		3	1
Dureza Total	CaCO ₃		300	1
Sulfatos	(SO ₄) ⁻²		250	1
Hierro Total	Fe		0.3	1.5
Cloruros	Cl ⁻		250	1
Nitratos	(NO ₃) ⁻		10	1
Nitritos	(NO ₂) ⁻		0.1	3
Aluminio	Al ⁺³		0.2	3
Fluoruros	F ⁻		1.0	1
Carbono Orgánico Total	COT		5.0	3
Coliformes Totales			0	15
Escherichia Coli			0	25
SUMATORIA				100

Fuente. Resolución 2115/2007

El valor del IRCA es cero (0) puntos cuando cumple con los valores aceptables para cada una de las características físicas, químicas y microbiológicas contempladas en la presente Resolución y cien puntos (100) para el más alto riesgo cuando no cumple ninguno de ellos.

Parágrafo. Si los resultados de los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos, contemplados en los artículos 5° y 8° de la presente Resolución, exceden los valores máximos aceptables, al valor del IRCA se le asignará el puntaje máximo de 100 puntos independientemente de los otros resultados. Igualmente, se le asignará el valor de 100 puntos si hay presencia de Giardia y Cryptosporidium, teniendo en cuenta los plazos estipulados en el artículo 34 de esta Resolución.

Cuadro 7. Interpretación IRCA.

Clasificación IRCA	Nivel de Riesgo	IRCA por muestra (Notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA mensual (acciones)
80.1- 100	Inviabile Sanitariamente	Informar a la persona prestadora, al COVE, Alcalde, Gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT Contraloría General y Procuraduría General	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional
35.1- 80	Alto	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde, Gobernador y a la SSPD	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores
14.1- 35	Medio	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde y Gobernador	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora
5.1- 14	Bajo	Informar a la persona prestadora y al COVE	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento
0- 5	SIN RIESGO	Continuar el control y la vigilancia	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia

Fuente. Resolución 215/2007

Artículo 14. Cálculo del IRCA. El cálculo del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano, IRCA, se realizará utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\text{S puntajes de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\text{S puntajes de riesgo asignados a todas las características analizadas}}$$

6. METODOLOGIA

En la metodología a tratar se darán a conocer aspectos de gran relevancia en relación a los parámetros de desarrollo del proyecto, estos son:

6.1 REVISION DE ANTECEDENTES.

En este punto se tuvo en cuenta los resultados de análisis anteriores con referencia a la calidad de agua del sistema de abastecimiento del corregimiento, con el fin de realizar paralelos que referencien los contrastes notorios entre esta y la que se pretende aplicar bajo el desarrollo del proyecto.

6.2 DESARROLLO DE ENCUESTA.

Las encuestas que se hicieron a un grupo de habitantes del corregimiento con el fin de distinguir los conocimientos que presentan sobre el sistema de abastecimiento y los puntos de vista sobre el tratamiento del agua que consumen.

6.3 PUNTOS DE MUESTREO.

La selección de los puntos de muestreo se llevó a cabo de forma aleatoria e intencional, con el propósito de evaluar la calidad del agua en dos lugares de interés de la red de suministro, que incluye: la salida del tanque de almacenamiento y la casa más alejada de la fuente de abastecimiento.

Las muestras se tomaron de forma manual, puntual o simple por ello fueron recolectadas en un sitio específico y en un tiempo definido.

6.4 ANALISIS DE LAS MUESTRAS.

Luego del muestreo se llevaron a cabo los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras; a fin de adquirir un conocimiento más claro de los componentes que presente el agua en el sistema de abastecimiento actual del corregimiento de San Miguel del Tigre. Dentro de los parámetros considerados en este análisis según la reglamentación del *Decreto 1575/ 2007* y la *Resolución 2115* del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Protección Social se encuentran:

- Físicos: (color aparente, olor, sabor, turbiedad, conductividad, pH).
- Químicos de reconocido efecto adverso en la salud humana: (Antimonio, Arsénico, Cobre, Cromo, Mercurio, Níquel, Plomo, Selenio).
- Elementos y compuestos químicos que tienen implicaciones en la salud humana: (Carbono orgánico, Nitritos, Nitratos, Fluoruros).
- Elementos y compuestos químicos que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana: (Calcio, Alcalinidad total, Cloruros, Aluminio, Dureza total, Hierro total, Magnesio, Manganeso, Sulfatos, Zinc, Fosfatos).
- Microbiológico: Recuento estándar, Coliformes totales y Coliformes fecales (*Escherichia coli*).

Los cuales se llevaron a cabo de acuerdo con el protocolo establecido en el *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

6.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Los resultados obtenidos fueron comparados con los valores máximos permisibles exigidos en la legislación colombiana para el suministro de agua a la población y para conocer con certeza la calidad con la que el sistema de abastecimiento está suministrando el líquido a los diferentes sectores del corregimiento.

7. RESULTADOS

7.1 PUNTOS DE MUESTREO.

En este ítem se tiene como prioridad dar a conocer los puntos de muestreo, como una manera de obtener una parte representativa del material bajo estudio (cuerpo de agua subterránea) para la cual se analizaran las variables fisicoquímicas y microbiológicas de interés.

Los dos puntos seleccionados presentan características de relevancia, pues relacionan concepciones puntuales de interés como en el caso del tanque de almacenamiento (principal), que arrojó mediante su muestreo parámetros analizables que fortalecerán programas de mitigación a partir de la generación de sistemas de tratamiento, para de este modo evitar la propagación de agentes nocivos en los conductos que finalizan en los diferentes domicilios del corregimiento.

El segundo punto de muestreo hace referencia al tanque de almacenamiento domiciliario más lejano, el cual dio a conocer mediante su muestreo, parámetros que permiten relacionar la condición del agua que llega del ducto principal con el factor de almacenamiento que presenta el punto de interés (domiciliario).

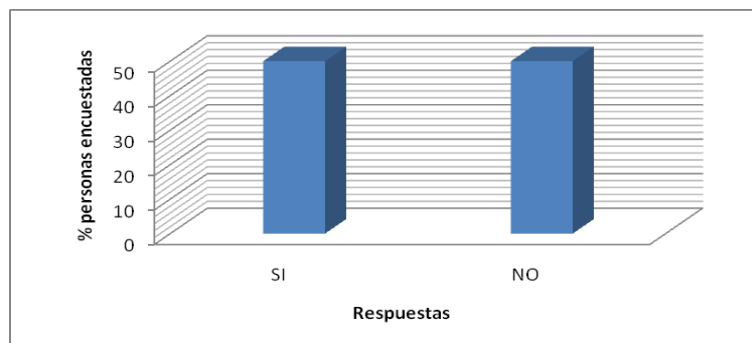
7.2 ANALISIS DE ANTECEDENTES Y ENCUESTAS.

Con el fin de dar a conocer de manera integra el proceso analítico de los tópicos planteados en la metodología, surge la necesidad de exponer los resultados obtenidos. Es así pues que al indagar acerca de los antecedentes se pudo establecer que exclusivamente se tomaron tres tipos de muestras en los últimos 10 años para analizar la calidad de esta, donde se obtuvieron valoraciones

positivas que origino en los habitantes seguridad en la calidad de agua que se ingería, a medida del paso del tiempo algunos habitantes han formulado inquietudes y agravios en la forma como se toman dichas muestras, pues señalan que no se les informa con claridad y esto propone información que tal vez no se divulga en su totalidad.

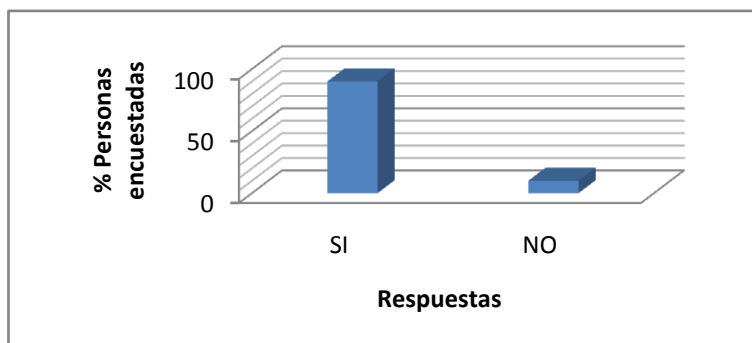
Teniendo en cuenta algunas inconformidades se propuso la realización de encuestas con personas tomadas al azar, pues así se podría identificar posibles “desavenencias” con el pensamiento acerca del sistema de abastecimiento y la calidad del agua. Los interrogantes formulados y sus descripciones gráficas son:

Figura 5. ¿Conoce el tratamiento que se le está realizando al agua del corregimiento?



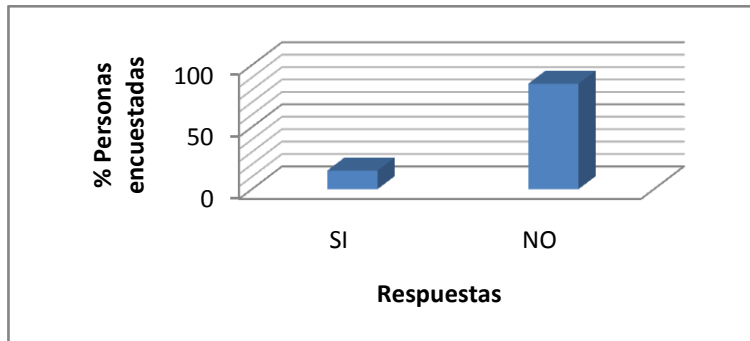
Fuente. El Autor.

Figura 6. ¿Se siente conforme con el agua que ingiere?



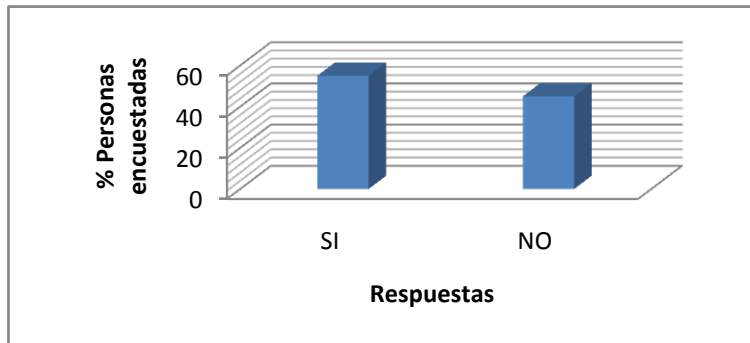
Fuente. El Autor.

Figura 7. ¿Ha sufrido alguna vez de problemas estomacales posteriores al consumo del agua?



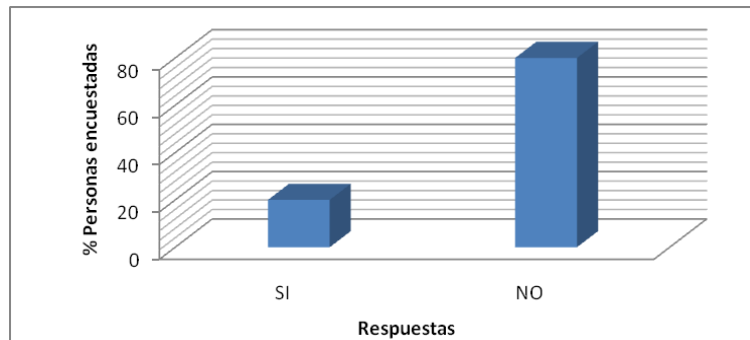
Fuente. El Autor.

Figura 8. ¿Cree usted que la manera como toma el agua y la mantiene, es la adecuada para evitar enfermedades gastrointestinales?



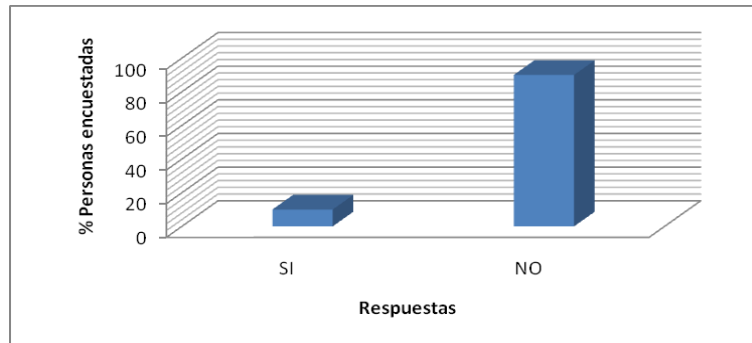
Fuente. El Autor.

Figura 9. ¿Hierve usted el agua antes de consumirla?



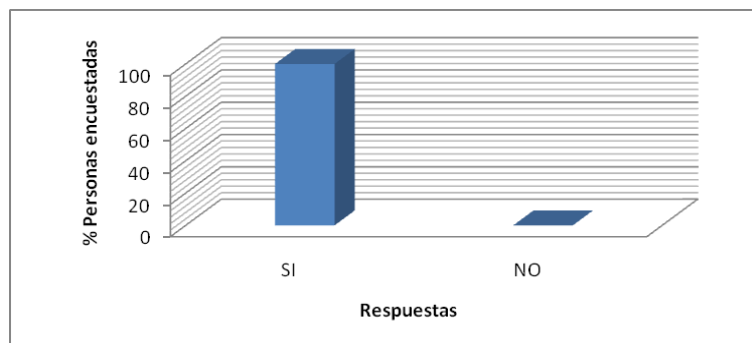
Fuente. El Autor.

Figura 10. ¿Siente usted mal sabor en el agua que ingiere?



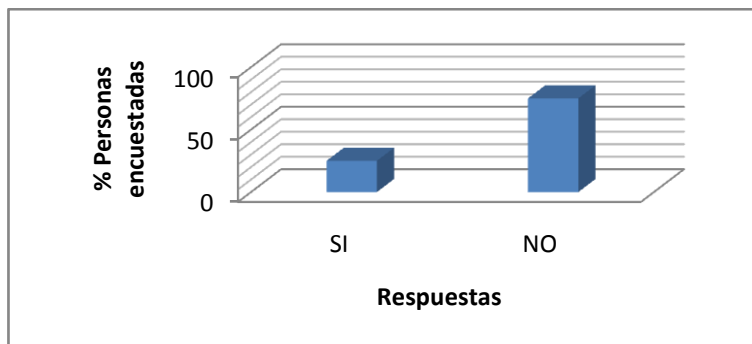
Fuente. El Autor.

Figura 11. ¿Considera usted que el color del agua es un punto a favor para el consumo del agua?



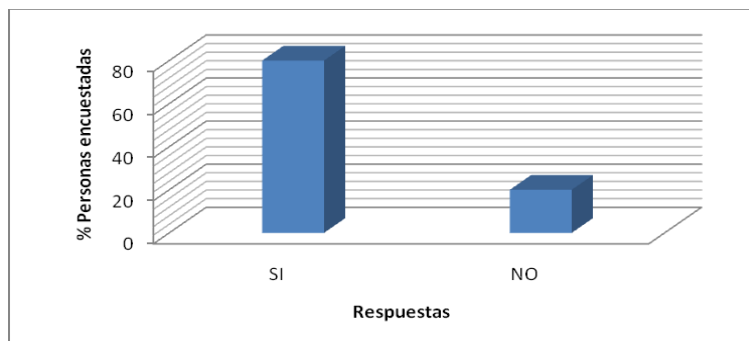
Fuente. El Autor.

Figura 12. ¿Ha sentido desconfianza de tomar el agua directamente de la plumilla?



Fuente. El Autor.

Figura 13. ¿Cree que al incrementar el grado de concentración de cloro esto podría causar cambios en el sabor del agua y de paso hacerla inapropiada para su ingestión?



Fuente. El Autor.

Al analizar los resultados obtenidos en las encuestas de una muestra de habitantes que utilizan el agua como ingesta diaria, se infiere que en gran porcentaje se presenta conformidad con el manejo del sistema de abastecimiento, puesto que para su ingesta evitan hervir el agua e ingieren el líquido directamente de la “plumilla”, factor que contradice los ítems normales de los “objetantes” que como se puede observar se encuentra en menor proporción, pero que de una u otra forma generan descontentos firmes con expresiones que en oportunidades no se ha concretado su solución por parte de los administradores.

A su vez se puede señalar que existe la posibilidad de encontrar enfermedades originadas por la ingesta del líquido, ya que algunos habitantes se ha presentado dolores estomacales tras el consumo el agua del sistema de abastecimiento.

Como punto a resaltar se indica que los habitantes piensan que la variación de concentración de cloro no solo originaría cambios en el sabor si no a su vez la haría inadecuada para su ingesta, factor que asocian con tiempos en donde se realizo la aplicación y que origino molestias sin importar que las adicciones del elemento desencadenarían en la extinción de material microbiológico como coliformes fecales y totales.

Cuadro 8. Identificación de la muestra # 1

Tipo de muestra: Puntual.
Identificación de la muestra: Tanque Principal de almacenamiento
Matriz de la muestra: Agua Potable.
Muestreo realizado por: El Cliente.
Lugar y punto de muestreo: Sitio más lejano de distribución del agua del acueducto del corregimiento San Miguel del Tigre en Yondó, Antioquia (Tanque # 2).
Fecha del muestreo: Enero 14 de 2011.

Fuente. El Autor.

Cuadro 9. Resultados: Parámetros físicos, muestra 1.

Parámetro	Resultado de análisis	Límite permitido por la Resolución 2115	Puntaje de Riesgo
Color (UPC)	11	15	0
Turbiedad (NTU)	0,71	2	0

Fuente. El autor.

Cuadro 10. Resultados: Análisis Químico, muestra 1.

Parámetro	Resultado de análisis	Límite permitido por la Resolución 2115	Puntaje de riesgo
Cloro Residual (mg/L)	0,1	0,3- 2,0	15
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	30,8	200	0
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	39,4	300	0
Calcio (mg Ca/L)	8,71	60	0
Fosfatos (mgPO ₄ ⁻³ /L)	0,54	0,5	1
Magnesio (mg Mg/L)	2,43	36	0
Manganeso (mg Mn/L)	N.D	0,1	0
Molibdeno (mg Mo/L)	N.D.	0,07	0
zinc (mg Zn/L)	0,15	3	0
Hierro Total (mg Fe/L)	0,13	0,3	0
Cloruros (mg Cl ⁻ /L)	8,89	250	0
Nitritos (mg NO ₂ ⁻ /L)	0,001	0,1	0
Aluminio Total (mg Al/L)	N.D.	0,2	0
Mercurio (µg Hg/L)	N.D.	N.D	0
Nitratos (mg NO ₃ ⁻ /L)	0,84	10	0
Fluoruros (mg F ⁻ /L)	0,014	1	0

Fuente. El Autor.

Cuadro 11. Resultados: Análisis Microbiológico, muestra 1.

Parámetro	Resultado del análisis	Límite permitido por la Resolución 2115	Puntaje de riesgo
Coliformes Totales (UFC/100 ml)	20	0	15
<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	1	0	25

Fuente. El Autor.

Cuadro 12. Identificación de la muestra # 2.

Codificación de la Muestra: 11-013-02.
Tipo de muestra: Puntual
Identificación de la muestra: Tanque No 2.
Matriz de la muestra: Agua Potable.
Muestreo realizado por: El Cliente.
Lugar y punto de muestreo: Sitio más lejano de distribución del agua del acueducto del corregimiento San Miguel del Tigre en Yondó, Antioquia (Tanque No 2).
Fecha del muestreo: Enero 14 de 2011.

Fuente. El Autor.

Cuadro 13. Resultados: Parámetros Físicos, muestra 2.

Parámetro	Resultado de análisis	Límite permitido por la Resolución 2115	Puntaje de Riesgo
Color (UPC)	14	15	0
Turbiedad (NTU)	0,69	2	0

Fuente. El Autor.

Cuadro 14. Resultados: Análisis Microbiológico, muestra 2.

Parámetro	Resultado de análisis	Límite permitido por la Resolución 2115	Puntaje de riesgo
Coliformes Totales (UFC/100 ml)	4	0	15
<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	0	0	0

Fuente. El Autor.

Cuadro 15. Resultados: Análisis Químico, muestra 2.

Parámetro	Resultado de análisis	Límite permitido por la Resolución 2115	Puntaje de riesgo
Cloro Residual (mg/L)	0,1	0,3- 2,0	15
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	30,8	200	0
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	39,4	300	0
Calcio (mg Ca/L)	8,4	60	0
Fosfatos (mgPO ₄ ⁻³ /L)	0,63	0,5	1
Magnesio (mg Mg/L)	2,34	36	0
Manganeso (mg Mn/L)	N.D	0,1	0
Molibdeno (mg Mo/L)	N.D.	0,07	0
zinc (mg Zn/L)	0,04	3	0
Hierro Total (mg Fe/L)	0,24	0,3	0
Cloruros (mg Cl ⁻ /L)	8,89	250	0
Nitritos (mg NO ₂ ⁻ /L)	0,003	0,1	0
Aluminio Total (mg Al/L)	N.D.	0,2	0
Mercurio (µg Hg/L)	N.D.	N.D	0
Nitratos (mg NO ₃ ⁻ /L)	0,22	10	0
Fluoruros (mg F ⁻ /L)	0,009	1	0

Fuente. El Autor.

7.3 DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE RIESGO PARA LA CALIDAD DEL AGUA (IRCA).

El cálculo del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano, IRCA, se realizará utilizando la siguiente fórmula: (*Art 14 Resolución 2115/2007*)

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\text{S puntajes de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\text{S puntajes de riesgo asignados a todas las características analizadas}}$$

La determinación del IRCA es determinada bajo la sustracción de los siguientes parámetros:

- PH = 1,5
- Sulfatos = 1
- Carbono orgánico total = 3
- Total = 1,5 +1+3 = 5,5

Puntaje de riesgo total asignado: 100 – 5.5: 94.5

7.3.1 Resultados de las muestras.

Cuadro 16. IRCA, Muestra 1.

MUESTRA	TOTAL %
1	56

Fuente. El Autor.

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{56}{94,5} * 100 = 59,3 \%$$

Cuadro 17. IRCA, Muestra 2.

MUESTRA	TOTAL %
2	31

Fuente. El Autor.

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{31}{94,5} * 100 = 32,8$$

El índice porcentual en el tanque 1 presento un valor de 59,3% lo que la valora como un tipo de agua de ALTO riesgo y que no es apta para consumo humano, además se debe tener en cuenta la gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, del alcalde y el gobernador.

En el tanque 2 el índice porcentual disminuyó a 32,8% lo cual da a conocer que el nivel de riesgo es MEDIO, aunque este no es un aliciente, pues el agua sigue siendo no apta para el consumo humano y debe presentar la gestión directa de la persona prestadora del servicio.

7.4 ANALISIS DE MUESTRAS (Tanque de almacenamiento y Tanque domiciliario).

7.4.1 Parámetros Físicos. (Color y turbiedad): Los valores obtenidos en estos dos parámetros físicos se encuentran dentro del rango exigido por *la Resolución 2115*, de tal manera que al analizar experimentalmente y por observación directa la muestra presenta condiciones adecuadas de uso.

7.4.2 Parámetros Químicos.

- **Cloro residual libre.** Los valores obtenidos en relación al cloro residual en las dos muestras arrojaron cantidades inferiores al rango definido en *la Resolución 2115/2007*. Lo cual da a conocer que el “remanente” no dispone de una concentración adecuada que le permita activar su “poder” oxidante en la estructura química de las bacterias y de esta forma no destruiría sus procesos bioquímicos, por consiguiente es latente la proliferación bacteriana en los dos tipos de agua captados.

A su vez el cloro al presentar una concentración inadecuada disminuye significativamente su calidad no solo por posibilitar la vida de agentes microbiológicos, sino también porque se disminuiría notoriamente su factor reaccionante con otros elementos como el hierro, el manganeso, y otros productores de olores y sabores.

- **Alcalinidad Total.** Los valores obtenidos en las dos muestras fueron acordes a los definidos en *la Resolución 2115/2007* donde se establece un máximo de 200 ppm, esto da a conocer que el agua presenta capacidad de neutralización pero que se debe tener vigilancia en el sistema de abastecimiento, pues la disminución de su valor (cuantitativo), origina la acidificación y por consiguiente implicaciones en el cuerpo.

- **Dureza Total.** Los valores obtenidos se ajustan a los definidos en *la Resolución 215/2007*. Lo cual da a conocer que no existen problemáticas con el compuesto de análisis. A su vez una relación con el Standard methods for the examination of water and waste water publicado por la APHA, muestra el valor en un rango adecuado para darle la denominación de agua suave, que es “poco” adecuada para la ingesta, ya que posiblemente podría carecer de minerales esenciales como el Calcio que ayuda a desarrollar los huesos y los dientes de los jóvenes.

- **Calcio.** Los valores en los dos tanques se adecuan a las exigencias de *la Resolución 2115/2007*, aunque la concentración del elemento es baja en comparación de aguas aptas por el índice (IRCA). También se puede dar a conocer una relación característica entre el tipo de agua en relación a la dureza y la presencia del elemento, ya que como señalaba con anterioridad las aguas con valoración cualitativa “suave” presenta o carece del elemento, en este caso hay presencia pero en pequeñas cantidades.

- **Fosfatos.** El valor de los fosfatos en ninguno de los tanques de muestreo represento un valor acorde al definido en *la Resolución 2115/2007*. Además las altas concentraciones de fosfato en los cuerpos de agua representan una fuente de alimentación para organismos unicelulares¹⁸ y por

¹⁸ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Acuiquímica, Escuela Colombiana de Ingeniería, Editorial Presencia, 1ª Edición, Bogotá, Colombia, 1996

consiguiente la proliferación de estos, lo cual se puede evidenciar en la presencia de coliformes y *Escherichia coli* de las muestras. (Ver Cuadro de análisis microbiológico)

- **Magnesio.** El valor se encuentra en el rango definido por la Resolución 2115/2007. Al presentar correlación con la dureza del agua se puede inferir que esta propiedad es “dada” por la presencia de los iones Mg^{2+} y Ca^{2+} , lo cual quiere decir que al presentarse baja concentración del ión directamente origina valoración “suave” al agua y por consiguiente reitera problemáticas a nivel de la absorción de minerales necesarios para el cuerpo.
- **Aluminio.** Las dos muestras de agua no presentan valores cuantitativos, por lo cual se garantiza una disminución total de las problemáticas que este metal en forma de ión puede producir, ya que la ingesta de “valías” considerables puede ocasionar deterioro al sistema nervioso, temblores severos e inclusive afecciones a las raíces de las plantas que se encuentran cercanas al tipo de agua analizada.
- **Molibdeno.** Las dos muestras tomadas no presentaron valores cuantitativos, lo cual genera una “baja” significativa de dolores a nivel de las articulaciones en rodillas, manos y pies, productos sintomáticos de la ingesta de cantidades considerables de este metal.
- **Manganeso.** En la muestra no se identifican valores cuantitativos del ión, por consiguiente cumplen el parámetro definido por la Resolución. Cabe notar que el exceso de manganeso por ingesta puede originar problemas en el sistema nervioso, incluyendo alteraciones de comportamiento y en los movimientos, haciendo que estos se tornen lentos y faltos de coordinación.

- **Zinc.** El elemento en forma de ión presento valores acordes a los definidos en *la Resolución 2115/2007*. Y aunque el zinc es un mineral alimenticio para seres humanos y animales. La ingestión de cantidades excesivas pueden perjudicar la salud de ambos, por encima de cierto nivel resulta ser tóxico. La toxicidad suele ser baja para animales y personas, pero no debe descartarse la fitotoxicidad.

- **Hierro total.** Los valores obtenidos del ión son acordes a los definidos por *la Resolución 2115/2007* y a su vez se encuentra en cantidades aconsejables por la comunidad médica en general. Su exceso podría producir “manchas” en los diversos tejidos que componen el sistema corporal.

- **Cloruros.** Las cantidades del componente en la muestra son “acordes” a los establecidos por *la Resolución 2115/2007*. Aunque cabe resaltar que los cloruros son inocuos por si solos, pero cuando su cantidad supera el límite establecido el sabor se vuelve desagradable.

- **Nitritos.** Los valores obtenidos en los análisis determinaron factores acordes a los definidos por *la Resolución 2115-2007*, lo cual da a conocer que se disminuyen las dificultades respiratorias en niños y posibles enfermedades cancerígenas en adultos, que son originadas a su vez por la ingesta de este anión en cantidades mayores al límite establecido.

- **Nitratos.** Los valores obtenidos en los análisis son adecuados en relación a los definidos en la Resolución. Pues se encuentran pequeñas cantidades que no afectan el organismo. Cabe resaltar que el nitrato es el producto final de la oxidación de materia orgánica nitrogenada y por consiguiente un alto valor de los mismos indica que el agua ha tenido contacto con este tipo de materia, considerada tóxica en la ingesta.

- **Fluoruros.** La concentración de fluoruros en las dos muestras fue adecuada a los valores definidos por la Resolución, minorizando de esta forma la posibilidad de originarse el “manchado” de dientes en personas que asimilan concentraciones que superan los límites exigidos. Además la constante ingesta de concentraciones altas de fluoruros podría ocasionar la grave afección conocida como osteoporosis.

7.4.3 Parámetros microbiológicos.

- **Coliformes Totales.** Los valores de coliformes totales en las dos muestras de agua son preocupantes ya que exceden notoriamente la reglamentación definida en *la Resolución 2115-2007*, Aunque cabe resaltar que es en el tanque de almacenamiento donde se encuentran cantidades alarmantes de este microorganismo viabilizando a su vez la ingestión de agentes patógenos que causarían grandes problemas en el organismo.

Secuencialmente se puede señalar que en este tipo de aguas la presencia de esta cantidad de coliformes da a conocer una alerta en torno al problema de contaminación, sin identificar el origen. Indicando que hubo fallas en el tratamiento, en la distribución o en las propias fuentes domiciliarias como ocurrió en la segunda muestra. Su presencia acciona los mecanismos de control de calidad y de procesamiento dentro del sistema de abastecimiento e intensifica la vigilancia en la red de distribución.

- **Escherichia coli.** El valor mostrado en el tanque de almacenamiento da a conocer que se encontró una *Escherichia coli*, lo cual excede los límites de nulidad existentes en la Resolución. Esto indica que el agua presenta proporciones de contaminación fecal, que podrían con seguridad originar problemas gastrointestinales entre las personas que la ingieran.

Cabe resaltar que en el tanque domiciliario no se encontró este tipo de bacterias, debido posiblemente a la disposición del agua (in situ) y el cuidado que se tiene sobre ella, además de ser el domicilio más lejano del sistema de abastecimiento lo cual pudo ser incidir en su nula llegada al domicilio.

8. POSIBLES ENFERMEDADES HIDRICAS DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO EN EL CORREGIMIENTO DE SAN MIGUEL DEL TIGRE (YONDÓ/ANTIOQUÍA)

El agua subterránea tiene una gran importancia en la vida de los individuos y en las comunidades de la tierra, importancia que con frecuencia no es apreciada o es desconocida por la sociedad. Este desconocimiento y la mala disposición de nuestros productos (desechos) como consecuencia de todas las actividades humanas hacen que este recurso se vea afectado o contaminado.

La contaminación del agua subterránea también puede ser debida a causas naturales, pero es el hombre quien más influye cuando dispone de actividades que alteran la composición normal de estos tipos de recursos.

En el corregimiento de San Miguel del Tigre se desarrollan acciones agrícolas que podrían ser portadores significativos de fosfatos, los cuales originan actividad bacteriológica y por consiguiente patologías de origen gastrointestinal en los habitantes sensibles a este. Cabe resaltar que esta problemática se agudiza con la presencia de una cantidad mínima no acorde a la definida por la Resolución.

La cantidad de cloro residual y los compuestos fosfatados presentan una relación característica en el origen fundamental de microorganismos, pues cantidades inferiores del primero originan divisiones bacterianas.

Una de las hipótesis más cercanas a este tipo de casos basa su idea en señalar que dicha ausencia de cloro proporciona que no haya afección a nivel de la barrera protectora de la célula, con lo que concluirían funciones vitales y así mismo la muerte¹⁹. Por otra parte los fosfatos constituyen la proliferación de

¹⁹ <http://mx.answers.yahoo.com/question/index?qid=20100514074631AAAPUfz>

organismos, y en el caso de los microorganismos fortalecen la estructura de recubrimiento celular (pared celular) y por ende promueve la acción del agente bacteriano en la zona digestiva. A Su vez los altos índices del anión se podrían añadir a los suministrados por otros alimentos y producir la denominada hiperfosfatemia que causa lesiones a nivel del riñón.

La presencia de agentes patógenos en el agua puede producir diversas enfermedades en los habitantes del corregimiento, partiendo de las infecciones del tracto urinario, pasando por la meningitis neonatal (recién nacidos) hasta llegar a las típicas enfermedades intestinales.

Dichas enfermedades se caracterizan por presentar síntomas como Diarrea acuosa, dolores de cabeza, fiebre, deshidratación, uremia, y daños de origen hepático.

A continuación se darán a conocer las características de dos de los síntomas anteriormente mencionados, que tienen a su vez un mayor nivel de proporcionalidad en surgimiento por patologías de contaminación hídrica.

8.1 LA DIARREA.

La diarrea es el síntoma principal de gran parte de las enfermedades transmitidas por aguas contaminadas. Se manifiesta con deposiciones sueltas y/o acuosas. Cabe notar que si una persona va más de tres veces al baño en el día tiene diarrea. En los niños la diarrea puede ser peligrosa porque el niño pierde mucha agua (se deshidrata y también mucho alimento. Se debe seguir alimentando al niño aunque tenga el síntoma, para evitar la desnutrición.

El tipo de comidas que se recomiendan son papillas o atoles, sopas, agua de arroz, jugos, etc. Cuando empieza la diarrea hay que dar al niño más líquido de lo habitual, para evitar así la deshidratación.

8.2 LA DESHIDRATACIÓN.

La deshidratación consiste en la pérdida de agua y sales minerales del organismo. Tres son los signos que nos ayudan a identificar a un niño deshidratado: realización de muchas deposiciones, considerable sed y presenta ojos hundidos²⁰.

²⁰ ²⁰ <http://www.analitica.com/vam/1999.03/ciencia/Default.htm>

9. CONCLUSIONES

1. El análisis fisicoquímico dio a conocer que la sustancia de estudio (agua) presento valores de fosfatos que oscilaron entre 0,54 y 0,63 ppm entre los dos tanques de referencia y cloro residual en 0,1 ppm, lo cual origina problemáticas de relación con *la Resolución 2115/2007* y cataloga a este tipo de agua como no apta para el consumo humano.
2. En el análisis microbiológico se obtuvo valores de 20 y 1 coliformes totales y *Escherichia coli* respectivamente en el tanque de almacenamiento 1, que difiere en proporciones considerables al tanque de almacenamiento domiciliario (muestra 2) donde se obtuvieron 4 coliformes fecales y ausencia de *Escherichia coli*, dados por la disposición de las aguas captadas, pero sin disipar las problemáticas que causa la ingesta en los dos tipos de muestra.
3. Los puntos de muestreo permitieron identificar los diferentes parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, observando de forma llamativa semejanzas y diferencias que finalizaron con demostrar mediante valores significativos la presencia de factores de riesgo para la ingesta del recurso hídrico.
4. Al desarrollar la fórmula representativa del IRCA, se determinaron valores de 59,3% y 32,8% que se ubican en rangos de estimación ALTO Y MEDIO para las muestras 1 y 2 respectivamente, dando como mecanismo de acción la presencia activa del ente prestador del servicio, la administración municipal y gubernamental (fijados en *la Resolución 2115*) con el fin de prevenir patologías tendientes a originarse por la presencia de un liquido no apto para el consumo humano.

10.RECOMENDACIONES

- 1.** Desarrollar gradualmente muestreos puntuales en zonas estratégicas con el fin de dar a conocer la realidad del sistema de abastecimiento.
- 2.** Desarrollar un sistema de tratamiento práctico, económico y de desinfección que suprima los microorganismos presentes en el agua.
- 3.** Capacitar periódicamente al ente prestador del servicio para mejorar las condiciones de uso del recurso hídrico que ingieren los diferentes habitantes del corregimiento.
- 4.** Dar a conocer periódicamente mediante campañas pedagógicas el adecuado sistema de almacenamiento domiciliario del agua proveniente del ducto principal.

11. BIBLIOGRAFIA

CUSTODIO E. y LLAMAS M. (1983). Hidrología *Subterránea*. Barcelona, España: Omega.

Departamento Nacional de Planeación y Fondo Nacional de Desarrollo, Determinación de consumos básicos de agua potable en Colombia. Bogotá, 1991.

GREENBERG, A., CLESCERI, L. and EATON, A. Standard Methods for the Examination of water and wastewater. 1992.

IDEAM. Estudio Nacional del agua. Relaciones oferta demanda e indicadores de sostenibilidad para el año 2016. Primera versión. Bogotá, 1998.

IDEAM. Informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia. Bogotá, 2004.

HERNÁNDEZ, R, FERNÁNDEZ C. y BAPTISTA P. Metodología de la Investigación. McGraw-Hill. México, D.F, México, 1998. 120 p.

HEREDIA, M. El Agua. Guía para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en zonas urbanas. Vol. 3. Dirección de Planificación de los Recursos Hidráulicos. MARNR. Caracas, Venezuela, 1999.

LLAMAS, M. La gestión de las aguas subterráneas y los conflictos sociales relativos al plan hidrológico nacional. Barcelona, España, 2004.

MARTÍNEZ, R. Aguas Subterráneas: Captación y Aprovechamiento. Andalucía, España: Progensa, 1998.

MERINO, A. Hidrología. (Ediciones Nauta). Editorial Nuevo Sol. España, 1995.

MICHAEL T. Klare. Guerras por los Recursos. El futuro escenario del conflicto global. Ediciones Urano S. A. Barcelona. 2003.

Organización Panamericana de la Salud (OPS) y Organización Mundial de la Salud (OMS). Técnicas para la construcción de captaciones de aguas superficiales. 2004.

PRINCE, Michael. Agua subterránea. Ciudad de México, 2003. 322p.

TERÁN, P. Comparación de métodos para determinación de perímetros de protección de pozos y su aplicabilidad en algunos pozos del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de El Vigía, Estado Mérida. Trabajo de pregrado, Universidad de los Andes, Mérida Venezuela, 2003.

12. ANEXOS

Anexo 1. Punto de muestreo # 1.



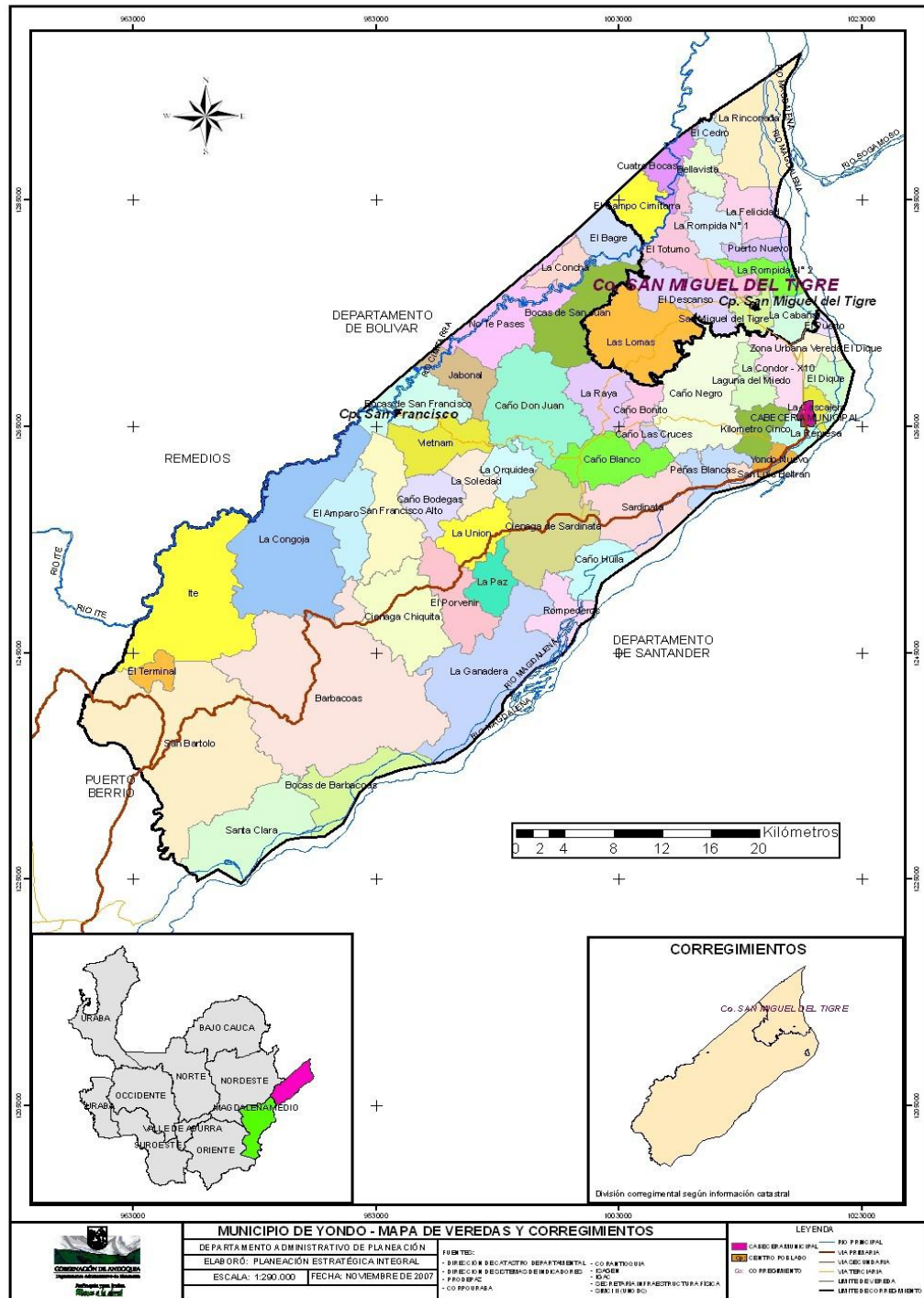
Fuente. El Autor.

Anexo 2. Punto de muestreo # 2.



Fuente. El Autor.

Anexo 3. Mapa de división político administrativa del municipio de Yondó - Antioquia.



Fuente. Departamento Administrativo de Planeación-2007.