



Evaluación de la calidad de agua para consumo, en la cabecera municipal de Riosucio departamento del Chocó-Colombia

Ana Tomasa Valencia Cuesta

Universidad de Manizales
Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas
Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente
Manizales, Colombia
Año 2016

Evaluación de la calidad de agua para consumo, en la cabecera municipal de Riosucio departamento del Chocó-Colombia

Ana Tomasa Valencia Cuesta

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título
de:

Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

Director:

Ph.D., John Fredy Betancur P

Asesor:

MsC., Javier Orozco Ávila

Línea de Investigación: Biosistemas Integrados

Grupo de Investigación: Centro de Investigaciones en Medio Ambiente y Desarrollo

Universidad de Manizales

Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas

Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

Manizales, Colombia

Año 2016

A mis hijos Darlin Darilis, Martin Oscar Alberto y a mis nietos, que son los que me impulsan cada día a adquirir nuevos conocimientos para engrandecerme como persona y ponerlos al servicio de la comunidad riosuceña y chocoana que tanto lo necesita.

Ana Tomasa Valencia Cuesta

Agradecimientos

Al Dr. Jhon Fredy Betancur y el Ingeniero Javier Orozco Ávila, Director y Asesor. Quienes con su aporte contribuyeron al desarrollo de este trabajo.

A la Tutora Yhoana salgado quien con su apoyo y consejos me animaba para no desfallecer y a si seguir adelante

A mis compañeros de grupo de trabajo Alfredo Covaleta, Gladys A Cardena y Carlos Arturo Roza quienes fueron un pilar importante en la investigacion.

A mi grupo ecológico quienes siempre tenían ese carisma y la voluntad para el desarrollo de las actividades en el trabajo de campo para llevar a cabo esta investigación

Resumen

El agua es fundamental para el desarrollo de la vida humana, por consiguiente su calidad también lo es. El agua de mala calidad o contaminada puede traer graves problemas de salud pública a la población que la utiliza, incrementando la morbilidad y mortalidad de una región. Con la finalidad de conocer la situación actual de la calidad del agua en el municipio de Riosucio en el departamento del Chocó-Colombia, se llevó a cabo ésta investigación. Mediante la recolección de dos muestras en la fuente de captación, en la manguera de conducción hasta la vivienda y en los tanques de almacenamiento domiciliario y su respectivo análisis físico, químico y microbiológico, fue posible determinar las condiciones de calidad del agua, relacionando los resultados con las cifras de mortalidad y morbilidad del municipio. Los resultados permitieron corroborar que el agua del municipio de Riosucio no es apta para consumo humano, en los tres puntos donde fueron tomadas las muestras de agua: fuente de captación, manguera de conducción y tanques de almacenamiento, el índice de riesgo para la calidad de agua de consumo (IRCA) determinado según la resolución 2115 de 2007 fue muy alto, siendo este de 93.4, 93.1 y 89.1% respectivamente. Además se encontraron altos contenidos de coliformes totales y fecales, lo cual, posiblemente ha traído como consecuencia numerosos casos de morbilidad, principalmente en Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA) con 71 casos, es decir, un 43% del total registrado durante los diez primeros meses del año 2016. Esta investigación permitió vislumbrar el estado actual de la calidad de agua en este municipio, sin embargo, es necesario continuar con el desarrollo de estudios científicos que permitan generar aún más información. Por otra parte, es primordial el compromiso de las entidades territoriales en la gestión de recursos para la implementación y construcción de un acueducto y alcantarillado, así como, en la generación de programas educativos de capacitación, en materia de manejo de enfermedades, manejo de residuos y mantenimiento de mangueras y tanques de almacenamiento.

Palabras clave: IRCA, Agua potable; Calidad; Morbilidad; Análisis, normativa hídrica.

Abstract

Water is fundamental for the development of human life, therefore its quality is also. Poor or contaminated water can bring serious public health problems to the population that uses it, increasing the morbidity and mortality of a region. In order to know the current situation of the water quality in the municipality of Ríosucio in the department of Chocó-Colombia, this investigation was carried out. By collecting two samples at the source of intake, in the hose to the house and in the domestic storage tanks and their respective physical, chemical and microbiological analysis, it was possible to determine the water quality conditions, relating the results With the mortality and morbidity figures of the municipality. The results allowed to confirm that the water of the municipality of Ríosucio is not suitable for human consumption, in the three points where the water samples were taken: source of intake, hose of conduction and storage tanks, the risk index for the quality of (IRCA) determined according to resolution 2115 of 2007 was very high, being 93.4, 93.1 and 89.1% respectively. In addition, high levels of total and fecal coliforms were found, possibly leading to numerous cases of morbidity, mainly in acute diarrheal diseases (EDA) with 71 cases, or 43% of the total recorded during the first ten months Of the year 2016. This research allowed to glimpse the current state of the water quality in this municipality, however, it is necessary to continue with the development of scientific studies that allow to generate even more information. On the other hand, the commitment of the territorial entities in the management of resources for the implementation and construction of an aqueduct and sewage system, as well as, in the generation of educational programs of training, in the matter of disease management, waste management And maintenance of hoses and storage tanks.

Keywords: IRCA, Drinking water; Quality; Morbidity; Analysis, water regulations.

Contenido

	Pág.
Resumen	VII
Lista de figuras.....	XI
Lista de tablas	XI
Introducción.....	13
1. Planteamiento del problema	16
2. Justificación	21
3. Objetivos.....	22
3.1 Objetivo general.....	22
3.2 Objetivos específicos.....	22
3.3 Pregunta de Investigación	22
1.3.1 Hipótesis	22
4. Marco Teórico.....	23
4.1 Calidad del agua.....	23
4.2 Factores que determinan la calidad del agua.....	25
4.2.1 Aspectos físicos del agua.....	¡Error! Marcador no definido.
4.2.2 Aspectos químicos del agua.....	26
4.2.3 Aspectos microbiológicos del agua	27
4.2.4 Aspectos radiológicos del agua.....	29
4.3 Importancia de la calidad del agua.....	30
4.3.1 Índice de Riesgo de la Calidad de Agua para consumo humano-IRCA Resolución 2115 de 2007	34
4.4 Contaminación del agua	37
4.5 Derecho Fundamental del agua.....	38
4.6 Agua y seguridad humana	41
4.7 Impacto en la comunidad.....	42
4.8 Características sociales, económicas y ambientales del municipio de Riosucio.....	43
4.9 Marco Legal.....	47
4.9.1 Mundial	48
4.9.2 Nacional.....	49
5. Antecedentes.....	52
5.1 Situación actual	53

5.1.1	Contexto mundial.....	53
5.1.2	Contexto nacional.....	57
6.	Metodología.....	64
6.1	Área de estudio	64
7.	Resultados y Discusión.....	68
7.1	Calidad del agua en la fuente	68
7.1.1	Parámetros físicos	69
7.1.2	Parámetros químicos.....	70
7.1.3	Parámetros microbiológicos.....	74
7.2	Calidad del agua en la salida de la manguera de conducción	76
7.2.1	Parámetros físicos	76
7.2.2	Parámetros químicos	78
7.2.3	Parámetros microbiológicos.....	79
7.3	Calidad del agua en los tanques de almacenamiento domiciliario	81
7.3.1	Parámetros físicos	81
7.3.2	Parámetros químicos.....	83
7.3.3	Parámetros microbiológicos.....	84
7.4	Impactos socioeconómicos y ambientales de la calidad del agua en el municipio de Riosucio Chocó.....	86
7.4.1	Morbilidad y mortalidad en el municipio de Riosucio	89
7.4.2	Costo social de la mala calidad del agua	94
7.5	Acciones para mejorar la calidad del agua en el municipio de Riosucio	96
8.	Conclusiones y Recomendaciones	100
8.1	Conclusiones.....	100
8.2	Recomendaciones.....	102
A.	Anexo: Análisis de la calidad de agua en el municipio de Riosucio	104
B.	Anexo: Morbilidad y mortalidad en el municipio de Riosucio	107
C.	Anexo: Registro fotográfico.....	109
	Bibliografía	111

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1: Ubicación geográfica del municipio de Riosucio	44
Figura 2: Parámetros físicos del agua tomada en la fuente río Sucio y río Atrato ..	70
Figura 3: Parámetros químicos del agua tomada en la fuente río Sucio y río Atrato	71
Figura 4: Parámetros microbiológicos del agua tomada en la fuente río Sucio y río Atrato.....	74
Figura 5: Parámetros físicos de las muestras tomadas en la salida de las mangueras de conducción	78
Figura 6: Parámetros químicos de las muestras tomadas en la salida de las mangueras de conducción.....	79
Figura 7: Parámetros microbiológicos de las muestras tomadas en la salida de las mangueras de conducción.....	80
Figura 8: Parámetros físicos de las muestras tomadas en los tanques de almacenamiento domiciliario.....	82
Figura 9: Parámetros químicos de las muestras tomadas en los tanques de almacenamiento domiciliario.....	83
Figura 10: Parámetros microbiológicos de las muestras tomadas en los tanques de almacenamiento domiciliario.....	85
Figura 11: Morbilidad y mortalidad en los últimos diez meses del año 2016 en el municipio de Riosucio	91
Figura 12: Morbilidad en el municipio de Riosucio durante el período 2014-2016	93

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1: Valores de referencia para sustancias químicas según las Guías para la calidad del agua OMS, 2006	32
Tabla 2: Valores de referencia para la calidad microbológica según las Guías para la calidad del agua OMS, 2006	34
Tabla 3: Puntajes de Riesgo según la resolución 2115 de 2007	35
Tabla 4: Clasificación del nivel de riesgo según la Resolución No 2115 de 2007...	36
Tabla 5: Sitio de recolección de muestras para análisis fisicoquímico y microbiológico	65

Introducción

El agua no solo es esencial para la vida, es el elemento que impulsa al desarrollo de una región, es por ello que el agua potable, es decir, aquella que no ocasiona enfermedades a las personas que la consumen en ninguna etapa de su vida, es vital para la salud pública, independientemente del fin que se le dé, consumo humano, uso doméstico o producción de alimentos. El adecuado abastecimiento, el acceso al recurso y el saneamiento, tienen un impacto fundamental en el crecimiento económico de un país, así como, en la calidad de vida de su población.

El agua es parte fundamental de todos los procesos naturales y vitales de la tierra, todos los organismos vivos dependen del agua para su desarrollo normal, es el agua el eje fundamental para medir el desarrollo de la sociedad a través de la historia. Las fuentes de agua, para consumo humano, el adecuado tratamiento, transporte y disposición final de los sobrantes, constituyen la base del desarrollo de una comunidad, en la medida que una comunidad no disponga de fuentes adecuadas y suficientes en todo el tiempo, que no se hagan los correctivos necesarios para volverla potable si no lo es, que su distribución sea conforme a las normas internacionales y nacionales, llegando a los usuarios finales en las condiciones de salubridad para su uso, esto refleja de verdad el estado de desarrollo de la comunidad.

Todos los seres humanos tienen el derecho inalienable a este preciado líquido en la cantidad, y la calidad que la necesita para su normal desarrollo. El agua es fundamental para producción de alimentos, en generación de energía, conservación de la vida de diferentes organismos vivos, es necesaria en la industria, en el transporte, y principalmente esencial para el sostenimiento de los ecosistemas (ONU/WWAP, 2003). La Asamblea General de las Naciones Unidas el 28 de julio de 2010, a través de la Resolución 64/292, reconoció explícitamente el derecho humano al agua y al saneamiento, reafirmando que un agua potable limpia y el saneamiento son esenciales para la realización de todos los derechos humanos (ONU, 2010).

La calidad del agua determina el normal desarrollo de los organismos vivos que dependen de ella, cuando el agua para consumo humano no es de calidad, tiene un efecto en la misma calidad de vida de sus habitantes, un efecto en el desarrollo económico, social y ambiental de la misma comunidad que la consume. Los efectos económicos y la competitividad de una población o un municipio se ven afectados cuando sus habitantes no disponen de un adecuado suministro de agua potable, la morbilidad y la mortalidad de sus habitantes se incrementan día a día, el costo de sanar las personas enfermas, las incapacidades generadas y la muerte de sus habitantes, no permiten ser competitivos en un mundo cada vez más globalizado y estandarizado, donde las exigencias para consumir productos generados en esas comunidades empiezan por la calidad del agua utilizada para su proceso.

Enfermedades en los humanos, como hepatitis A, Polio; y la mayoría de parasitosis producidas por protozoarios y helmintos; entre éstas, amebiasis, giardiasis, cryptosporidiasis y helmintiasis, son causadas por mala calidad del agua o falta del servicio de suministro apropiado de ésta a las comunidades (Valiente y Mora, 2002). Según el Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo 2015, se prevé que en el año 2030 el mundo tendrá que enfrentarse a un déficit mundial del 40% de agua en un escenario climático en que todo sigue igual. Para el año 2050 se pronostica que la demanda mundial de agua haya aumentado un 55%, debido principalmente a demandas relacionadas con la creciente urbanización en los países en desarrollo. Las ciudades tendrán que ir más lejos o perforar más hondo para encontrar agua, o tendrán que depender de soluciones innovadoras o de tecnologías avanzadas para satisfacer sus necesidades hídricas.

El objetivo general de ésta investigación es evaluar la calidad de agua como fuente de consumo humano, en la cabecera municipal de Ríosucio departamento del Chocó, partiendo de la hipótesis que el municipio de Ríosucio cuenta con un suministro de agua, con las características adecuadas para su consumo. El desarrollo de éste estudio se llevó a cabo siguiendo una metodología de toma de muestras en puntos críticos: la fuente de la cual los habitantes toman el agua, sitios de conducción del líquido y el sitio de

almacenamiento en los hogares, teniendo en cuenta variables físicas, químicas y microbiológicas.

Este estudio pretende demostrar y casi se podría decir, denunciar las condiciones de salubridad en la que se ha desarrollado la comunidad del municipio de Riosucio, en el departamento del Chocó. Como un municipio en pleno siglo XXI no cuenta con agua realmente potable y como sus habitantes todavía subsisten tomando agua que los enferma, pero que no hay otra forma de vida para ellos. Podrán existir muchas razones para que esto suceda, pero es injusto con niños que mueren, adultos que conviven con las enfermedades hasta que mueren porque nunca tuvieron la posibilidad de consumir agua potable. En el municipio de Riosucio no hace falta el agua, sobra el agua, lo que hace falta es un adecuado tratamiento, distribución y disposición final adecuado de los sobrantes y demás desechos del normal desarrollo de un municipio.

1. Planteamiento del problema

En las dos últimas décadas se han realizado progresos relevantes a nivel mundial, en relación con el agua, saneamiento e higiene; 2.300 millones de personas han logrado acceder a mejores fuentes de agua potable y 1.900 millones a mejores servicios de saneamiento. De las personas que han logrado tener acceso a agua potable, 1.600 millones disfrutan ahora de niveles de servicio superiores (suministro de agua corriente). Sin embargo, queda mucho por hacer, 748 millones de personas no disfrutan de una buena fuente de agua potable y 2.500 millones no gozan de buenas instalaciones de saneamiento (OMS, 2014). Por otra parte, mil millones de personas hacen sus necesidades al aire libre y se estima que 1.800 millones de personas utilizan una fuente de agua potable contaminada con bacterias fecales (Bain *et al.*, 2014).

Es importante mencionar que las enfermedades relacionadas con el uso del agua incluyen aquellas causadas por microorganismos y sustancias químicas presentes en el agua potable; enfermedades como la esquistosomiasis, que tiene parte de su ciclo de vida en el agua; la malaria, cuyos vectores están relacionados con el agua; el ahogamiento y otros daños, y enfermedades como la legionelosis transmitida por aerosoles que contienen microorganismos (OMS, 2015). Según la Organización de las Naciones Unidas, cerca de la mitad de los habitantes de los países en vías de desarrollo sufren problemas de salud provocados por unos deficientes servicios de agua y saneamiento. Juntos, el agua sucia y un saneamiento deficiente, son la segunda mayor causa de muerte infantil en el mundo. Se calcula que se pierden 443 millones de días escolares al año debido a enfermedades relacionadas con el agua.

En Colombia para el año 2013, según el Instituto Nacional de Salud, en su informe Estado de la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo humano 2013, cerca del 66,6 % de la población consumió agua potable, que considerando además el suministro de agua segura, amplía el margen a un 78.33 % de habitantes que en términos generales, se sirvieron de agua por acueducto o tubería que no representaba peligro para la salud. Hay un amplio porcentaje con 21.7 % de población que son afectados en

su diario vivir al consumir agua escasa en tratamiento o protección y agua cruda usada directamente de las fuentes, con posibles eventos de morbilidad por abastecimientos de fuentes no mejoradas.

La Constitución Política de Colombia establece como uno de los fines principales de la actividad del Estado, la solución de las necesidades básicas insatisfechas, entre las que está el acceso al servicio de agua potable, que es fundamental para la vida humana. El abastecimiento adecuado de agua de calidad para el consumo humano es necesario para evitar casos de morbilidad por enfermedades como el cólera y la diarrea (Unicef, 2006).

La calidad del agua no es el único problema; también es importante que la población tenga acceso a una cantidad mínima de agua potable al día. En promedio una persona debe consumir entre 1,5 y 2 litros de líquido al día dependiendo del peso, de lo contrario se pueden presentar algunos problemas de salud. Por esto es importante que el servicio de acueducto no sólo tenga una cobertura universal, sino que sea continuo (Unicef, 2006).

En el documento: La infancia, el agua y el saneamiento básico en los planes de desarrollo departamentales y municipales, 2006, el cual fue producto de la alianza entre la Procuraduría General de la Nación y UNICEF, y las instituciones del sector, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios y el Departamento Nacional de Planeación; se presenta un análisis sobre el acceso a los servicios de agua potable, alcantarillado y recolección, manejo y disposición de residuos sólidos y se establece la relación entre las necesidades de las poblaciones y las acciones adelantadas por sus gobernantes, en este informe se presenta que la tasa de morbilidad y mortalidad infantil por enfermedades relacionadas con el consumo de agua de baja calidad, entre las que se encuentran el cólera y la diarrea, aún es alta en el país; según la OMS, 2016, cada año hay en el mundo entre 1,3 y 4 millones de casos de cólera, y entre 21.000 y 143.000 defunciones por esta causa, para éste mismo año la Organización Mundial de la Salud reportó 35.755 casos de cólera en cuatro países en las Américas: Ecuador (1), Haití (34.656), México (1) y la República Dominicana (1.097). De estos casos, 97 % corresponde a Haití. En Colombia los casos de cólera fueron

disminuyendo, no obstante, en 1995 y 1996 aparecieron nuevos brotes epidémicos focales en la Costa Atlántica y casos aislados en algunas regiones del país, alcanzando una tasa de 11,2 casos por 100.000 habitantes en ese último año. Desde entonces la tasa ha disminuido progresivamente hasta el año de 2004, donde se reportaron los últimos tres casos procedentes de Nariño y desde el año 2005 hasta la fecha no se han reportado más casos confirmados (Ministerio de la Protección Social, 2011).

Según la Organización Mundial de la Salud En todo el mundo se producen unos 1.700 millones de casos de enfermedades diarreicas cada año, matando a 760.000 niños menores de cinco años cada año. Una proporción significativa de las enfermedades diarreicas se puede prevenir mediante el acceso al agua potable y a servicios adecuados de saneamiento e higiene. En Colombia la mortalidad por EDA es de 3.7 muertes por cada 100 niños menores de 5 años (alrededor de 1470 muertes, tercera causa de muerte en menores de 5 años) esto indica la gran brecha entre las medidas de prevención y saneamiento entre países desarrollados y subdesarrollados (colombiana de salud, 2015).

Durante el año 2011 en Colombia se registraron 80.048.565 atenciones, el 93,62% (74.939.878) fueron consultas, el 4,56% (3.648.566) urgencias y el 1,82% (1.460.121) hospitalizaciones. Así mismo, se atendieron un total de 19.212.629 personas, el 84,97% (16.324.516) fueron consultas, el 10,17% (1.953.988) urgencias y el 4,86% (934.125) hospitalizaciones. La diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso, la parasitosis intestinal y la hipertensión esencial son los diagnósticos por los que con mayor frecuencia consultan las personas. De la misma forma estos diagnósticos encabezan las causas de urgencias y hospitalizaciones más frecuentes (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

De acuerdo con cálculos del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004, del 56% de la población rural que tiene alguna forma de abastecimiento de agua, solo el 6% cuenta con agua a la que se le da algún tratamiento para desinfectarla. Esto significa que miles de niños y niñas, especialmente en las zonas rurales del país y en los

municipios más pobres, aún enfrentan el riesgo de contraer enfermedades como la diarrea y el cólera, que en muchos de los casos puede llegar a ser mortal. Por esto es muy importante que los municipios del país cuenten con un sistema que permita hacerle seguimiento constante a la calidad del agua que distribuyen a sus habitantes.

Las malas aguas generan un impacto negativo en la salud pública que según cálculos recientes asciende aproximadamente a 1,96 billones de pesos al año, de los cuales el 70% corresponde al impacto de la morbilidad y mortalidad por enfermedades diarreicas y el 30% restante al gasto en prevención. En las zonas rurales y de población dispersa del país, la situación es aún peor. Las cifras reportadas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE) a 2011, los niños de 0 a 5 años representan aproximadamente el 10% de toda la población colombiana (4.604.370), la consulta médica por patologías de origen infeccioso de la población oscila entre 4% y el 8% (184.175 – 368.350) según el servicio tratante y la mitad de estas son de origen intestinal (92.088 – 184.175),(12) es así que el costo de un episodio de EDA en niños menores de 5 años en Colombia produce un impacto a gran escala tanto a nivel social como económico, ya que de acuerdo con estas estadísticas, anualmente la EDA genera un costo que puede variar entre \$9.060.169.968 y \$44.481.455.600 dependiendo de la clasificación según nivel de deshidratación, nivel de atención, manejo utilizado y procedimientos requeridos; sin embargo, este rango puede estar subestimado debido a que no se cuenta con la información sobre el porcentaje de niños que no consultan al sistema de salud y son atendidos por el curandero, el farmacéuta, entre otros, pudiendo así aumentar este valor de manera considerable. Si bien estos casos pueden no representar un costo directo para el sistema de salud si tienen un costo social de amplias repercusiones (Landaeta, 2012).

Riosucio, un municipio con más de 500 años de fundación y sus habitantes no consumen agua potable, puesto que, no se cuenta con acueducto ni alcantarillado; a pesar de haber iniciado su construcción en el año 1996, este aún, no se ha terminado. Los habitantes del municipio de Riosucio utilizan las aguas del río Atrato como fuente principal de consumo humano, en las diferentes actividades domésticas. Sin embargo, el Río Atrato también suele utilizarse como botadero de basuras, desagüe de aguas negras

y aguas lixiviadas de las empresas establecidas en este municipio, cuyo nombre hace referencia quizá, a la mala calidad del agua que se consume.

De acuerdo con el panorama anterior, ésta investigación permitió generar información referente a la calidad del agua que están utilizando los habitantes del municipio de Ríosucio, conociendo así, la situación actual de ésta población. Mediante toma de muestras en diferentes puntos críticos y su respectivo análisis físico, químico y microbiológico, fue posible determinar las condiciones de calidad del agua, y relacionar los resultados con las cifras de mortalidad y morbilidad del municipio.

2. Justificación

El nivel de desarrollo y competitividad de una comunidad se mide de acuerdo a la calidad de vida de sus habitantes. La salud, es uno de los mejores indicadores de la calidad de vida, la cual se ve afectada por el entorno donde se desarrolla la comunidad. En la medida que los miembros de una comunidad se ven afectados por enfermedades, los costos de curarlas, si tienen cura, afectan las finanzas tanto de las personas, las familias y el mismo municipio, causando un ausentismo laboral en las empresas, una reducción de la productividad de las mismas y una pérdida de competitividad en el contexto nacional e internacional.

Esta investigación surge de la necesidad de conocer la calidad del agua que están utilizando los habitantes de la población de Riosucio, teniendo en cuenta los numerosos casos de enfermedades relacionadas con la calidad del líquido y dada la importancia que representa el consumo del agua libre de contaminantes para la salud pública, éste estudio, permitió evidenciar las condiciones reales en la que viven sus habitantes día a día con el uso del agua para su consumo.

De acuerdo con lo anterior, el desarrollo de ésta investigación aporta información relevante en lo relacionado con la calidad y salubridad del agua para consumo, así como, cifras de mortalidad y morbilidad del municipio, contribuyendo de manera efectiva al panorama actual que vive el municipio de Riosucio en relación con el agua para consumo. Es importante mencionar que las normas de calidad expedidas por el gobierno nacional son de estricto cumplimiento, pero en la práctica esto no sucede. El decreto 1575 del 2007, establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano; cumpliendo con estas normas se evitarían graves problemas que afectan la salud y la calidad de vida de la población.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Evaluar la calidad de agua como fuente de consumo humano en la cabecera municipal de Ríosucio departamento del Chocó.

3.2 Objetivos específicos

- Realizar análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua utilizada para consumo humano en el municipio de Ríosucio, Chocó.
- Analizar los impactos socio-económicos y ambientales de la calidad del agua en el municipio de Ríosucio Chocó.
- Recomendar acciones que permitan a los entes territoriales tomar decisiones para mejorar la calidad del agua para consumo humano.

3.3 Pregunta de investigación

¿Cuál es el índice de riesgo de la calidad del agua de la cabecera municipal de Ríosucio Chocó?

3.3.1 Hipótesis

El municipio de Ríosucio cuenta con un suministro de agua con las características adecuadas para su consumo.

4. Marco Teórico

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, 2006, el agua es esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un suministro satisfactorio (suficiente, inocuo y accesible). La mejora del acceso al agua potable puede proporcionar beneficios tangibles para la salud. El agua de consumo inocua (agua potable), no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes vulnerabilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida. Las personas que presentan mayor riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua son los lactantes y los niños de corta edad, las personas debilitadas o que viven en condiciones antihigiénicas y los adultos mayores.

El agua potable es adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal. No obstante, puede necesitarse agua de mayor calidad para algunos fines especiales, como la diálisis renal y la limpieza de lentes de contacto, y para determinados usos farmacéuticos y de producción de alimentos. Las personas con inmunodeficiencia grave, posiblemente deban tomar precauciones adicionales, como hervir el agua, debido a su sensibilidad a microorganismos cuya presencia en el agua de consumo normalmente no sería preocupante.

4.1 Calidad del agua

El agua para consumo humano es aquella que está libre de patógenos y de sustancias tóxicas que puedan constituir factor de riesgo para el individuo. Según el decreto 1575 de 2007 la calidad del agua se define como: el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia.

La gestión preventiva es el mejor sistema para garantizar la seguridad del agua de consumo y debe tener en cuenta las características del sistema de abastecimiento de agua, desde la cuenca de captación y la fuente hasta su utilización por los consumidores. Dado que muchos aspectos de la gestión de la calidad del agua de consumo no suelen ser responsabilidad directa del proveedor de agua, es fundamental adoptar un sistema de

colaboración entre los múltiples organismos que tienen responsabilidades en aspectos específicos del ciclo del agua, para garantizar su participación en la gestión de la calidad del agua.

La vigilancia puede definirse como *“la continua y vigilante evaluación e inspección sanitaria de la inocuidad y aceptabilidad de los sistemas públicos y privados de abastecimiento del agua de consumo humano desde el punto de vista de la salud pública”*. (OMS, 1986 c.p Vargas *Et al*, 2009)

El control de la calidad de agua ha sido definido como *“la evaluación continua de las características del agua en la fuente, planta de tratamiento y sistema de distribución, así como de la seguridad del sistema de abastecimiento de agua propiamente dicho (fuente, planta y red de distribución) a fin de cumplir con las normas nacionales o institucionales de la calidad del agua de consumo humano”* (Rojas, 1992 c.p Vargas *Et al*, 2009).

La definición de control de calidad implica que el abastecedor de agua, todo el tiempo es responsable de la calidad y seguridad del agua que produce y distribuye, y ello lo logra a través de una combinación de las buenas prácticas operativas y de mantenimiento preventivo apoyado por la evaluación de la calidad del agua de consumo humano e inspecciones sanitarias de los componentes que conforman el sistema de abastecimiento de agua. De esta manera, el control de la calidad del agua involucra el establecimiento de medidas de protección en la fuente, el tratamiento y la distribución del agua, así como la prueba rutinaria de la calidad del agua a fin de cerciorarse de la realización satisfactoria de los procesos de tratamiento, de la calidad del agua producida y la ausencia de recontaminación en el sistema de distribución de modo de cumplir con las normas vigentes. Sin embargo puede no siempre tener una clara división de responsabilidades entre el Sector Salud y de Abastecimiento de Agua. (OMS, 1997, OMS 1995 c.p Vargas *Et al*, 2009). La importancia de la calidad del agua radica en que el agua es uno de los principales medios para la transmisión de muchas enfermedades que afectan a los humanos.

4.2 Factores que determinan la calidad del agua

El agua contiene diversas sustancias químicas y biológicas disueltas o suspendidas en ella. Desde el momento que se condensa en forma de lluvia, el agua disuelve los componentes químicos de sus alrededores, corre sobre la superficie del suelo y se filtra a través del mismo. Además el agua contiene organismos vivos que reaccionan con sus elementos físicos y químicos. Por estas razones suele ser necesario tratarla para hacerla adecuada para su uso como provisión a la población. El agua que contiene ciertas sustancias químicas u organismos microscópicos puede ser perjudicial para ciertos procesos industriales, y al mismo tiempo perfectamente idónea para otros. Los microorganismos causantes de enfermedades que se transmiten por el agua la hacen peligrosa para el consumo humano.

Las aguas subterráneas de áreas con piedra caliza pueden tener un alto contenido de bicarbonatos de calcio (dureza) y requieren procesos de ablandamiento previo a su uso. De acuerdo al uso que se le dará al agua, son los requisitos de calidad de la misma. Por lo común la calidad se juzga como el grado en el cual se ajusta a los estándares físicos, químicos y biológicos fijados por normas nacionales e internacionales. Es importante conocer los requisitos de calidad para cada uso a fin de determinar si se requiere tratamiento y qué procesos se deben aplicar para alcanzar la calidad deseada. Los estándares de calidad también se usan para vigilar los procesos de tratamiento y corregirlos de ser necesario (Orellana, 2005).

4.2.1 Aspectos físicos del agua

En la provisión de agua se debe tener especial cuidado con los sabores, olores, colores y la turbidez del agua que se brinda, en parte porque dan mal sabor, pero también a causa de su uso en la elaboración de bebidas, preparación de alimentos y fabricación de textiles. Los sabores y olores se deben a la presencia de sustancias químicas volátiles y a la materia orgánica en descomposición. Las mediciones de los mismos se hacen con base en la dilución necesaria para reducirlos a un nivel apenas detectable por observación humana. El color del agua se debe a la presencia de minerales como hierro y manganeso, materia orgánica y residuos coloridos de las industrias. El color en el agua doméstica puede manchar los accesorios sanitarios y opacar la ropa. Las pruebas se

llevan a cabo por comparación con un conjunto estándar de concentraciones de una sustancia química que produce un color similar al que presenta el agua. La turbidez además de que es objetable desde el punto de vista estético, puede contener agentes patógenos adheridos a las partículas en suspensión. El agua con suficientes partículas de arcilla en suspensión (10 unidades de turbidez), se aprecia a simple vista. Las fuentes de agua superficial varían desde 10 hasta 1.000 unidades de turbidez, y los ríos muy opacos pueden llegar a 10.000 unidades. Las mediciones de turbidez se basan en las propiedades ópticas de la suspensión que causan que la luz se disperse o se absorba.

4.2.2 Aspectos químicos del agua

De acuerdo con la OMS, 2006, los riesgos para la salud asociados a los componentes químicos del agua de consumo se deben principalmente a la capacidad de estos componentes de producir efectos adversos sobre la salud tras periodos de exposición prolongados.

Pocos componentes químicos del agua pueden ocasionar problemas de salud como resultado de una exposición única, excepto en el caso de una contaminación masiva accidental de una fuente de abastecimiento de agua de consumo. Además, la experiencia demuestra que en muchos incidentes de este tipo, aunque no en todos, el agua se hace imbebible, por su gusto, olor o aspecto inaceptables. En situaciones en las que no es probable que una exposición de corta duración perjudique la salud, suele ser más eficaz concentrar los recursos disponibles para medidas correctoras en la detección y eliminación de la fuente de contaminación que en instalar un sistema costoso de tratamiento del agua de consumo para la eliminación del componente químico.

Puede haber numerosos productos químicos en el agua de consumo; sin embargo, sólo unos pocos suponen un peligro inmediato para la salud en cualquier circunstancia determinada. La exposición a concentraciones altas de fluoruro, de origen natural, puede generar manchas en los dientes y, en casos graves, fluorosis ósea incapacitante. De modo similar, el agua de consumo puede contener arsénico de origen natural y una exposición excesiva al mismo puede ocasionar un riesgo significativo de cáncer y

lesiones cutáneas. Otras sustancias de origen natural, como el uranio y el selenio, pueden también ocasionar problemas de salud cuando su concentración es excesiva. La presencia de nitratos y nitritos en el agua se ha asociado con la metahemoglobinemia, sobre todo en lactantes alimentados con biberón. La presencia de nitratos puede deberse a la aplicación excesiva de fertilizantes o a la filtración de aguas residuales u otros residuos orgánicos a las aguas superficiales y subterráneas. Sobre todo en zonas con aguas corrosivas o ácidas, la utilización de cañerías y accesorios o soldaduras de plomo puede generar concentraciones altas de plomo en el agua de consumo, que ocasionan efectos neurológicos adversos.

4.2.3 Aspectos microbiológicos del agua

La garantía de la inocuidad microbiana del abastecimiento de agua de consumo se basa en la aplicación, desde la cuenca de captación al consumidor, de barreras múltiples para evitar la contaminación del agua de consumo o para reducirla a niveles que no sean perjudiciales para la salud. La seguridad del agua se mejora mediante la implantación de barreras múltiples, como la protección de los recursos hídricos, la selección y aplicación correctas de una serie de operaciones de tratamiento, y la gestión de los sistemas de distribución (por tuberías o de otro tipo) para mantener y proteger la calidad del agua tratada. En términos generales, los mayores riesgos microbianos son los derivados del consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales (incluidos los de las aves). Los excrementos pueden ser fuente de patógenos, como bacterias, virus, protozoos y helmintos.

De acuerdo con Orellana, 2005, del reino vegetal, los microorganismos más importantes desde el punto de vista de la Ingeniería Sanitaria son las algas y bacterias aunque la presencia de hongos, mohos y levaduras es un índice de la existencia de materia orgánica en descomposición.

Algas: las algas contienen fundamentalmente clorofila necesaria para las actividades fotosintéticas y por lo tanto necesitan la luz solar para vivir y reproducirse. La mayor concentración se da en los lagos, lagunas, embalses, remansos de agua y con menor abundancia en las corrientes de agua superficiales. Las algas a menudo tienen pigmentos de colores que nos permite agruparlas en familias:

- **Clorofíceas:** como su nombre lo indica son de color verde. Algunas de ellas son de los géneros Eudorina, Pandorina y Volvox. Existen especies unicelulares y multicelulares y en grandes concentraciones, algunas de ellas generan olores ícticos (de pescado o pasto) al agua y toma una coloración verdosa.
- **Cianofíceas:** también son mono o multicelulares, son las algas azul verdosas. Algunas de ellas comunican al agua olores muy desagradables y suelen desarrollarse con tal abundancia que cubre los embalses con una nata, siendo la más característica de ella el género Anabaena.
- **Baciloroáceas o diatomeas:** generalmente se presentan como monocelulares, son de color amarillo verdoso y a menudo dan olores aromáticos o ícticos. Son típicos los géneros Asterionella, Navículo, Sybedra y Fragilaria.

Bacterias: las llamadas bacterias son de los géneros Sphaerotilus y Crenothrix, relacionadas con el hierro y el manganeso del agua y del género Beggiatoa del grupo de las bacterias sulfurosas. Las bacterias que se pueden encontrar en el agua son de géneros muy numerosos, sin embargo, las de mayor patogenicidad para el hombre son las bacterias coliformes y los estreptococos, que se utilizan como índice de contaminación fecal. Es importante recordar que según necesiten o no oxígeno libre para vivir se las llama aerobias o anaerobias, existe un tercer tipo que se desarrolla mejor en presencia de oxígeno pero pueden vivir en medios desprovistos del mismo y se las denomina anaerobias facultativas.

Bacterias propias del agua: son frecuentes las de género Pseudomonas, Serratia, Flavobacterium y Achromobacterium, en general dan coloración al agua como por ejemplo, rojo, amarillo anaranjado, violeta, entre otras.

Bacterias del suelo: son arrastradas por el agua de lluvia a los cursos superficiales en gran mayoría son aerobias, pertenecientes al género Bacillus y otras que tienen un papel preponderante en la oxidación de materia orgánica y sales minerales.

Bacterias intestinales: los organismos más comunes que se encuentran en el tracto intestinal son de los géneros Clostridium, Streptococos, Salmonella, Espirilos, Bacteriófagos, Coliformes, Shigelia y también merecen citarse las *Vibrio cholerae* y la Leptospira.

Hongos, mohos y levaduras: pertenecen al grupo de bacterias pero no contienen clorofila y en general son incoloras. Todos estos organismos son heterótrofos y en consecuencia dependen de la materia orgánica para su nutrición.

Del reino animal se encuentran los siguientes, con importancia significativa:

Protozoarios: de todos los que pueden encontrarse en el agua, el más importante por su toxicidad es la *Endamoeba histolytica* que produce la disentería amibiana.

Moluscos: son importantes el género de caracoles ya que son huéspedes intermedios de los gusanos de la clase Trematoda del grupo Platelmintos.

Artrópodos: los que son importante son las clases Crustácea, Insecta y Arácnida y desde el punto de vista sanitario el crustáceo del agua Cyclops que es vector del hunazo Nematelminto.

Platelmintos: el más importante es el Equinococcus granulosus que produce la enfermedad llamada hidatidosis.

Helmintos: se incluyen los anélidos y los traquelmitos que comprenden los rotíferos y los Nematelmintos entre los cuales hay varias especies patógenas para el hombre: *Dracunculus mendinensis*, *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Enterovius vermicularis*, *Necator americanus* y *Ancylostoma duodenale*. Por último un gran número de animales o vegetales microscópicos que flotan libremente en el agua y reciben el nombre genérico de plancton, el cual tiene importancia para juzgar la calidad sanitaria del agua.

4.2.4 Aspectos radiológicos del agua

También debe tenerse en cuenta el riesgo para la salud asociado a la presencia en el agua de consumo de radionúclidos de origen natural, aunque su contribución a la

exposición total a radionúclidos es muy pequeña en circunstancias normales. No se fijan valores de referencia formales para radionúclidos individuales en agua de consumo, sino que se utiliza un sistema basado en el análisis de la radiactividad alfa total y beta total en el agua de consumo. Aunque la detección de niveles de radiactividad superiores a los umbrales de selección no indica que exista un riesgo inmediato para la salud, debe impulsarse una investigación adicional para determinar qué radionúclidos son responsables de la radiactividad y los posibles riesgos existentes, teniendo en cuenta las circunstancias locales.

La radiación ionizante que emiten algunas sustancias químicas radioactivas presentes en el agua de consumo puede ocasionar peligros radiológicos. Estos peligros derivados del agua de consumo no suelen tener consecuencias significativas para la salud pública, y la exposición a la radiación por el agua de consumo debe evaluarse conjuntamente con la exposición por otras fuentes (OMS, 2006).

4.3 Importancia de la calidad del agua

La relación del hombre con el agua en las diferentes sociedades, con variados procesos de desarrollo socioeconómico, ha dictado las formas de percibir el agua como don de la naturaleza, como un recurso natural casi no renovable. El desarrollo de los pueblos ha estado estrechamente vinculado con el agua, ya que éste es un factor importante en la selección de sitios para ubicar plantas industriales de todo tipo y en el desarrollo de los centros urbanos y agropecuarios (Almirón, 2010).

El agua es el componente más abundante e importante del planeta; el hecho de que todos los seres vivos dependan de la existencia del agua genera una pauta para percibir su importancia vital. El agua promueve o desincentiva el crecimiento económico y el desarrollo social de una región. También afecta los patrones de vida y cultura regionales, por lo que se la reconoce como un agente preponderante en el desarrollo de las comunidades. En este sentido, es un factor indispensable en el proceso de desarrollo regional o nacional.

La gravedad de los efectos sobre la salud humana ocasionados por agentes transmitidos por el agua es variable, de gastroenteritis leve a diarrea grave, a veces mortal, disentería, hepatitis y fiebre tifoidea. El agua contaminada puede ser la fuente de grandes epidemias de enfermedades, como el cólera, la disentería y la criptosporidiosis; sin embargo, la mayoría de los agentes patógenos transmitidos por el agua presentan otras vías de infección importantes, como el contacto de persona a persona y la transmisión por los alimentos.

La mayoría de los agentes patógenos transmitidos por el agua no crecen en el agua e inician la infección en el aparato digestivo tras su ingestión, sino que entran en los sistemas de abastecimiento de agua mediante su contaminación con heces humanas o animales. No obstante, hay microorganismos medioambientales, como *Legionella*, micobacterias atípicas, *Burkholderia pseudomallei* y *Naegleria fowleri*, que pueden proliferar en el agua y el suelo. Además de la ingestión, puede haber otras vías de transmisión, como la inhalación, que produce infecciones del aparato respiratorio (por ejemplo, *Legionella*, micobacterias atípicas), y el contacto, que produce infecciones en lugares tan diversos como la piel y el cerebro (por ejemplo, *Naegleria fowleri*, *Burkholderia pseudomallei*). De todos los agentes patógenos transmitidos por el agua, el helminto *Dracunculus medinensis* es particular, porque es el único agente patógeno que se transmite exclusivamente por el agua de consumo.

A nivel internacional la Organización Mundial de la Salud (OMS) cuenta con las Guías para la calidad del agua potable, en ellas se explica los requisitos necesarios para garantizar la inocuidad del agua, incluidos los procedimientos mínimos y valores de referencia específicos, así como, el modo en que deben aplicarse tales requisitos. Describe asimismo los métodos utilizados para calcular los valores de referencia, e incluye hojas de información sobre peligros microbianos y químicos significativos. Las Guías para la calidad del agua potable también incluyen una revisión en profundidad, de los métodos utilizados para garantizar la inocuidad microbiana.

Según las Guías para la calidad del agua, existen dos tipos de enfoques para la vigilancia de la calidad del agua de consumo: los basados en auditorías y los basados en la evaluación directa. Generalmente, la vigilancia incluirá una combinación de estos enfoques, en función del tipo de abastecimiento, y puede conllevar el uso de programas

continuados que estudian los sistemas de forma progresiva. Con frecuencia, no es posible llevar a cabo una vigilancia exhaustiva de todos los sistemas de abastecimiento comunitarios o de los hogares. En estos casos, se deben realizar encuestas bien diseñadas con el fin de comprender la situación existente en el ámbito nacional o regional.

Verificación de la calidad química

Existen varias fuentes de sustancias químicas presentes en el agua de consumo de forma natural. Todas las aguas naturales contienen diversas sustancias inorgánicas y orgánicas. Las inorgánicas proceden de las rocas y la tierra por las que se filtra o sobre la que fluye el agua; las orgánicas de la descomposición de restos de plantas o algas y de otros microorganismos que proliferan en el agua o en 157 sedimentos. La mayoría de las sustancias químicas de origen natural para las que se han calculado valores de referencia (o se ha considerado su cálculo) son inorgánicas. En el cuadro 8.17 de las Guías para la calidad del agua, se presentan las sustancias químicas para las que no se han establecido valores de referencia. Y en el cuadro 8.18 se han establecido valores de referencia para las sustancias químicas enumeradas, que cumplen los criterios de inclusión (Tabla 1).

Tabla 1. Valores de referencia para sustancias químicas según las Guías para la calidad de agua OMS, 2006

Cuadro 8.18 Valores de referencia correspondientes a sustancias químicas de origen natural cuya presencia en el agua de consumo puede afectar a la salud		
Sustancia	Valor de referencia^a (mg/l)	Observaciones
Arsénico	0,01 (P)	
Bario	0,7	
Boro	0,5 (T)	
Cromo	0,05 (P)	Para cromo total
Fluoruro	1,5	Al fijar normas nacionales deben tenerse en cuenta el volumen de agua consumida y la ingesta de otras fuentes
Manganeso	0,4 (C)	
Molibdeno	0,07	
Selenio	0,01	
Uranio	0,015 (P, T)	Sólo se abordan los aspectos químicos del uranio

Fuente: Guías para la calidad del agua OMS, 2005

P = valor de referencia provisional, dado que hay evidencia de que la sustancia es peligrosa, pero hay escasa información disponible relativa a sus efectos sobre la salud; T = valor de referencia provisional porque el valor de referencia calculado es menor que el que es posible alcanzar mediante métodos de tratamiento prácticos, medidas de protección de las fuentes, etc.; C = concentraciones de la sustancia iguales o menores que el valor de referencia basado en efectos sobre la salud pueden afectar al aspecto, sabor u olor del agua, dando lugar a reclamaciones de los consumidores.

Verificación de la inocuidad y calidad microbiológicas

Las bacterias indicadoras de contaminación fecal, incluida *E. coli*, son parámetros importantes en la verificación de la calidad microbiológica del agua. Esta verificación de la calidad del agua complementa el monitoreo operativo y las evaluaciones de los riesgos de contaminación, por ejemplo, mediante auditoría de las plantas de tratamiento, evaluación del control de los procesos e inspección sanitaria. Para proporcionar resultados significativos, las bacterias indicadoras de contaminación fecal deben cumplir determinados criterios. Deben estar presentes universalmente, en concentraciones elevadas, en las heces humanas y de otros animales de sangre caliente, ser fácilmente detectables mediante métodos sencillos y no proliferar en aguas naturales.

El microorganismo elegido como indicador de contaminación fecal es *E. coli*. En muchas circunstancias, en lugar de *E. coli* puede analizarse la presencia de bacterias coliformes termotolerantes. El agua destinada al consumo humano no debería contener microorganismos indicadores. En la mayoría de los casos, el análisis de la presencia de bacterias indicadoras proporciona un alto grado de seguridad, ya se encuentran en cantidades abundantes en aguas contaminadas. En el cuadro 7.7 de las Guías para la calidad del agua se indica los valores de referencia para la verificación de la calidad microbiológica del agua de consumo (Tabla 2).

Tabla 2. Valores de referencia para calidad microbiológica según las Guías para la calidad de agua OMS, 2006

Cuadro 7.7 Valores de referencia para la verificación de la calidad microbiológica^a (véase también el cuadro 5.2)	
Microorganismos	Valor de referencia
Toda agua destinada a ser bebida	
<i>E. coli</i> o bacterias coliformes termotolerantes ^{b,c}	No detectables en ninguna muestra de 100 ml
Agua tratada que alimenta al sistema de distribución	
<i>E. coli</i> o bacterias coliformes termotolerantes ^b	No detectables en ninguna muestra de 100 ml
Agua tratada presente en el sistema de distribución	
<i>E. coli</i> o bacterias coliformes termotolerantes ^b	No detectables en ninguna muestra de 100 ml

Fuente: Guías para la calidad del agua OMS, 2005

a. Si se detecta *E. coli* debe investigarse inmediatamente su origen.

b. Aunque *E. coli* es el indicador de contaminación fecal más preciso, el recuento de bacterias coliformes termotolerantes es una opción aceptable. En caso necesario, deben realizarse los análisis de confirmación pertinentes. Las bacterias coliformes totales no son indicadores aceptables de la calidad sanitaria de los sistemas de abastecimiento de agua, sobre todo en zonas tropicales donde casi todos los sistemas de abastecimiento de agua no tratada contienen numerosas bacterias que no constituyen un problema sanitario.

c. Se reconoce que en la gran mayoría de los sistemas de abastecimiento de agua rurales, sobre todo en los países en desarrollo, la contaminación fecal es frecuente. Es preciso, sobre todo en estas circunstancias, establecer metas a medio plazo de mejora progresiva de los sistemas de abastecimiento de agua.

4.3.1 Índice de Riesgo de la Calidad de Agua para consumo humano-IRCA Resolución No. 2115 de 2007

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

En el CAPÍTULO IV INSTRUMENTOS BÁSICOS PARA GARANTIZAR LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO ARTÍCULO 13º.- ÍNDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO – IRCA-. Se menciona lo siguiente: 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 (Tabla 3).

Tabla 3. Puntajes de riesgo según la Resolución No. 2115 de 2007

Característica	Puntaje de riesgo
Color Aparente	6
Turbiedad	15
pH	1.5
Cloro Residual Libre	15
Alcalinidad Total	1
Calcio	1
Fosfatos	1
Manganeso	1
Molibdeno	1
Magnesio	1
Zinc	1
Dureza Total	1
Sulfatos	1
Hierro Total	1.5
Cloruros	1
Nitratos	1
Nitritos	3
Aluminio (Al ³⁺)	3
Fluoruros	1
COT	3
Coliformes Totales	15
Escherichia Coli	25
Sumatoria de puntajes asignados	100

Fuente: Resolución No. 2115 de 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.

Según la Resolución No. 2115 de 2007, 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.

CÁLCULO DEL IRCA (ARTÍCULO 14^o): el cálculo del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano – IRCA, se realizará utilizando las siguientes fórmulas:

El IRCA por muestra:

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\Sigma \text{ puntajes de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\Sigma \text{ puntajes de riesgo asignados a todas las características analizadas}} \times 100$$

El IRCA mensual:

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\Sigma \text{ de los IRCAs obtenidos en cada muestra realizada en el mes}}{\text{Número total de muestras realizadas en el mes}}$$

En el artículo 15 de la Resolución No. 2115 de 2007, se determinan la clasificación del nivel de riesgo. Teniendo en cuenta los resultados del IRCA por muestra y del IRCA mensual, se define la siguiente clasificación del nivel de riesgo del agua suministrada para el consumo humano por la persona prestadora y se señalan las acciones que debe realizar la autoridad sanitaria competente (Tabla 4).

Tabla 4. Clasificación del nivel de riesgo según la Resolución No. 2115 de 2007

Cuadro N°. 7 Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y el IRCA mensual y acciones que deben adelantarse			
Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	IRCA por muestra (Notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA mensual (Acciones)
80.1 -100	INVARIABLE 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 respectivos.
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 No. 2115 de 2007

4.4 Contaminación del agua

La aparición de elementos "no deseables" y tóxicos, y la variación en las concentraciones de los constituyentes comunes, tiene su origen en el denominado "ciclo del agua". En alguna parte de este ciclo, en el cual confluyen distintos compartimentos ambientales y actividades humanas, es donde se produce la contaminación del agua, o mejor dicho, la alteración de su calidad. De acuerdo con este ciclo, las principales vías de entrada de contaminantes en el medio ambiente acuático son las aguas residuales, entre las que se incluyen las urbanas, industriales, y las de origen agrícola o ganadero. La prevalencia de una u otra depende en gran medida del tipo de contaminación de que se trate y del nivel de depuración o atenuación natural (si existe) que experimentan (Barceló y López, 2003).

Según Gil *et al*, 2012, el término de contaminantes emergentes (CE) generalmente se utiliza para referirse a compuestos de distinto origen y naturaleza química, cuya presencia en el medio ambiente no se considera significativa en términos de distribución y/o concentración, por lo que pasan inadvertidos; no obstante, ahora están siendo ampliamente detectados y tienen el potencial de acarrear un impacto ecológico, así como efectos adversos sobre la salud¹. La característica de estos grupos de contaminantes es que no necesitan estar constantemente en el ambiente para causar efectos negativos, puesto que sus altas tasas de transformación/remoción se pueden compensar por su introducción continua en el ambiente.

Se ha establecido que estos compuestos entran en el ambiente a través de algunas fuentes Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos y vías, tales como aguas residuales de tipo doméstico e industrial, de los residuos de las plantas de tratamiento, de los efluentes hospitalarios, de las actividades agrícolas y ganaderas y de los tanques sépticos, los cuales contienen un gran número de componentes orgánicos específicos y CEs que se producen a diferentes concentraciones en las aguas superficiales, cuyos criterios de calidad ambiental aún no se han podido especificar y las plantas de tratamiento convencionales de aguas residuales no están diseñadas para eliminarlos; motivo de preocupación científica y para las entidades ambientales reguladoras.

Los CE comprenden una amplia gama de compuestos químicos, productos farmacéuticos, productos de cuidado personal, agentes tensoactivos, plastificantes y aditivos industriales, que no están incluidos en el monitoreo actual de programas de tratamiento de aguas; también incluyen la síntesis de nuevos compuestos químicos o cambios en el uso y disposición de los productos químicos ya existentes, de los cuales existe una limitada información disponible sobre el efecto que puede causar en la salud humana y en la ecología. De acuerdo con lo anterior, la mayoría de las nuevas investigaciones han centrado sus estudios en la aparición de estos contaminantes orgánicos en aguas superficiales, como las utilizadas en actividades domésticas, que luego reciben tratamiento químico; en aguas de arroyos; aguas residuales con tratamiento biológico, y en agua potable (de consumo humano), entre otras, ya que estas son más susceptibles de contener concentraciones mayores de CEs que las aguas subterráneas.

4.5 Derecho Fundamental del agua

De acuerdo con Isaza, 2014, en un principio, las normas internacionales no contemplaron el agua como un derecho a pesar de la importancia que reviste para la subsistencia del hombre. La Declaración Universal de Los Derechos Humanos, documento adoptado por la Asamblea General de las Naciones Unidas el 10 de Diciembre de 1948, pretendió resumir los derechos humanos considerados como de suma importancia, verbigracia, el Derecho a la Vida, a la Salud, entre otros, sin nombrar el Derecho al Agua.

Con el paso del tiempo, se fueron concretando acciones encaminadas a obtener el reconocimiento internacional del agua como un derecho, resaltando su importancia y procurando que las naciones se responsabilizaran con el uso, aprovechamiento y gestión del recurso hídrico, por lo que se desarrollaron conferencias y acuerdos con éstos fines. Es así como, hacia el mes de marzo de 1977 se llevó a cabo en Mar del Plata (Argentina) la Conferencia sobre el Agua, promovida por la Organización de las Naciones Unidas. Esta se constituyó como la primera reunión de carácter internacional con gran impacto global sobre la materia y buscó que los Estados efectuaran evaluaciones constantes

sobre sus recursos hídricos y fomentaran planes y políticas dirigidas a satisfacer necesidades de agua potable y saneamiento de la población. Concluida la reunión, se estableció como reto que, para el año de 1990 todas las personas tuvieran acceso al recurso de forma segura y suficiente.

Posteriormente, la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó en la Resolución 35/18 del 10 de noviembre de 1980, el Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental (1980-1990) y en adelante, conferencias como la de Dublín de enero de 1992 y la de Rio de Janeiro en Junio de 1992 (ambas sobre el agua y el medio ambiente) fueron abriendo paso al reconocimiento internacional del agua. Así mismo, la Declaración del Milenio de la ONU a través de la Resolución 55/2 de la Asamblea General, el 8 de septiembre del año 2000, fijó entre los objetivos de desarrollo para el año 2015, lograr reducir a la mitad el porcentaje de personas que no tenían acceso al agua potable.

Otros instrumentos como La Convención sobre la eliminación de todas las formas de discriminación contra la mujer (CETFDICM o en inglés CEDAW) aprobada el 18 de diciembre de 1979 y que fue resultado del trabajo adelantado por la Comisión de la Condición Jurídica y Social de la Mujer creada en 1946 por el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas y La Convención sobre los Derechos Del Niño adoptada por la Asamblea General de las Naciones Unidas el 20 de noviembre de 1989, conminaron a los estados parte a garantizar el suministro de agua potable para mujeres y niños, con el fin de preservar su salud y garantizar condiciones de vida adecuadas. Sin embargo, fue el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (PIDESC) el instrumento encargado de reconocer que la satisfacción de necesidades básicas del hombre, son auténticos derechos fundamentales.

La declaración del agua como derecho, deriva de la idea del recurso hídrico como un bien social y cultural y no como un bien de carácter económico. El derecho implica además la posibilidad de tener acceso inquebrantable y con ello, un constante paso a sistemas de abastecimiento en igualdad de oportunidades para toda la comunidad, sin olvidar que paradójicamente, el mayor problema radica en la imposibilidad de acceso al agua apta para el consumo de las personas.

La Asamblea General de las Naciones Unidas el 28 de julio de 2010, a través de la Resolución 64/292, reconoció explícitamente el derecho humano al agua y al saneamiento, reafirmando que un agua potable limpia y el saneamiento son esenciales para la realización de todos los derechos humanos. La Resolución exhorta a los Estados y organizaciones internacionales a proporcionar recursos financieros, a propiciar la capacitación y la transferencia de tecnología para ayudar a los países, en particular a los países en vías de desarrollo, a proporcionar un suministro de agua potable y saneamiento saludable, limpio, accesible y asequible para todos (ONU, 2010).

En noviembre de 2002, el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales adoptó la Observación General nº 15 sobre el derecho al agua. Esta Observación proporciona las orientaciones para la interpretación del derecho al agua, enmarcándolo en dos artículos, el artículo 11, derecho a un nivel de vida adecuado, y el artículo 12, derecho a la salud. La Observación establece claramente las obligaciones de los Estados parte en materia de derecho al agua y define qué acciones podrían ser consideradas como una violación del mismo (ONU, 2002).

En Colombia, la Carta Política de 1991 constituyó para el país una verdadera evolución en materia de derechos de toda índole. Desde su artículo primero, el texto constitucional instituye el Estado Social de Derecho, sustentado en la existencia de un Estado Bienestar o Keynesiano, como aquel que busca la garantía de estándares mínimos de los ciudadanos bajo el ideal de derecho y un Estado Constitucional manifestado a través de mecanismos de democracia participativa, de control político y jurídico en el ejercicio del poder y la consagración de principios y de derechos (Isaza, 2014).

El derecho al agua no fue expresamente determinado como derecho fundamental pese a su íntima relación con algunos de ellos, como la vida o la dignidad humana. Tal vez por ésta razón, la jurisprudencia en Colombia como fuente formal del derecho, ha pretendido establecer el contenido y alcance de un derecho fundamental al agua. Sobre el particular, numerosas sentencias de la Corte Constitucional han hecho expresa referencia al Derecho fundamental al agua potable, sus titulares y las situaciones que pueden ser objeto de protección mediante la Acción de Tutela (Isaza, 2014).

4.6 Agua y seguridad humana

Los agentes patógenos transmitidos por el agua constituyen un problema mundial que demanda un urgente control mediante la implementación de medidas de protección ambiental a fin de evitar el incremento de la prevalencia de las enfermedades relacionadas con la calidad del agua.

De acuerdo con la OMS, 2015, se calcula que unas 842.000 personas mueren cada año de diarrea como consecuencia de la insalubridad del agua, de un saneamiento insuficiente o de una mala higiene de las manos. Sin embargo, la diarrea es ampliamente prevenible y la muerte de unos 361.000 niños menores de cinco años al año se podría prevenir si se abordaran estos factores de riesgo. En los lugares donde el agua no es fácilmente accesible, las personas pueden considerar que lavarse las manos no es una prioridad, lo que aumenta la probabilidad de propagación de la diarrea y otras enfermedades.

En muchas partes del mundo, los insectos que viven o se crían en el agua son portadores y transmisores de enfermedades como el dengue. Algunos de estos insectos, denominados vectores, crecen en el agua limpia, y los contenedores domésticos de agua de bebida pueden servir como lugares de cría. Tan solo con cubrir los contenedores de agua es posible reducir la cría de vectores, con el beneficio añadido de reducir la contaminación fecal del agua en el ámbito doméstico.

Existen numerosos casos de enfermedades relacionadas con la calidad del agua que se han presentado en diversos países del mundo como consecuencia del cambio en el tratamiento de acondicionamiento del agua o por la pérdida de la integridad de la red de distribución de agua (OMS, 1995 c.p Vargas *Et al*, 2009).

Entre los principales casos de transmisión de enfermedades relacionadas con la calidad del agua de consumo humano se tiene el que se presentó en abril de 1993, en la ciudad de Milwaukee, Wisconsin EEUU, en donde un brote de *Cryptosporidium* transmitido por el agua afectó aproximadamente a 403.000 personas, manifestándose con diarreas, náuseas y calambres estomacales. De igual manera, entre el 15 de diciembre de 1989 al 20 de enero de 1990, la comunidad agrícola de Cabaol en Missouri se vio afectada por el

E. coli hemorrágico del serotipo 0157:H7 ocasionando cuatro defunciones, 32 hospitalizaciones y 243 casos de diarreas. (Geldreich, 1992 c.p Vargas *Et al*, 2009). En este último caso, una de las hipótesis más sólida fue que la contaminación del agua se debió a los reemplazos de medidores y a las roturas de la red de distribución que se produjeron poco antes de que se manifestaran los primeros casos de la enfermedad.

Otros brotes notificados fueron el de *Salmonella* transmitida a través del agua subterránea no tratadas o por aguas superficiales crudas y aguas desinfectadas deficientemente tratadas. El brote de *Salmonella tiphymurium* en Gideon, Missouri fue excepcional en el sentido de que las aguas subterráneas no tratadas eran satisfactorias, pero que durante su almacenamiento fue contaminado por las heces de las palomas que vivían en su interior. Este brote afectó a más de 600 personas de los cuales 15 fueron hospitalizados y se atribuyeron cinco defunciones. (OPS, 1996 c.p Vargas *Et al*, 2009)

Otro de los casos fue la propagación del cólera en América Latina en 1991 y cuya propagación que fuera atribuido a la falta de adecuados servicios de abastecimiento de agua y saneamiento así como a la falta de medidas de control ambiental. Por lo tanto, la meta de las normas de calidad del agua de consumo humano, es la eliminación o reducción, por debajo de los niveles perjudiciales a la salud, de los constituyentes del agua que afectan de una manera u otra a la salud humana y al bienestar de la comunidad. En resumen, las normas de calidad del agua de bebida, están destinadas a asegurar que los consumidores sean abastecidos con agua libre y exenta de todo peligro, daño o riesgo a la salud humana.

4.7 Impacto en la comunidad

Son frecuentes en todo el mundo, tanto en países desarrollados como en desarrollo, los sistemas de abastecimiento de agua de consumo (con o sin tuberías) gestionados por comunidades. La definición concreta de sistema comunitario de abastecimiento de agua de consumo es variable. Si bien una definición basada en el tamaño de la población o en el tipo de suministro puede ser adecuada en muchas circunstancias, los sistemas de abastecimiento de agua de consumo de las pequeñas comunidades y los de los pueblos

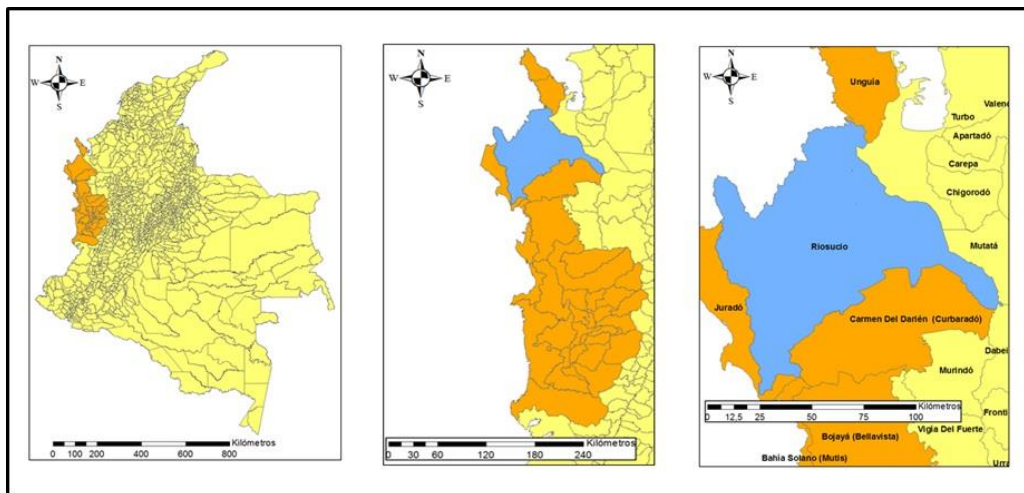
y ciudades de mayor tamaño se diferencian por sus sistemas de administración y gestión. La administración y operación de los sistemas de abastecimiento de agua de consumo comunitarios dependen en mayor medida de miembros de la comunidad que, con frecuencia, no cuentan con capacitación y que a veces no cobran por el servicio prestado (OMS, 2006).

Cuando el agua procede de fuentes de abastecimiento mejoradas y más accesibles, las personas gastan menos tiempo y esfuerzos en recogerla físicamente, lo que significa que pueden ser productivos en otras esferas. También puede redundar en una mayor seguridad personal, ya que reduce la necesidad de hacer viajes largos o peligrosos para recoger agua. La mejora de las fuentes de abastecimiento de agua también conlleva la reducción del gasto sanitario, ya que las personas tienen menos probabilidades de enfermar y de incurrir en gastos médicos y están en mejores condiciones de permanecer económicamente productivas (OMS, 2015).

Dado que los niños corren especial riesgo de contraer enfermedades relacionadas con el agua, el acceso a fuentes mejoradas de abastecimiento de agua puede tener como resultado un ahorro del tiempo que pasan recogiendo agua y una mejora de su salud y, por tanto, un mayor índice de asistencia a la escuela, con las consecuencias a largo plazo para sus vidas que ello conlleva (OMS, 2015).

4.8 Características sociales, económicas y ambientales del municipio de Riosucio.

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) realizó el perfil productivo del municipio de Riosucio, en su informe menciona lo siguiente: la cabecera del municipio está localizada a los 07° 26' 26" de latitud norte y 77° 07' 08" de longitud oeste, a una altura de 4 msnm. Riosucio cuenta con una población para el 2014 de 28.769 habitantes, temperatura media de 28°C, precipitación media anual de 7.774 mm, y se encuentra a 380 km de Quibdó, capital del departamento del Chocó. El área municipal es de 8.228 km² y limita al norte con la República de Panamá y con Unguía, al este con el municipio de Bajirá; al sur con Bojayá, Bahía Solano y el departamento de Antioquia y al Oeste con Juradó (Figura 1).

Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Ríosucio

Fuente: IGAC, 2008

Características sociales

Con un total de 28.769 habitantes distribuidos entre la zona urbana y rural, con 7.250 y 21.519, respectivamente (25% y 75%), la población de Ríosucio representa el 6% del departamento del Chocó. De acuerdo con las estimaciones del DANE, el municipio de Ríosucio tendría una tasa de crecimiento poblacional de -0,1% entre el periodo 2000-2020; para el caso del departamento del Chocó este crecimiento sería del 0.2% en el mismo periodo.

La distribución porcentual por sexo en el municipio, se comporta de manera similar a nivel departamental, hombres 51.5% y mujeres 48.5%. En este sentido, la relación de masculinidad para el año 2013 es de 106 hombres por cada 100 mujeres, mientras que hace una década esta tasa fue de 105.

De acuerdo con cifras del DANE sobre Necesidades Básicas Insatisfechas NBI, el 85.21% del total de la población de Ríosucio cuenta con por lo menos una de las NBI, cifra que es un tanto mayor de la cifra a nivel departamental, la cual se ubicó en 79.19% para el año 2012, frente a un 27.78% del nivel nacional. Este índice para la zona urbana y rural es de 99.72% y 79.90%, respectivamente. Por otro lado, partiendo que el Índice

de Pobreza Multidimensional total del municipio que registra un valor de 91.45%, las privaciones más relevantes con relación a este índice son el logro académico (80.69%), dependencia económica (67.29%), empleo formal (97.88%), acceso a fuente de agua mejorada (99.84%), eliminación de excretas (98.09%) y material de paredes exteriores (55.48%).

Características económicas

Aprovechamiento forestal: alrededor del 30% de la madera movilizada en el departamento del Chocó proviene del municipio de Riosucio. Considerando que para el periodo 2010-2013, en promedio en el Chocó se movilizaron 523.461,1 m³ de madera, se cataloga a este municipio como el principal productor de este recurso con 139.614,7 m³ para este mismo periodo. Según reportes de la Secretaría de Agricultura Municipal, cerca del 10% de la población económicamente activa, es decir 1.589 personas, están dedicadas a esta actividad bajo una vinculación independiente y temporal. En el aprovechamiento y extracción de especies maderables, se utilizan métodos tradicionales mediante mano de obra familiar. La comercialización se realiza a nivel local, con intervención de intermediarios quienes generalmente se quedan con la mayor parte de los beneficios económicos derivados de esta actividad.

Agricultura: La agricultura, junto con la explotación de la madera, hace parte de las principales actividades económicas que se desarrollan en el municipio. El 63.5% de los predios menores a 20 hectáreas están dedicados a esta actividad económica, de los cuales 85.2% de personas del total de propietarios de predios menores de 20 hectáreas dependen de su producción -en total son 2.172 personas que depende directamente de la producción que generan todos los predios registrados en la Secretaría de Agricultura y Medio Ambiente Municipal – SAMA. Solo el 9% de los predios dedicados a las actividades agropecuarias clasifican como UAF¹ (1.3% personas dependen de estos). La producción agrícola del municipio la conforman principalmente los cultivos de plátano,

¹ Mediante resolución de orden nacional se estableció el tamaño de las UAF para el municipio de Riosucio (Choco) como unidades que miden entre 20 y 29 hectáreas.

yuca, arroz, maíz, caña de azúcar, cacao y borjón. Estos cultivos son desarrollados en un 100% bajo sistemas agroforestales (cultivos asociados) complementados con pequeña ganadería y especies vegetales maderables.

Producción pecuaria: la ganadería bovina es la tercera actividad en la productividad económica del municipio después de la agricultura y la explotación de madera. Como consecuencia del fenómeno de violencia y desplazamiento, los registros actuales de producción ganadera son imprecisos; sin embargo, se conoce de la presencia de cría de ganado en las comunidades de Bellavista, Nueva Luz, Cuchillo Blanco y Larga Boba.

Características ambientales

Ríosucio ocupa el 18% del territorio del Chocó, departamento que se constituye en su conjunto como una de las zonas del mundo con mayor biodiversidad de especies animales y vegetales; se presume que buena parte de estas aún no han sido identificadas para la ciencia, ni valorados sus potenciales biomédicos e industriales. Además, el municipio conforma la zona mundialmente conocida como El tapón del Darién. Esta zona, compartida con la República de Panamá, constituye una de las 17 áreas más críticas para la conservación que quedan en el mundo, según el concepto desarrollado por Myers (1988). Esta zona ha sido de trascendental importancia en la conformación de la actual biota del país y del continente americano, debido a que su territorio ha sido el puente de intercambio de elementos bióticos entre el norte y el sur del continente a través del istmo de Panamá (Mena *et al*, 2013).

Clima: la distribución temporal de la temperatura media presenta un valor máximo en abril con 26,9°C, y 26,1°C para el mes de octubre; mientras que el promedio de las temperaturas medias anuales es de 26,4 °C, la más baja presenta valores de 24,3 °C para el mes de febrero y 28,1 °C en el mes de diciembre. Con relación a la evapotranspiración, los valores totales promedios del municipio son 1.020 mm/año, presentando variación a escala mensual entre los 108,4 para el mes de marzo y los 78,8

para el mes de noviembre. El valor máximo presentado fue de 155,4 mm/mes; y el menor de 62,7 para el mes de noviembre.

Demanda hídrica: el municipio de Ríosucio, al estar enmarcado en la región del Darién, se caracteriza por ser una de las mayores productoras de agua en Colombia y el mundo, refleja la gran cantidad de cuerpos de agua presentes y el caudal de los mismos. El sistema hidrográfico de la zona comprende las vertientes del río Atrato que recibe las aguas de una gran cantidad de tributarios entre los que se destaca en importancia: Domingodó, Truandó, Salaquí, Cacarica, La Larga, La Balsa, Curvaradó, Jiguamiandó, Cacarica, y Tumaradocito. Además, comprende un sistema hidrográfico de ciénagas y caños que se localizan en las planicies interfluvial del Atrato, entre las más importantes sobresalen: las ciénagas Carvajal, Curbaradó, Guineo, La Grande, La Honda, La Rica, Montaña, Pedega, Tumaradó el Encanto (Mena *et al*, 2013).

Según el índice de escasez² y vulnerabilidad por disponibilidad de agua³ del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, el municipio de Ríosucio se clasifica como un territorio con escasez no significativa y una vulnerabilidad baja, tanto en condiciones de año seco y año medio. Para su cabecera municipal se estimó un índice de escasez no significativo y un índice de vulnerabilidad por disponibilidad de agua muy bajo (Mena *et al*, 2013).

4.9 Marco legal

Los programas oficiales para vigilar y controlar la calidad el agua potable dependen en teoría de la existencia de una legislación adecuada que responda a consideraciones nacionales, constitucionales y de cualquier otro tipo. Una de las funciones de la legislación es definir las funciones, autoridades y las responsabilidades de los abastecedores y del órgano de vigilancia (OMS, 1997 c.p Vargas *Et al*, 2009) y estar respaldada por normas y códigos de fiscalización que especifiquen la calidad del agua

² Índice de escasez (IE): relación porcentual entre la demanda del agua que ejercen en su conjunto las actividades sociales y económicas para su y aprovechamiento, con la oferta hídrica disponible (neta).

³ Índice de vulnerabilidad (IV) por disposición de agua: se define como indicador cualitativo del grado de fragilidad del sistema hídrico para el abastecimiento y la amenaza de sequía cuando se presentan condiciones hidroclimáticas medias y extremas.

que se debe suministrar a los consumidores, así como los procedimientos que se deben usar para seleccionar las fuentes, los procesos de tratamiento aceptados y los cuidados para la distribución del agua. No obstante, la existencia de una legislación anticuada o que se encuentre en proceso de actualización, no debe ser motivo para postergar la ejecución de programas de control y vigilancia de la calidad del agua.

4.9.1 Mundial

Resolución del Consejo de Derechos Humanos A/HRC/RES/18/1: el 28 de septiembre de 2011, el Consejo de Derechos Humanos aprobó una nueva resolución que lleva el derecho humano al agua potable y a un saneamiento saludable un paso más allá. El Consejo daba, así, la bienvenida a la compilación de buenas prácticas sobre el derecho al agua potable y a un saneamiento saludable. La resolución hace un llamamiento a los Estados para que garanticen la suficiente financiación para el suministro sostenible de servicios de agua y saneamiento.

Resolución de la Asamblea Mundial de la Salud 64/24: en mayo de 2011, la Organización Mundial de la Salud (OMS), mediante su Resolución 64/24, hacía un llamamiento a los Estados Miembros "para garantizar que las estrategias de salud nacionales contribuyen al logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio en materia de agua y saneamiento al tiempo que apoyan la progresiva realización del derecho humano al agua y al saneamiento" y un llamamiento al Director General de la OMS "a reforzar la colaboración de la OMS con los correspondientes socios y miembros de ONU-Agua y con otras organizaciones relevantes para promover el acceso a unos servicios de agua, saneamiento e higiene saludables, así como a servir de modelo de una acción efectiva intersectorial en el contexto de la iniciativa de Naciones Unidas Unidos en la Acción a la que pertenece OMS, y de cooperación de la Organización con la Relatora Especial de Naciones Unidas sobre el derecho humano al agua potable y al saneamiento orientada a mejorar la implantación del mismo".

Nombramiento de un experto independiente: en marzo de 2008, mediante la Resolución 7/22, el Consejo de Derechos Humanos decidió "nombrar, por un período de tres años, a un experto independiente sobre la cuestión de las obligaciones de derechos humanos relacionadas con el acceso al agua potable y al saneamiento". En abril de 2011, mediante la Resolución 16/2, el Consejo de Derechos Humanos decidió extender el mandato por un periodo de tres años. El Experto Independiente supervisa e informa sobre la implementación por parte de los Estados del derecho humano al agua así como sobre las violaciones relacionadas.

4.9.2 Nacional

Ley 142 de 1994: establece el Régimen de los Servicios Públicos Domiciliarios, y constituye el marco general para el sector y tiene como propósito aumentar sus niveles de eficiencia y de competencia, preservando instrumentos de intervención estatal acordes con sus fines sociales. Este marco de política introduce, por lo tanto, un conjunto de transformaciones institucionales orientadas hacia la descentralización, la consolidación de empresas prestadoras con énfasis en políticas de modernización empresarial y la vinculación de operadores especializados.

Resolución 1096 del 17 de Noviembre del 2000: "Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS." Corresponde al Ministerio de Desarrollo Económico, formular la política de Gobierno en materia social del país relacionada con la competitividad, integración y desarrollo de los sectores productivos del agua potable y saneamiento básico y expedir resoluciones, circulares y demás actos administrativos de carácter general o particular necesarios para el cumplimiento de sus funciones. Considera que la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico –CRA, solicitó al Ministerio de Desarrollo Económico, el señalamiento mediante acto administrativo de los requisitos técnicos que deben cumplir las obras, equipos y procedimientos que utilicen las Empresas de Servicios Públicos del Sector Agua potable y Saneamiento básico, con el fin de promover el mejoramiento de la calidad de éstos servicios, siempre y cuando dicho señalamiento no implique restricción indebida a la competencia.

Ley 715 de 2001: reglamenta el Sistema General de Participaciones (SGP), determina la distribución de los recursos que el Gobierno Nacional transfiere a los municipios, parte de los cuales tienen destinación específica para el sector de agua potable y saneamiento básico. En cumplimiento de esta normatividad, entre 1994 y 2004 el gobierno ha transferido a dichas entidades un total de \$117.5 billones, de los cuales \$7.2 billones (6.1% del total) se asignaron al sector de agua potable.

Decreto 3518 de 09 de octubre de 2006: Por el cual se crea y reglamenta el Sistema de Vigilancia en Salud Pública y se dictan otras disposiciones. En el capítulo I, Artículo 1º.- Objeto se establece que: *“El objeto del presente decreto es crear y reglamentar el Sistema de Vigilancia en Salud Pública -SIVIGILA-, para la provisión en forma sistemática y oportuna, de información sobre la dinámica de los eventos que afecten o puedan afectar la salud de la población, con el fin de orientar las políticas y la planificación en salud pública; tomar las decisiones para la prevención y control de enfermedades y factores de riesgo en salud; optimizar el seguimiento y evaluación de las intervenciones; racionalizar y optimizar los recursos disponibles y lograr la efectividad de las acciones en esta materia, propendiendo por la protección de la salud individual y colectiva”.*

Decreto 1575 del 09 de Mayo de 2007: Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del agua para consumo humano. En su Artículo 1º.- Objeto y campo de aplicación establece que *“El objeto del presente decreto es establecer el sistema para la protección y control de la calidad del agua, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, exceptuando el agua envasada. Aplica a todas las personas prestadoras que suministren o distribuyan agua para consumo humano, ya sea cruda o tratada, en todo el territorio nacional, independientemente del uso que de ella se haga para otras actividades económicas, a las direcciones territoriales de salud, autoridades ambientales y sanitarias y a los usuarios”.*

Resolución 2115 del 22 de Junio de 2007: por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

Resolución 0811 del 05 de Marzo de 2008: por medio de la cual se definen los lineamientos a partir de los cuales la autoridad sanitaria y las personas prestadoras, concertadamente definirán en su área de influencia los lugares y puntos de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución. En su Artículo 1°. Objeto *“La presente resolución tiene por objeto establecer los lineamientos para que en forma concertada la autoridad sanitaria y las personas prestadoras que suministran y distribuyen agua para consumo humano, definan en su área de influencia los lugares y puntos para recolectar las muestras de agua para consumo humano en la red de distribución. Dichos lineamientos, deben ser utilizados para llevar a cabo las acciones de control y vigilancia de la calidad del agua”*.

5. Antecedentes

Desde los albores de la civilización, el aumento del número de habitantes del globo y la proliferación de sus actividades ha dependido de la superación de las restricciones naturales del medio y, en particular, de la cantidad y la distribución del agua. El aprovechamiento y la administración del agua ha sido siempre importante, como se deduce de las numerosas medidas materiales y administrativas destinadas a regular su distribución y utilización, que a partir de los antiguos sumerios de Mesopotamia se han ido haciendo cada vez más complejas en el curso del tiempo (Unesco, 1970).

A pesar de ello, los problemas relativos al agua están adquiriendo cada vez más gravedad en muchas regiones, sin excluir ciertas zonas de los países desarrollados en los que ese elemento es relativamente abundante. Ello se debe a que, en muchas regiones, los problemas se refieren más bien a la calidad del agua que a su cantidad. En términos generales puede decirse que los problemas del agua son pocos pero fundamentales: la distribución en el espacio (demasiado abundante o demasiado escasa); la distribución en el tiempo (cantidad excesiva en ciertas estaciones o años e insuficiente en otros); la calidad química (demasiado mineralizada; pobre en minerales necesarios; presencia de minerales nocivos); y la contaminación (Unesco, 1970).

El crecimiento demográfico y económico, la ausencia histórica de criterios de conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, el crecimiento de los regímenes de demanda de agua en el ámbito regional y la contaminación del líquido han ocasionado en varios casos su escasez. Esto conduce a una competencia por el recurso, que se agudiza en años de sequías, desemboca en conflictos que afectan a las comunidades en su desarrollo actual e impactan negativamente en su viabilidad futura. Así, el control, el aprovechamiento racional y la preservación del agua en los niveles nacional, regional y local son estratégicos para el desarrollo del país y la protección de la vida digna de los seres humanos (Almirón, 2010).

La mayor parte de la superficie de la tierra está compuesta de agua, pero sólo un poco más del 2% es agua dulce y en su mayor parte se encuentra en los polos, en estado de

hielo, o en depósitos subterráneos muy profundos. Las aguas dulces existentes en la superficie del planeta que el hombre puede usar de forma económicamente viable y sin generar grandes impactos negativos en el ambiente corresponden a menos del 1% del agua total de la Tierra. De este modo, el agua constituye un insumo indispensable para la vida humana pero extremadamente escaso (Almirón, 2010).

A pesar de la escasez, los recursos hídricos disponibles son suficientes para atender las necesidades de todos los seres humanos, pero la distribución de este bien entre las diversas regiones es muy desigual; la demanda de agua es cada vez mayor y su contaminación resulta preocupante (Almirón, 2010).

5.1 Situación actual

5.1.1 Contexto mundial

Según la Organización Mundial de la Salud, 2015, aproximadamente 1,1 mil millones de personas en todo el mundo no tienen acceso a fuentes de agua mejorada. Asimismo, 2,4 mil millones no tienen acceso a ningún tipo de instalación mejorada de saneamiento. Cerca de 2 millones de personas, la mayoría de ellos niños menores de cinco años, mueren todos los años debido a enfermedades diarreicas. Los más afectados son las poblaciones de los países en desarrollo que viven en condiciones extremas de pobreza, tanto en áreas periurbanas como rurales.

Los principales problemas que causan esta situación incluyen la falta de prioridad que se le da al sector, la escasez de recursos económicos, la carencia de sostenibilidad de los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento, los malos hábitos de higiene y el saneamiento inadecuado de entidades públicas como hospitales, centros de salud y escuelas. Para reducir la carga de enfermedad causada por estos factores de riesgo es sumamente importante proveer acceso a cantidades suficientes de agua segura e instalaciones para la disposición sanitaria de excretas y promover prácticas seguras de higiene (OMS, 2015).

De acuerdo con el informe del Programa Conjunto OMS/UNICEF de Monitoreo (PCM) del año 2015, sobre el acceso al agua potable y saneamiento, el 91% de la población

mundial utiliza una fuente de agua potable mejorada, un aumento frente al 76% de 1990. Existen 6600 millones de personas en todo el mundo que tienen acceso a fuentes de agua potable mejoradas. Por su parte, 663 millones es el total de personas sin acceso a agua potable mejorada en todo el mundo (por primera vez la cifra baja de los 700 millones). Desde el año 1990, 2600 millones de personas han logrado acceso a una fuente de agua potable. Según el informe, en el África subsahariana, 427 millones de personas lograron acceso a agua potable durante el periodo abarcado por los Objetivos de Desarrollo del Milenio ODM (un promedio de 47 000 personas al día durante 25 años) (OMS/UNICEF, 2015).

Durante el año 2015, sólo tres países: Angola, Guinea Ecuatorial y Papua Nueva Guinea, tienen un porcentaje inferior al 50% de acceso a agua potable, frente a 23 países en el año 1990. Es importante mencionar que el 96% de la población mundial urbana, utiliza fuentes de agua potable mejoradas, frente al 84% de la población rural. Además, ocho de cada 10 personas aún sin acceso a fuentes de agua potable mejorada viven en zonas rurales (OMS, 2015).

En lo relacionado con el saneamiento, este informe menciona que, el 68% de la población mundial utiliza en la actualidad una instalación de saneamiento mejorada, nueve puntos porcentuales por debajo de la meta de los ODM. Desde el año 1990, 2.100 millones de personas han obtenido acceso a una instalación de saneamiento mejorada. Sin embargo, se estima que en el año 2015, 2.400 millones de personas en todo el mundo no tienen acceso a instalaciones de saneamiento mejoradas; de ellas, 946 millones defecan al aire libre (OMS, 2015).

La defecación al aire libre sigue siendo un importante problema mundial, aunque algunos países y regiones han progresado notablemente. Este es el caso de Etiopía, que logró el descenso más pronunciado en el porcentaje de población que practica la defecación al aire libre. Se ha reducido del 92% (44 millones de personas) en 1990 al 29% (28 millones de personas) en 2015 (una reducción media de más del 4% anual durante 25 años). Por su parte, en Asia meridional, donde se registra el número más

elevado de personas que defecan al aire libre: Bangladesh, Nepal y el Pakistán han conseguido reducciones de más de 30 puntos porcentuales desde 1990 y en la India se ha reducido en 31 puntos porcentuales, lo que representa 394 millones de personas (OMS, 2015).

Las repercusiones que la calidad, el saneamiento y la higiene tienen en la salud humana, son de vital importancia, cada año podrían evitarse 842.000 muertes mejorando estos tres aspectos. Las deficiencias en el agua, el saneamiento y la higiene contribuyen en gran medida a las enfermedades tropicales desatendidas como la esquistosomiasis, el tracoma y las helmintiasis, que afectan a más de 1.500 millones de personas cada año. Es por ello que, la adopción de prácticas de higiene básicas por parte de las parteras puede reducir el riesgo de infecciones, septicemia y muerte en madres y lactantes hasta en un 25%; sin embargo muchos centros de salud carecen incluso de instalaciones básicas de agua y saneamiento. En África, el 42% de los centros de salud no tienen acceso a una fuente mejorada de agua a menos de 500 metros (OMS, 2015).

Dado que el acceso al agua potable y el saneamiento son temas de interés mundial, se han realizado diferentes investigaciones relacionadas, de las cuales, se nombran algunas a continuación:

Miranda *et al*, 2010, realizaron un estudio para evaluar la situación de la calidad de agua para consumo, en hogares de niños menores de cinco años en Perú, durante el período comprendido entre los años 2007 y 2010. El objetivo de ésta investigación pretendió estimar la proporción de niños menores de cinco años con acceso a agua de calidad y su comportamiento en función de la localización geográfica, abastecimiento de agua y situación de pobreza. Para su desarrollo se realizó una encuesta continua (transversal repetida), por muestreo aleatorio multietápico, de la población de niños menores de cinco años residentes en el Perú. Se evaluó la presencia de cloro libre en muestras de agua para consumo en los hogares de 3570 niños. Adicionalmente, se evaluó la presencia de coliformes totales y *E. coli* en muestras de agua de 2310 hogares. Como resultado de éste estudio se obtuvo que la proporción nacional de niños menores de cinco años que residen en hogares con cloro libre adecuado en el agua para consumo, alcanza a 19,5% del total, mientras que la correspondiente a agua libre de

coliformes y *E. coli* asciende a 38,3%. Fue posible concluir que existe una gran desventaja en los niños menores de cinco años provenientes de hogares pertenecientes al área rural y en extrema pobreza, para acceder al consumo de agua de calidad. Esta situación representa un serio problema para el control de las enfermedades diarreicas y la desnutrición infantil.

La Universidad Técnica del Norte llevó a cabo un estudio en el que evaluó la calidad del agua para el consumo humano de las comunidades del cantón cotacachi, Ecuador y a su vez, se realizó una propuesta de medidas correctivas. La recolección de las muestras se realizó en dos etapas: época seca y época lluviosa, se seleccionaron tres puntos de muestreo: vertiente, tanque de almacenamiento y consumidor final. De acuerdo con los resultados de los diferentes análisis practicados, se llegó a la conclusión de que el estado físico y químico se encuentra dentro de las normas (INEN 1108 y TULAS); a diferencia de la mayoría de los análisis microbiológicos, cuyos resultados mostraron contaminación con coliformes fecales (*Escherichia coli*) y coliformes totales, producto de la contaminación por pastoreo, tubería y mala gestión de las conexiones internas de los usuarios (Reascos y Yar, 2010).

La Universidad Técnica Privada Cosmos UNITEPC de Bolivia, realizó una investigación físicoquímica del agua y la presencia de fluor en comunidades del Valle Alto, provincia Gualberto Villarroel, Cochabamba, Bolivia. El objetivo principal de éste estudio fue contribuir en la disminución de las altas tasas de morbilidad y mortalidad ocasionados por enfermedades odontológicas de origen hídrico, además de conocer el estado actual bacteriológico y físicoquímico del suministro de agua potable de la red del Valle Alto. Para el desarrollo del estudio se tomaron 25 muestras de agua en diferentes puntos de la Red y otros lugares de relevancia, las cuales fueron debidamente analizadas para cada uno de los parámetros a estudiar. De acuerdo con los resultados obtenidos, fue posible determinar que el agua distribuida por la Red, río, laguna, vertiente y pozo artesanal, no cumple con las normas de control de calidad del agua para beber. Además, la muestra de agua analizada, presenta a comunidades que están identificadas con mayor cantidad de flúor que lo normal y se debe informar a la población para no usar pasta dental con

flúor o evitar algunos alimentos que lo tienen para evitar la Fluorosis o despigmentación de los dientes (Albarracín, 2011).

La Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional en el estado de México, realizaron un análisis microbiológico de la calidad del agua en la ciudad Nezahualcóytl, cuyo objetivo principal fue, realizar un análisis para determinar la calidad microbiológica del agua de la ciudad con base en la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, conociendo así, la condición del agua que llega a los domicilios. Se obtuvieron 45 muestras de agua potable (de la toma directa) de la zona oriente de ciudad Nezahualcóyotl, se determinó el Número Más Probable (NMP) mediante las pruebas: presuntiva, confirmativa y completa, de microorganismos coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*. Las muestras analizadas alcanzaron ≥ 1 100 NMP/100mL de organismos coliformes totales, esto indica que el agua que llega a los domicilios de esta ciudad, no reúne la calidad microbiológica requerida para considerarse como potable, ya que la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, indica que el agua es potable y se considera para consumo humano si contiene >2 NMP/100mL de organismos coliformes totales (Cázares y Alcántara, 2014).

5.1.2 Contexto nacional

El 28% de la población rural de Colombia enfrenta una situación crítica por la falta de acueducto, por lo que miles de personas hacen maromas para poder consumir agua de pozos y ríos, y se exponen así a enfermedades. Esta cifra, que equivale por lo menos a 3,1 millones de colombianos, tiene en el Atlántico y el Pacífico a las regiones con mayor población carente del servicio. En 20 años se pasó de cubrir el 41% al 72,8, lo que significa que por año solo se le dio soluciones a un 1,59 por ciento de la población. Es una cifra mínima, teniendo en cuenta que en Colombia hay 11'653.673 personas viviendo en el campo. Los más de 3 millones de pobladores rurales sin acceso al agua potable equivalen al número de habitantes de una ciudad como Cali (Ávila, 2015).

Aparte de las falencias en la cobertura, la calidad del agua que recibe el campo colombiano no es la mejor. Un informe del Instituto Nacional de Salud (INS) reveló que

solo el 15,1% (900.000 personas) utiliza agua en buenas condiciones para consumo humano, mientras que el 43,6% usó agua baja en tratamiento o protección y el 23,3% usó agua cruda, tomada directamente de las fuentes. En Colombia, el caso de las enfermedades más comunes por el consumo de agua contaminada son, hepatitis A, fiebre tifoidea/paratifoidea y enfermedad diarreica aguda, advierte el INS. Esta última cobró las vidas de 117 niños menores de 5 años en el 2013 (Ávila, 2015).

Según el informe Nacional de la Calidad del Agua para Consumo Humano, 2013, realizado con base en el IRCA, es decir, Índice de Riesgo de la Calidad de Agua para consumo humano, el cual, mide el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano, los municipios más grandes de Colombia, con más de 100.000 habitantes cada uno, con una población total de 28'293.885 habitantes en el año 2013, equivalente al 60% de la población total de Colombia, el 85,4% o sea 24'163.000 habitantes, consumieron agua Sin Riesgo (entre 0 y 5% agua apta para consumo humano) y con Riesgo Bajo (entre 14.1 y 35% agua no apta para consumo humano).

Los 878 municipios con población menor a 30.000 habitantes, que pertenecen a las categorías 4, 5 y 6, con alta ruralidad y que su población totaliza 10'071.602 habitantes, una notable disminución de la calidad del agua de tal manera que tan solo el 40,3% consume agua Sin Riesgo y Riesgo Bajo y el resto de la población, es decir 6'012.747 habitantes el 59,7%, consume agua con riesgos Medio, Alto e Inviabile Sanitariamente (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

Lo anterior corrobora el hecho de que, en la medida que disminuye el tamaño municipal y la población va siendo más rural, la calidad del agua también disminuye, y que solamente en los grandes y medianos centros urbanos el agua para consumo humano logra altos estándares de calidad.

La región del Pacífico es la más rezagada en sistemas de acueducto y es la única que no alcanza a sobrepasar el 80% de cobertura en la zona urbana. Durante décadas, una de las grandes súplicas de la zona es el acueducto, para dejar de lado la única alternativa que han tenido para lavar, cocinar y bañarse: el agua lluvia. En el Chocó, la cobertura total del acueducto toca los límites más bajos, apenas el 25% (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

De acuerdo con Lobato, 2014, durante más de cuatro siglos, en el Chocó, se ha explotado oro por miles de hombres que utilizan formas artesanales de producción y en algunas épocas por compañías de origen nacional o extranjero que han dispuesto de un mayor acervo tecnológico. Igual acontece con la explotación de maderas y recursos pesqueros que ha significado la extinción o cuasi extinción de muchas variedades vegetales y animales. Esta economía extractivista crea falsas expectativas de riqueza e impide ver que este tipo de explotación no es sustentable y termina afectando la seguridad alimentaria de sus habitantes. No en vano el Chocó es uno de los departamentos del país en el que se presentan las mayores tasas de desnutrición infantil.

A lo nombrado anteriormente, se suma la disposición y calidad de agua de que dispone la población chocoana. Sin embargo, no se le da la importancia que se merece y se ha convertido en otro de los factores que perpetua la pobreza en ese departamento. A pesar de, que el territorio chocoano es el que tiene los mayores niveles de pluviosidad de Colombia y numerosos ríos y quebradas bañan su suelo, sus habitantes en varios de sus pueblos no disponen de agua potable (Lobato, 2014).

En la última década se han presentado varias protestas y movilizaciones en Quibdó y otros municipios para exigir pronta solución a los problemas de abastecimiento de agua potable. En 2007 se presentó una sequía en la ciudad capital que dio lugar a que durante 17 días el agua escaseara en esta localidad. Los manifestantes dieron a conocer que en épocas normales el acueducto solo abastecía por unas pocas horas al 25% de la población y que el resto tenía que hacer uso de aguas lluvias que recogían en tanques en las partes altas o que bajaban por las tejas de zinc en sus viviendas (Lobato, 2014).

En el año 2012 era muy poco lo que se había avanzado en esta materia. El Viceministro de Agua y Saneamiento Ambiental, Iván Mustafá, reconoció que el acueducto abastecía al 33 % de la población y sólo un 13% de la ciudad contaba con alcantarillado. A eso se le sumaba que, como el servicio de agua se prestaba por bombeo, solo se prestaba por tres horas diarias. El panorama departamental tampoco era el más óptimo, el 55% de las viviendas contaba con agua y el 43 % con alcantarillado (Lobato, 2014).

En junio de 2014 el drama de municipios sin abasto de agua se seguía registrando en este departamento. El 3 de Junio de 2014 el Ministro de Vivienda, Ciudad y Territorio, Luis Felipe Henao, arribó al Bajo Baudó para entregar tres plantas portátiles de agua potable que tenían una capacidad total de 3.000 litros (Lobato, 2014).

Esta problemática del agua es uno de los tantos factores que perpetúan la pobreza en el Chocó y deterioran la calidad de vida de sus habitantes. Los tanques que construyen para recoger agua lluvia se convierten en los criaderos de vectores que transmiten enfermedades como la malaria, fiebre tifoidea y el dengue. La alta contaminación que tienen los ríos de la región por la explotación desbordada de oro, ha dado lugar a que aumenten los casos de enfermos por gastroenteritis, deshidratación, diarreas y desnutrición. Este cuadro de enfermedades asociadas a la mala calidad del agua que consumen los chocoanos, genera altos niveles de mortalidad infantil, bajos niveles de rendimiento académico de los escolares, pérdida de productividad por incapacidades periódicas o permanentes, mayores gastos familiares y gubernamentales para atender las complicaciones de salud que genera el consumo de agua contaminada y la reducción de las expectativas de vida (Lobato, 2014).

Dada la crítica situación relacionada con el abastecimiento y calidad de agua en Colombia, se han realizado investigaciones en diferentes zonas del país, que ha permitido evidenciar el panorama desolador que viven muchas poblaciones. A continuación se mencionan algunos estudios:

La Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca realizó una investigación sobre la Calidad físico-química y microbiológica del agua del municipio de Bojacá, Cundinamarca. Para llevar a cabo este estudio se realizaron dos muestreos de diferentes puntos: red de distribución, fuentes naturales y tanques de almacenamiento domiciliario. Los resultados de esta investigación permitió evidenciar que la mayoría de las muestras no cumplió con el valor mínimo permisible de cloro residual libre, por lo tanto, según el índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA), son clasificadas como no aptas para consumo humano. Sin embargo, los demás parámetros analizados incluso los microbiológicos cumplieron los parámetros estipulados en la Resolución 2115 de 2007. La calidad del agua debe mantenerse en todo el sistema de distribución, por lo tanto, además de llevar a cabo los procesos de potabilización, el prestador del servicio debe llevar un estricto control de los factores que puedan influir en la calidad del agua (Estupiñan y Ávila, 2010).

Tobón *et al*, 2010, desarrollaron un estudio en el cual, se midió la contaminación del agua por plaguicidas en la vereda Monterredondo del municipio de San Pedro de los Milagros, Antioquia. El objetivo principal de éste estudio fue, determinar la frecuencia de uso de plaguicidas en la producción agropecuaria, porcícola y avícola, para comprender su influencia en el recurso hídrico y establecer un diagnóstico de su calidad. Se realizó una encuesta domiciliaria totalidad de las familias de la vereda, sobre el uso de productos químicos. Se realizaron dos análisis, fisicoquímico y microbiológico a tres muestras de agua. Los resultados mostraron que, la quebrada El Hato presenta una contaminación por Coliformes de $1\ 600 \times 10^3$ NMP/100ml y por *E.coli* de 220×10 NMP/100ml. La quebrada Fray Juana presenta un grado de contaminación de $1\ 600 \times 10^3$ NMP/100ml de Coliformes. Se encontró que las fuentes hídricas están contaminadas por el uso de diversos plaguicidas como: Lorsban® (Clorpirifos), Ráfaga® (Clorpirifos), Látigo® (Clorpirifos), Neguvón® (Metrifonato), Furdán® (Carbofurán). Con insecticidas como, Ganabaño® (Cibermetrina) y desinfectantes como, Límpido® (Hipoclorito de sodio 6 %). Con el estudio fue posible concluir que la producción agropecuaria, porcícola y avícola en la vereda, está generando impactos negativos en el recurso hídrico, por la disminución y la contaminación de éste. Las aguas de las muestras analizadas, no son aptas para el consumo de seres vivos.

La Universidad del Tolima llevó a cabo una investigación sobre la calidad del agua para consumo humano en áreas urbanas del departamento y su relación con la incidencia notificada de Hepatitis A, Enfermedad Diarreica Aguda (eda) e indicadores sociales. Para desarrollar ésta investigación, se realizó un estudio epidemiológico descriptivo ecológico transversal. La población de estudio estuvo conformada por los 47 municipios del departamento del Tolima. Se revisó la base de datos del sivicap para conocer el número de muestras de cada municipio y el puntaje del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA). Como resultado de éste estudio se obtuvo que el 63,83% de los municipios del Tolima presentaron agua no potable. En la categoría de inviable sanitariamente se clasificaron los municipios: Ataco, Cajamarca, Planadas, Rovira, Valle de San Juan y Villarrica. El 27,7% de los municipios evidenciaron resultados con coliformes. No se encontró asociación estadística entre la incidencia de las enfermedades trazadoras y la calidad del agua; se encontró relación estadísticamente significativa entre la cobertura de acueducto, alcantarillado, nivel educativo y calidad del agua (Briñez *et al*, 2012).

En el año 2012 la Universidad del Valle, desarrolló el proyecto de investigación Identificación y evaluación del riesgo en el sistema de abastecimiento de agua de la red baja de la ciudad de Cali, abastecida por el río Cauca. Este estudio comprendió tres etapas: 1) identificación de peligros asociados al deterioro de la calidad del agua, 2) análisis estadístico de la información recopilada y definición de rangos de vulnerabilidad y 3) elaboración de mapas en SIG. El análisis de los datos se realizó frente a la actual reglamentación (Resolución 2115/07), y mostró cumplimiento, en promedio, del 99,4% de los datos, lo cual garantiza una adecuada calidad del agua potable para los consumidores. Los parámetros de nitritos, turbiedad, pH, aluminio residual, hierro total, mesófilos y cloro residual presentaron porcentajes de incumplimiento entre 2,5% y 0,1%. En el presente estudio, el IRCA fue de 0,4% para 2008, 0,1% para 2009 y 0,03% para el 2010. Esto indica una tendencia descendente y siempre un nivel sin riesgo para la salud (IRCA = 0%-5%) del agua potable suministrada por la empresa prestadora del servicio. La integración del consenso de opiniones del equipo PSA y los SIG resultó ser una herramienta útil en la priorización de peligros y gestión de riesgos en los SDA. Es

indispensable contar con un grupo multidisciplinario calificado y con información confiable y suficiente que permita la adecuada interpolación espacial de datos (Pérez *et al*, 2012).

6. Metodología

6.1 Área de estudio

El trabajo de investigación se desarrolló en la cabecera municipal de Ríosucio Chocó-Colombia. El municipio de Ríosucio se encuentra localizado al norte del departamento del Chocó, en el Darién Chocoano, cuenta con los ríos Atrato, Sucio, Salaqui y Truandó. La cabecera municipal está situada sobre la margen derecha del río Atrato, en un terreno bajo e inundable en épocas de lluvia.

Con el fin de dar cumplimiento a los objetivos específicos se planteó la siguiente metodología:

Realización de análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua utilizada para consumo humano en el municipio de Riosucio Chocó.

Toma de muestras

La calidad del agua para consumo humano, se determinó a través de variables fisicoquímicas y microbiológicas. Se recolectaron dos muestras del sitio donde comúnmente los habitantes de la cabecera municipal de Riosucio toman el agua y es considerada la fuente, esto con la finalidad de conocer la calidad del agua en el sitio de captación, para ello la muestra fue tomada en un sitio retirado de la orilla del río, sin remover el fondo y en un sitio con fluidez del agua (sin estancamiento), se sujetó el frasco por el fondo en posición invertida, y se sumergió completamente, dándole la vuelta en sentido contrario a la corriente.

Se recolectaron dos muestras más a la salida de la manguera en dos casas seleccionadas de la cabecera municipal, con la finalidad de conocer la calidad del agua a la llegada en los hogares, se seleccionaron estos dos sitios porque tienen la conexión para que el agua llegue a las casas por medio de manguera y una motobomba; ya que la mayoría de las casa en el municipio no tiene conexión y toca tomarla en recipiente y

llenar los tanques manualmente; por el contrario en las casas seleccionadas, el agua llega directamente al tanque de almacenamiento cuando se enciende la motobomba. Dos muestras más fueron tomadas en los tanques de almacenamiento en los hogares previo consumo del agua, esta muestra fue tomada a 30 cm de profundidad desde la superficie libre del líquido sin tocar las paredes del tanque (Tabla 5).

Tabla 5. Sitio de recolección de muestras para análisis fisicoquímico y microbiológico.

No MUESTRA	SITIO	FECHA	HORA	COORDENADAS	ESTADO CLIMATOLOGICO	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO
1	Río Atrato-Barrio Maquen	05/09/2015	6:00 a.m	Norte: 7° 26' 31.2" Oeste: 77° 07' 05,6"	Época de lluvia-Nublado	4 Horas
2	Río Sucio-Desembocadura	05/09/2015	6:20 a.m	Norte: 7° 25' 59.5" Oeste: 77° 06' 31.8"	Época de lluvia-Nublado	4 Horas
1	Manguera 1-Barrio Maquen	19/04/2016	9:00 a.m	Norte: 7° 26' 32.0" Oeste: 77° 07' 06.0"	Época de verano-Soleado	7 Horas
2	Manguera 2-Barrio Maquen	19/04/2016	9:10 a.m	Norte: 7° 26' 32.7" Oeste: 77° 07' 00.4"	Época de verano-Soleado	7 Horas
1	Tanque de Almacenamiento 1- Barrio Maquen	19/04/2016	9:20 a.m	Norte: 7° 26' 30.8" Oeste: 77° 07' 01.6"	Época de verano-Soleado	7 Horas
2	Tanque de Almacenamiento 2- Barrio Maquen	19/04/2016	9:30 a.m	Norte: 7° 26' 31.4" Oeste: 77° 07' 02.6"	Época de verano-Soleado	7 Horas

Las muestras fueron llevadas al laboratorio del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales localizado en Turbo-Antioquia, para lo cual se siguió el protocolo para toma, transporte y remisión en muestreos simples. Todas las muestras fueron recolectadas en recipientes de plástico estériles, con capacidad de un litro para el análisis fisicoquímico y 250 ml para el análisis microbiológico, debidamente rotulados y puestos bajo refrigeración en una nevera con hielo, el tiempo transcurrido entre la recolección y el análisis osciló entre 4 y 7 horas, dado el recorrido a través del río. Una

vez recibidas las muestras en el laboratorio se analizaron los parámetros pH, turbidez, color aparente, coliformes totales *Escherichia coli* (*E. coli*), coliformes fecales, carbono orgánico y el contenido de mercurio. Se utilizaron diferentes métodos analíticos, para el caso de los parámetros pH, turbidez y color aparente se empleó el método Electrométrico, para coliformes totales *Escherichia coli* (*E. coli*) y coliformes fecales se empleó el método de Filtración por Membrana y para determinar el contenido de carbono orgánico y mercurio se utilizó el método de Combustión alta temperatura.

Procesamiento de las muestras

Se realizó un análisis comparativo de los resultados obtenidos en las pruebas fisicoquímicas y microbiológicas en cada uno de los puntos críticos, para ello se tuvieron en cuenta los estándares de calidad del agua tanto a nivel nacional siguiendo el decreto 1575 de 2007 y la resolución 2115 de 2007, e internacional siguiendo como referencia las Guías para la calidad del agua potable, tercera edición, de la Organización Mundial de la Salud, 2006.

Análisis de los impactos socio-económicos y ambientales de la calidad del agua en el municipio de Ríosucio Choco.

De acuerdo con la caracterización de la población de la cabecera municipal de Ríosucio en el departamento del Choco, se tomaron los registros mensuales tanto de la morbilidad como la mortalidad en el año 2016. Con los datos de morbilidad y mortalidad obtenidos se hizo un análisis del efecto de la calidad del agua tanto en la morbilidad y la mortalidad de los habitantes de este municipio, su repercusiones tanto económicas, como sociales, medidos en términos de horas o días de incapacidad laboral o estudiantil, los costos de tratamiento de estas enfermedades y que esto representa en el desarrollo sostenible de una comunidad.

Recomendaciones de acciones que permitan a los entes territoriales tomar decisiones para mejorar la calidad del agua para consumo humano.

Conociendo la normatividad nacional y determinando el grado de afectación de la población de la cabecera municipal de Ríosucio en el departamento del Choco, se

plantearon acciones que permitan disminuir o minimizar los impactos de la calidad del agua en la calidad de vida, aspectos económicos y aspectos ambientales de esta población. Con revisión de artículos y experiencias en otras partes del mundo y nacional se plantearon alternativas que permitieron mejorar la calidad del agua y evitar la afectación en esta comunidades, haciendo una prospectiva de lo que podría ser la competitividad de esta comunidad si no tuviera esta limitante.

7. Resultados y discusión

A continuación se presentan los resultados obtenidos de acuerdo con los análisis físicos, químicos y microbiológicos realizados a las muestras tomadas en la fuente, es decir, en el río Sucio y río Atrato; en la salida de la manguera de conducción desde la fuente hasta el domicilio y en los tanques de almacenamiento domiciliario. De igual manera se analiza la morbilidad y mortalidad del municipio de Ríosucio y se plantea una recomendación con vista a mejorar la situación expuesta en esta investigación.

7.1 Calidad del agua en la fuente de captación.

Según los resultados producto de los análisis de las muestras, el agua que están captado los habitantes, es inviable sanitariamente, por ende, no es apta para el consumo humano, de acuerdo con los parámetros del decreto 1575 del 2007 (Ministerio de la Protección Social, 2007). Los resultados fueron obtenidos de los análisis realizados en las fuentes de toma de agua de los hogares de la cabecera municipal de Ríosucio, en el departamento del Chocó, teniendo en cuenta que los dos afluentes de importancia para éste municipio son el río Ríosucio y Atrato, se tomaron muestras de ambos, sin embargo, el agua que abastece a la población es tomada del río Atrato (Anexo A).

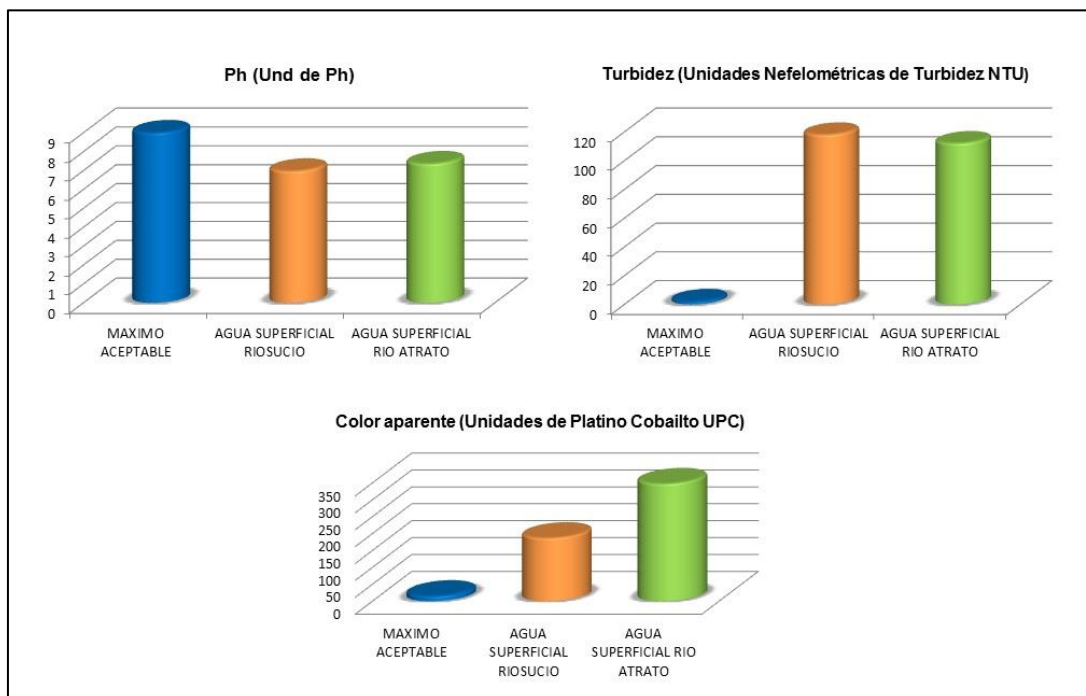
El decreto 1575 del 2007, determina un índice de categoría de riesgo para la calidad del agua llamado IRCA, este considerado como el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano. Cuando la calidad del agua está en un rango de 80,1 a 100% la calidad del agua no es apta desde el punto de vista sanitario; cuando el rango esta entre 35,1 a 80% el agua tiene un riesgo alto; cuando se encuentra entre 14,1 y 35% el riesgo del agua es medio, si el rango esta entre 5,1 y 14% el agua es considerada de bajo riesgo y entre 0 y 5%, se considera que el agua no tiene ningún riesgo para la salud (Ministerio de la protección social, 2007). Los resultados de los análisis muestran que el IRCA para la muestra tomada en la Fuente, fue de 93.4%, lo

que indica que el agua de la fuente es inviable sanitariamente, por lo tanto no es apta para el consumo humano, ya que podría ser el causante de la transmisión de enfermedades a las personas que la consuman sin ningún tratamiento.

7.1.1 Parámetros físicos

Los resultados muestran que el pH se encuentra dentro de los rangos permitidos en la norma, por tal motivo no se considera un limitante para el consumo humano. Sin embargo, analizando la turbidez y el color del agua, se evidencia que para el caso del río Sucio la turbidez es 118 NTU y de 112 NTU para el río Atrato; en cuanto al color los valores son 186,8 y 347,39 UPC respectivamente, sobrepasando el límite máximo aceptable que se encuentra en 2 NTU para turbidez y 15 UPC para color, arrojando un puntaje de riesgo de 15 para turbidez y de 15 para el color (Figura 2). Es importante recordar que, la turbiedad es una expresión de la propiedad o efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua. De acuerdo con las Guías para la calidad de agua de la OMS, no se ha propuesto ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para la turbidez; idóneamente, sin embargo, la turbidez mediana debe ser menor que 0,1 UNT para que la desinfección sea eficaz, y los cambios en la turbidez son un parámetro importante de control de los procesos. De acuerdo con éste valor de referencia, la turbidez para las muestras analizadas sobrepasa tanto los límites a nivel nacional como internacional.

La turbidez en un agua puede ser ocasionada por una gran variedad de materiales en suspensión que varían en tamaño, desde dispersiones coloidales, hasta partículas gruesas, entre otros, tales como, arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y microorganismos. Entre tanto, el color del agua son la presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución; el contacto del agua con desechos orgánicos, hojas, madera, raíces, entre otros, en diferentes estados de descomposición, y la presencia de taninos, ácido húmico y algunos residuos industriales (Unad, 2011).

Figura 2. Parámetros físicos del agua tomada en la Fuente río Sucio y río Atrato

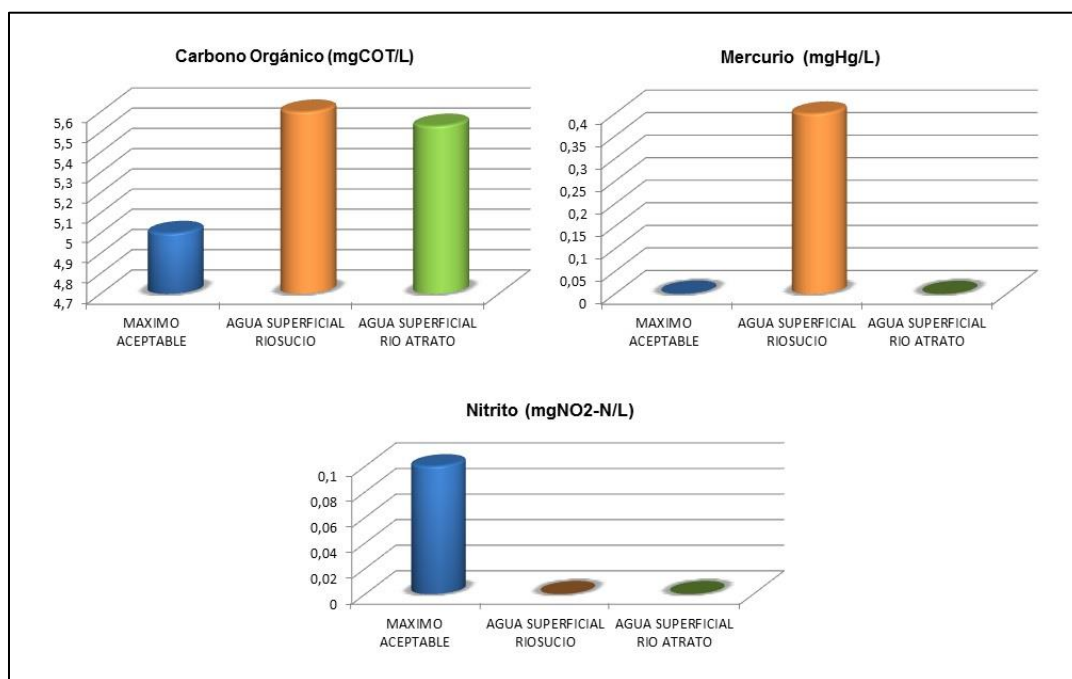
7.1.2 Parámetros químicos

Los parámetros químicos de las muestras tomadas en el río Sucio y Atrato, señalan que los contenidos de carbono orgánico, se encuentran por encima del máximo aceptable (5 mgCOT/L), en el caso del río Sucio éste se encuentra en 5.6 mgCOT/L y para el río Atrato es de 5.53 mgCOT/L. hay que tener en cuenta que el valor de incertidumbre para el método empleado en la determinación de carbono orgánico total es de 0.5, en éste caso el valor de 5.53 mgCOT/L para el río Atrato, estaría cercano al valor de referencia, por el contrario el valor de 5.6 mgCOT/L para el río Sucio sobrepasa el valor de incertidumbre, razón por la cual se le asigna puntaje de riesgo. El Carbono Orgánico Total (TOC, siglas en inglés) corresponde al carbón que forma parte de las sustancias orgánicas de las aguas superficiales (Figura 3).

Actualmente existen muchas sustancias naturales y artificiales que contribuyen a incrementar los niveles de TOC en el ambiente, sin embargo, esta sustancia puede ser

descompuesta por microorganismos, durante el proceso de consumo de oxígeno. Generalmente esta sustancia se origina de forma natural en plantas y animales como resultado de su metabolismo, excreción y descomposición. No obstante, los efluentes de las industrias que utilicen compuestos orgánicos también son una fuente significativa de emisión de TOC al ambiente. No existe conocimiento de que el Carbono Orgánico Total provoque efectos adversos sobre la salud humana. Sin embargo, elevadas concentraciones de TOC en las aguas superficiales genera una disminución muy importante del oxígeno disuelto, teniendo como consecuencia la pérdida de biodiversidad marina (MAPAM, 2007).

Figura 3. Parámetros químicos del agua tomada en la Fuente río Sucio y río Atrato



En el año 2014, la Defensoría del Pueblo reconoció públicamente que en el Chocó existe una crisis socio-ambiental debido a que “las actividades ilegales de extracción de metales como el oro y el platino generan presión sobre el patrimonio ambiental, degradan el tejido social y causan conflictos socio ambientales” e instó al Gobierno nacional a que declarara una emergencia ecológica en el Chocó (Defensoría del Pueblo, 2014). Las actividades de extracción minera de oro, platino y plata en el Chocó se realizan de diversas maneras,

por distintos actores, responden a múltiples intereses e incluso se definen de formas diferentes (Melo, 2015).

Teniendo en cuenta el antecedente de extracción minera en el departamento del Chocó y en el municipio de Ríosucio, éste estudio consideró importante determinar los contenidos de mercurio para cada una de las muestras analizadas. De acuerdo con los resultados obtenidos, fue posible determinar que el contenido de mercurio, en el río Sucio alcanza los 0,4 mgHg/L cuando el mínimo aceptable debe ser 0 mgHg/L, es posible que éste contenido se encuentre asociado a residuos arrojados al río o producto de la práctica de la minería extractiva de oro, donde se emplea éste elemento químico en altas cantidades.

Uno de los principales contaminantes del agua asociados con minería aluvial auroplatinífera es el mercurio (Hg), ocasionando graves problemas de salud pública. Cuando el mercurio se utiliza para la recuperación del oro en material fino, este termina en el agua de los ríos donde se realiza la actividad. El mercurio líquido en el agua se transforma en una serie de compuestos altamente tóxicos que contaminan a las criaturas que viven en los ríos, como los peces, los cuales a su vez contaminan a los seres humanos (mediante la cadena alimenticia). De igual forma, cuando el mercurio se evapora en el proceso de quema, las moléculas suspendidas en la atmósfera se precipitan con la lluvia y terminan en ríos, siguiendo el mismo ciclo que el mercurio líquido (Melo, 2015).

Las Normas internacionales para el agua potable de la OMS de 1958 y 1963 no hicieron referencia al mercurio. El mercurio se mencionó por primera vez en las Normas internacionales de 1971, donde se propuso un límite superior provisional de concentración de 0,001 mg/l (mercurio total), basado en los posibles efectos perjudiciales para la salud. Se señaló que esta cifra estaba relacionada con las concentraciones encontradas en aguas naturales.

Los efectos tóxicos de los compuestos inorgánicos de mercurio se observan principalmente en los riñones, tanto en personas como en animales de laboratorio, tras

exposiciones breves o prolongadas. En el ser humano, la toxicidad aguda por vía oral produce principalmente colitis y gastritis hemorrágicas, aunque las lesiones fundamentales son renales. El conjunto de las pruebas indica que el cloruro de mercurio (II) puede aumentar la incidencia de algunos tumores benignos en los tejidos afectados y que posee una actividad genotóxica débil pero no causa mutaciones puntuales (OMS, 2006).

En relación con el contenido de nitritos, este no se presenta en ninguna de las muestras tomadas tanto del río Sucio como del río Atrato. Es importante recordar que, el nitrato y el nitrito son iones de origen natural que forman parte del ciclo del nitrógeno. El nitrato se utiliza principalmente en fertilizantes inorgánicos, y el nitrito sódico como conservante alimentario, especialmente para las carnes curadas. La concentración de nitrato en aguas subterráneas y superficiales suele ser baja, pero puede llegar a ser alta por filtración o escorrentía de tierras agrícolas o debido a la contaminación por residuos humanos o animales como consecuencia de la oxidación del amoníaco y fuentes similares (OMS, 2006).

Según las Guías para la calidad del agua de la OMS, varios de los contaminantes químicos más importantes (aquellos cuya exposición por el agua de consumo se ha comprobado que ocasiona efectos adversos para la salud) pertenecen a la categoría de las sustancias químicas de origen natural. No se han establecido valores de referencia para estas sustancias químicas, debido a que, gran parte de estas se pueden presentar en el agua de consumo en concentraciones mucho menores que las que pueden producir efectos tóxicos, entre estas sustancias se encuentran: Cloruro, Sales de Calcio y Magnesio, Sulfuro de Hidrógeno, pH, Sodio, Sulfato, Sólidos Disueltos Totales (SDT). Por otra parte se han establecido valores de referencia para sustancias químicas como: Arsénico, Bario, Boro, Cromo, Fluoruro, Manganeso, Molibdeno, Selenio y Uranio.

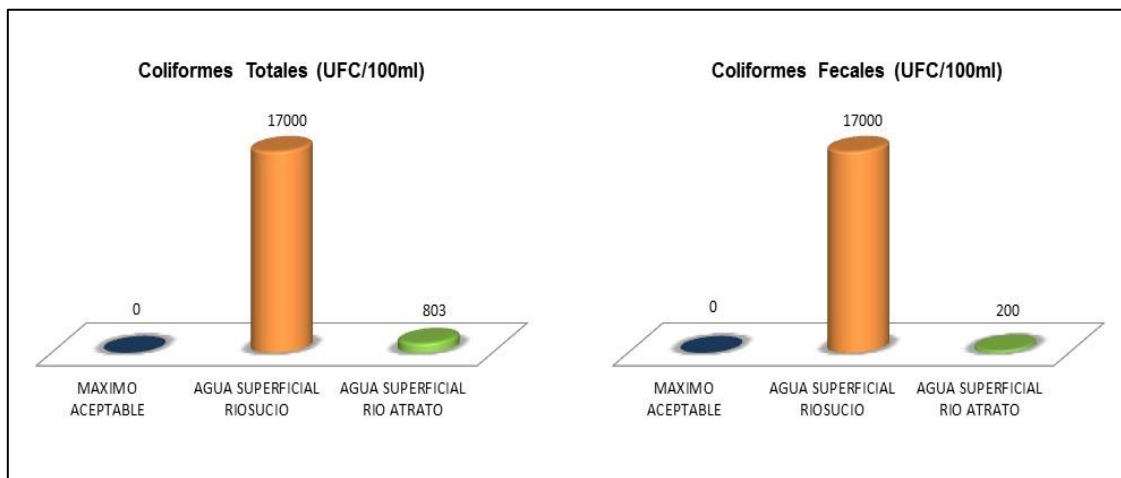
Para el caso de éste estudio no se hace una comparación respecto a los valores mencionados, dado que, en los análisis realizados no se determinó ninguna de las sustancias químicas a las cuales hace referencia esta Guía de calidad de agua. Excepto para el caso del Nitrito cuyo valor de referencia según la guía debe ser de 3mg/l, encontrándose el valor determinado para este estudio tanto para el río Sucio como para el río Atrato, dentro del parámetro internacional.

7.1.3 Parámetros microbiológicos

Analizando los resultados correspondientes a los análisis microbiológicos, en la figura 4 se puede observar que el límite de coliformes totales (Género: *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*) y fecales (*Escherichia coli*) permitido por el decreto 1575 de 2007 es de 0 UFC/100 ml, mientras que en las muestras tomadas, los valores son de 17000 UFC/100ml en el río Riosucio y 803 UFC/100ml en el río Atrato para coliformes totales, y de 17000 UFC/100ml y 200 UFC/100ml respectivamente, para coliformes fecales, siendo mas altos en el río Sucio que en el río Atrato, quizá de ésta característica se desprende su nombre, siendo valores notablemente muy altos para lo permitido y se podría considerer como los causantes de la enfermedades en los habitantes de la cabecera municipal del Riosucio en el departamento del Chocó.

Según la Guía para la calidad del agua de la OMS, los valores de referencia para la verificación de la calidad microbiológica del agua, establece que toda agua destinada a ser bebida en ninguna muestra de 100 ml debe detectarse *E. coli* o bacterias coliformes termotolerantes. Dada ésta premisa, el agua analizada en la fuente en ninguno de los dos casos evaluados (río Sucio y Atrato) cumple con la normatividad nacional ni internacional.

Figura 4. Parámetros microbiológicos del agua tomada en la Fuente río Sucio y río Atrato



Sanchez *et al*, 2000, consideran que una calidad microbiológica del agua inadecuada, es un peligro inminente para la salud humana, ya que es un líquido necesario e indispensable para el desarrollo de las personas. Los resultados obtenidos con las muestras del agua que captan para consumo humano en Riosucio, no es apta para consumo humano más cuando el IRCA tiene un valor de 93.4% que la ubica en un rango de agua no apta para consumo humano. Considerando la necesidad de tener agua potable y una alimentación adecuada, se podría considerar que la probabilidad de presencia de enfermedades en una persona se reducen, sobre todo la presencia de enfermedades como la hepatitis A y diarreas, como lo menciona Sanchez *et al*, 2000.

Los análisis muestran que el agua que consumen los habitantes de la cabecera municipal de Riosucio está contaminada principalmente con coliformes desde la misma fuente de captación, lo que hace pensar que mientras no se tenga una planta de tratamiento de agua y se siga tomando el agua directamente de los ríos sin ningún tratamiento, es casi seguro que la presencia de enfermedades principalmente de origen gastrointestinales serán permanentes en este municipio. La Organización Mundial de la Salud, 2006, determino que “se considera agua inocua o potable, la que no ocasiona riesgo significativo para la salud cuando se consume por una vida teniendo en cuenta, las diferentes vulnerabilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida”. Igualmente considera que las personas con más riesgo de contraer enfermedades transmitidas por la mala calidad del agua son los lactantes, niños de poca edad, personas débiles o que viven en condiciones higiénicas precarias y los ancianos.

Según Unicef, 2002, en su informe: enfermedades comunes causadas por el agua y saneamiento, la diarrea es una de las enfermedades más comunes, ya que cada año se dan 4.000 millones de casos en el mundo. Además existen otras enfermedades asociadas a la mala calidad del agua como: fiebre tifoidea, esquistosomiasis, amebiasis intestinales (ascariasis, tricuriasis, anquilostomiasis), Encefalitis japonesa, Hepatitis A, Arsénico, y Fluorosis.

El 89% de los municipios de Colombia y más de la mitad de los colombianos padecen de

falta de abastecimiento de agua potable, por falta de fuentes o por fuentes contaminadas, esto lo demuestra un estudio realizado por la defensoría del pueblo en el año 2007. El mismo estudio menciona en las zonas rurales, son el desabastecimiento y la falta de potabilización. En muchos casos las fuentes de estas zonas provienen de fuentes naturales expuestas a la contaminación y arrastre de material orgánico e inorgánico.

7.2 Calidad del agua en la salida de la manguera de conducción.

Se presenta a continuación los resultados relacionados con la calidad del agua en la salida de la manguera de conducción hasta las casas. Estas muestras fueron tomadas de agua proveniente del río Atrato. El IRCA obtenido fue de 93.1%, según la clasificación de riesgo en salud de la Resolución 2115 de 2007, el agua de las muestras analizadas es inviable sanitariamente, no apta para consumo humano.

De acuerdo con los resultados obtenidos el mayor riesgo se presenta con el parámetro de coliformes totales y fecales, con valores aunque menores que los obtenidos de las muestras de la fuente y a la salida de las mangueras de conducción, son altos de acuerdo con los límites permitidos. Otros valores que son limitantes son la turbidez y el color aparente.

7.2.1 Parámetros físicos

Los resultados de las dos muestras tomadas para determinar la calidad de agua a la salida de las mangueras de conducción, indican valores aceptables de pH, sin encontrar diferencias importantes entre las muestras, con valores de 7.3 y 7.4. Los valores de turbidez fueron de 129 NTU y 116 NTU para la muestra 1 y 2 respectivamente, sobrepasando el límite aceptable que debe ser de 2 NTU, de acuerdo con la normatividad nacional y de 0.1 NTU según las Guías para la calidad de agua de la OMS. Es importante recordar que los sitios seleccionados para la toma de estas dos muestras se debió a que, en el municipio son muy pocas las casas que cuentan con un sistema de

conducción; los valores obtenidos de turbidez son congruentes con el sistema empleado para la conducción del agua, ya que una vez es tomada mediante la motobomba, esta se disturba y las partículas sólidas en suspensión se dispersan. Los valores de turbidez se relacionan con el color del agua, ambos resultados fueron altos, para la muestra 1 cuyo valor fue de 320 UPC, y en la muestra 2 fue de 278 UPC, encontrándose por encima del máximo aceptable que debe ser 15 UPC (Figura 5).

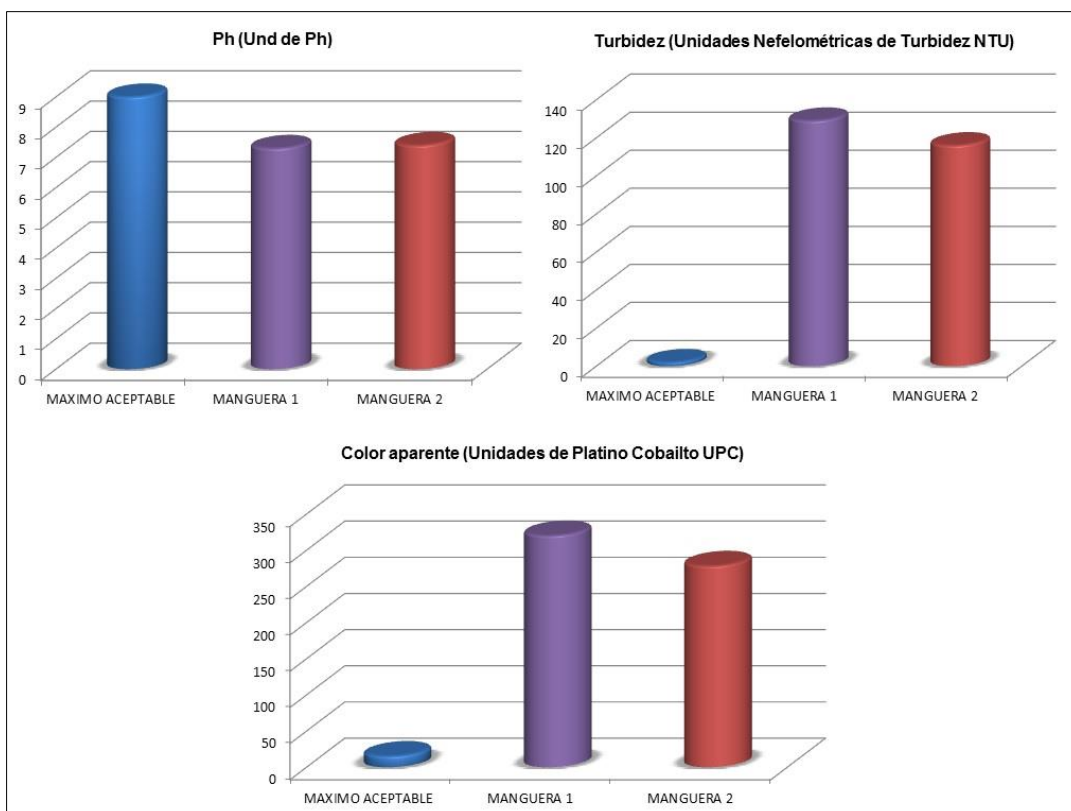
De acuerdo con el promedio arrojado para los valores de los parámetros evaluados en cuanto a calidad física del agua a la salida de la manguera de conducción, se tiene que los niveles de pH presentan un valor aceptable de 7.4; No obstante, los valores de turbidez sobrepasan el máximo aceptable (2) con valores de 123 NTU, incumpliendo los valores de referencia a nivel nacional e internacional. El resultado correspondiente al color arrojó un valor de 299, 09 UPC. Lo anterior está indicando que si bien algunos valores son menores a los obtenidos en la fuente de captación, el agua no tiene la calidad de un agua potable que pueda ser consumida por las personas sin ningún tratamiento.

Es importante tener en cuenta, que estos sistemas de conducción del agua en los domicilios del municipio, no son los ideales. De acuerdo con Marcó *et al*, 2004, La causa de la turbidez del agua de consumo puede deberse a un tratamiento insuficiente en la planta de potabilización o a que el sedimento ha vuelto a quedar en suspensión en el sistema de distribución, así como a la existencia de conexiones cruzadas en el mismo. Elevados niveles de turbidez pueden proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección, estimular la proliferación de bacterias y aumentar la demanda de cloro. En muchos casos no se logra destruir los patógenos y las bacterias fecales, aglomerados o absorbidos por partículas. También diversas sustancias químicas peligrosas como metales pesados, organoclorados y otros se unen sobre todo a los ácidos húmicos y otras partículas orgánicas.

El pH ácido del estómago humano puede acelerar la liberación de iones de metales y herbicidas, con riesgo aumentado de absorción. Incluso el cloro introducido como parte del tratamiento puede formar trihalometanos y cloraminas. Los hallazgos de radioactividad en aguas, también se vincula a los sólidos en suspensión y las materias disueltas, pudiendo ocurrir también que el plancton bioconcentra radiosótopos (Setter,

1959). Todos estos riesgos se acentúan cuando la turbidez es superior a 5 UNT (unidades nefelométricas de turbidez), valor que no debe sobrepasar ninguna muestra. Por lo tanto, la turbidez debe ser baja para que la desinfección sea eficaz (OMS, 1998) y que bajen los riesgos de que el agua potable vehiculice tóxicos que se manifiesten en diversas enfermedades crónicas.

Figura 5. Parámetros físicos de las muestras tomadas en la salida de la manguera de conducción

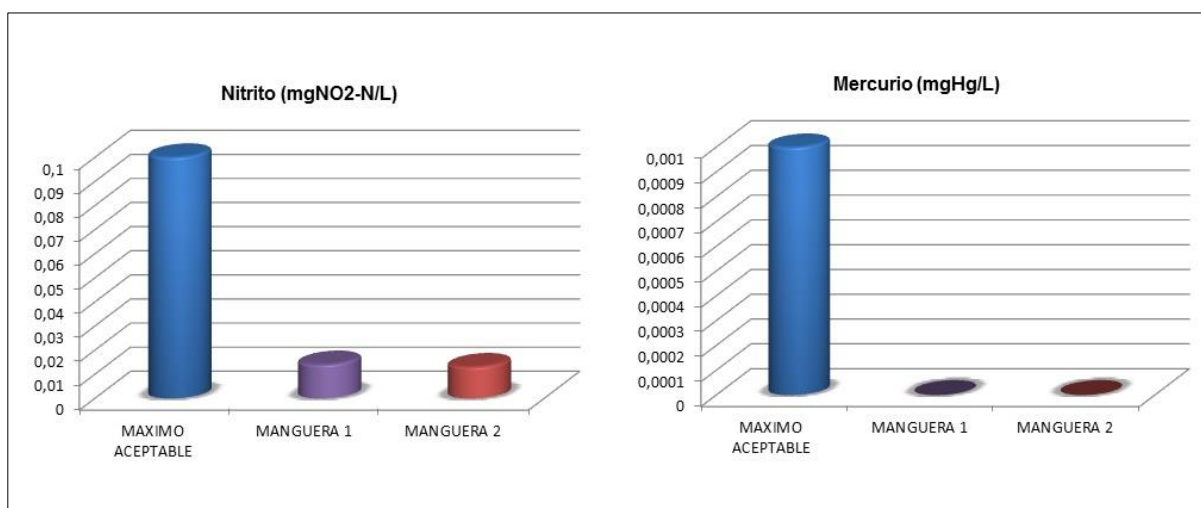


7.2.2 Parámetros químicos

Los contenidos de nitrito no se detectan en el río Atrato pero si en las mangueras de conducción, encontrando niveles de nitritos muy bajos, en la muestra 1 con 0,014 mgNO₂-N/L y en la muestra 2 con un valor de 0,013 mgNO₂-N/L, cumpliendo con la normatividad nacional, cuyo valor máximo aceptable es de 0.1 mgNO₂-N/L, así como,

con los valores de referencia a nivel internacional el cual, según la Guía para la calidad de agua debe ser de 3mg/l. Estos contenidos de nitritos son indicadores de procesos biológicos activos en el agua puesto que son difícilmente convertidos en nitratos. En relación con el mercurio no se detectaron cantidades de éste metal, en ninguna de las dos muestras (Figura 6).

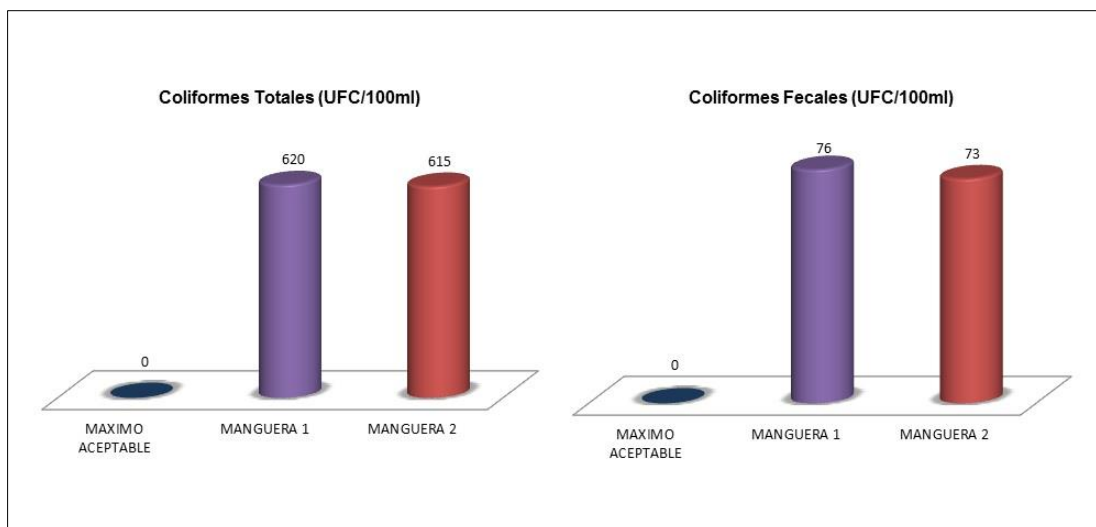
Figura 6. Parámetros químicos de las muestras tomadas en la salida de la manguera de conducción



7.2.3 Parámetros microbiológicos

El parámetro más limitante sigue siendo el contenido de coliformes tanto totales como fecales, para la muestra 1 y 2 los valores de coliformes totales fueron de 620 y 615 UFC/100ml respectivamente, cuyo promedio fue de 613 UFC/100ml; los valores obtenidos para coliformes fecales fueron de 76 UFC/100ml para la muestra 1 y 73 UFC/100ml para la muestra 2, con un promedio de 75 UFC/100ml, resultados muy superiores a los exigidos para una buena calidad microbiológica del agua, incumpliendo así, con los valores de referencia a nivel nacional e internacional, cuyo valor debe ser 0 UFC/100ml (Figura 7).

Figura 7. Parámetros microbiológicos de las muestras tomadas en la salida de la manguera de conducción



La presencia de coliformes totales y fecales en altas cantidades se debe posiblemente a contaminaciones de la fuente, con residuos domiciliarios y aguas residuales, puesto que en estos sitios es común utilizar los ríos como botaderos de basura y rellenos sanitarios de algunos municipios que no cuentan con un sitio apropiado para la disposición final de los residuos sólidos domiciliarios y sus aguas residuales todas son conducidas al río sin ningún tratamiento. Una persona que consuma agua contaminada con coliformes, puede llegar a excretar entre 100.000 a 400.000 microorganismos por día, lo que hace que la población quede expuesta a la posible infección con enfermedades EDA y posiblemente con hepatitis A (Rojas, 2010).

Igual pronunciamiento hace Cortez, 2003, donde menciona que en las zonas rurales y de acuerdo con la explotación agrícola y pecuaria en las veredas o cabeceras municipales, cerca de los ríos, que no dispone de sistemas de eliminación de residuos sólidos y líquidos, son arrojados a las fuentes de agua que actúan como reservorios de patógenos, generando una contaminación fecal del agua que conllevan a contaminaciones con microorganismos como virus, bacterias, helmintos y protozoos que causan enfermedades en los que la consumen. Para la Organización Mundial de la Salud, los patógenos fecales

son los que más le preocupan cuando se determinan límites para proteger la salud en cuanto a la calidad del agua se refiere ya en general, los mayores riesgos microbianos son derivados del consumo de agua contaminada con excrementos humanos o de animales.

7.3 Calidad del agua en los tanques de almacenamiento domiciliario.

Aunque el decreto 1575 de 2007, no incluye los tanques de almacenamiento como puntos de muestreo para determinar la calidad del agua, suponiendo que la responsabilidad de las empresas prestadoras del servicio, llega hasta la entrega en el domicilio y no dentro del domicilio y que es responsabilidad de los usuarios conservar la calidad que llega a los hogares, se determinó hacer en este caso, un análisis en estos sitios para observar si la calidad de agua tomada en la fuente era conservada tanto en el transporte como en el almacenamiento intradomiciliario. De acuerdo con los resultados de los análisis, se obtuvo un IRCA de 89.1%, según ésta clasificación de riesgo en salud, el agua de las muestras analizadas es inviable sanitariamente, por lo tanto no es apta para consumo humano.

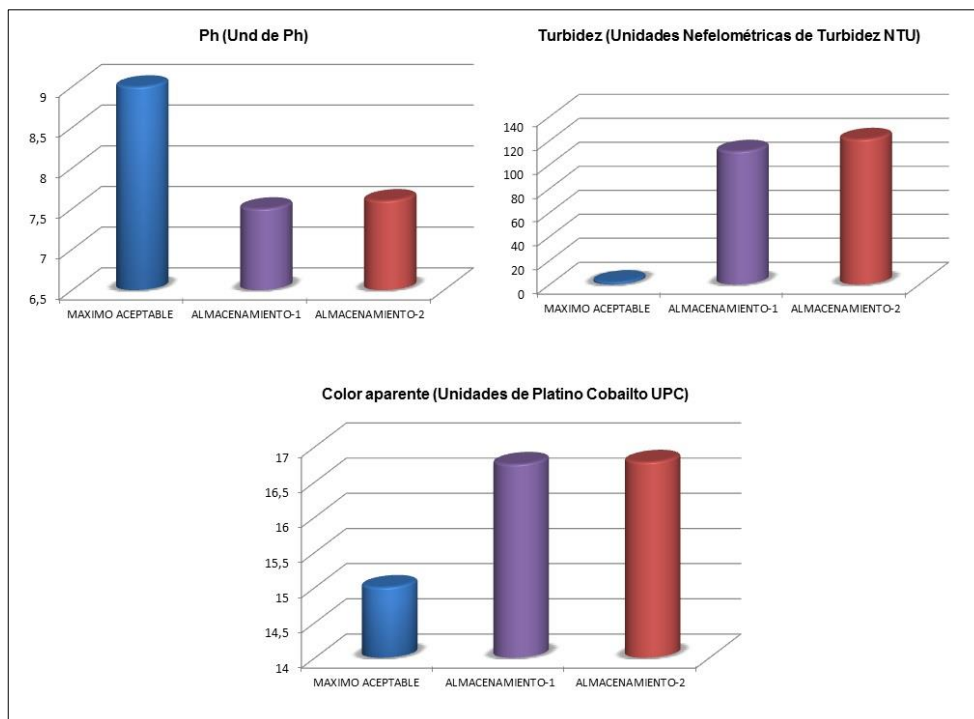
7.3.1 Parámetros físicos

El pH para las muestras analizadas provenientes de los tanques de almacenamiento fue de 7.5 y de 7.6 para las muestras 1 y 2 respectivamente, encontrándose dentro del máximo aceptable (9). No obstante, los valores de turbidez sobrepasan el máximo aceptable (2) con valores de 111NTU para la muestra 1 y 121 NTU para la muestra 2, igualmente sobrepasa el valor de referencia permitido por la OMS el cual debe ser máximo de 0.1 NTU. En relación con el color, este fue de 16.75 y 16.78 UPC para las muestras 1 y 2 respectivamente; al comparar los valores obtenidos en la fuente de captación cuyo promedio fue de 267 UPC y de 299 UPC en la manguera, con el promedio obtenido en los tanques de almacenamiento con un valor de 16.8 UPC, se puede observar una reducción significativa de éste parámetro, lo cual puede deberse al proceso de asentamiento de los materiales en suspensión, junto con la adición en algunos casos de piedra alumbre como tratamiento clarificador del agua. Lo anterior está

indicando que si bien algunos valores son menores a los obtenidos en la fuente de captación, el agua no tiene la calidad de un agua potable que pueda ser consumida por las personas sin ningún tratamiento (Figura 8).

A pesar de realizar en algunos casos la clarificación con piedra alumbre, esto no garantiza la desinfección del agua y que ésta sea apta para consumo humano, de otro lado, se incumplen con muchas de las normas para su correcto almacenamiento, como por ejemplo, los tanques de almacenamiento de agua para consumo deben cumplir con ciertas características tales como: estar elaborados con material inoxidable, no tóxico de fácil limpieza, resistente e impermeable, deben estar protegidos de agua del subsuelo y alcantarillas, entre otras. Cabe anotar, que si no se realiza un mantenimiento periódico de estos tanques, se acumularan partículas en las paredes y el fondo del mismo, que pueden afectar la calidad del agua y por ende de la salud de los habitantes.

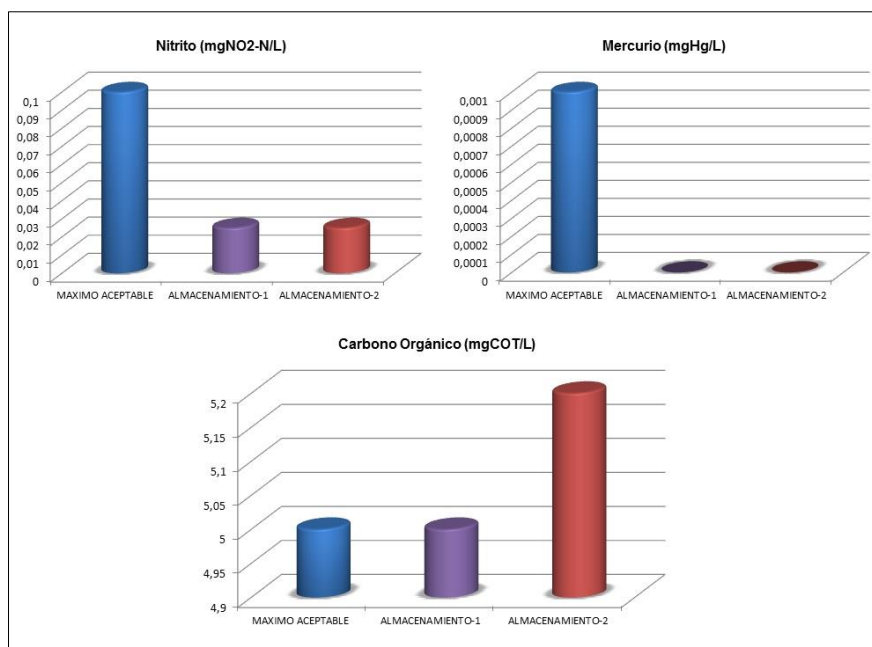
Figura 8. Parámetros físicos de las muestras tomadas en los tanques de almacenamiento domiciliario.



7.3.2 Parámetros químicos

Los contenidos de nitrito no se detectan en el río Atrato pero si en las mangueras y en los tanques de almacenamiento domiciliarios, encontrando niveles de nitritos muy bajos en ambas muestras con valores de 0,025 mgNO₂-N/L, permaneciendo dentro del máximo aceptable que corresponde a 0,1 mgNO₂-N/L. a nivel nacional y de 3mg/l según la OMS. De ésta manera, los tres sitios evaluados cumplen con los valores de referencia exigidos según la normatividad nacional e internacional para éste parámetro. En cuanto a los niveles de mercurio, al igual que en las muestras tomadas a la salida de la manguera, no se encontraron para ninguna de las dos muestras analizadas, cumpliendo así con los requisitos exigidos a nivel nacional e internacional para éste parámetro. Los valores de Carbono Orgánico Total, se encuentran muy cercanos al valor máximo aceptable, para la primera muestra el valor de COT se encuentra en el límite con 5 mg COT/L y la segunda muestra obtuvo un valor de 5.2 mg COT/L, cabe anotar que el valor de incertidumbre para el método empleado en la determinación de carbono orgánico total es de 0.5, razón por la cual no se le asigna puntaje de riesgo (figura 9).

Figura 9. Parámetros químicos de las muestras tomadas en los tanques de almacenamiento domiciliario.

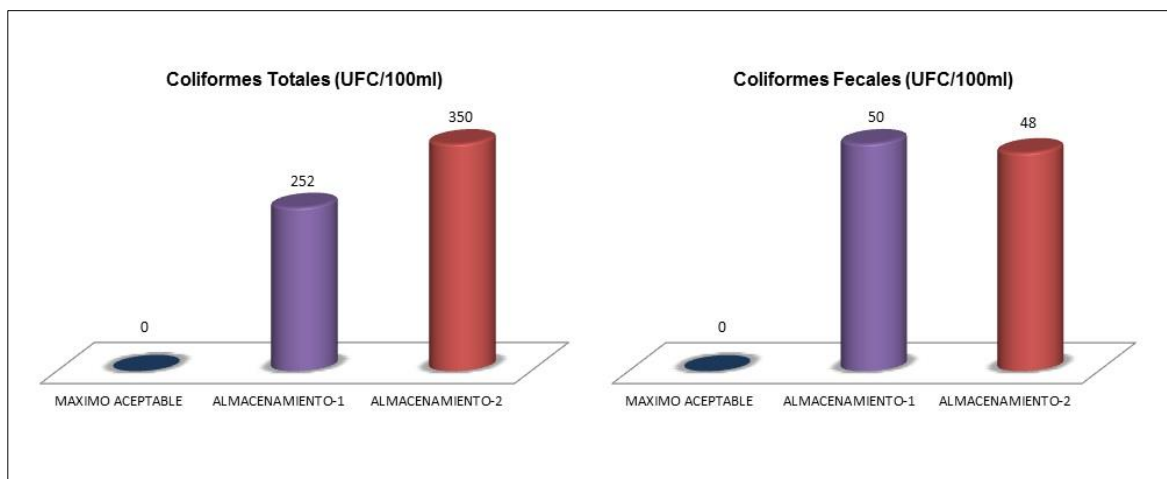


7.3.3 Parámetros microbiológicos

En los tanques de almacenamiento domiciliario se encontraron valores para coliformes totales de 252 y 350 UFC/100ml, para la muestra 1 y 2 respectivamente, en cuanto a coliformes fecales se encontraron valores de 50 UFC/100ml para la primera muestra y 48 UFC/100ml para la segunda muestra. Aunque los contenidos de coliformes tanto totales como fecales se redujo significativamente, estos deben encontrarse en 0 UFC/100ml según los valores de referencia a nivel nacional e internacional, ya que, cualquier presencia de microorganismos de éste tipo, supone un riesgo para la salud de la población.

En el caso de los coliformes totales se presenta una disminución paulatina desde la fuente hasta los tanques de almacenamiento domiciliarios, vemos como en la fuente el valor promedio es de 803 UFC/100 ml, de 613 UFC/100 ml a la salida de las mangueras y de 301 UFC/100 ml en los tanques de almacenamiento. De igual manera sucede con los coliformes fecales, donde los valores promedio van desde 200 UFC/100 ml en la fuente, pasan a 75 UFC/100 ml a la salida de las mangueras y llega a un valor reducido de 49 UFC/100 ml, que aunque es menor sigue siendo limitante para la calidad del agua para consumo humano. Esto se podría explicar por un proceso de sedimentación en el almacenamiento. Es importante mencionar que los contenidos de *E. coli*, por lo general se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua y en los sedimentos del fondo de los tanques de almacenamiento, esto explicaría porque los valores de coliformes tanto totales como fecales, fueron más elevados en la muestra de agua tomada en la fuente y la manguera de conducción, que en los tanques de almacenamiento domiciliario (figura 10).

Figura 10. Parámetros microbiológicos de las muestras tomadas en los tanques de almacenamiento domiciliario.



Una recomendación que se hace en el decreto 1575 de 2007, es que por lo menos los tanques de almacenamiento se deben limpiar cada seis meses, pero se encuentran casos donde los tanques de almacenamiento pasan mucho tiempo sin ningún mantenimiento lo que hace que la contaminación aumente en algunos casos. En un trabajo realizado por Marcó *et al*, 2007. Se encontró que cuando no se hace un muy buen mantenimiento de los tanques de almacenamiento a nivel domiciliario, se presenta una acumulación de materia orgánica e inorgánica.

Haciendo un análisis comparativo de la calidad del agua desde la fuente hasta los tanques de almacenamiento domiciliarios, se observa que los resultados de los análisis de las muestras de agua tomadas en el río Atrato, a la salida de las mangueras en las casas y en los tanques de almacenamiento domiciliarios, muestran que el pH es aceptable en las tres sitios de muestreo, aunque su mayor valor se obtiene en el tanque de almacenamiento y su menor valor en la fuente. Los valores de la turbidez continúan siendo altos en la fuente, en la salida de la manguera y en los tanques de almacenamiento, sin embargo, el color baja drásticamente en los tanques de almacenamiento posiblemente a un proceso de decantación o asentamiento como comúnmente se le dice a este proceso, y a que, en algunos casos se utiliza piedra

alumbre para clarificar el agua, llegando a valores muy bajos aunque no aceptables dentro del decreto 1575 de 2007 ya que el valor máximo aceptable debe ser 15 UPC.

7.4 Impactos socio-económicos y ambientales de la calidad del agua en el municipio de Ríosucio-Chocó.

Según la ONU, 2014, el agua está en el centro del desarrollo sostenible y resulta fundamental para el desarrollo socio-económico, unos ecosistemas saludables y la supervivencia humana. El agua resulta vital a la hora de reducir la carga mundial de enfermedades y para mejorar la salud, el bienestar y la productividad de las poblaciones así como para la producción y la preservación de una serie de beneficios y servicios de los que gozan las personas. El agua también está en el corazón de la adaptación al cambio climático, sirviendo de vínculo crucial entre el sistema climático, la sociedad humana y el medio ambiente.

Este recurso es limitado e insustituible que es clave para el bienestar humano y solo funciona como recurso renovable si está bien gestionado. Hoy en día, más de 1.700 millones de personas viven en cuencas fluviales en las que su uso supera la recarga natural, una tendencia que indica que dos tercios de la población mundial podría vivir en países con escasez de agua para 2025. Un total de 748 millones de personas no tienen todavía acceso a una fuente mejorada de agua potable y los indicadores existentes no abordan cuestiones relacionadas con la seguridad y fiabilidad del suministro de agua. Se requieren mejoras reales para varios miles de millones de personas si se pretende lograr el derecho humano a un agua potable segura. Este recurso, puede suponer un serio desafío para el desarrollo sostenible pero, gestionado de manera eficiente y equitativa, el agua puede jugar un papel facilitador clave en el fortalecimiento de la resiliencia de los sistemas sociales, económicos y ambientales a la luz de unos cambios rápidos e imprevisibles.

El agua es utilizada en todos los sectores de desarrollo de una región, es así como, la agricultura es, el mayor consumidor de agua a nivel mundial, representando el 70% de

las extracciones de agua en todo el mundo, aunque esta cifra varía considerablemente entre países. Para 2050, la agricultura tendrá que producir un 60% más de alimentos a nivel mundial y un 100% más en los países en vías de desarrollo. Entre tanto, la industria y la energía juntas representan el 20% de la demanda de agua. Los países más desarrollados tienen una proporción mucho mayor de extracciones de agua dulce para la industria que los países menos desarrollados, donde predomina la agricultura. El equilibrio entre los requisitos de sostenibilidad frente a la visión convencional de la producción industrial en masa, crea una serie de interrogantes para la industria. A gran escala, la globalización y la forma de extender los beneficios de la industrialización a todo el mundo equitativamente y sin impactos insostenibles sobre el agua y otros recursos naturales es la cuestión clave.

En cuanto al sector doméstico, éste representa el 10% del uso total de agua. Y, en todo el mundo, se estima que 748 millones de personas siguen sin tener acceso a una fuente mejorada de agua y que 2.500 millones siguen sin acceso a unos servicios de saneamiento mejorados. Es importante tener en cuenta que, en más de la mitad de la población ya vive en áreas urbanas y, para 2050, se espera que más de dos tercios de una población mundial de 9.000 millones viva en ciudades. Por otra parte, la mayor parte de este crecimiento ocurrirá en los países en vías de desarrollo, que tienen una capacidad limitada para hacer frente a estos rápidos cambios. El crecimiento también dará lugar a un aumento del número de personas que viven en barrios marginales y que suelen sufrir unas condiciones de vida muy pobres, sin acceso o con un acceso inadecuado a agua y saneamiento. Por lo tanto, el desarrollo de los recursos hídricos para el crecimiento económico, la equidad social y la sostenibilidad ambiental está estrechamente vinculado con el desarrollo sostenible de las ciudades.

Los ecosistemas se convierten en el reto más importante para el desarrollo sostenible, dado que en las últimas décadas el alcance de la crisis ecológica global, se está convirtiendo en una barrera para el desarrollo humano. Desde el punto de vista ecológico, los esfuerzos para un desarrollo sostenible no han tenido éxito. La degradación del medio ambiente mundial ha alcanzado un nivel crítico, con los principales ecosistemas acercándose a límites que podrían desencadenar un colapso masivo. La creciente comprensión de los límites planetarios globales, que deben ser

respetados para proteger los sistemas de soporte de la vida de la Tierra, tiene que ser la base del futuro marco de desarrollo sostenible.

Según Alfonso, 2010 c.p Cardona 2012, con la progresiva urbanización se ha ido pasando desde una sensación de inagotabilidad a una de perecibilidad, tránsito en el que tiene mucho que ver los racionamientos asociados al desperdicio y al uso caótico de las cuencas hidrográficas. Y es precisamente el capital que la sociedad designa para la provisión domiciliaria (asociada de manera inevitable al monopolio natural) la que establece el vínculo entre los usuarios y dichas cuencas, pues en ellas se toma el agua cruda (que es el insumo del agua potable) y a ellas se arrojan las aguas servidas, vinculación en la que se revelan un conjunto de tensiones socio-ambientales surgidas de la no convergencia entre el ciclo natural del agua y el ciclo del consumo del agua, la preservación y la urbanización son los pares dialécticos que resumen las tensiones de los dos ciclos y cuya interacción contribuye a la explicación del devenir de las ciudades.

El agua potable no es un bien libre y lo llamado meritorio lo hace poco inteligible a la luz del proceso de urbanización de la población. Posee como bien una dimensión ambiental asociada a la inquebrantable regla de la preservación de la cuenca que determina su dimensión espacial: si la ciudad que capta en algún lugar de la cuenca el agua la vierte sin tratar a la cuenca, esta carga contaminante va a constreñir el aprovechamiento de la cuenca “aguas abajo” por otras poblaciones. Esta situación es notablemente más grave cuando la cuenca es sometida a otro tipo de presiones, como el uso que de ella realizan las actividades agroindustriales sin mediación alguna de la regulación ambiental. (Alfonso, 2010 c.p Cardona 2012).

Según el DANE, el 85.21% del total de la población de Ríosucio cuenta con por lo menos una de las necesidades básicas Insatisfecha (NBI), cifra que es un tanto mayor de la cifra a nivel departamental, la cual se ubicó en 79.19% para el año 2012, frente a un 27.78% del nivel nacional. Este índice para la zona urbana y rural es de 99.72% y 79.90%, respectivamente.

Al analizar el NBI de forma desarticulada, sobresale la proporción de personas sin acceso adecuado a servicios como el componente de mayor peso en el NBI de Riosucio y el cual registra una cifra de 59.73%. Por otro lado, partiendo que el Índice de Pobreza Multidimensional total del municipio que registra un valor de 91.45%, las privaciones más relevantes con relación a este índice son el logro académico (80.69%), dependencia económica (67.29%), empleo formal (97.88%), acceso a fuente de agua mejorada (99.84%), eliminación de excretas (98.09%) y material de paredes exteriores (55.48%) (Mena *et al*, 2013).

El desarrollo de una comunidad está muy ligado a la salud y nivel de vida de sus pobladores. Una situación preocupante manifiesta el Ministerio de la Protección Social debido a que “las DTS, desde hace varios años no realizan vigilancia a la calidad del agua para consumo humano suministrada a la población de los municipios del departamento a pesar de toda la asistencia técnica que desde el ministerio se les ha prestado” (Ministerio de la Protección Social, 2014). Si esto está sucediendo en los municipios del departamento incluida su capital, que se puede esperar con las zonas apartadas y cabeceras municipales, donde las entes territoriales no se preocupan de entregar una buena calidad de agua para consumo humano o por lo menos monitorear esta calidad como medida de prevención y alistamiento para atender las pacientes enfermos que producirá la falta de agua potable.

7.4.1 Morbilidad y mortalidad en el municipio de Ríosucio

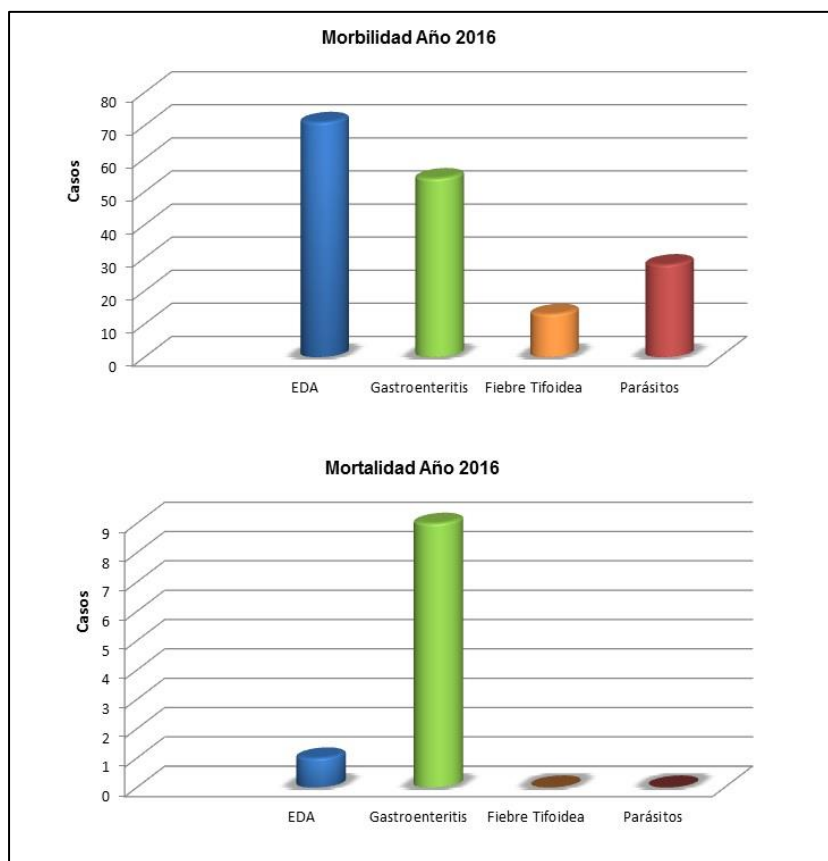
El municipio de Riosucio cuenta con 28.769 habitantes distribuidos entre la zona urbana y rural, representando el 6% en el departamento del Chocó. La pirámide poblacional de este municipio es similar a la de las regiones de desarrollo medio, evidenciando un envejecimiento progresivo de la población con una reducción en la cantidad de personas menores de 15 años en el transcurso de las dos últimas décadas (pirámide progresiva). Para el año 1993, la población menor de 15 años representaba el 46.3% del total de habitantes, mientras que para el año 2013 el DANE definió 41.5% de representatividad. En 1993 la población económicamente activa, es decir, las personas entre los 45 y 64 años, pasó de ser el 50% del total de la población, a ser el 55.4% en el 2013. Los habitantes del municipio mayores a los 64 años (tercera edad) en el año 1993 estaban representados en un 4%, mientras que para el presente su representación es de 3%.

Para el presente estudio se tomaron los registros de morbilidad y mortalidad de los últimos 10 meses del año 2016, suministrados por la Oficina de epidemiología adscrita a la Secretaria de Salud Municipal de Ríosucio-Chocó, con el fin de determinar de forma general, el efecto de la calidad del agua para consumo humano sobre la salud y nivel de vida de los habitantes de este municipio (Anexo B).

Como se puede observar en la figura 11, en el transcurso de los 10 meses evaluados, se presentó un total de 166 personas enfermas en el municipio, de los cuales el mayor número fueron por causa de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA) con 71 casos, representando el 43%, seguidamente los casos de gastroenteritis fueron 54, es decir el 33% del total de enfermedades reportados durante este período, finalmente se registraron 28 casos de enfermedades asociadas a parásitos para un 17%. Estas enfermedades podrían estar relacionadas con la calidad del agua que se consume en este municipio, ya que, esta misma agua es empleada tanto para el lavado de alimentos como en la higiene personal.

El mes de abril fue el de mayor número de consultas por estas cuatro enfermedades, llegando a un total de 44 casos, de los cuales 38 fueron por EDA, tres por parásitos, dos por fiebre tifoidea y uno por gastroenteritis. El segundo mes con personas enfermas fue el mes de febrero con 19 casos, mientras que los meses de mayo, agosto y septiembre presentaron 15 casos cada uno. Los meses de menos personas enfermas fueron Enero y Marzo. Estos datos están correlacionados con los estudios realizado por Alcaraz y Barrios, 2007. Los datos de mortalidad indican que en total se presentaron 10 casos en los diez meses de evaluación, 9 de ellos por gastroenteritis y un caso por EDA (Anexo B).

Figura 11. Morbilidad y mortalidad en los últimos 10 meses del año 2016 en el municipio de Riosucio.



Según el análisis de salud en Colombia, 2014, la mortalidad por Enfermedad Diarréica Aguda (EDA) en menores de cinco años ha tendido al descenso. De 1998 a 2011 la mortalidad se redujo en 30,07 muertes por cada 100.000 menores; las tasas han pasado de 33,80 a 3,73 muertes por cada 100.000 menores de cinco años. En el departamento del Chocó se produjeron 6.04 muertes por EDA por cada 100.000 menores de cinco años para el año 2011, encontrándose por encima de la tasa de mortalidad a nivel nacional y para departamentos como Antioquia, Cundinamarca y Valle del Cauca; pero por debajo de departamentos como Vaupés donde para el año 2011 se produjeron 100.50 muertes por EDA por cada 100.000 menores de cinco años y la tasa fue 25.91 veces más alta que la nacional. En Vichada se produjeron 31.81 muertes por EDA por cada 100.000 menores

de cinco años, y la tasa fue 7.52 veces más alta que la nacional. En Guainía y Amazonas las tasas de mortalidad por EDA fueron de 19.84 y 19.53 cuadruplicando la nacional. La Guajira, Putumayo, Caquetá, Cauca, y Meta tuvieron tasas entre 1 y 2 veces mayores que la nacional.

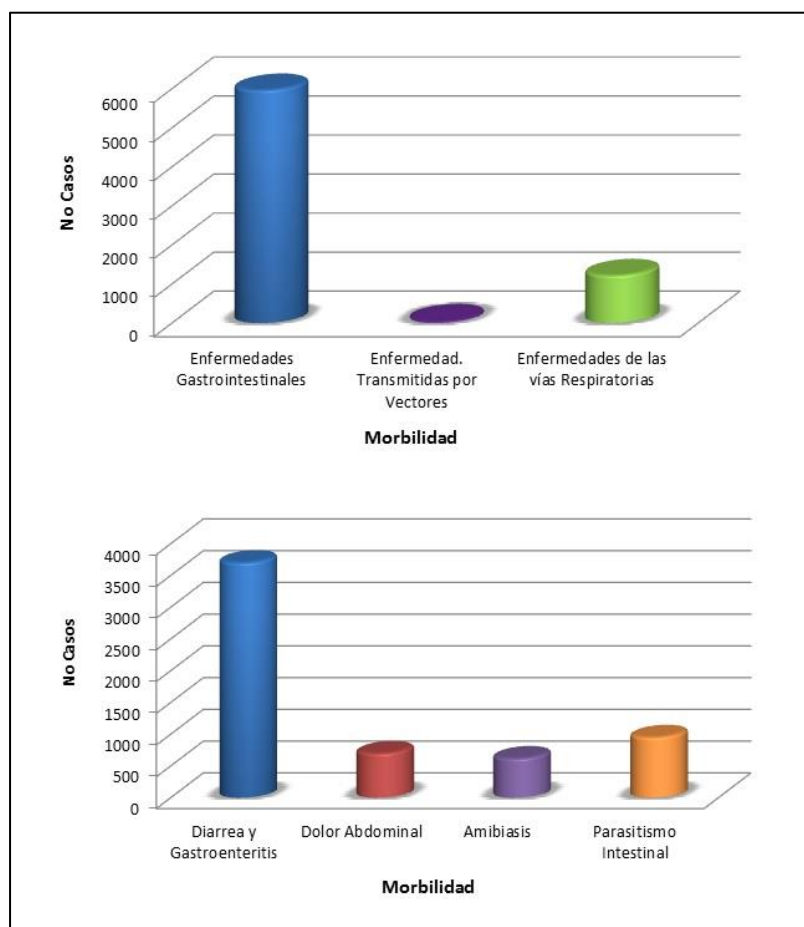
La tasa de mortalidad por EDA es 2.03 veces más alta en el primer quintil de pobreza que en el último, lo cual indica que se producen cuatro muertes más por cada 100.000 menores de cinco años en los departamentos con mayores NBI que en el otro extremo de la sociedad. El 70% de la mortalidad por EDA se concentra en el 50% de la población que tiene menor porcentaje de acceso a fuentes de agua mejorada, con un índice de concentración de -0,22.

Según el análisis de la situación de salud en el departamento del Chocó, 2014, para el subgrupo de las enfermedades infecciosas y parasitarias en el departamento del Chocó, durante el periodo 2005-2011 se evidenció que la diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso, causó importantes tasas de mortalidad en casi todos los años de análisis (103 muertes de niños menores de cinco años), con tendencia al aumento de este indicador siendo la causa específica más importante para este subgrupo, seguido de la septicemia, el paludismo y la tuberculosis; aunque se evidencia al final del periodo, una tendencia a la disminución en la tasa de mortalidad infantil, siendo el grupo de edad más afectado los menores de 1 año.

De acuerdo con la Organización mundial de la Salud, 2004, en el mundo mueren 1,8 millones de personas cada año a causa de enfermedades diarreicas incluido el cólera, de los cuales un 90% son niños menores de cinco años, principalmente de países en desarrollo. Se cree que el 88% de estas enfermedades son el resultado de una mala calidad del agua para consumo humano y de un saneamiento e higiene deficientes. Se considera que un mejoramiento en la calidad de agua reduce entre un 6 y 21% de la morbilidad por diarrea, mientras que el tratamiento del agua domestica puede reducir entre un 35 a 39% los episodios de diarrea.

En la figura 12 se puede apreciar el número de casos de morbilidad durante el período 2014-2016 en el municipio de Ríosucio. Se registró el número de casos para tres grupos de enfermedades: gastrointestinales, transmitidas por vectores y enfermedades de vías respiratorias. Las enfermedades gastrointestinales registraron el 82,52%, es decir, 5962 casos reportados, seguidamente las enfermedades de vías respiratorias representaron el 16,84% y finalmente las enfermedades transmitidas por vectores el 0,64%. Dentro de las enfermedades gastrointestinales, se registraron 3701 casos de diarrea y gastroenteritis, es decir, el 62,08%; por su parte, el parasitismo intestinal alcanzó un total de 950 casos para un 15,93%; los casos de dolor abdominal y amibiasis representaron el 11,66 y 10,33% respectivamente.

Figura 12. Morbilidad en el municipio de Riosucio durante el período 2014-2016.



Durante este período, el mayor número de casos de diarrea y gastroenteritis se registró en personas con edades entre los 15 y 44 años con un total de 1005 casos,

seguidamente se reportaron 755 casos en niños entre los 5 y 14 años de edad, 610 casos en personas mayores de 60 años, 409 en niños entre 1 y 4 años de edad y 211 en niños menores de un año, para un total de 3701 casos (Anexo B). Los registros de morbilidad y mortalidad del municipio de Ríosucio, coinciden con los reportados en diferentes informes sobre el departamento del Chocó y sus municipios, tal es el caso, del informe: Análisis de Situación de Salud ASIS, 2010, de la gobernación del Chocó, en ese análisis se menciona que, la enfermedad diarreica aguda en esta zona evidencia la falta de saneamiento básico. Muchos de los casos y posterior muerte, están relacionados con el consumo de agua sin tratamiento, sobre todo, en poblaciones indígenas. El Municipio con mayor tasa de mortalidad por EDA es Ríosucio, los otros municipios no reportaron casos de muerte por esta causa durante el año 2010.

En este mismo informe se menciona que la cobertura del servicio de acueducto urbano, en el departamento del Chocó es de 81,6%, el servicio de alcantarillado urbano solo llega al 45,6% de sus habitantes, el servicio de recolección de basura, en el área urbana es de 49% y sólo el 10,4% de la población rural tienen acceso a este servicio. La cobertura de servicios públicos básicos como el agua, alcantarillado y aseo, dan cuenta de la deficiente situación de salud ambiental del departamento, principalmente por su relación de causalidad en la mortalidad derivada de infecciones intestinales (Enfermedad Diarreica Aguda-EDA) y enfermedades transmitidas por vectores. Esto demuestra las dificultades de acceso de la población a los servicios sanitarios mínimos requeridos, lo que pone en riesgo a la población a contraer enfermedades transmitidas por vectores, así como enfermedades gastrointestinales.

7.4.2 Costo social de la mala calidad del agua

El gobierno nacional mediante la resolución 00412 del año 2000, estableció normas técnicas y guías para la detección temprana y atención de enfermedades de interés pública dentro de las cuales se destacan las enfermedades diarreicas agudas y el cólera, pensando en la importancia de esta enfermedad sobre todo en la población infantil.

Vasco *et al*, 2010, realizaron un estudio para determinar los costos inducidos derivados de la calidad del agua potable en Risaralda, donde estimaron los casos de hospitalización y urgencias, determinando los costos de atención y consulta en urgencias, como también los costos de hospitalización, donde se tuvo en cuenta el costo de egreso hospitalario y el costo promedio por día de hospitalización. El costo de medicamentos, tomando el número de consultas y el costo promedio de los medicamentos necesarios para el tratamiento. Se encontró que el valor de la asociación entre el morbilidad y la contaminación del agua para consumo humano, esta entre 1.5 y 1.7, lo que quiere decir que cuando la contaminación se incremente en 1%CF/100ml, aumenta en 1,6% la tasa de EDA, en los municipios de Risaralda. Igualmente se estimó que el aumento de un 1% de contaminación del agua para consumo humano por coliformes, induciría unos costos ambientales cercanos a los 111,4 millones de pesos para el año 2009 mientras que los costos de EDA se encuentran por el orden de los 6.900 millones de pesos por año, solo incluyendo los costos de hospitalización en el mismo periodo en el departamento de Risaralda.

En otro estudio realizado por Galeano y Largo, 2015, se determinó que el tratamiento de la EDA leve en niños menores de 5 años tiene un costo de \$922.898, donde los medicamentos corresponden a un 60% y el procedimiento un 40%. En el caso de un EDA moderado, el costo asciende a \$ 4.468.318 de este costo los medicamentos se estimaron en un 20% del costo, el procedimiento en un 79,94% del costo total y dispositivos médicos un 0,06%. Cuando ya se habla de un EDA grave, en cuidados intermedios el valor es de \$6.478.207, los medicamentos en este caso representan un 27%, el procedimiento un 70% y los dispositivos médicos un 3%. Cuando se presenta un caso de EDA grave el costo de la unidad de cuidados intensivos es de \$8.731.440 donde los medicamentos solo representan el 12%, el procedimiento el 87%, los dispositivos médicos el 1%, con estos datos aproximados se podrían calcular los costos totales de las enfermedades EDA de un municipio, de un departamento y de la nación.

Las enfermedades causadas por la mala calidad del agua son supremamente graves en los niños y sobre todo en los menores de 5 años, pero también tienen una importancia en la economía de una población o un país que lo hacen menos competitivo en un contexto global, como lo manifiesta Mikheev, 1994, quien considera que la morbilidad no solo

causa sufrimiento en el paciente, sino que también genera pérdidas económicas para la sociedad por el uso de recursos en salud y la pérdida de productividad.

La organización mundial del trabajo (OIT) considera que las enfermedades laborales dentro de las que se encuentran las causadas por la mala calidad del agua, ocasionan dos millones de muertes, representando un costo cercano a los 1,4% del Producto Interno Bruto Global, además de los costos de las indemnizaciones y la pérdida de competitividad por la baja productividad, debido al ausentismo laboral y un efecto en los hogares por falta de ingresos (OIT, 2003).

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, a pesar de que el municipio de Ríosucio tiene una ubicación única, con grandes afluentes, rico en diversidad de fauna y flora, su riqueza se ve truncada por la ineficiencia del gobierno en materia de inversión y destinación final de recursos, además de la falta de capacitación de la comunidad en materia de higiene y prevención de enfermedades; esto tiene, no sólo un costo en pesos si no en vidas, y principalmente en la población infantil, que se constituyen en el futuro de un país (Anexo C).

7.5 Acciones para mejorar la calidad del agua en el municipio de Ríosucio

Después de analizados los resultados obtenidos de las pruebas físicas, químicas y microbiológicas a las muestras tomadas en la fuente de captación del río Ríosucio y Atrato, en la manguera de conducción y en los tanques de almacenamiento domiciliario, y de haber analizado las cifras de morbilidad y mortalidad del municipio, es posible mencionar algunas recomendaciones que permitan a los entes territoriales tomar decisiones para mejorar la calidad del agua para consumo humano.

Teniendo en cuenta que el índice de riesgo de la calidad de agua para consumo humano IRCA fue muy elevado en la fuente (93.4%), arrojando un nivel de riesgo inviable

sanitariamente y cuya acción debe ser la acción directa de alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional, es importante realizar un análisis de la cuenca o fuente de captación con el fin de conocer las características y los factores que están afectando la calidad del agua en éste punto, es decir, si ésta contaminación se está originando por contaminaciones puntuales, tales como, descargas de aguas residuales o contaminaciones no puntuales, como escorrentía agrícola que puede llevar residuos agroquímicos o de ganado o escorrentía urbana (contaminación fecal). El conocimiento previo de la fuente, permitirá identificar acciones correctivas en pro de una mejor calidad del agua para consumo en la zona, además, la gestión y las acciones que tomen las autoridades medioambientales e hídricas de la región, en conjunto con las empresas que desarrollan actividades en la zona, son fundamentales para reducir los riesgos de contaminación del agua en la fuente.

Sin importar de donde provenga el agua que se almacena, agua superficial, subterránea o agua lluvia, es fundamental realizar monitoreos sanitarios periódicos que garanticen la inocuidad del agua de consumo. De igual manera, el mantenimiento y lavado de los tanques de almacenamiento es crucial para asegurar la calidad del agua, cabe recordar que el valor del IRCA en las mangueras de conducción fue de 93.1% y en los tanques de almacenamiento fue 89.1%, aunque se redujo el índice de riesgo desde la fuente hasta los tanques, el agua sigue siendo inviable sanitariamente, debido a la cantidad de coliformes totales y fecales, además, no se está realizando ningún tipo de tratamiento al agua y tampoco se está realizando el mantenimiento de los tanques, la suma de todos estos factores incrementa el riesgo de enfermedades de tipo gastrointestinal en la población. Adicionalmente es necesario realizar evaluaciones físicas periódicas de la calidad de agua para verificar su color, olor y turbidez.

Dado que, gran parte del mantenimiento de la calidad de agua y la prevención de enfermedades se da en el hogar, es importante capacitar a la comunidad en materia de higiene, con programas educativos que les permitan tomar medidas que se encuentren a su alcance, y así mejorar la calidad del agua que utilizan para consumo y prevenir enfermedades, para llevar a cabo ésta tarea de capacitación, es fundamental el apoyo de las entidades territoriales mediante la detección de los problemas, necesidades y posibles soluciones a la problemática, y así, generar un programa de educación sanitaria

y ambiental, el cual, podría incluir un plan de prevención de manejo de enfermedades, un plan de manejo de residuos, así como, un plan de mantenimiento de mangueras de conducción y tanques de almacenamiento. Para la implementación de éste tipo de programas es crucial la participación activa de la comunidad, así como, la evaluación y seguimiento, con el fin de conocer si la aplicación del programa está generando efectos positivos en la población.

Otra medida importante para mejorar la calidad microbiológica del agua, y que puede ser fácilmente adoptada por la comunidad, es que hiervan el agua, claro está, como medida temporal, mientras se da solución a la problemática de la calidad del agua, ya sea a través de la utilización de otras fuentes de agua o bien modificar el tratamiento de las fuentes existentes, intensificando la desinfección del agua en la fuente, tras su tratamiento o durante su distribución.

Para adoptar esta medida, según las Guías para la calidad del agua de la OMS, es necesario que las autoridades de salud pública, elaboren protocolos para la promulgación de órdenes de hervir el agua y sus debidas recomendaciones de evitar su consumo. Los protocolos deben elaborarse antes de que se produzcan incidentes y deben incorporarse a los planes de gestión. Las decisiones de promulgar recomendaciones se realizan frecuentemente en un plazo corto, y el desarrollo de medidas durante un incidente puede complicar la toma de decisiones, dificultar la comunicación y socavar la confianza de la población. Las recomendaciones de hervir agua deben indicar que el agua puede potabilizarse calentándola hasta que hierva vivamente. Tras hervirla, debe dejarse que el agua se enfríe sola, sin añadir hielo. Este procedimiento es eficaz a cualquier altitud y aunque el agua esté turbia.

Según la OMS, 2006, la recomendación de hervir el agua es una medida drástica que puede tener consecuencias adversas importantes. Puede tener repercusiones perjudiciales para la salud pública, como lesiones por escaldaduras, y puede generar ansiedad en la población, incluso después de haberse anulado la recomendación. Además, no todos los consumidores cumplirán la recomendación de hervir el agua, ni siquiera al principio; si la recomendación se anuncia con frecuencia o se mantiene

durante periodos largos, disminuirá el grado de acatamiento. Por consiguiente, sólo deberán difundirse recomendaciones de hervir el agua después de que la autoridad de salud pública y el equipo responsable de la adopción de medidas en respuesta a incidentes hayan examinado cuidadosamente toda la información y hayan concluido que existe un riesgo permanente para la salud pública superior a los riesgos derivados de la recomendación de hervir el agua.

8. Conclusiones y recomendaciones

8.1 Conclusiones

- El índice de riesgo para la calidad de agua de consumo (IRCA) fue de 93.4% para la muestra de agua tomada en la fuente de captación del río Sucio y Atrato, indicando que la calidad del agua en la fuente es inviable sanitariamente y no es apta para consumo humano.
- Las características físicas indican que el agua de la fuente tanto para el río Sucio como para el río Atrato, sobrepasan el límite máximo aceptable para los parámetros de turbidez (2NTU) y color (15UPC), con valores de 118 NTU para el río Riosucio y de 112 NTU para el río Atrato en cuanto a turbidez, para el parámetro color los valores fueron de 186,8 y 347,39 UPC respectivamente. Los valores de pH se encuentran dentro del máximo aceptable.
- La medición de los parámetros químicos del agua en la fuente, indicaron que los contenidos de carbono orgánico, se encuentran por encima del máximo aceptable (5 mgCOT/L), en el caso del río Ríosucio éste se encuentra en 5,6 mgCOT/L y para el río Atrato es de 5,53 mgCOT/L. en relación con el mercurio no se detectó en el río Atrato, sin embargo, en el río Riosucio se presentó una cantidad de 0,4 mgHg/L, el mínimo aceptable debe ser 0 mgHg/L. En relación

con el contenido de nitritos, no se presentó en ninguna de las muestras tomadas.

- Los parámetros microbiológicos en las muestras tomadas en la fuente de captación, indicaron que el agua que consumen los habitantes de la cabecera municipal del Riosucio está contaminada con coliformes. Se encontró que los valores son de 17000 UFC/100ml en el río Sucio y 803 UFC/100ml en el río Atrato para coliformes totales y de 17000 UFC/100ml y 200 UFC/100ml respectivamente para coliformes fecales, cuando el máximo aceptable debe de ser 0 UFC/100ml tanto a nivel nacional como internacional.
- El IRCA (Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano) fue de 93.1% en la manguera de conducción y de 89.1% en los tanques de almacenamiento domiciliario, aunque son valores más bajos que en la fuente de captación, siguen siendo muy altos, por lo tanto, se considera que la calidad del agua para consumo humano no es apta.
- Los parámetros físicos mostraron que el pH se encuentra dentro del máximo aceptable, tanto para el agua tomada de la manguera de conducción como en los tanques de almacenamiento, sin embargo, los valores de turbidez sobrepasan el máximo aceptable (2) con valores promedio de 123 NTU para el agua de la salida de la manguera en casa y de 116 NTU en los tanques de almacenamiento. En relación con el color, el resultado correspondiente al color arrojó un valor promedio de 299,09 UPC y de 16,76 UPC respectivamente.
- Las características químicas de las muestras tomadas indican que, los valores de carbono orgánico en la fuente del río Atrato fue de 5,53 mg COT/L. No se detectaron contenidos de mercurio en ninguno de los tres puntos de muestreo. Se detectaron contenidos de nitritos en las mangueras y en los tanques de almacenamiento domiciliarios, con niveles promedio muy bajos en ambas muestras, 0,014 mgNO₂-N/L para el agua de la manguera de conducción y 0,025 mgNO₂-N/L en la muestra de los tanques de almacenamiento,

permaneciendo dentro del máximo aceptable que corresponde a 0,1mgNO₂-N/L.

- La calidad microbiológica del agua, arrojó que el contenido de coliformes totales y fecales siguen siendo un parámetro limitante, con valores promedio de 613 y 75 UFC/100ml respectivamente, para el agua tomada de la salida de la manguera de conducción; en los tanques de almacenamiento domiciliario se encontraron valores promedio para coliformes totales y fecales de 301 y 49 UFC/100ml respectivamente, aunque los contenidos de coliformes se reducen, estos deben encontrarse en 0 UFC/100ml según la normatividad nacional e internacional.
- El mayor número de casos por morbilidad en el municipio durante los 10 primeros meses del año 2016, corresponden a las Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA) con 71 casos, representando el 43%; se presentaron 54 casos de gastroenteritis, es decir el 33% y se registraron 28 casos de enfermedades asociadas a parásitos para un 17%. Los datos de mortalidad indicaron que en total se presentaron 10 casos en los diez meses de evaluación, nueve de ellos por gastroenteritis y un caso por EDA.

8.2 Recomendaciones

El desarrollo de ésta investigación permitió vislumbrar la situación actual de la población de Ríosucio en cuanto a la calidad del agua para consumo humano, sin embargo, quedan muchos interrogantes que resolver, para ello es necesario continuar con el desarrollo de estudios científicos que permitan generar aún más información, la cual permita identificar los problemas reales que vive la población del municipio, con el fin de tomar medidas radicales para la solución de ésta problemática.

Es bien sabido cuales son las necesidades básicas de una población, no obstante, a continuación se mencionan algunas recomendaciones que se derivan de éste estudio:

- Es necesario implementar políticas públicas de saneamiento básico en el municipio de Riosucio-Chocó.
- Es primordial que las entidades territoriales gestionen ante el Gobierno Nacional la implementación y construcción de un acueducto para que la población del municipio de Riosucio pueda satisfacer las necesidades básicas y hacer uso de su derecho fundamental de tener agua potable.
- Se debe gestionar ante el Gobierno Nacional la construcción de un alcantarillado para evitar la contaminación de la fuente hídrica.
- El Gobierno departamental y municipal deben implementar acciones que involucren la comunidad, por medio de talleres, capacitaciones y charlas educativas, donde se den a conocer los daños que causa el consumo de agua contaminada y su efecto en la salud, así como, la manera de reducir los riesgos del agua almacenada en los hogares.
- Como medida temporal, según las Guías para la calidad de agua de la OMS, es recomendable hervir el agua que presenta una deficiente calidad microbiológica, siguiendo el protocolo respectivo para estos casos, por parte de las autoridades encargadas. También es posible desinfectar el agua colocando dos gotas de cloro por litro de agua, durante media hora, antes de su consumo.

A. Anexo: Análisis de la calidad del agua en el municipio de Ríosucio

Resultados de la calidad del agua para consumo humano en la fuente de captación en la cabecera municipal de Ríosucio departamento del Chocó.

PARAMETRO	METODO DE ANALITICO	UNIDAD	PUNTAJE DE RIESGO	PUNTO DE MUESTREO						IRCA (%)
				1			2			
				AGUA SUPERFICIAL RIO SUCIO	MAXIMO ACEPTABLE	PUNTAJE DE RIESGO ASIGNADO	AGUA SUPERFICIAL RIO ATRATO	MAXIMO ACEPTABLE	PUNTAJE DE RIESGO ASIGNADO	
PH	Electrométrico, SM 4500-H+ B ed. 22-2012.	UNIDAD DE Ph	1,5	6,97	9	0	7,36	9	0	93,4
TURBIDEZ	Nefelométrico, SM 2130 B ed. 22-2012.	NTU	15	118	2	15	112	2	15	
COLOR APARENTE	Espectrofotométrico, SM 2120 C,D ed. 22-2012.	UPC	6	186,8	15	6	347,39	15	6	
COLIFORMES TOTALES	Filtración por Membrana, SM 9222 B ed. 22-2012.	UFC/100ml	15	17000	0	15	803	0	15	
COLIFORMES FECALES	Filtración por Membrana, SM 9222 B ed. 22-2012.	UFC/100ml	25	17000	0	25	200	0	25	
CARBONO ORGANICO	Combustión alta temperatura, SM 5310 B ed. 22- 2012	mgCOT/L	3	5,6	5	3	5,53	5	3	
NITRITO	Colorimétrico, SM 4500-NO2- B ed. 22-2012.	mgNO2-N/L	3	ND	0,1	0	ND	0,1	0	
Sumatoria de puntajes asignados			68,5			64			64	

Resultados de la calidad del agua para consumo humano en la salida de las mangueras de conducción desde la fuente hasta el domicilio en la cabecera municipal de Riosucio departamento del Chocó.

PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDAD	PUNTAJE DE RIESGO	PUNTO DE MUESTREO						IRCA (%)
				1			2			
				AGUA SALIDA MANGUERA 1	MAXIMO ACEPTABLE	PUNTAJE DE RIESGO	AGUA SALIDA MANGUERA 2	MAXIMO ACEPTABLE	PUNTAJE DE RIESGO	
PH	Electrométrico, SM 4500-H+ B ed. 22-2012.	UNIDAD DE Ph	1,5	7,3	9	0	7,4	9	0	93,1
TURBIDEZ	Nefelométrico, SM 2130 B ed. 22-2012.	NTU	15	129	2	15	116	2	15	
COLOR APARENTE	Espectrofotométrico, SM 2120 C,D ed. 22-2012.	UPC	6	320	15	6	278	15	6	
COLIFORMES TOTALES	Filtración por Membrana, SM 9222 B ed. 22-2012.	UFC/100ml	15	620	0	15	615	0	15	
COLIFORMES FECALES	Filtración por Membrana, SM 9222 B ed. 22-2012.	UFC/100ml	25	76	0	25	73	0	25	
NITRITO	Colorimétrico, SM 4500-NO2- B ed. 22-2012.	mgNO2-N/L	3	0,014	0,1	0	0,013	0,1	0	
Sumatoria de puntajes asignados			65,5			61			61	

Resultados de la calidad del agua para consumo humano en los tanques de almacenamiento domiciliario en la cabecera municipal de Ríosucio departamento del Chocó.

PARAMETRO	METODO DE ANALITICO	UNIDAD	PUNTAJE DE RIESGO	PUNTO DE MUESTREO						IRCA (%)
				1			2			
				TANQUE DE ALMACENAMIENTO 1	MAXIMO ACEPTABLE	PUNTAJE DE RIESGO	TANQUE DE ALMACENAMIENTO 2	MAXIMO ACEPTABLE	PUNTAJE DE RIESGO	
PH	Electrométrico, SM 4500-H+ B ed. 22-2012.	UNIDAD DE Ph	1,5	7,5	9	0	7,6	9	0	89,1
TURBIDEZ	Nefelométrico, SM 2130 B ed. 22-2012.	NTU	15	111	2	15	121	2	15	
COLOR APARENTE	Espectrofotométrico, SM 2120 C.D ed. 22-2012.	UPC	6	16,75	15	6	16,78	15	6	
COLIFORMES TOTALES	Filtración por Membrana, SM 9222 B ed. 22-2012.	UFC/100ml	15	252	0	15	350	0	15	
COLIFORMES FECALES	Filtración por Membrana, SM 9222 B ed. 22-2012.	UFC/100ml	25	50	0	25	48	0	25	
CARBONO ORGANICO	Combustión alta temperatura, SM 5310 B ed. 22-2012	mgCOT/L	3	5	5	0	5,2	5	0	
NITRITO	Colorimétrico, SM 4500-NO2- B ed. 22-2012.	mgNO2-N/L	3	0,025	0,1	0	0,025	0,1	0	
Sumatoria de puntajes asignados			68,5			61			61	

B. Anexo: Morbilidad y mortalidad en el municipio de Ríosucio

Morbilidad y mortalidad en los últimos 10 meses del año 2016 en el municipio de Ríosucio departamento del Chocó.

Año 2016																						
Enferme	Morbilidad										Total	Mortalidad										Total
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	
EDA	1	6		38	4	0	5	4	5	8	71					1						1
Gastroenteritis	2	8		1	9	6	8	6	9	5	54			2			2	3	0	2	0	9
Fiebre Tifoidea	1	2	3	2		3		1		1	13											
Parásitos	4	3	5	3	2	3	1	4	1	2	28											
totales	8	19	8	44	15	12	14	15	15	16	166	0	0	2	0	1	2	3	0	2	0	10

Morbilidad por consulta externa y urgencias/grupos de edad años 2014-2016 en el municipio de Riosucio departamento del Chocó.

MORBILIDAD		EDAD EN AÑOS						TOTAL
		<1	1 a 4	5 a 14	15 a 44	45 a 59	>60	
Enfermedades gastrointestinales	Diarrea y Gastroenteritis	211	409	755	1005	711	610	3.701
	Dolor abdominal	120	123	245	125	15	67	695
	Amibiasis	18	253	145	146	26	28	616
	Parasitismo intestinal	259	354	143	134	32	28	950
Enfermedad. Transmitidas por Vectores	Paludismo	0	1	4	14	12	2	33
	Leishmaniosis	0	0	0	4	2	1	7
	Dengue	0	0	0	6	0	0	6
Enfermedades de las vías Respiratorias	Resfriado común	16	167	121	67	36	34	441
	Asma bronquial	3	123	203	81	44	32	486
	Neumonía	2	45	17	12	4	1	81
	Faringitis	0	0	4	6	5	7	18
	Amigdalitis	4	5	14	7	8	9	47
	Otitis media	4	5	109	17	4	5	144
								7.225

C. Anexo: Registro fotográfico



Sitio de vertedero de basuras, cuando se presenta inundación ésta agua llega hasta la fuente hídrica.



Sitio de toma de muestra de agua de la fuente del Río Atrato



Motobomba que recoge el agua del río para ser transportada a las viviendas



Manguera de conducción de agua a las viviendas



Desembocadura del río Ríosucio



Capacitación a la comunidad priorizada de Ríosucio

Bibliografía

ALMIRÓN, E. El agua como elemento vital en el desarrollo del hombre. Observatorio de políticas públicas de derechos humanos en el Mercosur. 2010. {En línea}. disponible en: (http://www.observatoriomercosur.org.uy/libro/el_agua_como_elemento_vital_en_el_desarrollo_del_hombre_17.php) {5 diciembre de 2016}

ASAMBLEA GENERAL DE LAS NACIONES UNIDAS. Resolución A/RES/64/292. Julio de 2010. {En línea}. disponible en: (http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml) {5 diciembre de 2016}

ALBARRACÍN V, H. Investigación físico-químico del agua y la presencia de fluor en comunidades del valle alto, provincia Gualberto Villarroel, Cochabamba. Universidad Técnica Privada Cosmos UNITEPC. En: Revista científica Unitepc ciencias de la salud. 2011. No. 1. ISSN 2124-1011. pp 5-11. {En línea}. Disponible en: (http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S2124-10112011000100002&script=sci_arttext). {5 diciembre de 2016}

ÁVILA J, C. ¿Cómo es el avance en la cobertura de acueducto en Colombia?. Artículo publicado en: EL TIEMPO. 24 de marzo de 2015. {En línea}. disponible en: (<http://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/agua-potable-en-colombia-/15445939>). {7 diciembre de 2016}

ALFONSO, Ó. Economía institucional de un bien mayor: un análisis de la evolución reciente de la provisión domiciliaria del agua potable en Colombia. *Revista de Economía Institucional*. 2010. Vol. 12, No. 23. Universidad Externado de Colombia, Bogotá.

ALCARAZ G; BARRIOS, Z. 2007. Informe sobre la encuesta de morbilidad sentida y mortalidad en niños menores a siete años de los municipios de Ríosucio y Carmen del Darien, Choco, Colombia. Universidad de Antioquia.

BARCELÓ, L D; LÓPEZ DE ALDA, M J. Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes. Ministerio de Medio Ambiente. Instituto de Investigaciones Químicas y Ambientales-CSIC. Barcelona. 2003.

BAIN R, R; CRONK, J; YANG H. J. La contaminación fecal del agua potable en los países en desarrollo: una revisión sistemática y meta-análisis. *PLoS Medicine*. 2014; 11 : e1001644.

BRIÑEZ, K J; GUARNIZO, J C; ARIAS, S A. Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima. *Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima*. 2012. En: *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*. 2012. Vol, 30; No, 2. pp 175-182. {En línea}. Disponible en: (<http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v30n2/v30n2a06.pdf>). {7 diciembre de 2016}

CÁZARES, M; ALCANTARA, A. Análisis microbiológico de la calidad del agua de ciudad nezhualcóytl, acorde a la norma oficial mexicana NOM-127-SSA1-1994 1,2. Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación. Buenos aires, argentina. 2014. ISBN: 978-84-7666-210-6 – Artículo 619. {En línea}. Disponible en: (www.oei.es/historico/congreso2014/memoriactei/619.pdf). {5 diciembre de 2016}

CARDONA L, A. política pública sectorial de agua y saneamiento básico en colombia: una mirada crítica. Trabajo presentado para optar al título de: Magister en Medio Ambiente y Desarrollo. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias

Económicas. Instituto de Estudios Ambientales Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo Bogotá, Colombia 2012. {En línea}. Disponible en: (<http://www.bdigital.unal.edu.co/11277/1/08905083.2012.pdf>). {7 diciembre de 2016}

COMITÉ DE NACIONES UNIDAS DE DERECHOS ECONÓMICOS, SOCIALES Y CULTURALES. Observación General No. 15. El derecho al agua. Noviembre de 2002. {En línea}. Disponible en: http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml {7 diciembre de 2016}

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 142 (11, julio, 1994). Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial Bogotá, D.C., 1994. No 41.433.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 715 (21, diciembre, 2001). Por la cual se dictan normas orgánicas en materia de recursos y competencias de conformidad con los artículos 151, 288, 356 y 357 (Acto Legislativo 01 de 2001) de la Constitución Política y se dictan otras disposiciones para organizar la prestación de los servicios de educación y salud, entre otros. Bogotá, D.C., 2001.

COLOMBIA. MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL. Decreto 475 (10, marzo, 1998). Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable. Diario Oficial Bogotá, D.C., Año CXXXIII. No. 43259., 1998. 43p.

COLOMBIA. MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL. Decreto 3518 (9, octubre, 2006). por el cual se crea y reglamenta el Sistema de Vigilancia en Salud Pública y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial Bogotá, D.C., 2006. No. 46417

COLOMBIA. MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL. Decreto 1575 (9, mayo, 2007). Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Bogotá, D.C.: El Mnisterio, 2007.

COLOMBIA. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115 (22, junio, 2007). Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Diario Oficial Bogotá, D.C., 2007. No. 46.679.

COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Resolución 1096 (17, Noviembre, 2000). Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico-RAS. Bogotá, D.C., El Ministerio, 2007.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 0811 (5, Marzo, 2008). Por medio de la cual se definen los lineamientos a partir de los cuales la autoridad sanitaria y las personas prestadoras, concertadamente definirán en su área de influencia los lugares y puntos de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución. Bogotá, D.C., El Ministerio, 2008.

COLOMBIANA DE SALUD. Guía De Atención En Medicina General. Enfermedad Diarreica A Guda 2015-2010. {En línea}. Disponible en: http://www.colombianadesalud.org.co/GUIAS_ATENCION_MEDICINA/GUIA%20ENFERMEDAD%20DIARREICA%20AGUDA%20C%20EXTERNA%202015%202020.pdf {31 enero de 2016}

DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas). Censo general de poblacional. DANE. 2005. Bogotá, D.C.

DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística). Sistema de consulta de información censal. {En línea}. Disponible en: <http://190.25.231.242/cgi-bin/RpWebEngine.exe/PortalAction?&MODE=MAIN&BASE=CG2005BASICO&MAIN=WebServerMain.inl>. consultado: 15 de enero 2014. {31 enero de 2016}

DEFENSORÍA DEL PUEBLO. Resolución Defensorial N° 064 Crisis Humanitaria en el Departamento del Chocó. 2014. Bogotá.

ESTUPIÑÁN T, S M; AVILA DE NAVIA, S L. Calidad físico-química y microbiológica del agua del municipio de Bojacá, Cundinamarca. En: Ciencias Biomédicas. 2010. Vol.8 No. Pp 121–240. ISSN:1794-2470. {En línea}. Disponible en: (http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA_12/NOVA14_ARTORIG7.pdf). {7 diciembre de 2016}

GALEANO, R, A.V; LARGO, Z, X. 2015. Costos directos del tratamiento de las enfermedades diarreicas agudas en niños menores de 5 años en Colombia. Tesis de grado U.D.C.A.

GELDREICH, EE; FOX, K.R.; GOODRICH J.A. et al. Searching for a water supply connection in the Cabool, Missouri disease outbreak of Escherichia coli O157:H7. Water Res 26:1127-1137. 1992.

GIL, M J; SOTO, A M; USMA, J I; GUTIÉRREZ, O D. Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. En: Producción + Limpia. 2012. Vol.7, No.2. pp 52-73.

GOBERNACIÓN DE CHOCÓ. Análisis de situación de salud (ASIS) municipios fronterizos del departamento de chocó frontera con Panamá 2010. Departamento Administrativo De Salud De Chocó.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI IGAC. MMA (Ministerio de Ambiente). Estudio de Zonificación Ecológica de la Región Pacífica Colombiana, 2008.

ISAZA C, G D. El derecho al agua y el mínimo vital en el marco del servicio público domiciliario de acueducto en Colombia. Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario Facultad de Jurisprudencia. Trabajo presentado para optar al título de magíster en derecho administrativo. Bogotá D.C. 2014.

LANDAETA M, D. P; GÓMEZ R, S.J; CÁRDENAS G, D. C; CORREA S, J.C. Aproximación al Costo de la Enfermedad Diarreica Aguda en Niños Menores de 5 Años y el Costo de un Lavado de Manos en Colombia. En: Revista de Actualizaciones en enfermería. 2012. Vol. 15, No. 1. Bogotá, D.C., Colombia. {En línea}. Disponible en: <https://encolombia.com/medicina/revistas-medicas/enfermeria/ve-151/Aproximacionalcosto/#sthash.7ZWS8Fdf.dpuf> {3 febrero de 2016}

LOBATO P, L E. Agua y pobreza, el Chocó: agua que no has de beber, déjala correr. Universidad Autónoma de Occidente Centro Interdisciplinario de Estudios de la Región Pacífico Colombiana, CIER. En: Ethos Regional. 2014. No, 11. ISSN 2248-7921. {En línea}. Disponible en: <http://www.uao.edu.co/sites/default/files/Ethos%20Regional%2011a%20edici%C3%B3n.pdf>. {7 diciembre de 2016}

MELO, D. Tierra Digna. La Minería en Chocó, en Clave de Derechos 2015. Investigación y propuestas para convertir la crisis socio-ambiental en paz y justicia territorial. Bogotá, Colombia. 2016

MENA M, H; MORENO H, H; VALOYES S, A M. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD. Perfil productivo municipio Ríosucio Chocó. 2013. Bogotá D.C., Colombia. {En línea}. Disponible en: (<http://www.redormet.org/documento/perfil-productivo-riosucio/>).

MIKHEEV M. New epidemics: the challenge for international health work. Helsinki: Finnish Institute of Occupational Health; 1994. {7 diciembre de 2016}

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL – DASA. Política Pública de abastecimiento de Agua y Saneamiento Básico para la Zona Rural de Colombia. (Versión Preliminar). 2004.

MIRANDA, M; ARAMBURÚ, A; JUNCO, J; CAMPOS, M. Situación de la calidad de agua para consumo en hogares de niños menores de cinco años en Perú, 2007-2010. En: Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública. 2010. Vol, 27; No 4. pp 506-511. {En línea}. Disponible en: (http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342010000400003). {5 diciembre de 2016}

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE. Carbono orgánico total. 2007. {En línea}. Disponible en: (<http://www.prtr-es.es/Carbono-organico-total-COTComo-C,15663,11,2007.htmlL>). {7 diciembre de 2016}

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. 2014. Informe nacional sobre el agua para consumo humano año 2013 con base en el IRCA.193 Pg.

MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL. Dirección De Epidemiología Y Demografía Grupo ASIS. Análisis de Situación de Salud según regiones Colombia 2013. {En línea}. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/Documentos%20y%20Publicaciones/An%C3%A1lisis%20de%20situaci%C3%B3n%20de%20salud%20por%20regiones.pdf> {4 febrero de 2016}

MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL. Instituto Nacional de Salud. Grupo Calidad del Agua. Estado de la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo humano-2013. Bogotá: INS, 2014. 76 p. ISSN: 2322-9497. {En línea}. Disponible en: http://www.ins.gov.co/sivicap/Normatividad/2014%20Estado%20de%20la%20vigilancia%20de%20la%20calidad%20del%20agua%202013.pdf?Mobile=1&Source=%2Fsivicap%2F_layouts%2Fmobile%2Fview.aspx%3FList%3Ddc462e4b-5de8-4a2f-be3a-08ad1c837db7%26View%3D0ac5f5c5-4988-442d-bc0e-2c07af4f66a5%26CurrentPage%3D1 {4 febrero de 2016}

MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL. Análisis de situación de Salud. Colombia, 2014. 118p. {En línea}. Disponible en: https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/PSP/ASIS_2014_v11.pdf {6 febrero de 2016}

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Dirección General De Salud Pública Grupo De Vigilancia En Salud Pública. Plan de contingencia del sector salud para la prevención y control de cólera en Colombia. Bogotá D.C., Junio de 2011. {En línea}. Disponible en: <http://www.ins.gov.co/lineas-de-accion/Subdireccion-Vigilancia/sivigila/Fichas%20de%20Notificacin%20SIVIGILA/Plan%20contingencia%20prevencion%20y%20control%20colera.pdf> {31 enero de 2016}

MARCÓ, R. AZARIO, C. METZLER, M. C. GARCIA. La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadoras a partir de fuentes superficiales. En: Hig. Sanid. Ambient. No 4 2004.pp72-82. {En línea}. Disponible en: [http://salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510156890491c_Hig.Sanid.Ambient.4.72-82\(2004\).pdf](http://salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510156890491c_Hig.Sanid.Ambient.4.72-82(2004).pdf) {7 diciembre de 2016}

MOSQUERA C, M. Análisis de Situación de Salud (ASIS) con el Modelo De los Determinantes Sociales de Salud Departamento del Chocó. Secretaría De Salud Departamental Vigilancia En Salud Pública. 2014. 86p. {En línea}. Disponible en: http://uvsalud.univalle.edu.co/pdf/procesos_de_interes/asis_departamental_choco.pdf {6 febrero de 2016}

MYERS, NY. Threatened biotas: hotspots in tropical forest. En: The Environmentalist. Vol. 8, No. 3.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD OMS. Guías para la calidad del agua potable [recurso electrónico]: incluye el primer apéndice. Vol. 1: Recomendaciones. Tercera edición. 2006. Versión electrónica para la Web. ISBN 92 4 154696 4. 11p.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD OMS. Guidelines for drinking-water quality. Surveillance and control of community supplies. 1997

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD OMS. Guías para la calidad del agua potable. Recomendaciones. Segunda edición. Geneva, 1995.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD OMS. Guiding Principles for National Monitoring of the Water Supply and Sanitation Sector. WHO, Geneva, June 1986.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD - OPS. La Calidad del Agua Potable en América Latina. Ponderación de los riesgos microbiológicos contra los riesgos de los subproductos de la desinfección química. 1996

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD OMS. Agua. Nota descriptiva No 391. 2015. {En línea}. Disponible en: (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/es/>) {5 diciembre de 2016}

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD OMS, 2016. Cólera nota descriptiva. {En línea}. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs107/es/> {31 enero de 2016}

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS ONU. Decenio internacional para la acción “el agua fuente de vida” 2005-2015. {En línea}. Disponible en: (http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml) {5 diciembre de 2016}

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD OMS. Informe 2015 del PCM sobre el acceso a agua potable y saneamiento: datos esenciales. 2015. {En línea}. Disponible en: (http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/jmp-2015-key-facts/es/) {5 diciembre de 2016}

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD OMS. Guías para la Calidad del Agua Potable. 1998. 2da edición. Volúmenes 1 y 3. Ginebra.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS ONU. Decenio internacional para la acción “el agua fuente de vida” 2005-2015. 2014. {En línea}. Disponible en:

http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_and_sustainable_development.shtml
{7 diciembre de 2016}

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS ONU. Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo 2015. Agua para un mundo sostenible. Datos y cifras. {En línea}. Disponible en: http://www.unesco.org/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf {4 febrero de 2016}

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA UNESCO. El Decenio Hidrológico Internacional El agua y el hombre: panorama mundial por Raymond L. Nace. 1970. {En línea}. disponible en: (<http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001281/128176so.pdf>). {5 diciembre de 2016}

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO. sitio web OIT. {En línea}. Disponible en: (http://www.ilo.org/global/about-the-ilo/newsroom/features/WCMS_075349/lang--es/index.htm). {7 diciembre de 2016}

ORELLANA, J A. Características del agua potable. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario. Argentina. {En línea}. Disponible en: (https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_03_Caracteristicas_del_Agua_Potable.pdf) {5 diciembre de 2016}

PÉREZ V, A; AMÉZQUITA M, C P; TORRES L, P. Identificación y priorización de peligros como herramientas de la gestión del riesgo en sistemas de distribución de agua potable. Pontificia Universidad Javeriana Bogotá, Colombia. En: Ingeniería y Universidad. 2012. Vol, 16; No, 2. pp. 449-469. {En línea}. Disponible en: (<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47724934009>). {7 diciembre de 2016}

RAMÍREZ V, C,L Et al. 2010. Estimación de costos inducidos derivados de la calidad del agua potable en Risaralda. *Scientia et Technica* Año XVI, No 44, Abril de 2010. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701.

REASCOS CH, B; YAR S, B. Evaluación de la calidad del agua para el consumo humano de las comunidades del cantón Cotacachi y propuesta de medidas correctivas. Trabajo de grado para obtener el Título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Universidad Técnica Del Norte. 2010. 63p. {En línea}. Disponible en: (<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/221>). {5 diciembre de 2016}

ROJAS, R. Quality Control of Piped Urban Water Supplies.1992.

ROJAS, A. Determinación de coliformes totales, coliformes fecales y vibrio sp. en aguas de consumo humano, provenientes de pozos y plantas de tratamiento del municipio San Fernando, estado Apure. Trabajo de grado para optar al título de Licenciado en Bioanálisis. Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Escuela de Ciencias. 2010. {En línea}. Disponible en: (http://ri.biblioteca.udo.edu.ve/bitstream/123456789/1667/1/TESIS_AR.pdf) {7 diciembre de 2016}

SÁNCHEZ H, VARGAS M, MÉNDEZ J. Calidad bacteriológica del agua para consumo humano en zonas de alta marginación de Chiapas. En: *Salud pública Méx.* 2000; Vol. 42, No. 5. pp 397–406.

SETTER. L. Y cols. Radioactivity of surface waters in the United States. *J.Am.Water Works Assoc.* 1959. Vol. 53. 704p.

TOBÓN M, F Á; LÓPEZ G, L A; PANIAGUA S, R E. Contaminación del agua por plaguicidas en un área de Antioquia. En: *Revista salud pública.* 2010. Vol, 12; No, 2. Pp 300-307. {En línea}. Disponible en: (<http://www.scielosp.org/pdf/rsap/v12n2/v12n2a13.pdf>) {7 diciembre de 2016}

UNICEF. La infancia, el agua y el saneamiento básico en los planes de desarrollo departamentales y municipales. 2006. Bogotá D.C. primera edición. {En línea}.

Disponible en:
http://www.procuraduria.gov.co/portal/media/file/descargas/publicaciones/parte3_agua.pdf
{5 diciembre de 2016}

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD. Sistemas de Abastecimiento de agua. 2011. {En línea}. Disponible en: (http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358002/Abastecimiento_Contentido_en_linea/index.html). {7 diciembre de 2016}

UNICEF Colombia – PROCURADURÍA GENERAL DE LA NACIÓN. La infancia, la adolescencia y el ambiente sano en los planes de desarrollo departamentales y municipales. 2002.

VARGAS G, C; ROJAS V, R; CASAS, J J. Control y vigilancia de la calidad del agua de consumo humano. 2009. {En línea}. Disponible en: (<http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/e/cd-cagua/ref/text/09.pdf>) {5 diciembre de 2016}