

Evaluación de la presencia de Coliformes Totales, *Escherichia coli* y Colifagos Somáticos como indicadores de contaminación fecal en las aguas del río Boque y su impacto en la salud de la población del corregimiento de Monterrey



Presentado por:

Claudia Lorena Santos Camargo

Directora:

Claudia Campos Pinilla Ph.D

MICROBIOLOGIA INDUSTRIAL

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

FACULTAD DE CIENCIAS

MICROBIOLOGÍA INDUSTRIAL

Junio, 2016

Evaluación de la presencia de Coliformes Totales, *Escherichia coli* y Colifagos Somáticos como indicadores de contaminación fecal en las aguas del río Boque y su impacto en la salud de la población del corregimiento de Monterrey

Claudia Lorena Santos Camargo

APROBADA

CONCEPCIÓN PUERTA B. Ph.D

Decana Académica

Facultad de Ciencias

MARCELA FRANCO CORREA Ph.D

Directora

Carrera de Microbiología

Evaluación de la presencia de Coliformes Totales, *Escherichia coli* y Colifagos Somáticos como indicadores de contaminación fecal en las aguas del río Boque y su impacto en la salud de la población del corregimiento de Monterrey

Claudia Lorena Santos Camargo

APROBADO

CLAUDIA CAMPOS PINILLA Ph.D.

DIRECTORA

FIDSON JUARISMY VESGA Ph.D. (Candidata)

JURADO

Nota de Advertencia

ARTÍCULO 23, RESOLUCIÓN 13 DE JULIO DE 1946.

“La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de tesis. Sólo velará porque no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y porque las tesis no contengan ataques personales contra persona alguna, antes bien se vean en ellas el anhelo de buscar la verdad y la justicia”

Tabla de Contenido

1. RESUMEN.....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	3
3. JUSTIFICACION Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
4. MARCO TEORICO.....	7
4.1 Minería	7
4.1.1 Minería en Colombia.....	7
4.2 Corregimiento de Monterrey.....	8
4.3 Cuenca Hidrográfica del río Boque	8
4.4 Contaminación de agua y Enfermedades de origen Hídrico.....	9
4.5 Indicadores de contaminación fecal	9
4.5.1.1 Coliformes totales	10
4.5.1.2 <i>Escherichia coli</i>	10
4.5.2.1 Colifagos somáticos.....	11
4.6 Normatividad para evaluar la calidad microbiológica en Colombia	11
4.7 Encuestas de morbilidad sentida	12
5. OBJETIVOS.....	13
5.1 Objetivo general	13
5.2 Objetivo específico	13
6. Materiales y Métodos.....	14
6.1 Zona de Estudio	14
6.2 Estaciones de Muestreo.....	14
6.3 Análisis de Coliformes Totales y <i>E.coli</i>	17
6.4 Análisis de fagos somáticos	18
6.5 Encuestas de morbilidad sentida	19
7. DISCUSION Y RESULTADOS.....	20
8. CONCLUSIONES	32
9. RECOMENDACIONES.....	33
10. BIBLIOGRAFIA	34
Anexos.....	38

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resultados del análisis de Coliformes totales en los tres muestreos en el río Boque.	20
Tabla 2. Tabla 2.Resultados de E.coli en cada uno de los tres muestreos en e río Boque.....	22
Tabla 3. Resultados de fagos somáticos en cada uno de los tres muestreos en el rio Boque.....	23

LISTA FIGURAS

Figura 1. Estaciones de Muestreo y Georreferenciación en el río Boque	15
Figura 2. Estaciones de muestreo y georreferenciación de las muestras tomadas en las casas.....	16
Figura 3. Estaciones de muestreo y georreferenciación de las muestras tomadas en los pozos	16
Figura 4. Características Socioeconómicas	26
Figura 5. Variables relacionadas con el entorno y los porcentajes de respuesta obtenidos	27
Figura 6. Variables relacionadas con hábitos de higiene.	28
Figura 7. Variables relacionadas con la salud de los integrantes de la familia.....	30

LISTA ANEXOS

Anexo 1. Cadena de custodia.....	38
Anexo 2. Encuestas de morbilidad sentida.....	39

1. RESUMEN

Monterrey es un corregimiento de Colombia, ubicado al sur de Bolívar, el cual es considerado un importante centro minero, aunque sea explotado de forma ilegal. Por esta zona del país atraviesa el río Boque; recurso hídrico que provee a las poblaciones aledañas. Sin embargo, allí son vertidos los metales pesados y compuestos utilizados en la extracción minera de oro. Adicionalmente, la población que vive cerca de la mina genera contaminación de origen fecal y doméstico. La ausencia de sistemas de alcantarillado y tratamiento para el manejo adecuado de las aguas residuales y de consumo generan riesgo de transmisión de enfermedades hídricas. Además, aguas abajo de estos vertidos la población de Monterrey consume aguas del río Boque lo que representa un riesgo para la salud de los habitantes.

En este estudio se evaluó la presencia de Coliformes totales, *E.coli* y Colifagos Somáticos como indicadores de contaminación fecal en las aguas del río Boque. Para esto, se realizaron tres muestreos en cinco estaciones, para un total de 15 muestras colectadas a lo largo del río: (1) Pueblo Gato punto cercano a zona de extracción minera, (2) Vereda Tigui punto intermedio entre Pueblo Gato y el punto de captación de la planta de tratamiento denominada Bocatoma, (3) Bocatoma para el acueducto, (4) tres casas de la comunidad y (5) tres pozos seleccionados al azar de agua subterránea. Los protocolos utilizados fueron ISO 9308-1(2014) para la identificación y cuantificación de Coliformes totales y *E.coli* y la ISO 10705-2 (2000) para la detección y cuantificación de Colifagos somáticos. Con la finalidad de medir diferentes variables de las condiciones de vida de la población y establecer una posible relación de las enfermedades presentes, se aplicaron 149 encuestas de morbilidad sentida.

Las concentraciones de Coliformes totales, expresadas en media geométrica, encontradas en las estaciones de muestreo Pueblo Gato, Vereda Tigui y Bocatoma son en orden de 6.81×10^4 y 9.71×10^4 y 5.46×10^4 UFC/100 mL, los cuales no cumplen con el decreto 1594/84, en relación al agua utilizada para potabilizar por sistemas convencionales. En estos puntos de muestreo se encontraron además para *E.coli* concentraciones de 6.83×10^3 , 4.93×10^3 y 2.15×10^3 UFC/100mL respectivamente. En relación a las dos últimas estaciones de muestreo (casa y pozo), tanto para Coliformes totales como *E.coli* no cumplen con la resolución 2115/2007 para agua potable, al encontrarse en una concentración de 5.39×10^4 y 3.9×10^4 UFC/100 mL para coliformes totales y 3.91×10^3 y 3.9×10^3 UFC/100 mL para *E.coli*. Finalmente para fagos somáticos en las cinco estaciones de muestreo presentaron concentraciones entre 1 y 4.9×10^3 PFP /100mL, respecto

a esto Colombia no cuenta con una normativa para control de fagos pero evidencian la presencia de virus patógenos.

En relación a las 149 encuestas de morbilidad sentida, las variables evaluadas muestran que la población percibe que el agua no es potable y manifiestan enfermedades relacionadas con la calidad de la misma. En los resultados se confirma la contaminación de agua para consumo debido a la presencia de Coliformes totales, *E.coli* y fagos somáticos en el Río Boque lo cual está afectando la salud de los habitantes de esta comunidad. Más aún las encuestas nos permiten tener una aproximación de las condiciones de vida de la población y las enfermedades prevalentes.

2. INTRODUCCIÓN

Según el Banco Mundial, el sector minero ha cobrado gran importancia en la última década en América Latina. En Colombia la extracción minera es una de las principales actividades económicas, de la cual dependen en su mayoría comunidades vulnerables y es realizada de manera ilegal. Esta minería genera gran impacto ambiental y social ya que no existe ningún tipo de control en el uso de insumos tóxicos como cianuro, mercurio y ácido sulfúrico. Los procesos de lavado se realizan con una tela fina y metales tóxicos para formar una amalgama, la cual es quemada para evaporar los metales y obtener los hilos de oro. Este procedimiento afecta la salud de los trabajadores por la generación de vapores y además genera contaminación en los cuerpos de agua, afectando a la población residente que la consume.

El desarrollo de esta actividad en el corregimiento de Monterrey, Colombia hace que los habitantes se ubiquen en asentamientos alrededor de las zonas mineras donde no cuentan con sistemas de acueducto y alcantarillado al estar fuera de un marco rural y urbano. Estos habitantes captan el agua del río y la utilizan en las diferentes actividades incrementando el nivel de contaminación por desechos domésticos, principalmente de origen fecal que se vierten directamente al río sin ningún tipo de tratamiento. Para evaluar la calidad microbiológica del agua es necesario el uso de indicadores de contaminación fecal, mediante la identificación de bacterias, virus y parásitos los cuales permiten dar un indicio de presencia de microorganismos patógenos.

Para determinar la calidad del agua se hace uso de indicadores de contaminación fecal. Los más utilizados son los Coliformes totales y *E.coli* como indicadores bacterianos y los fagos somáticos como indicadores virales. Para determinar la presencia y concentración de estos indicadores de aguas se utilizaron los protocolos ISO 9308-1 (2014) e ISO 10705-2 (2000) respectivamente. Para evaluar las condiciones de vida y las variables relacionadas con las enfermedades prevalentes en la población se aplicó una encuesta de morbilidad sentida donde se evaluaron las variables como características socioeconómicas, características del entorno, hábitos de higiene y las condiciones de salud de los integrantes de cada familia.

El análisis realizado a 15 muestras provenientes de cinco estaciones de muestreo, evidenció que la concentración de Coliformes totales y *E. coli* se encuentra entre 10^6 UFC/100 y 10^4 UFC/100 mL, en las tres primeras estaciones de muestreo, lo cual indica que no cumple con el Decreto 1594 de 1984 en relación al agua para ser potabilizada por sistemas convencionales. En cuanto

a las dos últimas estaciones de muestreo (casa y pozo), no cumplen con las concentraciones sugeridas en la resolución 2115 de 2007 para aguas potables. Estos resultados muestran la relación de las enfermedades prevalentes en la población con la calidad del agua.

3. JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Colombia la explotación minera es una de las actividades más desarrolladas al ser fuente de recursos económicos y de desarrollo para la mayoría de las poblaciones ricas en minería. Se conocen dos formas de extracción a nivel mundial: (1) Legal la cual genera recursos, bienestar y cumple las normas (2) A cielo abierto o también denominada ilegal; realizada en las riberas de ríos, lagunas, cabeceras de las cuencas y las zonas naturales protegidas. La segunda es la más ampliamente usada, ya que de las 14 mil explotaciones mineras realizadas en Colombia se ha reportado que el 60% se realiza de esta forma ilegal, ocasionando efectos negativos tanto para la economía, la sociedad y el medio ambiente (Martínez, 2012).

Esta actividad genera impacto ambiental y social, ya que no existe ningún tipo de control en el uso de insumos tóxicos como: cianuro, mercurio y ácido sulfúrico principalmente; el proceso de lavado en la minería ilegal se realiza utilizando una tela fina y adicionando estos metales para formar una amalgama los cuales son quemados para evaporarlos y así obtener los hilos de oro, afectando la salud de quienes se dedican a esta actividad por la generación de los vapores; de igual manera contaminando recursos hídricos aledaños a las comunidades, generando daños irreparables no solo a la comunidad sino también a la flora y fauna nativa de la zona.

El desarrollo de esta actividad hace que los habitantes se ubiquen alrededor de las zonas mineras generando asentamientos que no cuentan con sistemas de acueducto y alcantarillado al estar fuera del marco rural y urbano. Los habitantes captan el agua de los ríos y la utilizan en las diferentes actividades diarias incrementando el nivel de contaminación por desechos domésticos principalmente de origen fecal. En consecuencia se presentan enfermedades de tipo gastrointestinal causadas por microorganismos de origen fecal y otras enfermedades originadas por la presencia de agentes químicos tóxicos como mercurio y cianuro principalmente (Sotelo, 2012).

Problemáticas como las descritas anteriormente se presentan en el Sur de Bolívar, donde se cuenta con alta disponibilidad de recursos hídricos al encontrarse en medio de dos ríos, Cauca y Magdalena; este último pasa por los Departamentos de Santander, Antioquia, Boyacá, Cesar y Bolívar. Además se destaca por poseer una de las minas de oro más grandes de América Latina, ubicada en la Serranía de San Lucas, convirtiéndola así en una de las zonas con mayor actividad económica tanto para el estado como para los habitantes de la zona, quienes realizan de forma artesanal la extracción de este mineral (Martínez, 2012).

Al Sur de Bolívar, puntualmente en Simití, se encuentra el corregimiento de Monterrey región aurífera donde se desarrolla esta actividad minera ilegal, haciendo uso de agentes químicos tóxicos generando contaminación de origen fecal proveniente de los asentamientos que van al río Boque el cual es una de la fuentes hídricas que provee de dicho recurso a la comunidad. Esto genera gran preocupación, ya que las trazas de metales y la contaminación fecal vertidas se encuentran en altas concentraciones.

Teniendo en cuenta lo anterior, este estudio tuvo como objetivo general conocer la concentración de Coliformes totales, *Escherichia coli* y Colifagos Somáticos como indicadores de contaminación fecal en el río Boque, junto con la aplicación de una encuesta de morbilidad sentida para determinar si existe relación entre la calidad de agua y las enfermedades prevalentes en la población.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Minería

El código minero define las minas como el yacimiento de minerales que genera un aprovechamiento económico, encontrados en el suelo o subsuelo donde se realiza la explotación. La actividad minera se considera como uno de los ejes de desarrollo económico al ser una fuente generadora de ingresos por las exportaciones y tributaciones (Código de Minas, 2001). En la minería se conocen dos tipos de explotación; la subterránea y a cielo abierto. La segunda genera mayor impacto en bosques, hábitats y acuíferos ya que cuando se extrae oro se utilizan químicos altamente tóxicos como es el caso del cianuro y mercurio; estos metales son utilizados para separar los minerales ocasionando contaminación al ambiente. Adicionalmente en el proceso de separación y lavado se utilizan grandes cantidades de agua, las cuales llegan a cuerpos de agua que son utilizadas para consumo humano desencadenando diferentes tipos de afecciones (Mantxo, 2010). La principal consecuencia en la salud a causa de esto es el metilmercurio el cual afecta el desarrollo neurológico. Por ello, la exposición a esta sustancia durante la etapa fetal afectando la parte cognitiva, la memoria, la capacidad de concentración, el lenguaje y las aptitudes motoras y espacio-visuales finas del niño (OMS, 2016)

4.1.1 Minería en Colombia

En el caso de Colombia existen cerca de 9.000 títulos mineros otorgados donde la mayoría se encuentran en situación de exploración; alrededor de 15.000 familias viven de la actividad minera sin contar con un permiso, lo cual abarca alrededor de 3.600 minas. La minería ilegal en Colombia está presente en un 44% de los municipios del país y representa el 30% del total de las explotaciones mineras siendo la actividad económica que más prevalece en la mayoría de las regiones del país como es el caso de Chocó, Cauca y Nariño donde no se ejerce ningún control ocasionando daños en la flora y fauna. En el Sur de Bolívar en los municipios de Simití, San Pablo y Santa Rosa se presenta la mayor producción aurífera ilegal contando con el 69% de los yacimientos (Suárez, 2011).

4.2 Corregimiento de Monterrey

El Departamento de Bolívar está localizado al norte del país, el cual limita por el norte con el mar Caribe y el Atlántico, por el sur con Antioquia, por el oriente con los Departamentos de: Atlántico, Magdalena, Cesar y Santander y por el occidente con Córdoba, Sucre y Antioquia. El Departamento de Bolívar está conformado por 38 municipios, incluida Cartagena como capital del Departamento y cuenta con 2.097.161 habitantes según la proyección del Departamento Administrativo (Creative, 2011)

Simití es un municipio del sur de Bolívar, con una población estimada de 10.360 habitantes y un área municipal de 1.345 km². En relación a la educación en esta zona el 55% de los habitantes han cursado la primaria, mientras que el 32% de la población son analfabetas. El corregimiento de Monterrey cuenta con 475 habitantes ubicados en 120 viviendas, de acuerdo con las proyecciones del DANE (2016). El número de habitantes aumentó en Simití debido a la explotación de las minas de Guamocó y la Serranía de San Lucas, lo que llevo a que se convirtiera en la zona de mayor explotación aurífera (Movice, 2001). La Ciénaga de Simití es la fuente de sustento para la mayoría de los habitantes de la cabecera municipal donde gran parte de la población vive de la pesca y de la minería ya que cuentan con un potencial hidrográfico como el río Magdalena con más de 20 ciénagas y humedales y las Quebradas del río Boque, Santo Domingo, Tigui, Juncal, Inanea y las Ciénagas de Burgos, Brava, La Hondilla, Pita y Salobre (Padilla, 2008, De La Hoz, 2009). Además de la extracción de minerales como el oro, metales y piedras preciosas también se desarrollan actividades económicas como la ganadería, la pesca y la agricultura teniendo como principales cultivos el maíz, el café, el arroz, el plátano y la caña de azúcar como principales fuentes de economía de la región (Creative, 2011).

4.3 Cuenca Hidrográfica del río Boque

Por el corregimiento de Monterrey atraviesa el río Boque el cual tiene un área aproximada de 876 km², limita al norte con la quebrada Inanea, al oriente y al sur con el río Santo Domingo, al occidente con el río Tigui y Nechí y finalmente desembocando en el río Magdalena. Está conformado por los corregimientos de Monterrey, Santa Lucía, San Blas, San Luis y San Joaquín, En relación al agua el consumo es de 240 L/habitantes/día (Pérez, 2011).

4.4 Contaminación del agua y Enfermedades de origen Hídrico

Las enfermedades de origen hídrico se han convertido en un problema sanitario de gran importancia afectando directamente a poblaciones vulnerables que consumen el agua contaminada por diferentes fuentes (OMS, 2016) se incluyen aquellas enfermedades 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; y enfermedades como la legionelosis transmitida por aerosoles que contienen microorganismos .

La contaminación fecal de las aguas superficiales es preocupante ya que sirven como fuente de abastecimiento para la población, donde factores como el vertimiento de los desagües sin ningún tratamiento y la defecación a campo abierto en zonas rurales podrían explicar el aumento de las enfermedades de origen hídrico. Como ocurre en el sur de Bolívar según lo reportado por la Asociación Campesina del Valle del río Cimitarra en el 2006, quienes mencionan que las enfermedades más frecuentes son diarrea y enfermedades de tipo crónico como parasitismo intestinal.

4.5 Indicadores de contaminación fecal

El control de la calidad microbiológica del agua de consumo requiere de análisis para determinar la presencia de microorganismos patógenos, donde el diagnóstico de estos se puede realizar mediante el uso de indicadores microbianos, la alternativa para realizar un control fiable, económico y rápido de la calidad microbiológica del agua es el uso de indicadores de contaminación fecal (Campos, 1999). Existen una variedad de microorganismos que se utilizan como indicadores de calidad del agua como lo son bacterias, virus y parásitos, los cuales dan un indicio de contaminación en el agua, por lo que se utilizan al tener un comportamiento similar al patógeno siendo fáciles, rápidos y económicos. Estos indicadores por sus características permiten la identificación de microorganismos patógenos en la contaminación de cuerpos de agua (Yates, 1992).

Las características para seleccionar un microorganismo como indicador fecal se basan en que es un constituyente normal de la microbiota intestinal de individuos sanos, está presente cuando los microorganismos patógenos intestinales lo están, se presenta en número elevado facilitando su aislamiento e identificación, son incapaces de reproducirse fuera del intestino de los animales

homeotérmicos, su tiempo de supervivencia debe ser igual o un poco superior al de los patógenos, la resistencia a los factores ambientales debe ser igual o superior al de los patógenos de origen fecal, debe ser fácil de aislar y cuantificar y ser detectado fácilmente por métodos simples.

4.5.1 Indicadores bacterianos de contaminación fecal

Entre los indicadores de contaminación fecal más utilizados se encuentran los coliformes totales y termotolerantes, *Escherichia coli* y *Enterococos*. Las bacterias indicadoras permiten realizar la clasificación sanitaria de las aguas para diferentes usos, la determinación de criterios para las normas de calidad, la identificación de contaminantes, el control de procesos de tratamiento de agua y estudios epidemiológicos (Murell,2013).

4.5.1.1 Coliformes totales

Los Coliformes totales y *E. coli* se utilizan como indicadores de contaminación fecal en agua, suelos y lodos. Son habitantes normales del tracto gastrointestinal del hombre y al ser eliminados por materia fecal se encuentran en los cuerpos de agua en altas concentraciones, permaneciendo por más tiempo en relación a las bacterias patógenas. Estas características hacen a estos microorganismos los más utilizados como indicadores de contaminación fecal (Ramos et al., 2008).

Los Coliformes totales son bacterias Gram Negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a 37° C produciendo ácido y gas (CO₂); se clasifican como aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de la β galactosidasa. Este grupo está conformado por los generos: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Edwardsiella* y *Citrobacter*, los cuales viven como saprofitos independientes o como bacterias intestinales y pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae*. (Pulido, 2005).

4.5.1.2 *Escherichia coli*

E. coli pertenece al grupo de los Coliformes fecales, es un Bacilo aerobio facultativo, Gram Negativo no esporulado que se caracteriza por tener enzimas específicas como la β galactosidasa y β glucoronidasa. Es el indicador microbiológico específico de contaminación fecal en el agua para consumo humano (Odonkor et al. 2013).

4.5.2 Indicadores virales de contaminación fecal

El uso de los indicadores virales se utilizan ya que se ha observado que su comportamiento es similar al de algunos virus causantes de enfermedades de origen hídrico y que su detección se puede hacer en menor tiempo y con técnicas que representan poca dificultad frente a las utilizadas para los virus patógenos, para esto se han utilizado bacteriófagos, entre ellos los que se han evaluado con mayor éxito son los fagos somáticos, F⁺ específicos y los que infectan *Bacteroides fragilis* (Campos,2008).

4.5.2.1 Colifagos somáticos

Los colifagos somáticos o bacteriófagos son parásitos intracelulares obligados, los cuales actúan como agentes biológicos que parasitan bacterias de forma específica, los cuales están formados por una molécula de ácido nucleico (Martínez et al., 2014). Para su multiplicación usan la maquinaria del huésped por diferentes vías de replicación, como el ciclo lítico, mediante el reconocimiento de los receptores de la bacteria, empezando por la adsorción del fago a la célula huésped seguido de la penetración del ácido nucleico a la bacteria. El desarrollo intracelular de los componentes fágicos y la liberación de progenie viral permite la lisis celular. En relación el ciclo lisogénico realiza los dos primeros pasos del ciclo lítico pero el DNA del virus queda integrado en el DNA de la bacteria y por factores ambientales se libera el operon, dejando que los genes de la bacteria repliquen el material genético y se genere la lisis celular (Tortora et al., 2007).

Las características que tienen los fagos para considerarse indicadores de contaminación viral son que las poblaciones de colifagos son más grandes que las de los enterovirus, son incapaces de reproducirse fuera del huésped bacteriano, se pueden aislar y contar utilizando métodos sencillos de a nivel de laboratorio, se obtienen resultados más rápidos que con enterovirus.

4.6 Normatividad para evaluar la calidad microbiológica en Colombia

Para evaluar la calidad del agua potable en Colombia se encuentra el decreto 1575/2007 y su resolución 2115/2007 y para agua que va a ser potabilizada el decreto 1594/84. La calidad del agua para consumo humano debe cumplir con características físicas, químicas y microbiológicas. En la resolución 2115/2007 del decreto 1575/2007 se establece que la presencia de Coliformes totales y *E.coli* debe ser de 0 UFC/100 cm³ en aguas potables independiente del método utilizado

y para potabilización del agua por métodos convencionales el decreto 1594/84 establece que la presencia de Coliformes totales debe ser máximo de 2×10^4 NMP/100mL.

4.7 Encuestas de morbilidad sentida

Las encuestas de morbilidad sentida son herramientas epidemiológicas que permiten obtener información de la morbilidad no diagnosticada o percibida por parte de la población (González, 2007) y se llevan a cabo con la aplicación de encuestas en donde se incluyen variables como la situación demográfica, composición familiar y hábitos de higiene, para de esta manera analizar y determinar la relación de las enfermedades con la calidad del agua y las condiciones de vida de la población. También La morbilidad sentida se constituye como el indicador más inmediato de la necesidad de servicios de salud y la mayor aproximación que se tiene a la morbilidad real de la población (Agudelo, 2012).

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Evaluar de la presencia de Coliformes Totales, *Escherichia coli* y Colifagos Somáticos como indicadores de contaminación fecal en las aguas del río Boque y su impacto en la salud de la población del corregimiento de Monterrey

5.2 Objetivo específico

1. Determinar la presencia y concentración de Coliformes totales, *E.coli* como indicadores bacterianos de contaminación fecal.
2. Determinar la presencia y concentración de fagos somáticos como indicador viral de contaminación fecal.
3. Establecer la relación entre la calidad microbiológica del agua y la salud de la población por medio de la aplicación de encuestas de morbilidad sentida

6. Materiales y Métodos

6.1 Zona de Estudio

La recolección de las muestras se llevó a cabo en el río Boque el cual tiene un área aproximada de 876 km² limita al norte con la quebrada Inanea, al oriente y al sur con el río Santo Domingo, al occidente con el río Tigui y Nechí y finalmente desembocando en el río Magdalena, ubicado el corregimiento de Monterrey en el municipio de Simití, departamento de Bolívar (Colombia), con una población de 475 habitantes para el año 2011 (Pérez, 2011).

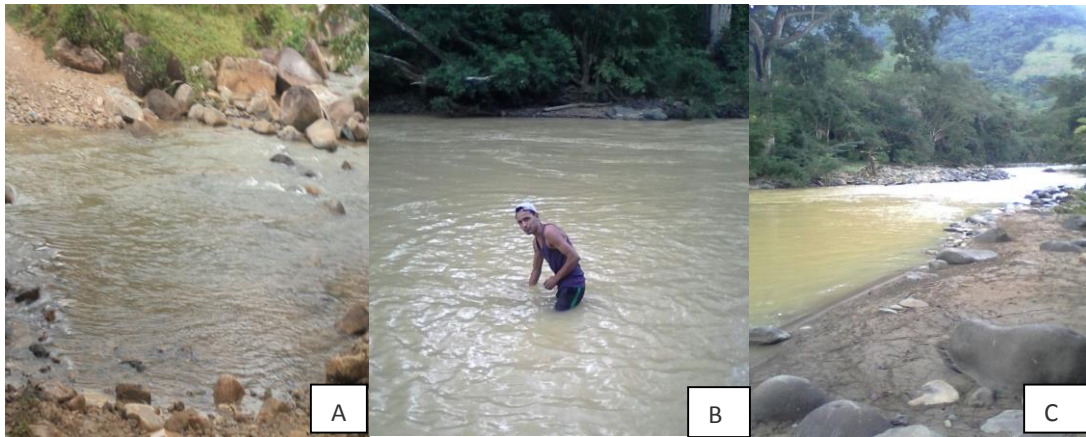
6.2 Estaciones de Muestreo

Las estaciones de muestreo fueron seleccionadas a lo largo del río Boque en el corregimiento de Monterrey. Se realizaron tres muestreos (Julio, Septiembre y Diciembre 2015), por cada una de las 5 estaciones para un total de 15 muestras. En cada uno de las estaciones de muestreo se registró el procedimiento de toma de muestra y los datos característicos del sitio en una cadena de custodia (Anexo 1).

La selección de las estaciones de muestreo se realizó teniendo en cuenta la localización de la mina, por lo cual inicialmente se determinó que la primera estación de muestreo fuera antes y después de la mina, otra en la Bocatoma y en una casa, pero al visitar la zona se encontró que el río ya estaba contaminado por la minería de Antioquia, por lo cual se tomaron muestras después de la mina, en la bocatoma, casa y pozo al observar que los habitantes realizaban explotación de agua subterránea para ser utilizada para consumo.

La primera estación de muestreo fue Pueblo Gato la cual se encuentra cercana a la zona de explotación minera Figura 1(a) perteneciente al corregimiento de Santa Rosa, seguido de Tigui como se observa Figura 1(b) ubicada entre Pueblo Gato y el punto de captación de agua de la planta de tratamiento que corresponde a la estación de muestreo denominada Bocatoma que es la tercera estación de muestreo, Figura 1(c); esta planta de tratamiento consiste en un tanque de coagulación/floculación, otro de sedimentación, una filtración posterior y finalmente desinfección por cloro. La cuarta estación de muestreo fueron casas al azar como se muestra en las Figuras 1(d),2(b) y 3(a), tomando la muestra de contenedores de almacenamiento como albercas y recipientes metálicos. La última estación de muestreo fue agua de pozo como punto de captación de agua subterránea debido a que los habitantes consideran que es agua de mejor calidad.

Las muestras fueron recolectadas según el protocolo APHA 9060A-3 (Standard Methods, 2012). tomando 1L por cada muestreo para ser transportados en condiciones de refrigeración (4° C) y procesadas una vez se encontraban en el laboratorio dentro de las primeras 48 horas. Cada muestra conto con una cadena de custodia (Anexo 1).



Pueblo gato (No Georreferenciado) Vereda Tigui (N 07° 45' 05.5"- W 074° 0,5'27,6''). Bocatoma (N 19,00" W 0,7° 00' 35,5'').



Primera casa

Pozo (agua subterránea)

(N 0,7° 44'24,7"-W 0 ,24° 00' 20.9").

Figura 1. Estaciones de Muestreo y Georreferenciación en el rio Boque



Casa 2
(N. 07° 44' 30" - W. 074° 00' 30.6")

casa 3
(N 0,7° 44'30"-W 0 ,74° 00' 30.6")

Figura 2. Estaciones de muestreo y georreferenciación de las muestras tomadas en las casas.



Pozo 2
(N 0,7° 44'30"-W 0 ,74° 00' 30.6").

Pozo 3
(N 0,7° 44'24,4"-W 0 ,74° 00' 20.9")

Figura 3. Estaciones de muestreo y georreferenciación de las muestras tomadas en los pozos

6.3 Análisis de Coliformes Totales y *E.coli*

La determinación y recuento de Coliformes totales y *E. coli* se realizó según el protocolo ISO 9308-1 (2014). A partir de la muestra homogenizada se realizaron diluciones seriadas 1/10 en peptona salina hasta 10^{-3} . Seguidamente se realizó el montaje de la rampa de filtración utilizando una membrana de 0.45 μm de tamaño de poro, con el objetivo de retener las bacterias presentes en la muestra. De cada una de las diluciones realizadas se analizó 1 mL de muestra, adicionando 20 mL de peptona salina en cada una de las campanas de filtración utilizadas. Al finalizar el proceso de filtración se colocó la membrana sobre el agar chromocult y se colocaron las cajas a $37 (\pm 2) ^\circ\text{C}$ durante 21 (± 3) horas.

El medio Chromocult tiene dos sustratos cromógenos (Salmon-GAL y X-glucurónido), los cuales facilitan la observación de las colonias rojas típicas de coliformes totales por la degradación del Salmon-GAL por medio de la enzima β -D-galactosidasa. Las colonias de *E. coli* se observan de color morado-azul debido a la presencia de X-glucurónido por la acción de la enzima β -D-glucuronidasa que permite la degradación del sustrato y en combinación con la acción de la enzima β -D-galactosidasa se obtienen colonias de color azul-moradas.

Dentro del protocolo de análisis se utilizó como control positivo *E. coli* ATTC 25922 y como control negativo *Salmonella enteritidis* ATTC 13076.

El recuento de colonias de Coliformes totales y *E. coli* se informó como Unidades Formadoras de Colonia en 100 mL (UFC/100 mL). La fórmula utilizada se describe a continuación:

$$UFC/100mL = \frac{NX100}{VF}$$

Donde

N= Número total de colonias contadas en la caja.

V= Volumen usado en la prueba con dilución.

F= Factor de dilución usado.

6.4 Análisis de fagos somáticos

La detección y cuantificación de Fagos somáticos se realizó según el protocolo ISO 10705-2 del 2000. A partir de la muestra homogenizada se filtraron 10 mL utilizando filtros de 0.22 µm de tamaño de poro, se transfirieron a un tubo vacío estéril para realizar diluciones seriadas 1/10 hasta 10⁻³. De cada una de las diluciones se tomó 1 mL más 1 mL de la cepa *E. coli* WG5 con una densidad óptica entre 0.3 y 0.5. Posteriormente a cada tubo se agregaron 2.5 mL de medio semisólido MSA (Agar Scholten Modificado), homogenizando los tubos para luego ser vertidos sobre una caja con agar MSA. Las cajas se incubaron a 37 (±2) °C por 18 (±3) horas. La lectura se realizó contando el número de calvas de cada una de las cajas dado por una lisis celular. Como control positivo se utilizó la cepa *E.coli* WG5 y el fago de referencia Øx 174 y como control negativo una cepa de referencia *E.coli* WG5. El informe se realizó en Partículas Formadoras de Placa PFP/100mL mediante la siguiente fórmula:

$$PFP/100mL = \frac{NX100}{VF}$$

N: Número de placas o calvas contadas en el medio

V: Volumen usado

F= Factor de dilución usado

Para el tercer muestreo se concentraron las muestras de Pueblo Gato, Bocatoma y Pozo, ya que en los dos primeros muestreos no se pudo realizar un recuento, para lo cual se realizó el siguiente procedimiento:

- A partir de 1 L de cada muestra homogenizada se adicionaron 15 mL de MgCl₂, para darle la polaridad a la membrana, al estar cargado negativamente el MgCl₂ le da carga positiva a la membrana y permite la adhesión del fago.
- Posteriormente se filtró cada litro utilizando membranas con tamaño de poro de 0.22 µm, luego de la filtración se retiró la membrana y se dividió en 8 partes colocándolas en un beaker con 5 mL de buffer eluyente, para llevarlo al sonicador por 3 minutos.
- Al retirar el beaker del sonicador se dividieron los 5ml en 5 tubos estériles y se adiciono 1mL de la cepa *E. coli* WG5; la cual se encontraba a una densidad óptica entre 0.3 y 0.5, donde alcanzaba una concentración de 10⁸cel/mL.

- Posteriormente a cada tubo se agregaron 2.5 mL de agar semisólido MSA homogenizando para ser vertidos sobre una caja que contenía agar MSA.
- Las cajas se incubaron a 37 (± 2) °C por 18 (± 3) horas. La lectura se realizó contando el número de calvas de cada una de las cajas dado por una lisis celular.
- En una sexta caja, se colocó la membrana en forma circular, sobre el agar.
- Todas las cajas de agar MSA se llevaron a incubación por 37 (± 2) °C durante 18 (± 3).
- Se reportó como PFP/L del total de las calvas contadas.

6.3 Encuestas de morbilidad sentida

El número de encuestas de morbilidad sentida para aplicar en Monterrey, se calculó a partir del programa Tamaño de la muestra 1.0 mediante la aplicación de la estimación puntual de la prevalencia; Se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros: una población de 250 habitantes, una prevalencia de enfermedades diarreicas del 50 %, un límite de confianza del 95 % con una máxima diferencia esperada del 5%; teniendo como resultado la aplicación de 150 encuestas como muestra representativa para este estudio. Para el análisis de las encuestas realizadas se utilizó el programa SPSS 23 en el cual se ingresaron la totalidad de los resultados de las variables como: situación demográfica, situación socioeconómica, características del entorno, hábitos de higiene y condiciones de salud de los integrantes de la familia; realizando un análisis estadístico univariado a través del programa SPSS 23 (IBM SPSS Statistics), como se muestra Anexo 2.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las Tablas 1, 2 y 3 muestran los resultados de la concentración de los indicadores de contaminación fecal (Coliformes totales, *E. coli* y Fagos somáticos) para los tipos de agua de los diferentes estaciones de muestreo (Pueblo Gato, Vereda Tigui, Bocatoma, casas y pozos). Estos están expresados como la media geométrica de las 3 muestras que se tomaron para cada uno de los puntos. Además se expresaron como unidades logarítmicas₁₀ de las medias geométricas con el fin de establecer comparaciones con otros estudios. Para Coliformes totales y *E.coli* se expresan en UFC/100mL y para fagos somáticos PFP/100 ML en todas las aguas evaluadas.

Tabla 1. Resultados del análisis de Coliformes totales en los tres muestreos en el río Boque.

SITIO DE MUESTREO	1.MUESTREO (UFC/100mL)	2.MUESTREO (UFC/100mL)	3.MUESTREO (UFC/100mL)	Media Geométrica (UFC/100mL)	Log ₁₀	Normativa Colombiana
Pueblo Gato	7x10 ³	1.1X10 ⁵	4.1x10 ⁵	6.81x10 ⁴	4.8	
Vereda Tigui	1.3X10 ⁵	3.2X 10 ⁴	2.2x10 ⁵	9.71 x10 ⁴	5.0	Decreto 1594/84 ¹
Bocatoma rio	2.4X10 ⁴	1.7X10 ⁴	4x10 ⁵	5.46 x10 ⁴	4.7	
Casa	4X10 ³	1.4x10 ⁵	2.8x10 ⁵	5.39 x10 ⁴	4.7	
Pozo	3.2X10 ⁴	6X10 ³	3.1x10 ⁵	3.9 x10 ⁴	4.6	Decreto 1575/2007 Resolución 2115/2007 ²

UFC/100 mL: Unidades formadoras de colonia en 100 mL de agua analizada; n :número de muestras analizadas.
Especificaciones: 1.Decreto 1594/84 el cual establece la concentración de coliformes totales de 2x10⁴ permitida en aguas que van a ser potabilizadas por sistemas convncionales; 2. Decreto 1575/2007 Resolución 2115/2007², se establece las concentración para Coiformes totales y E.coli para agua potable es de 0UFC/100mL

Como se observa en la Tabla 1, Pueblo Gato presentó concentraciones entre 7x10³ y 4.1x10⁵ UFC/100mL para coliformes totales, lo cual muestra una alta contaminación de origen fecal proveniente del asentamiento. En cuanto a la estación vereda Tigui se observa que los resultados obtenidos son similares a los de Pueblo Gato, obteniéndose concentraciones entre 3,2 x10⁴ y 2,2x10⁵ UFC/mL. Esto indica que a pesar del recorrido del agua no hay una disminución de la

carga bacteriana presente. Para la estación Bocatoma se encontraron concentraciones entre $1,7 \times 10^4$ y 4×10^5 UFC/100mL y en la estación casa, concentraciones entre 4×10^3 y $2,8 \times 10^5$ UFC/100mL para coliformes totales.

Las concentraciones anteriores en los puntos de las casas, que no cumplen con la resolución 2115/2007 del Decreto 1575/2007 en relación a la presencia de coliformes totales, muestran la falta de funcionamiento de la planta de tratamiento de Bocatoma. En pozo al realizar el análisis se evidencia que el grado de contaminación es alto con una media geométrica de 3.9×10^4 UFC/mL coliformes totales. Esto podría explicarse debido a que el río alimenta el acuífero y según las encuestas realizadas la mayoría de la población cuenta con pozos sépticos, lo cual puede generar infiltraciones.

Lucena et al. (2003) encontraron que al evaluar muestras de agua en 10 ríos de Europa y Suramérica existe una similitud en los resultados de los indicadores de calidad de agua. En cuanto a los coliformes totales encontraron concentraciones, expresadas con la media geométrica en unidades logarítmicas₁₀, (UL) de 3.7 UL/mL, similar a lo encontrado por Campos et al. (2008) en el río Bogotá con una concentración de 4.22 UL/100mL. Sin embargo, las UL para Coliformes totales (Tabla 1) en los diferentes puntos evaluados de este estudio son mayores a las reportadas, dado que las condiciones de vida y las ambientales son diferentes en cada una de las estaciones de muestreo.

La concentración de bacterias en el agua de los ríos varía dependiendo de factores climáticos, el nivel del agua, el grado de eutrofización de los cursos de agua y sus afluentes, área geográfica del río, caudal del agua y la cantidad de materia orgánica presente en los cuerpos de agua (Augustyn et al., 2016). La mina es un espacio de asentamiento para la población que trabaja en esta actividad, lo cual genera un nivel alto de desechos domésticos en el río causando contaminación por el vertimiento de materia fecal y materia orgánica, lo cual puede explicar los niveles altos de indicadores de contaminación fecal, así como la ausencia de sistemas de tratamiento y la instalación inadecuada de pozos sépticos.

Tabla 2. Resultados de *E.coli* en cada uno de los tres muestreos en el río Boque.

SITIO DE MUESTREO n :15	1. MUESTREO (UFC/100mL)	2.MUESTREO (UFC/100mL)	3.MUESTREO (UFC/100mL)	MEDIA GEOMETRICA (UFC/100mL)	Log ₁₀	Normativa Colombiana
Pueblo Gato	1X10 ³	4X10 ³	8 x10 ⁴	6,83 x10 ³	3.8	
Vereda Tiguí	2X10 ³	2X10 ³	3 x10 ⁴	4,93 x10 ³	3.6	N/A
Bocatoma río	1x10 ³	1X10 ³	1 x10 ⁴	2,15 x10 ³	3.3	
Casa	1x10 ³	2X10 ³	3 x10 ⁴	3,91x10 ³	3.6	
Pozo	1X10 ³	<1X10 ³	4 x10 ⁴	3,9 x10 ³	4.1	Decreto 1575/2007 Resolución 2115/2007

1

UFC/100 mL: Unidades formadoras de colonia en 100 mL de agua analizada: n :número de muestras analizadas.

*Especificaciones: 1.Decreto 1575/2007 Resolución 2115/2007², se establece las concentración para Coiformes totales y *E.coli* para agua potable es de 0 UFC/100MI*

La media geométrica para *E.coli* en Pueblo Gato y Vereda Tiguí es de 6.83 x 10³ y 4.93 x 10³ UFC/100 mL. Estos datos coinciden con los encontrados por Ouattara et al. (2011) obteniendo concentraciones entre 1.4 x 10³ y 4.0 x 10⁵ para *E.coli* en el río Escalda, Bruselas en el que la calidad del agua se ve también afectada por las diferentes actividades económicas realizadas por la población.

Para la estación Bocatoma se obtuvieron valores de 5.46x10⁴ y 2.15x10³ UFC/mL expresados como media geométrica para coliformes totales y *E.coli* respectivamente. Según Flint (1987) y Mancini (1978), debido a la influencia de la temperatura, la sedimentación y la luz la carga

microbiana en los cuerpos de agua puede disminuir. Sin embargo para este estudio se encontró que la concentración bacteriana se mantiene en las diferentes estaciones.

Tabla 3. **Resultados de fagos somáticos en cada uno de los tres muestreos en el río Boque.**

SITIO DE MUESTREO n:15	1.MUESTREO (PFP/100mL)	2.MUESTREO (PFP/100mL)	3.MUESTREO (PFP/100mL)	MEDIA GEOMETRICA (PFP/100mL)	Log ₁₀
Pueblo Gato	1,4X10 ³	1X10 ²	4,5	8,57x 10 ¹	1.9
Vereda Tigui	4.9X10 ³	3X10 ²	<1X X10 ³	1,2X10 ³	3.1
Bocatoma rio	<1x10 ²	<1X10 ³	1,9	1,90	0.2
Casa	1X10 ²	2X10 ⁴	1X10 ²	5,8x10 ²	2.7
Pozo	2X10 ²	<1X10 ³	1,0	4,47X10 ¹	1.7

PFP/100 mL: Partículas formadoras de placa en 100 mL de agua analizada; n: número de muestras analizadas.

Para la identificación y cuantificación de Colifagos somáticos, cabe resaltar que para los dos primeros muestreos de Pueblo Gato, Bocatoma y Pozo, la presencia de fagos fue baja para la primera, para la segunda no se evidencio presencia de fagos y para la tercera la concentración disminuyo por lo cual se decidió concentrarlas muestras. Esto con el fin de evitar la obtención de falsos negativos por el rango de detección de la técnica. En Pueblo Gato, la primera estación, se observa una disminución en las concentraciones de fagos entre el primer y tercer muestreo. En Vereda Tigui, se encontraron concentraciones importantes en los dos primeros muestreos pero en el último hubo una disminución. Para estas estaciones, Pueblo Gato y Vereda Tigui, los fagos somáticos presentaron concentraciones de 1.9 y 3.1 respectivamente, expresadas como la media geométrica en unidades logarítmicas₁₀, mientras que Campos et. al (2008) y Lucena et. al (2003) reportan valores de 3.50 y 3.25 UL/100mL. Las diferencias con este estudio pueden

explicarse por las condiciones del agua en el río Boque, el efecto de la minería ilegal y el asentamiento de la población sobre la calidad del agua.

Para Bocatoma todas las concentraciones encontradas fueron bajas mientras que en casa se mantuvieron concentraciones parecidas durante los muestreos (Tabla 3). Finalmente en pozo donde no se esperaba la presencia de fagos debido a la naturaleza del agua, se presentó una concentración de 4.47×10^1 PFP/mL expresado como media geométrica. Al ser evidente que los datos no son homogéneos a diferencia de los bacterianos, es claro que otros factores están alterando los resultados en la disminución de las concentraciones de fagos en las diferentes estaciones. Además, a pesar que las concentraciones son bajas es importante considerar que los fagos tienen dosis infectivas bajas.

Ogala et al. (2002) reportaron los efectos de la extracción de oro en el ambiente por la liberación de metales como Hg, Pb y As, los cuales en altas concentraciones son altamente tóxicos, teniendo repercusiones en los indicadores que son sensibles a estos metales, lo cual podría explicar la disminución de los fagos en este estudio. De esta misma manera Vajihen et al. (2003) reportaron coliformes con plásmidos resistentes a metales pesados, así como Harushi et al. (1995) encontraron la presencia del gen *roba* en *E. coli* responsable de la resistencia a metales pesados. Esto quiere decir que aún si las aguas en los puntos de muestreo presentan concentraciones de metales por la minería ilegal realizada por la comunidad, esto no imposibilita la sobrevivencia de bacterias fecales.

No obstante, la presencia de fagos se explica por la cantidad de vertidos provenientes de la densidad poblacional del asentamiento en la mina, por lo cual es difícil observar un proceso de autodepuración en el río; caso similar al estudio de Campos (2008). Por otra parte, para las estaciones de muestreo de las casas la media geométrica es de $5,39 \times 10^4$ y $3,91 \times 10^3$ UFC/100 mL para Coliformes totales y *E.coli* respectivamente y $5,8 \times 10^2$ PFP/100 mL para fagos somáticos. Zhang & Farahbakhsh (2007) reportaron una disminución de 5.7 unidades logarítmicas para coliformes y de 5.5 para fagos somáticos en aguas luego de tratamientos convencionales. Sin embargo respecto a los resultados de las tablas 1, 2 y 3 para las estaciones de las casas se evidencia que no hubo un tratamiento de potabilización debido a que se mantiene la concentración encontrada en los puntos de muestreos del río al no contar con una planta de tratamiento en funcionamiento.

Por otra parte Morales et al (2005) realizaron un estudio en la laguna de Sinamaica (Venezuela) evaluando la calidad microbiológica del agua mediante indicadores de contaminación fecal y viral, reportando que para colifagos somáticos el rango de concentración estuvo entre 0 y $2,6 \times 10^2$ UFP/100 mL. Estos resultados son similares a los encontrados en este estudio (Tabla 3) al igual que las condiciones presentadas, ya que en laguna de Sinamaica también se presentan asentamientos humanos cercanos evidenciando un aumento en la generación de residuos de origen fecal.

En relación a la estación de muestreo pozo, los coliformes totales, *E. coli* y fagos; según Valenzuela (2012) la contaminación de aguas subterránea depende de la estructura del suelo, los flujos de agua, la sobrevivencia de las bacterias, el pH, temperatura, conductividad, concentración de nitrógeno y fósforo, los cuales afectan la dinámica de las poblaciones microbianas en el agua. Para el caso de este estudio, además de estos factores es importante tener en cuenta las prácticas de higiene de los habitantes en el uso de los pozos y la cercanía de puntos de contaminación como las aguas del río, los residuos domésticos y los pozos sépticos.

Según el decreto 1594/84 para aguas que van a ser potabilizadas por sistemas convencionales como las aguas de las estaciones de Pueblo Gato, Vereda Tigui y Bocatoma la concentración máxima permitida para Coliformes totales es de 2×10^4 NMP/100 mL. A su vez el decreto 1575/2007 en la resolución 2115/2007 especifica las concentraciones permitidas de agua apta para consumo humano (casa y agua subterránea) para Coliformes totales y *E. coli* que son de 0 UFC/100 mL para ambos. Siendo así se evidencia en las Tablas 1, 2 que en ninguna de las estaciones se cumplen con las normas nacionales para el uso de agua para consumo humano. En cuanto a la Tabla 3 para fagos somáticos, Colombia no cuenta con una norma para la identificación de estos, siendo necesaria, ya que los resultados representan un riesgo para la salud de la comunidad. Si bien las concentraciones de colifagos son bajas significan un riesgo para la salud ya que evidencian la presencia de virus patógenos los cuales son infectivos a dosis mínima infecciosa muy baja.

7.1 Encuestas morbilidad sentida

En las Figuras 4, 5, 6 y 7 se muestran los resultados de las 150 (una de las encuestas no fue aplicada) encuestas realizadas a los habitantes del corregimiento de Monterrey. Las variables descriptivas evaluadas fueron: (I) Composición familiar, (II) Situación socioeconómica y

demográfica, (III) Hábitos de higiene, (IV) Fuente de consumo de agua y (V) Enfermedades más frecuentes en la población.

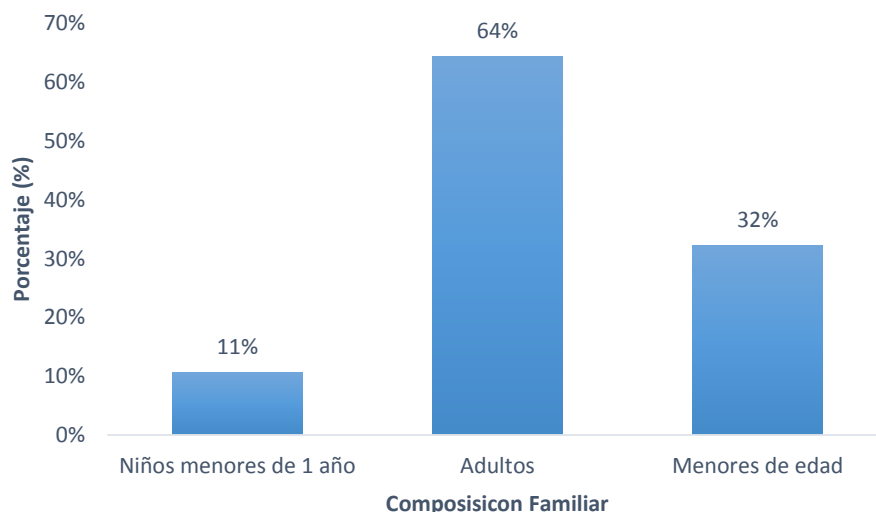


Figura 4. Características Socioeconómicas

En la Figura 4, se muestran los porcentajes del número de habitantes del corregimiento de Monterrey, en cuanto al número de adultos, cuántos menores de edad y menores de un año se encuentran en esta zona del país respecto a las 149 encuestas de morbilidad sentida realizadas a esta comunidad evidenciando que la mayor población es la conformada por adultos en un 64%.

5.4 Variables relacionadas con características del entorno

Como se muestra en la **Figura 5**, el 83,9% de habitantes del corregimiento de Monterrey utilizan el agua del río Boque, sabiendo que el agua que consumen no es potable (94%) y la cual utilizan para más de una actividad (84,6 %), para riego de cultivos, cocinar, bañarse, lavado, riego de pastos. El 83,9% de los habitantes refieren que la fuente de origen es la planta de tratamiento y el agua solo llega a las casas algunas horas durante el día (87,9%) y donde la mayor parte de la población cuentan con carro recolector para el manejo de basuras (93.3%) y el 97.3% cuenta con pozo séptico para la disposición de las excretas.

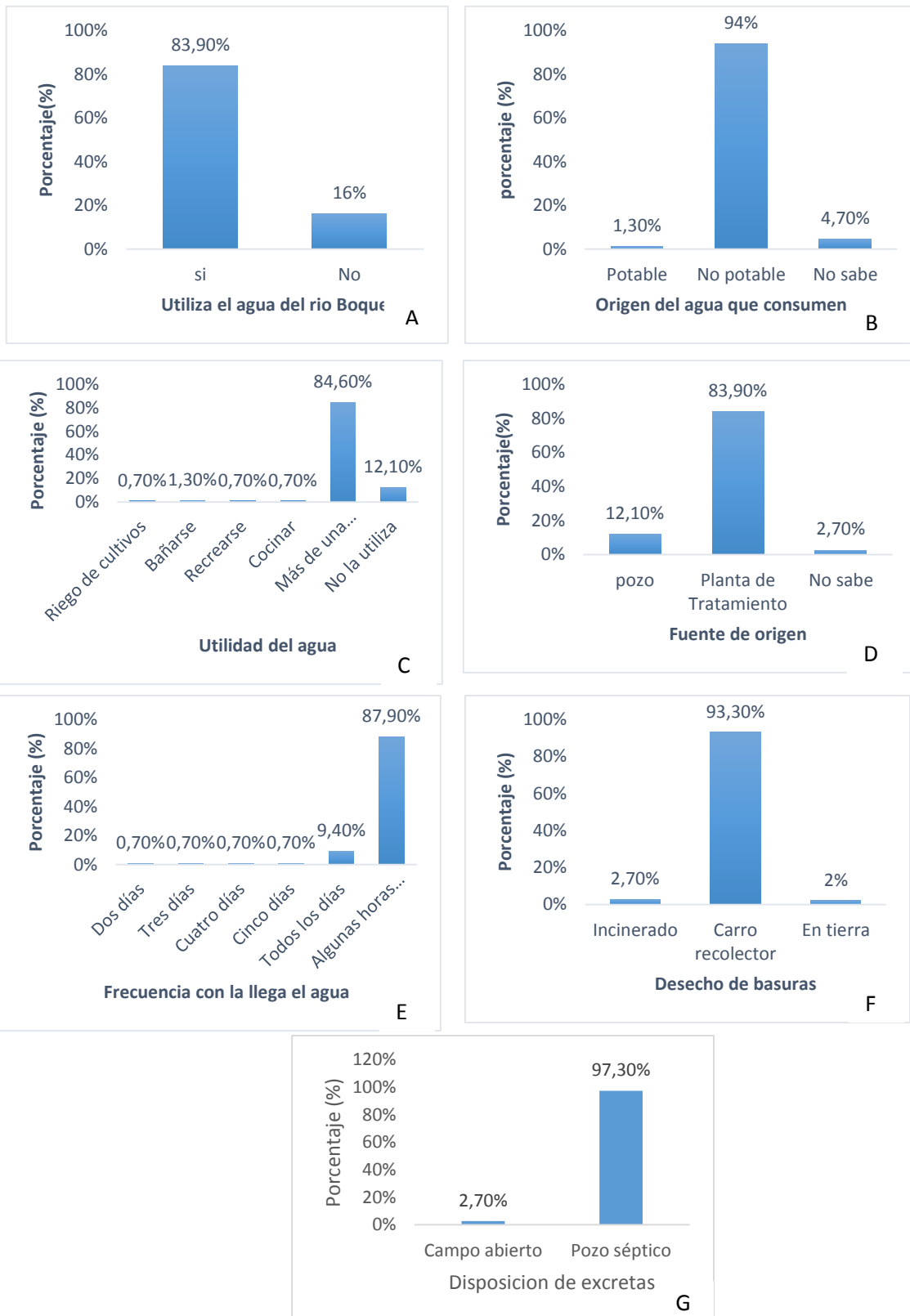


Figura 5. Variables relacionadas con el entorno y los porcentajes de respuesta obtenidos frente a: A. si utilizan agua del rio Boque; B. Origen del agua que consumen; C. Actividades en las que usan el agua; D. Fuente de origen del agua; E. cada cuanto llega el agua a las casas; F. En donde desechan las basuras. G. Disposición de las excretas.

En relación a las características del entorno uno de los factores que puede estar relacionado con la estación de muestreo pozo al presentar concentraciones altas de Coliformes Totales, *E.coli* y Fagos somáticos, es como se muestra en la figura 5(G), el 97.3% cuenta con pozos sépticos los cuales no están diseñados con las especificaciones necesarias para su elaboración como lo establece la norma técnica I.S 020 basado en parámetros como capacidad, estudio del suelo para el nivel freático y la capacidad de infiltración, siendo este el parámetro más importante para evitar la contaminación de cuerpos hídricos.

VARIABLES RELACIONADAS CON HÁBITOS DE HIGIENE

En relación con los hábitos de higiene (Figura 6) un 35,6% de los habitantes no utilizan ningún sistema de desinfección para el tratamiento del agua, seguido de un 28,2% quienes usan pastillas de cloro y el 61,1% utilizan las canecas como forma de almacenamiento favoreciendo el ambiente para la presencia de patógenos; a pesar que un 72.5% de las personas realizan limpieza semanal en las canecas.

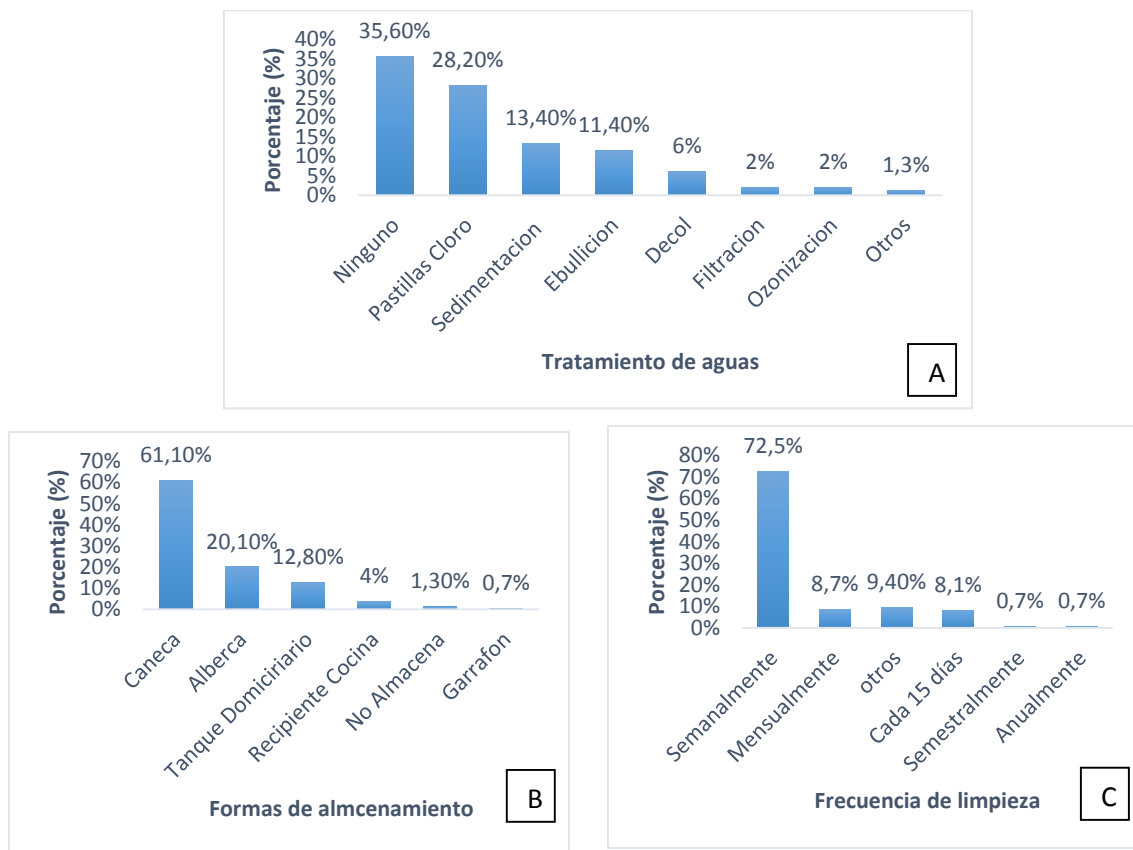


Figura 6. Variables relacionadas con hábitos de higiene. A. Formas de tratamiento del agua; B. Formas de almacenamiento que utilizan los habitantes y C. Frecuencia de limpieza que realizan en las diferentes formas de almacenamiento.

Por otro lado se tomaron casas aleatoriamente para el estudio encontrando que una de las principales formas de almacenamiento es la utilización de canecas (61,10%), ya que el agua llega a las casas solamente en algunas horas del día como lo refieren los habitantes encuestados (87,9%), situación que los obliga a utilizar esta forma de almacenamiento; un 72,5% de los habitantes realizan limpiezas semanales a cada uno de los recipientes que utilizan como forma de almacenamiento del agua. Como se reporta en las tablas 1, 2 y 3 la concentración de cada uno de los indicadores de calidad son representativos, determinado así que las variables de higiene son un foco de contaminación por la aparición de agentes transmisores de enfermedades de origen hídrico.

6. Variables relacionadas con la salud de los integrantes de la familia

El 63,1% de las personas encuestadas afirman que algún miembro de la familia se ha enfermado en el último año (Figura 7); principalmente por enfermedades respiratorias como gripe, neumonía, asma y bronquitis las cuales se relacionan con la presencia de Mercurio al ser una zona minera generando vapores que afectan la salud; por otro lado un 21,8% presentan diarreas, reportando 52 casos en los habitantes.

El síntoma más frecuente es el dolor de cabeza en un 41,8%, lo cual está relacionado con la pérdida de electrolitos generando un desbalance a nivel metabólico. Además el 63,1% de los habitantes refieren que algún miembro de su familia se ha enfermado durante el último año por infecciones respiratorias (30,6%); en esta población se han reportado 52 casos de diarrea lo cual corresponde a un 21,8% de los habitantes, pero principalmente las enfermedades de origen respiratorio con un 30,6% son las más prevalentes.

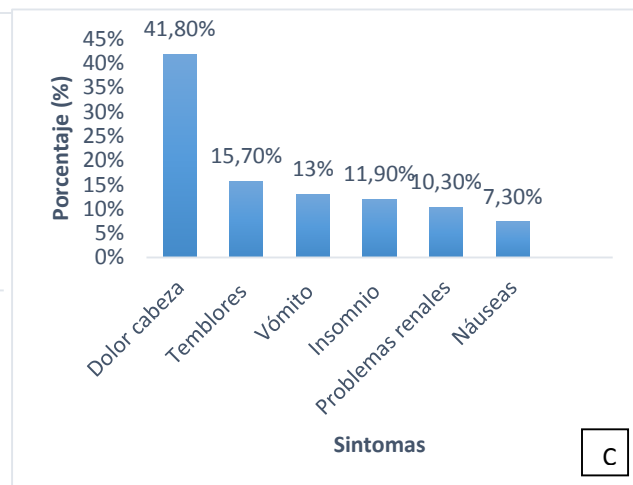
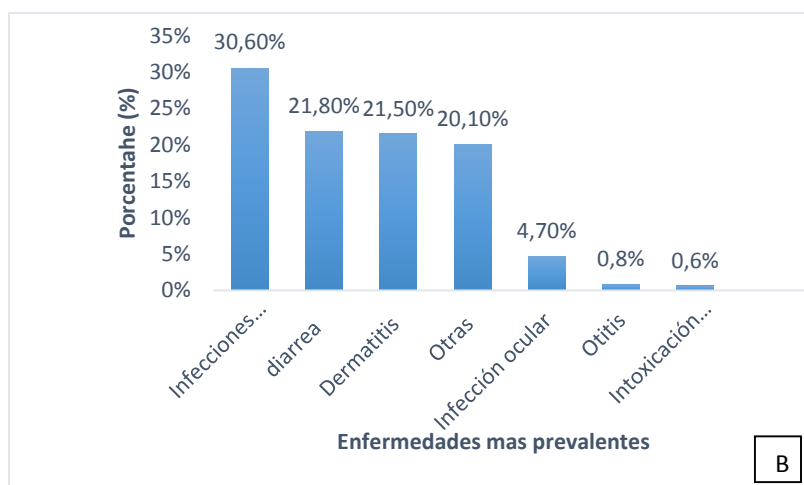
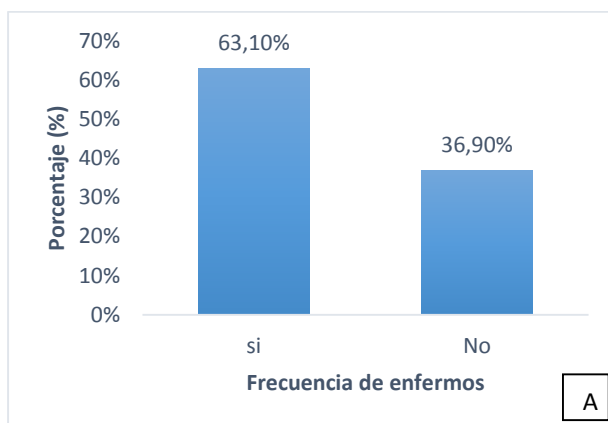


Figura7. Variables relacionadas con la salud de los integrantes de la familia. A. Algun integrante de la familia se ha enfermado en el último año; B. Enfermedades más prevalentes y C. sintomatología presente en los habitantes.

En cuanto a las enfermedades que presentan los habitantes del corregimiento de Monterrey son muy frecuentes ya que en la mayoría de las estaciones de muestreo el agua no cumple con el decreto 1594/84, donde se establece que la concentración máxima para Coliformes totales es de 2.4×10^4 y en relación a la presencia de coliformes totales y *E.coli* las estaciones de casa y pozo no cumplen con la Norma para el Agua Potable del Ministerio de Salud según la resolución 2115 de 2007 la cual debe ser de 0 UFC /100 cm³.

Venegas et al. (2014), realizaron un estudio donde evaluaron la calidad del agua en una población de Bogotá (Colombia); con relación a la incidencia de enfermedades, reportando que el 77,8% se enfermaron en ese último año, donde el 58,3% presentaron enfermedades respiratorias seguido de casos de diarrea con problemas gastrointestinal (11.1%), al realizar la comparación frente al estudio realizado en Monterrey, se evidencia que a pesar de las problemáticas y situaciones en cuanto a ubicación, cultura entre otras; las enfermedades de

tipo respiratorio son las que más prevalecen. En cuanto a Monterey la literatura reporta que los problemas respiratorias están relacionados con la emisión de vapores que se generan en la actividad minera, y en el caso de Bogotá los principales factores son la polución, y factores de condiciones de vida, en donde se asoció el alza en enfermedades de vías respiratorias altas y bajas a la presencia de humedad dentro de los hogares de los capitalinos, causando alzas en la esporulación de hongos y líquenes.

Finalmente, como se mostró en la metodología para establecer la relación entre la calidad del agua y la incidencia de enfermedades se utilizó el programa estadístico SPSS 23, relación la cual no pudo ser determinada, ya que el modelo estadístico no se ajustó por que la cantidad de muestras analizadas son insuficientes. Sin embargo, mediante el análisis descriptivo y los porcentajes obtenidos en cada una de las respuestas respecto a las variables relacionadas con el entorno, los hábitos de higiene y la incidencia de enfermedades, es evidente el riesgo sanitario que corren los habitantes de esta población como se representa en las Figuras 5, 6 y 7, donde el 63.2% afirman que algún miembro de su familia se enfermó durante el último año, presentando enfermedades de tipo respiratorio y diarreico, y con síntomas principalmente por dolor de cabeza en un 41,8% de los habitantes.

7. CONCLUSIONES

- Las concentraciones encontradas de Coliformes totales y *E. coli* presentes en el Río Boque en cada una de las primeras tres estaciones de muestreo (Pueblo Gato, Vereda Tigui y Bocatoma), superan las concentraciones permitidas por el decreto 1594 de 1984 en relación a las aguas que van a ser potabilizadas por sistema convencional.
- Los resultados encontrados para coliformes totales y *E. coli* en las estaciones de muestreo de casa y pozo no cumplen con los parámetros microbiológicos para ser agua apta para el consumo humano, según lo establecido en la resolución 2115/2007 del decreto 1575/2007.
- En Colombia no se cuenta con una normativa que permita comparar las concentraciones de Colifagos somáticos y a pesar que no son altas nos evidencia la presencia de posibles virus patógenos que pueden infectar a la población con una dosis infectiva baja.
- Las encuestas de morbilidad sentida permitieron evidenciar que las características del entorno, los hábitos de higiene, y las características socio económicas pueden estar relacionadas con las enfermedades más prevalentes en la población.

8. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, la presencia tanto de *E. coli* como Coliformes totales y colifagos somáticos, tienen una concentración alta, y están directamente relacionados con enfermedades de origen hídrico, siendo un riesgo de salud pública, por lo cual se recomienda un mayor control en las aguas superficiales y subterráneas destinadas a consumo humano y gestionar la implementación de una planta de tratamiento. También se podría educar a la población respecto a los diferentes sistemas de potabilización que se podrían manejar en el hogar y así contribuir a una disminución de la concentración de patógenos.

9. BIBLIOGRAFIA

- Augustyn, Ł., Babula, A., Joniec, J., Stanek-Tarkowska, J., Hajduk, E., & Kaniuczak, J. (2016). Microbiological Indicators of the Quality of River Water, Used for Drinking Water Supply. *Polish Journal of Environmental Studies*, 25(2).
- Agudelo-Londoño, S. M., Giraldo-Villa, A., & Romero-Nieto, V. I. (2012). Perceived health status of people from the central region of Colombia: National Health Survey, 2007. *Revista de Salud Pública*, 14:1-2.
- Campos Pinilla, C., & y Depuración, R. I. D. P. (2003). Indicadores de contaminación fecal en aguas. In *Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticos* (pp. 224-29). CYRA/UAEM
- Campos-Pinilla, C., Cárdenas-Guzmán, M., & Guerrero-Cañizares, A. (2008). Comportamiento de los indicadores de contaminación fecal en diferente tipo de aguas de la sabana de Bogotá (Colombia). *Universitas Scientiarum*, 13(2), 103-108.
- Código de minas(2001), Consultado el 24 febrero de 2016. https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/2001/ley_0685_2001.pdf
- Decreto 1575 de 2007. Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. <http://www.cra.gov.co>. Consultado 15 Abril de 2016
- Decreto 1594 de 1984. Usos del agua y residuos líquidos. <http://www.minproteccionsocial.gov.co>. Consultado el 15 de Abril de 2016.
- De La Hoz, J. V. (2009). *Economía y conflicto en el Cono Sur del Departamento de Bolívar*. Banco de la República.
- Flint, K. P. (1987). The long-term survival of Escherichia coli in river water. *Journal of Applied Bacteriology*, 63: 261-270.
- González, G., Valencia, M. L., Agudelo, N. A., Acevedo, L., & Vallejo, I. C. (2007). Morbilidad sentida de las urgencias médicas y la utilización de los servicios de salud en Medellín, Colombia, 2005-2006. *Biomédica*, 27(2), 180-189.
- Hot, D., Legeay, O., Jacques, J., Gantzer, C., Caudrelier, Y., Guyard, K., ... & Andreoletti, L. (2003). Detection of somatic phages, infectious enteroviruses and enterovirus genomes as indicators of human enteric viral pollution in surface water. *Water Research*, 37(19), 4703-4710.
- Haramoto E, Otagiri M, Morita H, Kitajima M.(2012) Genogroup distribution of F-specific coliphages in wastewater and river water in the Kofu basin in Japan. *Lett Appl Microbiol.*;54(4):367–73
- ISO. (2000). Water quality-Detection and Enumeration of Bacteriophages-Part 2: Enumeration of Somatic Bacteriophages
- IGAC. Diccionario geográfico de Colombia, tomo III. IGAC Ediciones, 1996; p. 1430

- Lucena, f.; méndez, x.; moron, a.; calderón, e.; campos, c.; guerrero, a.; cárdenas, m.; gantzer, c.; shwartzbrod, l.; skraber, s. y jofre, j. Occurrence and densities of bacteriophages proposed as indicators and bacterial indicators in river waters from Europe and South America. *Journal of Applied Microbiology*, 2003, *94*, 808-815
- Loesch, L. S., Gariboglio, V. M., Rivas, M., & Merino, L. A. (2014). [Detection of virulence genes of the enteroaggregative pathotype in *Escherichia coli* strains isolated from groundwater sources in the province of Chaco, Argentina]. *Revista Argentina de microbiología*, *47*:88-94.
- Lenis, C., López, J., Ulloa, J. C., Olaya, N., & Gutiérrez, M. F. (2012). Viral genome fragments suggests contamination of human drinking water. *Infectio*, *16*:104-111.
- Lanza-Espino, G., Pulido, S. H., & Pérez, J. L. C. (2000). *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores)*. Plaza y Valdés.
- Murrell, J. A. L., Badía, M. M. R., Álvarez, B. R., Hernández, N. M. R., & Pérez, M. H. (2013) Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura.
- Martínez Fernández, B., Roces, C., Gutiérrez, D., García Suárez, M. P., & Rodríguez González, A. (2014). Bioconservantes con futuro: Bacteriocinas, Bacteriófagos y Endolisinas.
- Martínez, A. (2012). Impacto socioeconómico de la minería en Colombia.
- Mantxo, M. (2010). Minería a cielo abierto en Latinoamérica. *El Ecologista*, *67*: 58-59.
- Morales, M. M., Zambrano, J. L., Castejón, O., Oliveros, C., & de Ledesma, L. B. (2005). Indicadores bacterianos de contaminación fecal y colifagos en el agua de la Laguna de Sinamaica, Estado Zulia, Venezuela. *Ciencia*, *13*(3).
- Malm, O., Pfeiffer, W. C., Souza, C. M., & Reuther, R. (1990). Mercury pollution due to gold mining in the Madeira River basin, Brazil. *Ambio*, *19*(1), 11-15.
- Nakajima, H., Kobayashi, K., Kobayashi, M., Asako, H., & Aono, R. (1995). Overexpression of the *robA* gene increases organic solvent tolerance and multiple antibiotic and heavy metal ion resistance in *Escherichia coli*. *Applied and environmental microbiology*, *61*(6), 2302-2307.
- Nallelyt Segundo, A., Hernández, E., López, O., & Torres, O. (2010). Los bacteriófagos como una alternativa en el tratamiento de enfermedades infecciosas Bacterianas (Fagoterapia). *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, *41*(3), 17-26.
- Olivero, J., Mendonza, C., & Mestre, J. (1995). Mercurio en cabello de diferentes grupos ocupacionales en una zona de minería aurífera en el Norte de Colombia. *Rev Saúde Pública*, *29*:376-9.
- Odonkor, S. T., & Ampofo, J. K. (2013). *Escherichia coli* as an indicator of bacteriological quality of water: an overview. *Microbiology research*, *4*(1), 2
- Obi, C. L., Potgieter, N., Bessong, P. O., & Matsuang, G. (2004). Assessment of the microbial quality of river water sources in rural Venda communities in South Africa. *Water SA*, *28*(3), 287-292.

- Ogola, J. S., Mitullah, W. V., & Omulo, M. A. (2002). Impact of gold mining on the environment and human health: a case study in the Migori gold belt, Kenya. *Environmental Geochemistry and Health*, 24(2), 141-157.
- Ouattara, N. K., Passerat, J., & Servais, P. (2011). Faecal contamination of water and sediment in the rivers of the Scheldt drainage network. *Environmental monitoring and assessment*, 183(1-4), 243-257.
- PADILLA, (2008) plan de desarrollo del municipio de simiti. Consultado 18 octubre de 2015. http://www.simiti-bolivar.gov.co/apc-aa-files/64343032633135623764333531633534/plan_de_desarrollo_simiti.pdf
- Pumarola A. (1975), busquets, a. p., & de los rios, c. o. n. t. a. m. i. n. a. c. i. o. n. ii sesion cientifica dia 28 de enero de 1975. *Anales de la Real Academia Nacional de Medicina-1975-Tomo XCII-Cuaderno 2*, pp.171.
- Programa de abastecimiento y saneamiento rural en colombia,2011. Consultado 26 septiembre de 2015. www.iadb.org/projectDocument.cfm?id=36748358
- Pulido, M. D. P. A., de Navia, S. L. Á., Torres, S. M. E., & Prieto, A. C. G. (2005). Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. *Nova*, 3(4).
- Ravva, S. V., & Sarreal, C. Z. (2016). Persistence of F-Specific RNA Coliphages in Surface Waters from a Produce Production Region along the Central Coast of California. *PLoS one*, 11(1).
- RAMOS-ORTEGA, L. I. N. A., Vidal, L. A., Vilarity, S., & SAAVEDRA-DÍAZ, L. I. N. A. (2008). Analysis of the microbiological contamination (Total and Fecales Coliforms) In The Bay Of Santa Marta, Colombian Caribbean. *Acta Biológica Colombiana*, 13(3), 85-96.
- Stevens, M., Ashbolt, N., & Cunliffe, D. (2003). Review of coliforms as microbial indicators of drinking water quality. National Health and Medical Research Council, Canberra, Australia.
- Sotelo, Y. C. (2012). Una aproximación a la mega minería en Colombia. *Theomai*, (25), 137-147.
- (Stott, 2003). Fate and behaviour of parasites in wastewater treatment systems. *The handbook of water and wastewater microbiology*. Academic Press, London, 491-521.
- Perez, S (2011). *Estudio de diagnóstico ambiental, social, económico de la cuenca del Río boque, municipio de Simití, en el departamento de Bolívar y elaboración participativa de la propuesta de ordenamiento*. SOLUTERRA LTDA Orden de Prestación de Servicios No.234
- Suárez, L. G. (2011). Perspectiva jurídica de los impactos ambientales sobre los recursos hídricos provocados por la minería en Colombia. *Opinión Jurídica*, 10(20).
- Tran, N. H., Gin, K. Y. H., & Ngo, H. H. (2015). Fecal pollution source tracking toolbox for identification, evaluation and characterization of fecal contamination in receiving urban surface waters and groundwater. *Science of The Total Environment*, 538:38-57


Valenzuela, E., Godoy, R., Almonacid, L., & Barrientos, M. (2012). [Microbiological quality of water in livestock area of southern Chile and its possible implications on human health]. *Revista chilena de infectología: organo oficial de la Sociedad Chilena de Infectología*, 29:628-634.

Venegas, C., Mercado, M., & Campos, M. C. (2014). Evaluación de la calidad microbiológica del agua para consumo y del agua residual en una población de Bogotá (Colombia). *Biosalud*, 13: 24-35.

Tortora., Lazcano, C., Ponce, M., & León, J. (2007). Colifagos como indicadores de contaminación fecal y de remoción bacteriana en la potabilización del agua. *Revista Peruana de Biología*, 10:133-144.

Anexos

Anexo 1. Cadena de Custodia

 <p style="text-align: center;">Pontificia Universidad JAVERIANA Bogotá</p>		<p style="text-align: center;">CADENA DE CUSTODIA</p>				<p style="text-align: center;">CODIGO: DM LIAL 1 024</p> <p style="text-align: center;">VERSIÓN: 03</p>					
<p style="text-align: center;">LABORATORIO DE INDICADORES DE CALIDAD DE AGUAS Y LODOS</p>						<p style="text-align: center;">VIGENTE: 2013-02-01</p>					
ZONA DE MUESTREO						<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">CODIGO DE MUESTRA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CODIGO INTERNO</td> <td></td> </tr> </table>		CODIGO DE MUESTRA		CODIGO INTERNO	
CODIGO DE MUESTRA											
CODIGO INTERNO											
DIRECCION TOMA MUESTRA											
NOMBRE SOLICITANTE											
EMPRESA											
E-MAIL EMPRESA											
INFORMACION DE LA MUESTRA											
TIPO DE MUESTRA:	Agua Potable	Agua Residual	Lodo	Biosolido	Suelo	Vegetales					
	Otro	Cual:									
Fecha:		Hora:		Muestra:	Puntual	Compuesta					
Numero de recipientes:		Contramuestra:		Si	No						
<p>Dosificaciones: (Cantidad y frecuencia de aplicación de reactivos que se utilicen para la potabilización o mantenimiento del agua de piscina o tratamiento de aguas residuales. Se deben informar en unidades de masa (g, mg, kg etc.) o volumen (L, mL, µl etc).</p>											
<p>El análisis lo solicita directamente la empresa o un tercero. Cuál ?</p>											
<p>Descripción climática: (Hace referencia a la temperatura, al registro o no de precipitaciones (lluvia) y a la radiación solar en el lugar de muestreo. Cuando aplica)</p>											
<p>Responsable Toma de Muestra: (En caso de que la cadena de custodia sea enviada vía mail, la firma debe ser electrónica o escaneada)</p>											
Nombre:		Cédula:									
Entidad:		Teléfono:									
Cargo:		Móvil:									
Firma e Identificación:											
Recepción de la muestra											
Nombre:				Temperatura de Conservación:							
Fecha:		Hora:		Muestra Conforme:							
Firma e Identificación											
ANÁLISIS A REALIZAR											
Microbiológicos											
Coliformes Fecales				Salmonella spp.							
Numero Mas Probable NMP	Filtración por Membrana		Numero Mas Probable NMP								
Escherichia coli y Coliformes totales		Enterococos		Clostridium							
Filtración por Membrana	Filtración por Membrana		Filtración por Membrana								
Fagos Somáticos		Fagos F Especificos		Fagos Bacteroides fragilis							
Recuento de <i>Giardia</i> spp y <i>Cryptosporidium</i> spp		Huevos de Helminto									
Bioensayos											
<i>Hydra attenuata</i>		<i>Daphnia magna</i>		<i>Eisenia foetida</i>							
<i>Lactuca sativa</i>		<i>Selenastrum</i> spp		<i>Vibrio fischeri</i>							
<p>Observaciones:</p>											
<p>NOTA: Favor diligenciar todos los espacios del presente formato.</p> <p>En caso excepcional coloque la palabra NO APLICA</p> <p>La cadena de custodia debe llegar con la muestra o ser enviada al laboratorio antes que ésta llegue, de lo contrario NO SE RECIBIRÁ LA MUESTRA</p>											
<p>Carrera 7ª 43-82, Edificio Angel Valtierra S.J. (51). Laboratorio 235. Telefono 3208320 ext. 4156 ó 4165, Bogotá D.C –Colombia</p>											

Anexo 2. Encuestas de Morbilidad sentida

Evaluación del efecto de la minería del oro en el agua del río Boque, Sur de Bolívar y en la salud de la población

FORMATO DE RECOLECCIÓN

Objetivo: Esta encuesta busca definir la relación entre las enfermedades presentes en la población y la calidad del agua de consumo en el corregimiento de Monterrey. Los datos registrados serán procesados en forma confidencial.

I. INFORMACIÓN GENERAL

Encuesta No.

Nombre del participante: _____

Dirección: _____

Estrato socioeconómico (según recibo de servicios públicos o el SISBEN)

1 E0 2.EI 3 EII 4 EIII 5 No sabe

Fecha de recolección de datos

Año

Día Mes

II. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS

2.1 Número de personas que conforman su familia: _____

2.2 Número de personas adultas _____

2.3 Número de menores de edad _____

2.4 Número de menores de 1 año _____

Descripción familiar:

PERSONAS ^a	SEXO ^b	EDAD ^c
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

3.7 Utiliza el agua del río Boque?

0 NO 1 SI 9 No hay dato _____

Si la respuesta es afirmativa continúe con la siguiente pregunta.

3.8 Para qué utiliza el agua del río?

0 Riego de cultivos 1 Arrojar residuos 2 Riego de Pastos 3 Bañarse
4 Recrearse 5 Lavado 6 Para consumo 7 Para cocinar 9 No hay dato
10 Mas de una actividad 11. No la utiliza

IV. HABITOS DE HIGIENE

4.1 Qué procedimiento adicional utiliza para tratar el agua que llega a su casa:

0 Pastillas de cloro 1 Sedimentación 2 Ozonización 3 Ebullición 4 Filtración _____
5 Decol 6 Otros 7 Ninguno 8 No sabe

4.2 Dónde almacena el agua para el consumo:

0 Alberca 1 Algibe 2 Caneca 3 Recipiente de cocina 4 Tanque domiciliario _____
5 Garrafón 6 No la almacena 7 No hay dato

Si la respuesta es afirmativa continúe con la siguiente pregunta, de lo contrario pase a la pregunta 4.4.

4.3 Cada cuánto limpia el recipiente de almacenamiento:

0 Semanalmente 1 Mensualmente 2 Semestralmente 3 Anualmente _____
4 Más de 1 año 5. Cada 15 días 6. Otros 7. No sabe

4.4 Antes de preparar o consumir los alimentos se lava las manos:

0 No 1 Si 2 A veces 3 No hay dato _____

4.5 Usted se lava las manos después de ir al baño:

0 No 1 Si 2 A veces 3 No hay dato 4 No todos se bañan las manos _____

4.6 Cada cuánto se baña:

0. Todos los días 1 Depende de cuando llegue el agua 2 A veces _____

4.7 Cada cuánto consume pescado?

0. Nunca. 1. Una o dos veces por semana 2. Todos los días _____

4.8. De dónde proviene el pescado?

0. Río Boque 1. Otro río _____

V. CONDICIONES DE SALUD DE LOS INTEGRANTES DE LA FAMILIA

5.1 Algún miembro de su familia se ha enfermado en el último año:

0 No 1 Si 2 No sabe _____

Si la respuesta es afirmativa continúe con la siguiente pregunta.

5.2 Cuáles de las siguientes enfermedades se han presentado en su familia en el último año (escriba máximo 3 enfermedades):

0. Diarreas _____

1. Dermatitis (enfermedades de la piel, erupciones) _____

2. Infección ocular (enrojecimiento, ardor) _____

3. Intoxicación alimentaria _____

4. Hepatitis _____

5. Infecciones respiratorias (gripa, neumonía, asma, bronquitis) _____

6. Otitis _____

7. Otras _____

5.3 Usted o algún integrante de su familia ha tenido los siguientes síntomas:

0. Temblores _____

1. Insomnio _____

2. Dolor de cabeza _____

3. Problemas renales _____

4. Nauseas _____

5. Vómito _____

Firma del Encuestado

Firma del encuestador

