

*La calidad de agua en Facatativá, Cundinamarca y su relación con la transmisión  
de enfermedad diarreica aguda*

Ginna Lorena Bohorquez Clavijo

Asesor interno:

Mg. Ana Graciela Lancheros Díaz

Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca

Facultad de Ciencias de la Salud

Programa Bacteriología y Laboratorio Clínico

Monografía

Bogotá, Septiembre 2021



La calidad de agua en Facatativá, Cundinamarca y su relación con la transmisión  
de enfermedad diarreica aguda

APROBADA \_\_\_\_\_

JURADOS \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

ASESORES \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca

Facultad de Ciencias de la Salud

Programa de Bacteriología

Monografía

Bogotá, agosto 2021

## **DEDICATORIA.**

A mis queridos padres por su ejemplo y su apoyo en mi formación a nivel personal y profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Andrés Camilo por su apoyo incondicional.

Mi tutora por su guía en el desarrollo de este proyecto.

Mis profesores por sus valiosos conocimientos.



## **La calidad de agua en Facatativá, Cundinamarca y su relación con la transmisión de enfermedad diarreica aguda.**

### **RESUMEN**

El objetivo de esta monografía fue analizar la relación entre la enfermedad diarreica aguda y la calidad del agua como fuente de transmisión en el municipio de Facatativá, Cundinamarca.

Este estudio se fundamentó en una revisión bibliográfica de bases de datos sobre EDA y la recolección de datos oficiales reportados por el INS desde el año 2015 para obtener información epidemiológica en Facatativá y comparar la ocurrencia de estos eventos en salud en Cundinamarca con las condiciones del agua de consumo.

A través de una tabla de análisis de riesgos por convención de colores se evidencio el nivel de riesgo según el porcentaje de IRCA específicamente orientada al agua de consumo, reportado por el INS en los diferentes informes de vigilancia y aunque en Facatativá, se obtuvo un porcentaje menor a 5% que refiere una fuente de agua segura según los parámetros de la resolución 2115 de 2015, se observa que aunque ha mejorado notoriamente la calidad del agua de consumo, las zonas que no tienen abastecimiento del acueducto están expuestas a agentes microbiológicos causantes de EDA ya que deben acceder a agua no potable, así mismo se comparó el porcentaje en el conglomerado de

Cundinamarca en donde el agua presento un riesgo bajo, que es agua susceptible a acciones de mejoramiento.

En cuanto al análisis de los casos de EDA reportados por el INS del 2015 al 2018, se evidencia que una de las principales problemáticas en la calidad del agua de consumo, se relacionan con los altos índices de Coliformes fecales en aguas sin tratamiento cuando en la población no hay acceso al agua potable, además de que en el agua potable evaluada mediante el IRCA no se reglamentan métodos microbiológicos para evaluar el riesgo microbiológico para agentes virales que son los que más frecuentemente se asocian a EDA en el municipio .

Palabras clave: calidad, riesgo, agua, enfermedad diarreica aguda.

## **Tabla de contenido**

	Página
Resumen	4
1. Introducción	7
2. Antecedentes	9
3. Marco Referencial	16
3.1 Bases teóricas	16
3.1.1 Relación de los eventos en salud y la calidad del agua.	16
3.1.2 Falencias en la calidad del agua de consumo para su uso por la comunidad	17
3.1.3 Importancia del manejo de la salubridad y el abastecimiento de agua, para el municipio de Facatativá.	17
3.1.4 Red hidrográfica	18
3.2 Bases legales	19
3.3 Marco conceptual	21
4. Diseño metodológico	22
4.1 Tipo de investigación	22
4.2 Alcance de la investigación	22

4.3 Población y muestra	23
4.4 Técnicas y procedimientos	23
4.4.1 Revisión bibliográfica	23
4.4.2 Revisión normativa	23
4.4.3 Recolección de datos del Instituto nacional de Salud	24
4.4.4 Análisis de datos estadísticos	24
5. Resultados	25
5.1 Clasificación niveles de riesgo agua de consumo humano	25
5.2 Índice de Calidad de agua IRCA 2005-2020 Cundinamarca-Facatativá	26
5.3 Vigilancia de <i>Cryptosporidium sp</i> y <i>Giardia sp</i> 2017-2018 en Facatativá	30
5.4 Enfermedad diarreica aguda en Cundinamarca	31
6. Discusión	34
6.1 Seguimiento de la vigilancia en calidad del agua	36
6.2 IRCA y Objetivos de Desarrollo del Milenio	37
6.3 Índice de Calidad de agua IRCA Cundinamarca y Facatativá	42
6.4 Enfermedad diarreica Aguda	44
6.4.1 EDA en Cundinamarca	46
7. Conclusiones	48
8. Referencias bibliográficas	59
9. Anexos	60

### **Índice de figuras**

Figura 1. Red hidrográfica Facatativá.	29
Figura 2.Red Hidrográfica del municipio y recorrido hasta el Río Bogotá.	31
Figura 3. Comportamiento del IRCA consolidado Cundinamarca, 2007–2020	34
Figura 4. Comportamiento del IRCA consolidado Facatativá, 2007 - 2020	36
Figura 5 Gráfico de barras comparativo entre casos de EDA a nivel nacional y Cundinamarca.	37

Figura 6. Comparativo entre porcentaje IRCA en Facatativá y el monto de inversión en agua potable y saneamiento básico. 40

### **Índice de tablas**

Tabla 1. Clasificación nivel de riesgo y acciones IRCA.	26
Tabla 2. Clasificación del riesgo según el porcentaje IRCA en Cundinamarca.	28
Tabla 3. Clasificación del riesgo según el porcentaje IRCA en Facatativá.	30
Tabla 4. Muestras no aceptables por persona prestadora y fuente de abastecimiento.	32
Tabla 5. Casos de enfermedad diarreica aguda notificados en Colombia y Cundinamarca 2015-2020.	33

## **1.INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo tiene como finalidad analizar la información existente sobre la EDA y la calidad del agua como fuente de transmisión en el municipio de Facatativá - Cundinamarca y así poder identificar las posibles acciones de mejora y su impacto en la salud de los habitantes.

Actualmente existe poca información sobre el monitoreo y los controles llevados a cabo en las fuentes hídricas que irrigan al acueducto del municipio, limitando la posibilidad para hacer nuevas investigaciones sobre la calidad del agua, lo que permitiría posicionar a la Universidad Colegio mayor de Cundinamarca como pionera en este tipo de estudios y a futuro complementar los trabajos de

investigación en aguas y abrir un nuevo campo de investigación sobre EDA en el semillero de Bioprocesos y control.

Uno de los factores que afectan negativamente la calidad del agua de consumo y el agotamiento de los recursos naturales disponibles tales como el agua dulce son los asentamientos humanos y actividades económicas. Se quiere analizar si los eventos en salud, se relacionan directa o indirectamente con las dificultades en el tratamiento del agua.

Los datos de la vigilancia de la calidad del agua en Colombia evidencian que existe un alto porcentaje de fuentes de agua que no cumplen con el patrón de potabilidad según los indicadores bacteriológicos. Entre 2008 y 2012, de 28 a 23 % de las muestras remitidas para vigilancia no cumplió con los niveles de E. coli y, entre 40 y 33 %, con los de coliformes, lo cual hacía factible la presencia de virus entéricos.

La presencia de virus en el agua tratada puede estar relacionada con los tratamientos inadecuados, la falta de continuidad en su aplicación, la edad del sistema de distribución y los problemas consecuentes en la red de distribución, el almacenamiento inadecuado, y los fenómenos climáticos extremos de invierno o verano que pueden dificultar las operaciones y que son tan comunes en países en desarrollo. Además, en las muestras de agua sin tratamiento no solo hay la presencia de virus sino bacterias causantes de EDA, evidenciando además que hay poblaciones que deben consumir agua sin ningún tipo de tratamiento, lo que representa una mayor exposición a la enfermedad diarreica aguda <sup>1</sup>.

En primera medida se realizó una revisión bibliográfica en internet y bases de datos sobre documentos, tesis y artículos que mencionaran la prevalencia de EDA en Facatativá y de la calidad del agua como fuente de transmisión de estas enfermedades. Luego se remitió a las normativas que regulan las características



ideales del agua para consumo y políticas de vigilancia en salud pública en EDA a nivel nacional.

Posteriormente se recolectaron datos oficiales del INS en la página web y los reportes epidemiológicos por semana epidemiológica sobre EDA en Cundinamarca para comparar la ocurrencia de estos eventos en salud con las condiciones desfavorables del agua de consumo.

Para ver si había relación entre la EDA y las características ideales del agua potable identificados por el IRCA, realizado en el municipio de Facatativá de 2008 A 2020 se consideró una tabla de análisis de riesgos, este parámetro nos permitió evidenciar las causas, el nivel de riesgo y las consecuencias que pueden producir los factores ya mencionados.

Con respecto a los casos de enfermedad diarreica aguda, la tendencia fue constante en el número de casos de EDA en Cundinamarca del 2015 al 2019, 2015 (157.577 casos), 2016 (163.478 casos), 2017 (149.989), 2018 (168.316 casos), 2019 (155.839 casos).

En cuanto el % acumulado de IRCA del 2007 al 2020, en el departamento de Cundinamarca el agua se ha mantenido constante en el nivel de riesgo bajo que es un agua susceptible a mejoramiento a diferencia del municipio de Facatativá el % IRCA menor al 5% indica que el agua de consumo es segura y no presenta ningún riesgo a la salud a los que tienen acceso a ella en cuanto a las características fisicoquímicas y microbiológicas para indicadores bacterianos y coliformes fecales.

Al brindar esta información se busca hacer un llamado a la comunidad y las instituciones gubernamentales, para que se busquen nuevas maneras de asegurar el acceso al agua de calidad y consecuentemente reducir la morbilidad

de sus habitantes por enfermedad diarreica aguda y otras enfermedades transmitidas por agua.

Así mismo la responsabilidad de las futuras gobernaciones y alcaldías del municipio para implementar medidas de mejora en salud pública para disminuir las cifras de EDA e invertir recursos para la ampliación del acueducto, mejora de procesos y el tratamiento de aguas que llegan a la población para cumplir con los objetivos de desarrollo sostenible en el municipio.

## **2. ANTECEDENTES**

La EDA es una de las enfermedades relacionadas con el consumo de agua y presenta una alta tasa de morbilidad en la población de Facatativá, especialmente en menores de 5 años. Una de las metodologías para la estimación de la prevalencia de rotavirus A en población infantil de Facatativá, los niños menores de 5 años que acudieron al Hospital San Rafael de Facatativá con diagnóstico de diarrea, encontró que los casos positivos para Rotavirus A son del 18.9%, con una tasa de prevalencia de EDA de 45.9 por cada 10.000 niños menores de 5 años; en cuanto a su relación con el consumo de agua, se realizó una encuesta donde el 68.4% de la población estudiada, consumía agua potable y entre ellas el 18.6% resultó positiva para Rotavirus tipo A, un porcentaje elevado con respecto a las personas que consumían otro tipo de agua, donde tan solo 6.1% fue positivo para Rotavirus tipo A<sup>2</sup>.

Así mismo para el año 2005, se realizó otro estudio sobre la prevalencia de los agentes causales de EDA en población infantil, donde se comparó la prevalencia de EDA en la ciudad de Cartagena y el municipio de Facatativá-Cundinamarca. Facatativá fue el que tuvo el mayor índice de diarrea, con un 33.7% del total de los casos reportados. De igual forma, se encontró que, de los microorganismos

causantes de EDA estudiados en Facatativá, hubo predominio de diarrea viral con un porcentaje de 21.4%, de este porcentaje el Rotavirus fue el agente viral con mayor prevalencia con 18%, seguido de Astrovirus y Adenovirus entéricos; en cuanto a los agentes bacterianos hubo una prevalencia del 15% de los casos, de los cuales el agente bacteriano con mayor prevalencia fue *Escherichia coli*, con un porcentaje de 14.7% <sup>3</sup>.

Para este año, también se buscaba determinar si el agua podría ser considerada una fuente de transmisión viral. En el municipio de Facatativá, se analizaron 226 muestras de agua a causa de una alta tasa de incidencia en los casos de diarrea en los años 1999 y 2000, de los cuales el 40% de los casos se identificó como agente causal un virus. En el río que abastece el acueducto del municipio, se identificó una muestra positiva para Astrovirus, mientras que al agua tratada se identificó dos muestras positivas para Norovirus, y en general para el agua cruda y el agua tratada se identificaron 13 muestras positivas para Rotavirus <sup>6</sup>.

Un estudio similar fue publicado en el 2007, donde se buscaba determinar si el agua del municipio seguía siendo una fuente de transmisión viral, específicamente de los Rotavirus tipo A, debido a que en el año 2000 y 2002 se identificó la presencia de Rotavirus grupo A<sup>7</sup>.

Como antecedente de la investigación anterior, se menciona que en el año 1999 se determinó que en el departamento de Cundinamarca, Facatativá presentaba el mayor índice (33.7%) de EDA, del cual el 13% era causado por Rotavirus; no obstante, durante los meses de marzo y mayo del año 2005, se encontraron muestras positivas para Rotavirus mediante la técnica de ELISA, sin embargo, no se observó una concentración igual o mayor de  $10^4$  partículas virales, que equivalía a la sensibilidad de la técnica utilizada, por ello no permitió concluir que el agua del municipio sea un vehículo de transmisión viral de Rotavirus A, pero tampoco se permitió afirmar la ausencia de partículas virales que podrían estar

presentes en una concentración menor a la que se puede detectar mediante la técnica ELISA <sup>7</sup>.

En 2007, igualmente se decretó la resolución número 2115, la cual estipula el sistema de vigilancia y control para para la calidad del agua para consumo humano en el territorio nacional <sup>8</sup>.

No obstante para evaluar la calidad microbiológica del agua tanto con indicadores bacterianos y virales se deben buscar nuevas alternativas, los virus bacteriófagos se han ido perfilando en la última década como una alternativa a los indicadores bacterianos para el control de la calidad del agua. Su uso como indicadores fecales o virales está recomendado por la OMS y se está incluyendo en normativas europeas como la nueva Directiva (EU) 2020/2184 sobre el agua de consumo humano. Con el objeto de conocer la presencia, concentración y comportamiento de indicadores bacterianos (coliformes fecales), y alternativas virales (fagos somáticos y F específicos) y parasitarios (huevos de helminto, *Giardia* spp., y *Cryptosporidium* spp.), una investigación de la universidad Javeriana se realizaron varios muestreos en aguas superficiales, subterráneas, sistemas de potabilización y depuración en la Sabana de Bogotá que podrían en un futuro aplicarse a otros municipios de Cundinamarca <sup>9</sup>.

En el 2008 se determinó la presencia de estos indicadores de contaminación fecal en la cuenca alta del río Bogotá, entre los cuales se evaluó la potabilizadora de tratamiento de aguas del municipio de Facatativá y se determinó la concentración de microorganismos en diferentes tipos de agua de la cuenca; la media obtenida para Coliformes fecales fue de 1.07 y 1.74 UFC/ 100 mL, para los fagos somáticos de 1.99 y 2.06/L y para los fagos F específicos tuvo una media de 1.78 y 2.04/L; los resultados de este estudio mostraron concentraciones elevadas en la mayoría de indicadores tanto en las aguas superficiales como en las aguas subterráneas de la cuenca alta del río Bogotá; sin embargo, en el sistema de

potabilización de agua de Facatativá la presencia de bacterias fue baja de 0,81 UFC/ 100 mL, lo que evidencia el nivel de eficiencia de estos sistemas para eliminar las bacterias, pero no garantiza la calidad del agua en cuanto a la presencia de virus y parásitos <sup>9</sup>. Además, ya que según la legislación no se reglamenta la detección de agentes virales como método rutinario, su verdadera incidencia estaría subestimada. Para obtener un mayor conocimiento del papel del agua como vehículo de enfermedades virales, es indispensable fortalecer la vigilancia epidemiológica en todo el país y desarrollar acciones que permitan confirmar su participación en la transmisión de enfermedades de origen hídrico <sup>1</sup>.

El sistema de vigilancia en salud pública de Colombia establece el análisis de la calidad del agua en casos de brotes en los cuales se sospeche la transmisión de origen hídrico, pero no como un método rutinario.

Además, en estudios realizados entre el 2000 y 2001 se encontró que en 18 departamentos de Colombia, hay una incidencia importante de EDA relacionada con estos agentes, actualmente, no hay métodos desarrollados para cuantificar bacterias viables no cultivables, las cuales pueden reactivarse tras el tratamiento con cloro en el agua tratada <sup>11</sup>. Los indicadores de contaminación fecal representan la carga contaminante de materia orgánica y microorganismos de origen fecal, que son producto de los vertidos domésticos e industriales a los cuerpos de agua, según Campos <sup>10</sup> "El diagnóstico de estos microorganismos, requiere laboratorios especializados y representa varios días de análisis y costos elevados. Como alternativa a estos inconvenientes, se ha propuesto el uso de indicadores microbianos que se puedan identificar mediante el uso de métodos sencillos, rápidos y económicos, pero aun estos métodos no se han actualizado después de casi 10 años.

La contaminación de los afluentes del río Bogotá, conlleva de forma directa o indirecta a un riesgo para la salud, debido a que estos afluentes contaminados

abastecen la cuenca media de la sabana de Bogotá incluyendo al río Botello que es la fuente principal de agua que llega al acueducto municipal. En 2014 se llevó a cabo una evaluación en 8 municipios, que hacen parte de la cuenca de la Sabana de Bogotá, donde se utilizó la técnica del número más probable y la técnica de filtración por membrana, para determinar la concentración de Coliformes fecales y Coliformes totales en aguas, se evidenció una contaminación fecal en el 41.7% de las muestras, con un rango de número más probable 5000 NMP /100 mL, evidenciando que el agua analizada no es apta, ya que puede representar un riesgo para la salud de los consumidores finales <sup>13</sup>.

Las enfermedades diarreicas, son un síndrome representativo de las enfermedades transmitidas por el agua, la cual es causada por diferentes agentes virales, bacterianos y parasitarios, el reporte del año 2014 realizado por el SIVICAP publicado en 2015, resume la notificación de las enfermedades relacionadas con la calidad de agua en Colombia, como Fiebre Tifoidea y Paratifoidea, Hepatitis y Enfermedad Diarreica Aguda (EDA); en Cundinamarca se reportaron 78 casos de Hepatitis A al sistema SIVIGILA, la tasa de morbilidad por EDA 47.6 x 100 habitantes con un alto índice de mortalidad por EDA en menores de 5 años, donde se observaron 240.078 muertes <sup>14</sup>.

Evaluar la calidad del agua es un proceso esencial, el reporte y vigilancia de los casos de EDA permiten identificar el origen de estos, que normalmente se pueden relacionar con la contaminación por aguas residuales y el insuficiente manejo de las mismas, mejorar las prácticas en los sistemas de tratamiento ayudaría a disminuir las tasas de morbilidad y mortalidad, especialmente en menores de 5 años, siendo la población más susceptible <sup>14</sup>.

La contaminación de fuentes de agua dulce con aguas residuales representa un problema de salud y Facatativá no es una excepción, según una investigación publicada en el 2015, se estudió el comportamiento hidrodinámico del Río Botello,

subcuenca del río Bogotá, que a su vez irriga al municipio de Facatativá, se identificaron valores elevados de *E.coli*, esto pudo deberse a que a estas fuentes de suministro llegan los vertimientos de aguas residuales, que son fuentes de contaminación por Coliformes fecales, se mezclan con las fuentes hídricas que abastecen el acueducto principal <sup>15</sup>.

El río Bogotá además de abastecer la sabana de Bogotá de norte a sur, abastece otros municipios de Cundinamarca, para el 2016 el SIVICAP, público los reportes de notificación del año anterior y se demostró que con respecto al año 2014 la morbilidad por EDA en Cundinamarca aumentó a 157.577 casos, con una tasa de morbilidad de 58.8 casos por 1.000 habitantes, sin embargo, no se notificó mortalidad en menores de 5 años por EDA; por otro lado el porcentaje IRCA en el 2015 fue de 7.07, el cual refleja un bajo riesgo en las fuentes de aguas. No obstante, la incidencia Hepatitis reportó una tasa de 0,9 por 100.000 habitantes, mientras que fiebre tifoidea y paratifoidea fue de 0,07 por 100.000 habitantes, estos datos evidencian las falencias en la prevención de este tipo de enfermedades, que afecta la población y se relacionan con el abastecimiento de agua para el consumo <sup>16</sup>.

Además de evaluar la contaminación de bacterias mediante Coliformes totales y Coliformes fecales, los virus entéricos (Hepatitis A, adenovirus, rotavirus y enterovirus) representan una fuente importante de notificación, para conocer si la presencia de virus se relacionaba con la calidad del agua en 2016, se estudió el agua de consumo en 102 municipios, donde se examinaron 288 muestras, de las cuales el 50,7% fue positivo para algún virus, de estos el agente identificado con mayor porcentaje fue Hepatitis que representaba el 26,73 %; asimismo, en el municipio de Facatativá, de 226 muestras recolectadas entre el 2000 y el 2005, se identificó una muestra positiva para Astrovirus procedente del río que abastece el acueducto, dos muestras con presencia de norovirus en agua tratada y 13

muestras positivas para rotavirus tanto de agua cruda como tratada; evidenciando que si se relaciona la presencia de virus en la calidad del agua <sup>18</sup>.

En el plan de desarrollo del municipio "Recuperemos a Facatativá", implementado en la administración 2016-2019, se buscaba desarrollar el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos para la zona urbana y rural, aprobado por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR <sup>19</sup>.

En 2017 se formuló un estudio sobre las características físicas-químicas, biológicas e índices de contaminación presentes en el río Botello y determinar si la alteración de las características, se debía a la intervención negativa de actividades de orden social y económicas, que llegan a los cuerpos hídricos mediante los vertimientos de agua <sup>20</sup>.

### **3. MARCO REFERENCIAL**

#### **3.1 Bases teóricas**

##### **3.1.1 Relación de los eventos en salud y la calidad del agua**

Se quiere analizar si los eventos en salud, se relacionan directa o indirectamente con las dificultades en el tratamiento del agua, según el INS<sup>14</sup> "El suministro de agua potable y la eliminación sanitaria de las excretas contribuye a reducir el riesgo de infección intestinal". En el país se estima que casi 6000 casos, tales como enfermedad diarreica aguda (EDA), enfermedades de piel y otras se pueden relacionar con la contaminación del agua e implican gastos en salud equivalentes \$3.050 millones de pesos al año 2002<sup>1</sup>.

En esta medida, cabe resaltar el costo efectividad de controlar los vertimientos o actuar sobre las consecuencias en la salud de los habitantes. Sin embargo, es necesario especificar la ocurrencia de los eventos de salud en el municipio de



Facatativá, perteneciente a la Sabana Occidente y es importante resaltar la transmisión viral en aguas como agentes causales de EDA.

Entre el año 2008 y hasta el año 2012, se reportaron al SIVIGILA un total de 202 casos de infección por el virus de la Hepatitis B, entre los cuales el segundo mayor porcentaje fue reportado en la Sabana Occidente (10.70%), y por municipio, en los casos reportados, Facatativá obtuvo el mayor porcentaje 7.42%<sup>18</sup>.

A nivel nacional en julio de 2015, con respecto a las características microbiológicas del agua usada para el sector doméstico, se reportó por el INS que el 37.5 % de las muestras no cumplieron con los estándares para Coliformes totales, es decir, las muestras tuvieron presencia de estos, igualmente, el 26.01 % de las muestras no cumplieron con los estándares exigidos para *E. Coli*, indicando posible contaminación fecal; estos hallazgos demuestran un alto riesgo para la salud de los consumidores e indican un tratamiento del agua inadecuado<sup>14</sup>.

Evaluar la calidad del agua, además del reporte y vigilancia de los eventos en salud, permiten evidenciar la relación de estos con la contaminación por aguas residuales y el insuficiente manejo de las mismas, mejorar las prácticas en los sistemas de tratamiento ayudaría a disminuir las tasas de morbilidad y mortalidad especialmente en menores de 5 años, siendo la población más susceptible.

### **3.1.2 Falencias en la calidad del agua de consumo para su uso por la comunidad**

Se busca evaluar la calidad del agua mediante un puntaje de riesgo, que asigna el IRCA, en cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano, en muestras de agua junto con el grado de

riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas realizando procedimientos básicos de análisis, para determinar turbiedad, color aparente, pH y residual de desinfectante usado, junto con las determinaciones físicas, químicas y microbiológica complementaria, entre estas últimas la determinación de Coliformes totales y *Escherichia coli* <sup>8</sup>.

Las características microbiológicas del agua para consumo humano, independiente del método de análisis utilizado, no debe contener *E.coli* en 100 cm<sup>3</sup> de agua, igualmente, para parásitos no se debe encontrar quistes de *Giardia spp*, ni *Cryptosporidium spp* <sup>8</sup>, así mismo, se debe determinar la concentración de microorganismos mesofílicos, cuyo valor máximo aceptable es de 100 UFC en 100 cm<sup>3</sup>.

En 2015 se realizó un estudio hidrodinámico de un tramo del río Botello, que involucró la determinación de variables fisicoquímicas como, pH, temperatura, turbiedad, color aparente, conductividad, DQO, DBO5, fosfatos, hierro, nitratos, nitritos, manganeso, oxígeno disuelto y sólidos disueltos totales. En cuanto a los parámetros microbiológicos se realizó la búsqueda de *E. Coli* y Coliformes totales. A fin de conocer el comportamiento hidrodinámico del tramo, comprendido por la cabecera municipal del municipio como zona de influencia, se encontró exceso de fósforo, déficit de oxígeno disuelto, así como altos contenidos de nitratos y en algunos puntos la presencia de *Escherichia Coli* <sup>15</sup>.

En 2017 un proyecto de grado, evaluó el índice de contaminación en el río Botello, y se evidenció que el cuerpo hídrico durante el año 2014 y el 2016 no poseía los requerimientos mínimos establecidos dictados por la normatividad. Específicamente, en el periodo del 2015 se observó la mayor afectación en la calidad de los cuerpos de agua, causada por la época de sequía, que impactó el acceso del servicio a los facatativeños <sup>20</sup>.

### **3.1.3 Importancia del manejo de la salubridad y el abastecimiento de agua para el municipio de Facatativá**

El municipio cuenta actualmente con ocho vertimientos de agua sin tratamiento, cuyo nacimiento proviene del río Botello, estos vertimientos sin tratamiento cercanos a las zonas urbanas, han afectado la calidad de vida de la población, por la presencia de olores y basuras en estos afluentes. Del mismo modo, afectan la calidad del recurso hídrico y limitan las fuentes que pueden ser tratadas y potabilizadas para el servicio de la comunidad. Dado que la calidad del agua, ha sido durante muchos años un problema evidente en el municipio, la gestión de la alcaldía ha tenido este punto en cuenta, sin embargo, son pocas las acciones que se han realizado para solucionar esta problemática.

El Municipio de Facatativá se localiza en el Departamento de Cundinamarca a 36 Km de Bogotá, Colombia. En cuanto a su distribución el municipio está conformado por 14 veredas, 16 centros urbanos y 109 barrios.

Facatativá comparte límites territoriales con varios municipios, al norte limita con los municipios de Sasaima, La Vega y San Francisco; al sur con Zipacón, Bojacá y Anolaima; hacia el oriente con Madrid, El Rosal y Bojacá; y por el occidente, con Anolaima y Albán <sup>29</sup>.

### **3.1.4 Red hidrográfica**

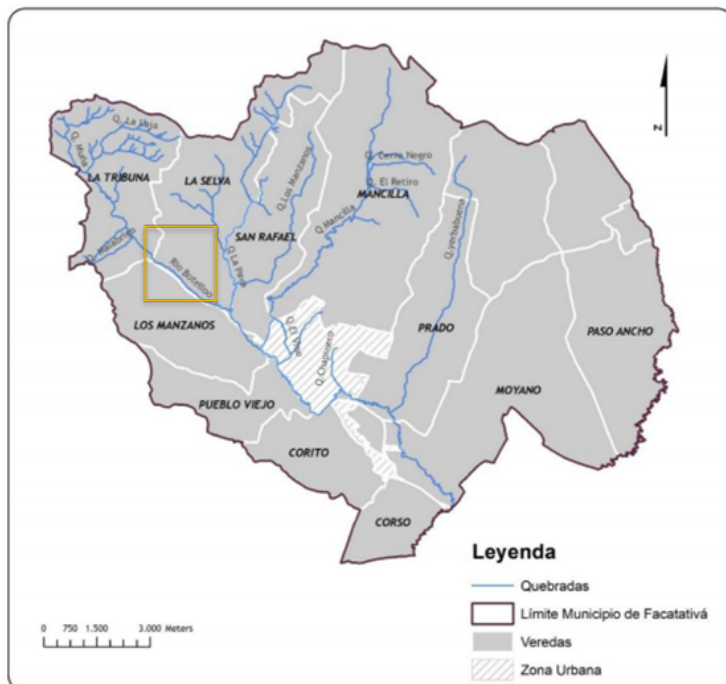
La zona urbana se organiza en seis grandes áreas o zonas para su administración: zona centro, zona residencial occidente, borde sur, periferia urbana y grandes zonas verdes <sup>29</sup>.

En cuanto a su distribución, al lado de las áreas urbanas y rurales se evidencia la red hidrográfica que riega el Municipio, de la que sobresale la principal arteria

fluvial, determinada por el Río Los Andes o Río Botello (Tenequene) como se observa en la imagen.

Actualmente los municipios de Funza, Mosquera, Madrid y Facatativá obtienen la fuente de suministro principal de los sistemas de acueducto, de las aguas subterráneas, además, las actividades económicas que desarrollan estos municipios, son también dependientes del recurso hídrico subterráneo, lo cual se evidencia por la existencia de aproximadamente 550 pozos profundos, de los que se extrae el agua, principalmente para riego de cultivos, ganadería y procesos industriales <sup>30</sup>.

En la actualidad, las fuentes subterráneas suplen, en algunos casos, hasta el 60% de los requerimientos de los sistemas municipales de acueducto, los cuales son complementados con aguas de fuentes superficiales en Facatativá y Madrid <sup>30</sup>.



**Figura 1. Red hidrográfica Facatativá. Fuente Figueroa <sup>29</sup>.**

En la figura 1 atravesando las áreas urbanas y rurales, se puede evidenciar la red hidrográfica que riega el municipio de Facatativá, de

la que sobresale la principal arteria fluvial del río Los Andes o río Botello, cuyo

nacimiento se halla al sur-occidente de la cabecera municipal, desemboca en el Río Bojacá y posteriormente en el río Bogotá.

Por ello, el municipio de Facatativá en su Plan de Ordenamiento Territorial, hace parte de la iniciativa de restauración del Río Bogotá, teniendo en cuenta su manejo como un elemento necesario para el cuidado de las fuentes hídricas, que requiere el desarrollo y control del alcantarillado sanitario, que permita la recuperación de los afluentes <sup>31</sup>.

Se ha establecido, que mediante la gestión municipal se podrían adoptar políticas para el manejo y descontaminación del Río Bogotá, ya que el recorrido del río los Andes desde Facatativá tiene su desembocadura en el río Bogotá como se muestra en la figura 2.



**Figura 2. Red Hidrográfica del municipio y recorrido hasta el Río Bogotá. Fuente Caracterización y diagnóstico de las cuencas hídricas del Municipio de Facatativá <sup>32</sup>.**

Mediante el plan de desarrollo del municipio "Recuperemos a Facatativá", se buscó brindar apoyo a las comunidades afectadas, entre ellas dos sectores pertenecientes a la cuenca alta del Río Botello, no obstante, la falta de inversión por parte del gobierno nacional y la gobernación de Cundinamarca, y la repartición del presupuesto del municipio de Facatativá, impiden debido a los altos costos de inversión, la ejecución de obras de tratamiento de aguas residuales, que a su vez depende de los proyectos de recuperación del río Bogotá

<sup>19</sup>.

Según el análisis situacional del municipio, realizado para el plan de desarrollo 2016-2019, no se puede costear las obras de ejecución para el tratamiento de aguas residuales, de igual manera, se informa que debido a la mala administración ambiental del municipio, donde se evidencio la falta de control en las construcciones de viviendas, las cuales tenían malas conexiones de los vertimientos de aguas residuales a las fuentes hídricas, igualmente, falta de conocimiento de la comunidad sobre los programas de ahorro y uso eficiente del agua, la protección de los humedales y fuentes hídricas conllevan a realizar acciones contaminantes y arrojar basuras a los efluentes. Todas estas problemáticas, conllevan al aumento en las tasas de cobro de servicios públicos y al aumento de costos para la potabilización del agua <sup>19</sup>.

### **3.2 Bases legales**

En Colombia se manejan diferentes normativas sobre el sector ambiental, incluyendo el manejo de aguas, mediante el Sistema Nacional Ambiental instaurado por la Ley 99 de 1993, que es un modelo administrativo, manejado por treinta y tres Autoridades Ambientales Territoriales y seis urbanas, distribuidas en el país con autonomía administrativa <sup>1</sup>.

En 1994 la Ley 142, reglamentaria las disposiciones de como determinar la cobertura, tarifa, calidad del servicio público como acueducto, alcantarillado, aseo y energía <sup>4</sup>.

Luego de 4 años, se decreta el Programa para el Uso Eficiente del Agua, mediante el decreto 73 de 1998, para proponer lineamientos para el consumo y desperdicio excesivos de agua, garantizando así la disponibilidad del recurso hídrico <sup>4</sup>.

Según el CONPES - Bogotá 2006, que tuvo como antecedente el Decreto 1729 de 2002, se establecen los lineamientos y se define el proceso de ordenamiento del uso y manejo sostenible de los recursos naturales renovables, de manera que, se consiga mantener o restablecer un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento económico y la conservación de los recursos hídricos, objetivos los cuales se busca dar cumplimiento en el departamento de Cundinamarca, mediante la elaboración del Plan De Ordenación Y Manejo De La Cuenca Hidrográfica Del Río Bogotá <sup>5</sup>.

Así mismo, el gobierno con el fin de aumentar la eficiencia en la prestación de servicios y suministro de bienes públicos, en este caso, el manejo de aguas residuales desarrollo el “Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales Municipales en Colombia” mediante lineamientos dispuestos en el documento CONPES 3177 de 2002<sup>1</sup>. Que se propone como fin para el cumplimiento del Plan Nacional de Desarrollo 2003-2006 “Hacia un Estado Comunitario” que plantea el desarrollo de un programa de manejo integral de fuentes de agua de consumo, priorizando entre estas, el manejo del Río Bogotá <sup>5</sup>.

En 2006, se lleva a cabo la “Propuesta de Metodología para la determinación de los objetivos de calidad de la cuenca del río Bogotá”, la cual recoge las evaluaciones de calidad cualitativas y cuantitativas disponibles, respecto del

recurso y desarrolla una metodología para determinar los objetivos de calidad para el río Bogotá <sup>5</sup>.

Por su parte el Decreto 3518 del 2006, fundamentado en el Sistema de Vigilancia en Salud Pública, tiene como objetivo analizar y usar la información de los eventos de vigilancia en salud, entre ellos los relacionados con el consumo de agua como lo son hepatitis A, cólera, fiebre tifoidea y paratifoidea, que son vigiladas por el Instituto Nacional de Salud <sup>14</sup>.

El Decreto 1575 de 2007, implementado mediante la resolución 2115 de 2007, se fundamenta bajo el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano, donde se establece el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano (IRCA), que permite vigilar los posibles riesgos microbiológicos, químicos y físicos del agua, para establecer acciones para garantizar la calidad del agua para consumo humano <sup>14</sup>.

### **3.3 Marco conceptual**

Agua potable: Se llama agua potable al agua dulce que tras ser sometida a un proceso de potabilización se convierte en agua apta para el consumo humano, pudiendo consumirla sin ningún tipo de restricciones, debiendo pasar primero por un control de calidad y aprobando las rigurosas normas establecidas a nivel nacional e internacional <sup>16</sup>.

Enfermedad diarreica aguda (EDA): presencia de tres o más deposiciones en 24 horas, con una disminución de la consistencia habitual y una duración menor de 14 días <sup>16</sup>.



Fiebre Tifoidea y Paratifoidea: infección causada por *Salmonella Typhi*, *S.Paratyphi A*, B o C, con fiebre alta (>39° C) por más de 72, dolor de cabeza, malestar general; anorexia, estreñimiento o diarrea, tos, bradicardia <sup>16</sup>.

Hepatitis A: infección causada por Hepatovirus de la familia Picornaviridae, cursa con malestar general, anorexia, náuseas y molestias abdominales, con alteración en pruebas de función hepática, que puede presentar fiebre, ictericia, coluria, acolia o dolor en hipocondrio derecho <sup>16</sup>.

Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano: se calcula teniendo cuenta los puntajes de riesgo asignados a cada característica analizada según la fórmula establecida en la Resolución 2115 de 2007. Este índice permite hacer un seguimiento y monitoreo que permita establecer en forma rápida la potabilidad y calidad del agua suministrada al municipio de Facatativa, que cumpla con los estándares mínimos requeridos.

Morbilidad por EDA: nuevos casos de EDA en la población general <sup>16</sup>.

Mortalidad por EDA en menores de 5 años: caso de muerte de un niño que haya presentado EDA, acompañada de deterioro de la condición general, aumento del grado de deshidratación y presencia de alguna infección asociada <sup>16</sup>.

## **4. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **4.1 Tipo de investigación**

El enfoque de esta investigación es cuantitativa para relacionar las variables de calidad del agua con la transmisión en EDA utilizando métodos de análisis de riesgo analizadas sobre las tendencias y la relación la información existente sobre la enfermedad diarreica aguda en el municipio de Facatativá.

## **4.2 Alcance de la investigación**

El desarrollo de la investigación se basó en un diseño exploratorio, en el cual se busca realizar una aproximación a un tema poco investigado, principalmente en el municipio de Facatativá y su impacto de la EDA en la salud de sus habitantes, y generar interés para futuras investigaciones en este y otros municipios.

Simultáneamente, se buscó analizar la calidad del agua en el municipio y determinar si cumple con los lineamientos establecidos en las normas colombianas vigentes y si las características del agua de consumo se relacionan con los eventos de salud en el municipio, para ello se aplicó un diseño de tipo descriptivo.

## **4.3 Población y muestra**

Según las características de la investigación, la muestra no fue de tipo probabilístico, se seleccionó como población los documentos, revistas, artículos, tesis e investigaciones de la transmisión por agua de EDA y la muestra fueron la bibliografía que cumplieran con los criterios de inclusión; bibliografía tomada de bases de datos científicas Bioline, BioMed , Dimensions, NCBI, Scopus, Scielo, Researchgate, Tesis universitarias Universidad de Cundinamarca y Javeriana, y los datos oficiales reportados al INS sobre EDA en Cundinamarca y los valores IRCA del agua potable del municipio de 2008 a 2020, para encontrar patrones de seguimiento que cumplieran con los intereses del estudio.

## **4.4 Técnicas y procedimientos**

### **4.4.1 Revisión bibliográfica.**

Para dar cumplimiento al primer objetivo específico, la estrategia consistió en una revisión bibliográfica en bases de datos sobre artículos, documentos, tesis y trabajos de grado sobre la calidad del agua, para obtener información y analizar las investigaciones previas sobre prevalencia de EDA en Facatativá igualmente, plantear una base para futuros estudios que lleven a mejorar esta problemática.

#### **4.4.2 Revisión normativa**

Se analizaron los requerimientos legales que actualmente rigen en el país, con respecto a las características y condiciones que debe tener el agua de consumo, con el propósito de que sean óptimos para su uso por la comunidad.

#### **4.4.3 Recolección de datos del Instituto nacional de Salud**

Con el fin de relacionar las dificultades que se han tenido en el tratamiento y calidad del agua, con los eventos en salud relacionados a su consumo, se realizó una búsqueda de datos oficiales reportados por el Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, para obtener información de los reportes epidemiológicos de EDA Cundinamarca y comparar la ocurrencia de estos eventos en salud con las condiciones desfavorables del agua de consumo identificados por el IRCA, realizado en el municipio de Facatativá del 2008 al 2020 y relacionar el aumento de eventos de salud con el consumo de agua que no cumple los requisitos de calidad que rigen las normativas del País.

#### **4.4.4 Análisis de datos estadísticos**

Se hizo una revisión de los casos reportados al INS de EDA en Cundinamarca, y las fuentes más comunes de transmisión de EVA y otras ETAS además de analizar el porcentaje IRCA del agua potable del municipio de Facatativá a través de un mapa de análisis de riesgos, este parámetro nos permite evidenciar las causas de las amenazas, daños y consecuencias que puedan producir los factores ya mencionados a los habitantes del municipio.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Clasificación niveles de riesgo agua de consumo humano

La Resolución 2115 de 2007, estableció los rangos para la clasificación del nivel de riesgo por muestra en un periodo de tiempo mensual, además también estipula las notificaciones y acciones correspondientes que deben realizar los responsables directos, la autoridad sanitaria y las personas prestadoras del servicio, según el riesgo determinado (tabla 1).

**Tabla 1. Clasificación nivel de riesgo y acciones IRCA. Basada en la Resolución 2115 de 2007 <sup>21</sup>.**

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	Notificaciones autoridad sanitaria	Acciones correctivas
80.1 - 100	INVIABLE SANITARIAMENTE	Informar a la persona prestadora, al COVE, Alcalde, Gobernador, SSPD, MPS, INS,	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden público.
35.1 - 80	ALTO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde, Gobernador y a la SSPD.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores.
14.1 - 35	MEDIO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde y Gobernador.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora.
5.1 - 14	BAJO	Informar a la persona prestadora y al COVE.	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento.

0 – 5	SIN RIESGO	Continuar el control y la vigilancia.	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia.
-------	------------	---------------------------------------	---

En la tabla 1 se presenta las acciones correctivas correspondientes al nivel de riesgo establecido por normativa, que se traduce al porcentaje IRCA de características no favorables, el nivel de riesgo, las notificaciones que la autoridad sanitaria exigirá a los prestadores del servicio y finalmente las acciones correctivas mensual de mejora de la calidad que adelantan los responsables según sea el caso.

## 5.2 Índice de Calidad de agua IRCA Cundinamarca-Facatativá

Los valores de porcentaje IRCA, se reportan y se notifican a través del Instituto Nacional de Salud en informes anuales, a continuación, para cumplir con el objetivo del proyecto, se tomaron los valores anuales reportados por el INS en el departamento de Cundinamarca y el municipio de Facatativá entre el año 2007 y 2020.

Se desarrolló un mapa de riesgo de la calidad del agua, por medio de una tabla de convención de colores, que muestra la categoría de riesgo establecida según el porcentaje de IRCA, reportado por el INS en los diferentes informes de vigilancia y control del riesgo, asociado a las condiciones de calidad de las fuentes abastecedoras de los sistemas de suministro de agua para consumo humano.

Lo anterior, se realizó considerando que algunas de las características físicas químicas y microbiológicas del agua, en fuentes superficiales o subterráneas de una determinada región, pueden generar riesgos graves a la salud humana, si no son adecuadamente tratadas. Las tablas de riesgo según el porcentaje IRCA en

el departamento de Cundinamarca y el municipio de interés Facatativá, se evidencian en la tabla 2 y 3 respectivamente.

**Tabla 2. Clasificación del riesgo según el porcentaje IRCA en Cundinamarca**

Convención de Colores					
Sin Riesgo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Inviabile	No Reporta
0 - 5	5,1 - 14	14,1 - 35	35,1 - 80	80,1 - 100	<input type="text"/>

	CUNDINAMARCA
AÑO	IRCA (%)
2007	6.6
2008	7.7
2009	8
2010	5.8
2011	7.1
2012	6.9
2012-2	6.9
2013	7.7

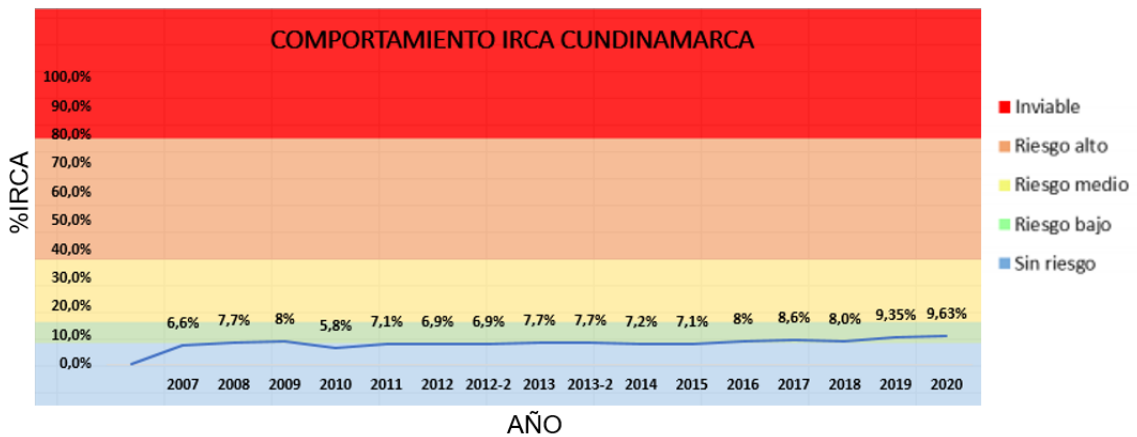
2013-2	7.7
2014	7.2
2015	7.1
2016	8
2017	8.6
2018	8
2019	9,35
2020	9.63

El IRCA, es calculado por la autoridad sanitaria tal como las directrices departamentales, distritales y municipales, conforme a los resultados de laboratorio de las muestras tomadas en las redes de distribución en cada departamento o municipio.

El conglomerado del IRCA a nivel nacional, según el INS para el año 2017 fue de 20%, este fue el promedio IRCA de los datos tomados de las redes de suministro de agua potable en todo el país, lo que muestra que, para este año el nivel de riesgo según la clasificación correspondió a un riesgo medio, lo cual no es muy prometedor para ofrecer a los habitantes el acceso a una fuente de agua de consumo segura <sup>36</sup>.

Según los resultados obtenidos de los porcentajes e índice de riesgo de los datos tomados del INS y presentados en esta revisión, como se observa que en

Cundinamarca (tabla 1) con respecto a la cifra nacional del año 2017, fue de 8.71% que se clasifica como un nivel de riesgo bajo, pero según las recomendaciones, se deben tomar medidas para que sea agua apta para el consumo en la totalidad del departamento y estas cifras puedan disminuir a un nivel sin riesgo con un IRCA menor al 5% para que sea considerada agua sin riesgo.



**Figura 3. Comportamiento del IRCA consolidado Cundinamarca, 2007 - 2020.**

Con respecto al % acumulado de IRCA del 2007 al 2020, se observa que el riesgo de la calidad del agua para consumo humano en el departamento de Cundinamarca se ha mantenido constante en el nivel de riesgo bajo.

**Tabla 3. Clasificación del riesgo según el porcentaje IRCA en Facatativá**



Convención de Colores					
Sin Riesgo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Inviabile	No Reporta
0 - 5	5,1 - 14	14,1 - 35	35,1 - 80	80,1 - 100	<input type="text"/>

AÑO	ID	Municipio	IRCA (%)
2007	25269	Facatativá	7.3 %
2008	25269	Facatativá	0,015
2009	25269	Facatativá	0,016
2010	25269	Facatativá	0,03
2011	25269	Facatativá	0,008
2012	25269	Facatativá	0
2012- 2	25269	Facatativá	0,017
2013	25269	Facatativá	0,0076
2013-2	25269	Facatativá	0,02
2014	25269	Facatativá	1
2015	25269	Facatativá	2.01
2016	25269	Facatativá	2,5
2017	25269	Facatativá	1,3

2018	25269	Facatativá	0,085
2019	25269	Facatativá	0
2020	25269	Facatativá	0,70



**Figura 4. Comportamiento del IRCA consolidado Facatativá, 2007 - 2020.**

En relación con el municipio de Facatativá el % IRCA acumulado desde el año 2007 al 2020, también se ha mantenido constante, pero a diferencia del acumulado del departamento, únicamente en el 2007 se presentó un porcentaje de 7.3 equivalente a un riesgo bajo, pero desde el 2008 hasta el 2020, se ha mantenido en un porcentaje inferior al 5%, que quiere decir que el agua de consumo es seguro y no presenta ningún riesgo a la salud, únicamente se debe mantener la vigilancia estándar establecida en la normativa.

Estos resultados se relacionan con diferentes reportes del SIVICAP, donde se determinó que para el 2019 de 634 municipios que reportaron el 45.7% estaban en un nivel sin riesgo, entre los que se encontraba Facatativá, el 9.9% con bajo riesgo, el 18.8% con riesgo medio, el 24.1% nivel de riesgo alto y del total 1.4% fueron inviables sanitariamente<sup>36</sup>.

En cuanto el riesgo a nivel urbano y rural, aunque estos datos no se tomaron en esta revisión, para el 2017 del total de muestras reportadas en el departamento el 37,3% equivalente a 1.224, fueron recolectadas en la zona urbana y cursaron con un riesgo bajo (IRCA 6,9%) y 448 muestras o el 13.7% pertenecían a la zona rural y tenían un riesgo bajo (IRCA de 11%) pero un porcentaje un poco mayor en relación a la zona urbana, finalmente el 49% restante no se contaban con registros de su procedencia<sup>35</sup>.

#### **4.3 Vigilancia De *Cryptosporidium sp* y *Giardia sp* 2017-2018 Facatativá.**

Con el fin de aportar conocimientos acerca de la distribución de estos patógenos en aguas no tratadas (superficiales, pozos profundos) y tratadas (agua para consumo humano) en Cundinamarca y Facatativá, se tomaron los únicos datos abiertos disponibles y reportados al SIVICAP entre el año 2017 y 2018, sobre *Cryptosporidium sp* y *Giardia sp* en el municipio de Facatativá, los cuales se sintetizan en la tabla 4.

**Tabla 4. Muestras no aceptables por persona prestadora y fuente de abastecimiento. Fuente: SIVICAP – Parasitología INS<sup>22</sup>.**

Departamento	Número de municipios	Número de personas prestadoras	Número de muestras	Muestras no aceptables		Muestras aceptables	
				n	%	n	%
				Cundinamarca	29	35	37

Departamento	Municipio	Persona prestadora	Fuente de abastecimiento	Tipo de agua								
				Sin tratamiento				Tratada				
				<i>Cryptosporidium</i> sp.	<i>Giardia</i> sp.	No aceptable	Aceptable	<i>Cryptosporidium</i> spp.	<i>Giardia</i> sp.	No aceptable	Aceptable	
Cundinamarca	Facatativá	Empresa Aguas de Facatativá	Quebrada La Tribuna	1	0	1	0	0	0	0	0	0

En la tabla 4 se sintetiza la investigación llevada a cabo por el grupo de parasitología del INS en base a los reportes del SIVICAP 2017 y 2018.

Para Cundinamarca se tomaron 37 muestras de las cuales una pertenece a la empresa de acueducto de Facatativá, llamada Aguas de Facatativá que fue negativa para estos dos parásitos en el agua tratada y una muestra positiva de *Cryptosporidium* sp en agua no tratada, perteneciente a la fuente de abastecimiento, la quebrada La Tribuna; estos resultados aunque no son del todo desfavorables, se debe tener en cuenta que solo fue una muestra tomada en un mismo día y que si la fuente de abastecimiento tiene la presencia de *Cryptosporidium* sp, según la legislación no es un agua segura de usar directamente y que probablemente tras el tratamiento pueda resistir la desinfección tradicional con cloración.

Es necesario aclarar que la presencia de cualquiera de estos parásitos en el agua la hace inviable sanitariamente, lo que a su vez afecta totalmente el valor del IRCA y la seguridad del agua de consumo.

#### 5.4 Enfermedad diarreica aguda en Cundinamarca

Finalmente, se quiere realizar una revisión de los casos reportados al INS de la EDA en Cundinamarca, para evaluar las fuentes más comunes de transmisión de EVA y otras ETA que se relacionen con esta enfermedad. El objetivo fue obtener información de los reportes epidemiológicos de EDA en Cundinamarca y comparar la ocurrencia de estos eventos en salud, con las condiciones favorables o desfavorables del agua de consumo.

Se hizo una Recolección de datos oficiales reportados por el Ministerio de Salud del 2015 al 2018, estos datos se tomaron de los informes de evento anuales de enfermedad diarreica aguda respectivos a cada año <sup>23,24,25,26</sup>.

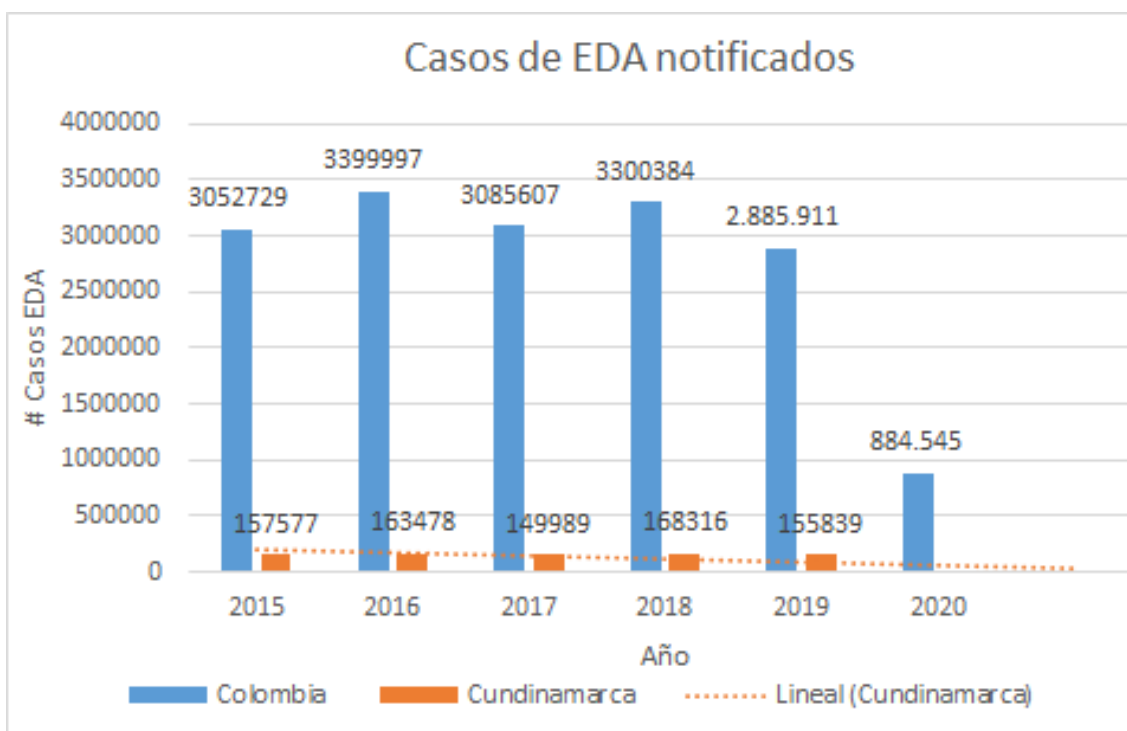
Los casos de EDA para el 2019 fueron tomados de la semana epidemiológica 42 de 2019 <sup>27</sup>.

Finalmente, para los casos nacionales de EDA en el año 2020, se tomaron los reportados en la semana epidemiológica 20 del mismo año, sin embargo, aunque se registra los casos a nivel Colombia, no se reporta la cifra perteneciente al municipio de Cundinamarca <sup>28</sup>. Los casos notificados de EDA a nivel nacional y Cundinamarca se exponen en la tabla 5.

**Tabla 5. Casos de enfermedad diarreica aguda notificados en Colombia y Cundinamarca 2015-2020.**

Casos de EDA notificados			
AÑO	# de casos notificados Colombia	# de casos notificados Cundinamarca	% Cundinamarca
2015	3.052.729	157.577	5,2

2016	3.399.997	163.478	4,8
2017	3.085.607	149.989	5,7
2018	3.300.384	168.316	5,1
2019	2.885.911	155.839	5
<b>2020</b>	<b>884.545</b>	<b>No reporta</b>	<b>5,4</b>



**Figura 5. Gráfico de barras comparativo entre casos de EDA a nivel nacional y Cundinamarca.**

En la figura 5 observamos los casos notificados en Colombia en el año respectivo (azul) y los casos notificados en Cundinamarca (naranja) junto con la línea de tendencia (línea discontinua).

## **6. DISCUSIÓN**

El Municipio de Facatativá se localiza en el Departamento de Cundinamarca a 36 Km de Bogotá, Colombia. En cuanto a su distribución el municipio está conformado por 14 veredas, 16 centros urbanos y 109 barrios.

Facatativá comparte límites territoriales con varios municipios, al norte limita con los municipios de Sasaima, La Vega y San Francisco; al sur con Zipacón, Bojacá y Anolaima; hacia el oriente con Madrid, El Rosal y Bojacá; y por el occidente, con Anolaima y Albán<sup>29</sup>.

### **6.1 Seguimiento de la vigilancia en calidad del agua**

El INS estructuró el Boletín de la Vigilancia del Agua (BVA), que evalúa mensualmente a las Autoridades Sanitarias, los indicadores de cobertura territorial, el cumplimiento del plan de muestreo de la vigilancia y finalmente la aceptabilidad de características, según valores permisibles de las características

microbiológicas, fisicoquímicas y construcción del Índice de Riesgo de Calidad del Agua IRCA.

Según la ponderación del IRCA, “indicador del 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 se establece asignando un puntaje a cada característica fisicoquímica y microbiológica, por el no cumplimiento de los valores aceptables establecidos en la Resolución 2115 de 2007. Su valor va desde 0% sin riesgo, cuando cumple con los valores aceptables para cada una de ellas hasta el 100% más alto riesgo, cuando no cumple con ninguna.

Los parámetros inadmisibles se resumen en el anexo 1 “Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos inadmisibles por municipio. Datos tomados de la resolución 2115 de 2007”<sup>33</sup>.

## **6.2 IRCA y Objetivos de Desarrollo del Milenio**

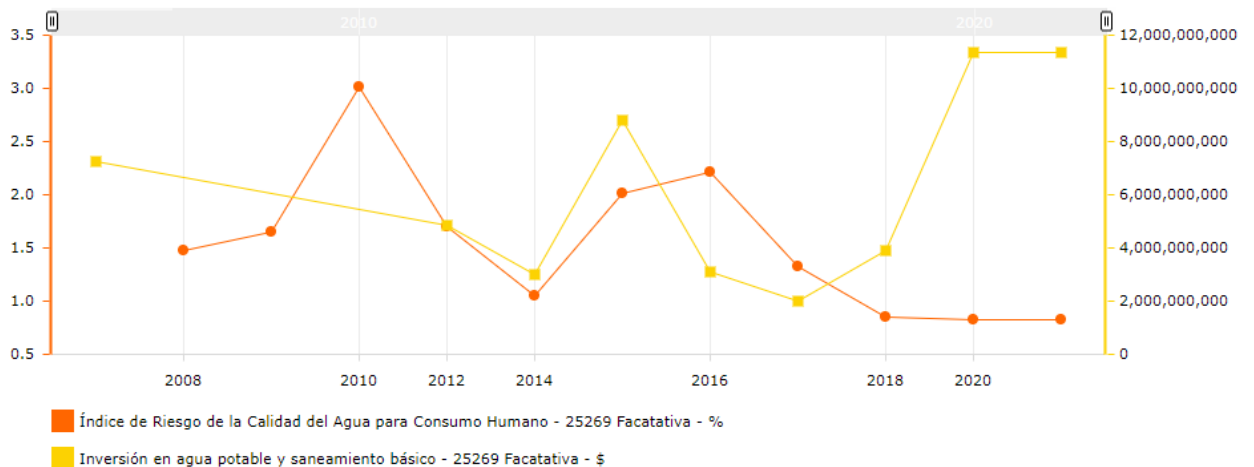
Los ODS en su informe de 2008, desarrolló una nueva forma de presentar las cifras de acceso al agua potable segura y limpia, reflejándose en un formato de “Escalera de agua de consumo”, donde se diferenció entre “agua mejorada” y “no mejorada”, como indicadores de acceso a agua potable en los países<sup>34</sup>.

La agenda 2030 para el abastecimiento de agua, el saneamiento y la higiene en América latina y el Caribe, recalca la necesidad de la necesidad de promover acciones integrales para la gestión de los servicios de agua y saneamiento con enfoque al cumplimiento de los derechos humanos instaurado en el Objetivo 6: Agua limpia y saneamiento<sup>34</sup>.



Colombia incorpora en su Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 “Todos por un nuevo país”, el compromiso de participación en la agenda de Desarrollo Sostenible. El INS, en el análisis comparativo de lo estipulado por los ODS asimiló el IRCA obtenido y nivel de riesgo a la escalera del agua mejorada y no mejorada como se ilustra en la figura 6.

Facatativá simultáneamente para dar cumplimiento a la los ODS se compromete en su plan de ordenamiento “Recuperemos a Facatativá 2016-2019” a aumentar los recursos para el mejoramiento del acceso a agua potable , que hace parte de las intervenciones del Plan Decenal de Salud Pública y de una de las Metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS 2016-2030.



**Figura 6. Comparativo entre porcentaje IRCA en Facatativá y el monto de inversión en agua potable y saneamiento básico.**

Como podemos observar en la figura 6 tras la implementación de este programa se aumentó el monto de inversión que se evidencio simultáneamente una disminución del IRCA en el municipio, lo que sugiere que si se implementan

mejoras y se destina fondos, se mejorarían las falencias administrativas, que incluyen buscar fuentes alternas de abastecimiento para dar capacidad de acceso a la creciente población, implementación de métodos más específicos de carga microbiológica y estudios de seguimiento de caos de EDA y la implementación de una planta de tratamiento de agua residual que estaba contemplada en el proyecto pero nunca se realizó, y podrían ayudar a mejorar las condiciones de calidad del agua.

### **6.3 Índice de Calidad de agua IRCA Cundinamarca y Facatativá**

El Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano (IRCA), como se mencionó anteriormente, es un indicador de calidad cuantitativo para determinar el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el consumo de agua; cuando el valor del IRCA se encuentra entre 0% y 5%, el agua se clasifica como agua sin riesgo como se evidencia en la figura 6 es un agua apta para el consumo humano, ya que cumple con las características físico químicas y microbiológicas que establece la resolución 2115 de 2007; cuando los valores del indicador superan este valor, el agua se considera como no apta para consumo humano (riesgo bajo, medio o inviable sanitariamente).



**Figura 6. Escalera de riesgo agua de consumo.**

El IRCA, es calculado por la autoridad sanitaria tal como las directrices departamentales, distritales y municipales, conforme a los resultados de laboratorio de las muestras tomadas en las redes de distribución en cada departamento o municipio.

al 2020, se observa que el riesgo de la calidad del agua para consumo humano en el departamento de Cundinamarca se ha mantenido constante en el nivel de riesgo bajo, que se considera un agua susceptible de mejoramiento.

En cuanto a Facatativá, únicamente en el 2007 se presentó un porcentaje IRCA de 7.3 equivalente a un riesgo bajo, pero desde el 2008 hasta el 2020, se ha mantenido en un porcentaje inferior al 5%, que quiere decir que el agua de consumo es seguro y no presenta ningún riesgo a la salud, únicamente se debe mantener la vigilancia estándar establecida en la normativa, que en cuanto a las características microbológicas solo evalúa microorganismos indicadores de contaminación bacteriana y parasitaria.

Contaminación bacteriana: En cuanto a los análisis convencionales que se realizan en el agua tratada para consumo humano y lo establecido por la normativa Colombiana, únicamente la evaluación microbiológica se realiza mediante el análisis de *E. coli* o coliformes totales, que es útil únicamente para determinar la presencia de carga bacteriana, pero no la carga viral o parasitaria; esta última se evidenciaría únicamente con la presencia de turbidez, que no es muy específica ya que puede deberse a diversas causas; además la falta de protocolos para el análisis microbiológico del agua de consumo constituye un problema en el tratamiento de aguas según expone el INS en el 2015 <sup>40</sup>.

Contaminación parasitaria: En Colombia, la vigilancia de la presencia de estos parásitos en aguas está legislada por el decreto 2115 de 2007, que exige la determinación de estos parásitos en aguas para la verificación y regulación; sin embargo, pocos prestadores de servicio de acueducto cumplen con la vigilancia y reporte de los análisis respectivos, con la frecuencia establecida en los decretos.

En cuanto a los parásitos *Cryptosporidium sp* y *Giardia sp.* son protozoarios distribuidos en el mundo y también son patógenos asociados a la transmisión por agua en humanos y animales; entre la patogenia en humanos estos han sido asociados a enfermedades gastrointestinales, como la enfermedad diarreica aguda y crónica.

En esta revisión se tomaron los únicos datos de acceso abierto en el INS que diferenciaba un estudio realizado por el grupo de parasitología, donde se determinó la presencia de *Cryptosporidium sp* y *Giardia sp* en 176 muestras de agua durante el 2017 y el primer semestre del 2018, estas muestras se extrajeron de 106 empresas prestadoras del servicio de agua, de 12 municipios.

Según la tabla 4 presentada en los resultados, se determinó que de las 37 muestras recolectadas en Cundinamarca, en Facatativá el prestador municipal Aguas de Facatativá en el agua sin tratamiento, solo obtuvo 1 muestra positiva para *Cryptosporidium sp*; en el agua tratada, no se evidenció la presencia de ninguno de los parásitos de interés.

Contaminación viral: Según un informe del SIVICAP del 2014 estos métodos tradicionales tampoco son viables para la determinación de virus en agua, se menciona que principalmente los rotavirus son más resistentes a la desinfección que otros virus entéricos y nos debemos conformar con medidas de prevención de la transmisión, por ejemplo, el manejo adecuado de los residuos humanos que no lleguen a las aguas usadas en el riego y la alimentación, sumado a un tratamiento y desinfección útil para este tipo de virus entéricos<sup>41</sup>.

Colombia cuenta con la vigilancia rutinaria de las fuentes de agua para consumo humano incluyendo la vigilancia de las fuentes de agua con base en indicadores microbiológicos y fisicoquímicos, pero este sistema no incluye la vigilancia de los virus en el agua para consumo humano en la red de distribución, debido a la complejidad de las pruebas de laboratorio necesarias y sus costos. Sin embargo, el análisis de los virus puede incluirse en los mapas de riesgo de la calidad del agua para consumo humano, con el fin de evaluar su impacto en la salud de la población<sup>42</sup>.

#### **6.4 Enfermedad diarreica Aguda**

Por lo general, los agentes patógenos pertenecen al grupo de los microorganismos que se transmiten en las heces excretadas por individuos infectados o por ciertos animales. Así que estas enfermedades se suelen contraer al ingerirlos en el agua o en alimentos contaminados por esas heces (vía fecal-oral). Los patógenos humanos transmitidos por el agua incluyen muchos

tipos de microorganismos tales como bacterias, virus, protozoos y en ocasiones helmintos (lombrices), todos ellos muy diferentes en tamaño, estructura y composición. En el plano ideal, el agua de beber no debe contener ningún microorganismo del que se sepa que es patógeno ni ninguna bacteria indicadora de contaminación fecal.

Los eventos de interés en salud pública como EDA, hepatitis A, cólera, fiebre tifoidea o paratifoidea entre otros, se relacionan directa o indirectamente con el agua para consumo humano, y se ven afectados por las condiciones de los abastecimientos de agua tratada o sin tratar, el estado de los sistemas de suministro de agua, el contacto con aguas recreativas, hasta la escasez de agua en ciertos lugares del país <sup>40</sup>.

Si hay desabastecimiento de agua potable esto genera efectos sociales y económicos, en el ámbito de la salud, así mismo puede causar enfermedades gastrointestinales debidas al consumo de agua no potable y las dificultades en la prestación de actividades como la educativa y la atención de centros de salud. Según el INS la diarrea es el síntoma más representativo de las EVA que puede tener un impacto significativo en la calidad de vida de la población <sup>40</sup>.

Estos eventos son vigilados por el Instituto Nacional de Salud, considerando las condiciones y los riesgos ambientales de la exposición y sus efectos en la salud en la población. En este estudio se busca correlacionar la calidad y acceso al agua de consumo y su relación con las EDA en Cundinamarca.

Las EDA abarcan diferentes tipos de microorganismos patógenos, tales como: bacterias (*Staphylococcus aureus*, *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli* enterotoxigénica, *Escherichia coli* enteropatógena, *Escherichia coli* enteroinvasiva, *Escherichia coli* enterohemorrágica, *Salmonella sp* , *Shigella dysenteriae*, *Yersinia enterocolitica*, *Vibrio cholerae*), virus (Astrovirus, Calicivirus,

Adenovirus entéricos, Norovirus, Rotavirus grupos A, B, C y otros) y parásitos (*Entamoeba histolytica*, *Cryptosporidium sp* , *Balantidium coli*, *Giardia lamblia*, *Isospora belli*)<sup>40</sup>.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, la EDA se define como un síndrome clínico que tiene evidencias de disminución de la consistencia, el aumento de volumen o el número de deposiciones, que en algunos microorganismos puede acompañarse de sangre y moco; además, se evidencia una infección gastrointestinal subyacente ocasionada por virus, bacterias, parásitos, que pueden transmitirse en el agua contaminada y a través del riego o la manipulación inadecuada llegar a los alimentos<sup>46</sup>.

En el Hospital San Rafael de Facatativá se estudiaron 300 pacientes que asistieron a consulta al por diarrea, se estableció la incidencia de EDA bacteriana del 24% en Rotavirus es el agente etiológico aislado más frecuentemente en niños con diarrea en países en desarrollo, en donde son menores los casos producidos por Rotavirus y E. coli<sup>47</sup>.

A pesar de los enormes avances tecnológicos en medicina las EDA siguen siendo un gran problema público en países en vías de desarrollo, porque constituyen las principales causas de muerte en niños de 5 años y representan el 9% de todas las muertes en todo el mundo en 2015<sup>48</sup>.

La mayoría de los programas de vigilancia incluyendo Colombia, emplean principalmente indicadores bacterianos como la presencia de *Escherichia coli* y de coliformes totales en aguas. Sin embargo, varios estudios han demostrado que dichos métodos son ineficaces para indicar la presencia de otros agentes, como protozoos y virus patógenos en el agua asociados a EDAS<sup>49</sup>.

La enfermedad diarreica aguda es una de las enfermedades más frecuentes ya que afecta especialmente a los niños menores de cinco años, siendo la segunda causa de morbilidad y mortalidad en esta población a nivel mundial. Sin embargo, las altas tasas de mortalidad en su mayoría son a expensas de países en vía de desarrollo.

En cuanto a la morbilidad, la gastroenteritis aguda está entre las principales causas de enfermedad en esta población, independientemente en países en desarrollo y los industrializados.

La incidencia de EDA es muy variable y puede estar causada por una gran variedad de patógenos bacterianos, víricos o protozoarios. En los países subdesarrollados donde las condiciones sanitarias son generalmente inadecuadas, esta enfermedad suele ser causa importante de morbilidad en todas las edades y de mortalidad en lactantes y niños pequeños <sup>50</sup>.

Abordando la problemática nacional, en el caso de Colombia en cuanto a la mortalidad por EDA en menores de cinco años, se ha evidenciado un descenso entre 2005 y 2017, según los reportes de vigilancia del INS las tasas de mortalidad por 100 mil menores de cinco años pasaron de 13,4 a 3,0 muertes; además, referencia que esta disminución se pudo relacionar con la instauración de la vacuna contra el rotavirus en el año 2009 <sup>26</sup>.

#### **6.4.1 EDA en Cundinamarca**

Según lo analizado en los antecedentes, se evidencia que en general una de las principales problemáticas en la calidad del agua de consumo y de los efluentes, se relacionan con los altos índices de Coliformes totales y fecales. Estos índices elevados en cuanto a la calidad microbiológica del agua de consumo, que se han



identificados en los últimos años, sobrepasan en algunas ocasiones los requerimientos esenciales de calidad indicados en la normativa del país.

En cuanto a su relación con eventos de salud, la presencia de estos microorganismos indica la contaminación por aguas residuales vertidas a las fuentes de agua y a las deficiencias en los protocolos de tratamiento en las empresas de acueducto, que conlleva a la transmisión por agua de microorganismos fecales, estos pueden causar enfermedades, principalmente aquellas de índole de enfermedades diarreicas agudas, vehiculizadas principalmente por agua.

Según los resultados obtenidos en esta revisión, con respecto a los casos de enfermedad diarreica aguda, se quiso hacer una comparación entre los casos nacionales de EDA y relacionarlos con el comportamiento en Cundinamarca, a través de una gráfica de barras que resume los reportes de EDA desde el 2015 hasta el 2020, que se representan en la figura 3; según los datos reportados la tendencia fue constante en el número de casos de EDA en Cundinamarca y se organizaron así, 2015 (157.577 casos), 2016 (163.478 casos), 2017 (149.989), 2018 (168.316 casos), 2019 (155.839 casos); sin embargo, en los datos de acceso abierto el número de casos de EDA hasta la semana epidemiológica 20 del 2020 se publicó un total de 884.545 casos en Colombia, pero no se referencia los lugares de procedencia.

Sin embargo, con relación al número de casos de EDA en Cundinamarca la media nacional en la tabla 5, se informa el porcentaje de casos correspondientes al departamento y que alrededor del 5% de los casos nacionales pertenecen a Cundinamarca y se ha mantenido constante entre los años mencionados.

Para el 2018 se reafirmó la importancia del seguimiento a la EDA por estar entre las cinco primeras causas de consulta, hospitalización y mortalidad en menores

de cinco años. Según los reportes la incidencia nacional fue de 27,2 por cada 1000 habitantes, mientras que Cundinamarca estuvo entre las entidades territoriales con mayor número de casos (5%) junto con el Valle del Cauca (8,4%), Antioquia (14.1%) y Bogotá (27,1 %), que registraron más de la mitad de los casos nacionales con el 54,6 % de los casos <sup>26</sup>.

## **8. CONCLUSIONES**

En conclusión, a través de los años, el municipio de Facatativá ha mejorado sus condiciones de tratamiento en cuanto al porcentaje IRCA, pero indirectamente se ha visto afectada la calidad de agua del departamento, especialmente en los municipios cercanos que no cumplen las características ideales.

En el municipio de Facatativá el % IRCA acumulado desde el año 2007 al 2020, también se ha mantenido en un agua sin riesgo con excepción del año 2007 que tuvo un riesgo bajo; sin embargo, a nivel departamental se ha obtenido un riesgo bajo que para el 2017 fue superior el porcentaje en zonas rurales y es un agua que debería ser susceptible a mejoramiento.

Si además tenemos en cuenta que la única fuente de agua que surte a la planta de tratamiento del municipio para consumo de la población urbana y rural del municipio es la entregada por el río Botello y que este sistema lleva sus aguas a la laguna de la Herrera y de allí al río Subachoque para posteriormente desembocar en el río Bogotá.

El acueducto y la cantidad de agua disponible no ha dado abasto a la creciente población, evidenciando cortes del servicio y falta de cobertura, la escasez del agua de consumo en otros estudios evidencia una relación con el aumento de EDA, debido a que en la necesidad las personas optan por el uso de fuentes de agua no seguras, generando impacto en la salud general de la población donde la

enfermedad diarreica agua es el síndrome más representativo de las enfermedades vehiculizadas por agua que afecta la calidad de vida de la población.

En el departamento de Cundinamarca el porcentaje de casos de EDA llega al 5% del total de los casos nacionales y para el 2019 se reportaron 155.839 casos.

Por estas razones en el municipio se hace necesario desarrollar mecanismos de mejora para asegurar una fuente de agua segura y disminuir las cifras de enfermedad diarreica aguda en Facatativá y el municipio de Cundinamarca que está entre las más altas a nivel nacional.

El agua tratada puede irse deteriorando al ingresar en el sistema de distribución antes de alcanzar el grifo del consumidor. La contaminación por microorganismos puede ocurrir a través de válvulas de aire, hidrantes, bombas propulsoras, depósitos de servicio, conexiones cruzadas, sifones de retorno o a través de reparaciones incorrectas o roturas en las tuberías. Y aunque con un buen tratamiento y una adecuada desinfección con cloro, se aseguraría un control del crecimiento de patógenos dentro del sistema de distribución; sin embargo, realizar estos procesos a nivel práctico no es tan sencillo.

Lamentablemente, en esta revisión se demostró que, aunque las bacterias si son susceptibles de eliminación por cloración y la calidad sanitaria de las plantas de tratamiento sobre el ambiente es comúnmente monitoreada con indicadores bacterianos (*E. coli* y *S. faecalis*), algunos virus y quistes de protozoos son más resistentes a los sistemas de potabilización actualmente utilizados que las bacterias indicadoras utilizadas para analizar la eficacia de la desinfección.

De acuerdo a estudios epidemiológicos, el consumo de agua contaminada, ha sido asociado con brotes de enfermedades diarreicas como las gastroenteritis

virales incluyendo Hepatitis y de algunos protozoarios como Giardia y Criptosporidium. La presencia de estos patógenos en el agua, aunque sea en números muy bajos, representa un alto riesgo para el consumidor.

Los brotes epidémicos causados por el consumo de agua de suministro público tienen una gran repercusión sobre la salud pública debido al gran número de personas potencialmente expuestas. Sin embargo, con la mejora generalizada de los sistemas de control y desinfección del agua, se ha producido una disminución de los casos de etiología bacteriana y un incremento de los brotes ocasionados por otros agentes como protozoos y virus. Desde el punto de vista de salud pública, los virus entéricos son el grupo de microorganismos patógenos más críticos, debido a que la dosis mínima infecciosa es muy baja, son muy resistentes a los sistemas de desinfección y la detección a nivel de laboratorio es relativamente difícil y costosa.

Sin embargo, no se cuenta con información adecuada debido a que los virus son más difíciles de detectar en los medios acuáticos, se confunden a menudo con infecciones no específicas y la epidemiología se hace difícil por la escasa cantidad de información que es reportada a las autoridades sanitarias, además la eficiencia de las plantas de tratamiento para la descontaminación de agentes virales no está del todo bien entendida, los estudios virológicos han demostrado que el tratamiento permite reducir considerablemente el nivel de virus pero no eliminarlos por completo en grandes volúmenes de agua

Desde 1966 se ha propuesto el uso de bacteriófagos como indicadores virales por reunir todas las características de los microorganismos indicadores y en la actualidad se siguen realizando estudios acerca de la relación de la presencia de estos agentes con los virus patógenos.

La OMS y otros organismos han propuesto una estrategia complementaria para garantizar la inocuidad microbiológica de los abastecimientos de agua potable. Así se contribuye a asegurar la eliminación de patógenos fecales, especificando las condiciones que se deben observar y los tratamientos que se deben realizar. Por ejemplo, los quistes de protozoos como los de Giardia y Cryptosporidium se eliminan eficazmente mediante el uso de filtros lentos de arena. De manera análoga, los virus entéricos se inactivan manteniendo un residuo desinfectante de por lo menos 0.5mg/L de cloro libre durante un mínimo de 30 minutos en aguas de baja turbidez y pH menor de 8.0 <sup>51</sup>.

Al brindar esta información se busca hacer un llamado a la comunidad y las instituciones gubernamentales, ya que la calidad del agua es una responsabilidad de los gobernantes, que hace parte de las intervenciones del Plan Decenal de Salud Pública y de una de las Metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS 2016-2030.

Se deben buscar nuevas maneras de asegurar el acceso al agua de calidad y consecuentemente reducir la carga de morbilidad por enfermedad diarreica aguda y que pueden llegar a prevenirse instaurando acciones correctivas y de mejora a corto plazo, principalmente en cuanto al manejo del agua de consumo en Facatativá y buscar fuentes alternas de agua que cumplan con la demanda que exige los habitantes del municipio.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. ESTRATEGIA PARA EL MANEJO AMBIENTAL DEL RÍO BOGOTÁ CONPES. [Internet]. 2004. [Citado 12 Abr 2020]. Disponible en:  
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/CONPES/Econ%C3%B3micos/3320.pdf>
2. Chaparro A, Matiz A, Mercado M, Trespalacios AA, Ajami N, Gutiérrez MF et al. ESTIMACIÓN DE LA PREVALENCIA DE ROTAVIRUS A EN POBLACIÓN INFANTIL DE FACATATIVÁ CUNDINAMARCA. Pontificia Universidad Javeriana Colombia. Universitas Scientiarum. [Internet]. [Citado 12 Abr 2020]. Disponible en:  
<https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/scientarium/article/view/5031>
3. Gutierrez MF, Urbina D, Matiz A, Puello M, Mercado M, Parra M, et al. Comportamiento de la diarrea causada por virus y bacterias en regiones cercanas a la zona ecuatorial. Colombia Médica 2005 36(4):5-6. [Internet].

2005. [Citado 12 Abr 2020]. Disponible en:  
<http://colombiamedica.univalle.edu.co/index.php/comedica/article/view/393>
4. González JI, Guerrero G, Bonilla E. Management plan, balanced scorecard and analysis of efficiency and chargerate equity in facatativa's sewerage and water supply company. *Innovar: Revista de Ciencias Administrativas y Sociales* · July 2006.. [Internet].[Citado 12 Abr 2020]. Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/262467303\\_Management\\_plan\\_balanced\\_scorecard\\_and\\_analysis\\_of\\_efficiency\\_and\\_chargerate\\_equity\\_in\\_facatativa's\\_sewerage\\_and\\_water\\_supply\\_company](https://www.researchgate.net/publication/262467303_Management_plan_balanced_scorecard_and_analysis_of_efficiency_and_chargerate_equity_in_facatativa's_sewerage_and_water_supply_company)
  5. CAR. Resumen Ejecutivo. Plan De Ordenación Y Manejo De La Cuenca Hidrográfica Del Río Bogotá. Elaboración del Diagnóstico, Prospectiva y Formulación de la Cuenca Hidrográfica del río Bogotá 2006. [Internet].[Citado 12 Abr 2020]. Disponible en:  
<https://www.car.gov.co/uploads/files/5ac24aeabc81c.pdf>
  6. Gutiérrez MF, Alvarado MV, Martínez E, Ajami NJ. Presence of viral proteins in drinkable water—Sufficient condition to consider water a vector of viral transmission? *Water Research* 2007;41(2):373-378.. [Internet].[Citado 12 Abr 2020]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17084879>
  7. Alzate PC, Hernández JA. El agua del municipio de Facatativá como vector de transmisión de rotavirus grupo A; 2007. [Internet].[Citado 12 Abr 2020]. Disponible en:  
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8299/tesis12.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
  8. Ministerio De La Protección Social, Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial. Resolución Número 2115. 22 JUN 2007 . [Internet].

[Citado 19 Mar 2020]. Disponible en:

[https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res\\_2115\\_de\\_2007.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res_2115_de_2007.pdf)

9. Campos C, Cárdenas M, Guerrero A. Comportamiento De Los Indicadores De Contaminación Fecal En Diferente Tipo De Aguas De La Sabana De Bogotá (Colombia); 2008. Universitas Scientiarum Volumen 13 número 2.

[Internet].[Citado 20 Mar 2020]. Disponible en:

<https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/scientarium/article/view/1414>

10. Campos C. Indicadores De Contaminación Fecal En Aguas. Red Iberoamericana de potabilización y depuración de agua (RIPDA-CYTED) 2010 UAEM: 602-604.. [Internet].[Citado 12 May 2020]. Disponible en:

[http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo\\_20.pdf](http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_20.pdf)

11. Rivera Sp, Flórez Lj, Sanabria J. Standardization of a quantification method for Salmonella spp. and Shigella spp. in specific liquid media. Colombia Médica 2010. [Internet] [Citado 2 Mar 2020]. Disponible en:

<http://ezproxy.unicolmayor.edu.co:2096/login.aspx?direct=true&db=lth&AN=49735081&lang=es&site=ehost-live>

12. Instituto Nacional de Salud. Informe epidemiológico de las enfermedades transmitidas por alimentos y agua (Hepatitis A, Cólera y Fiebre Tifoidea y Paratifoidea) a semana epidemiológica 28 de 2010. [Internet].[Citado 20 Ene 2020]. Disponible en: <https://www.ins.gov.co/sivicap/Informescuencariobogota/>

13. Corrales LC, Sánchez LC, Escucha FA. Determinación de la presencia de bacterias patógenas para el humano en aguas de riego en la cuenca alta de la sabana de Bogotá; D.C. Colombia. Nova 2014 Dec 15,;12(22):179.



14. Instituto Nacional de Salud. Enfermedades vehiculizadas por agua-EVA e índice de riesgo de la calidad-IRCA 2014. Colombia 2015.[Internet].[Citado 2 Feb 2020]. Disponible en:  
<https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacin%20SIVICAP/2015%20Enfermedades%20Vehiculizadas%20por%20Agua%202014.pdf>.
15. Paiba AOA, Ávila EF. Modelación hidrodinámica y determinación de la calidad del agua en el río Botello, Facatativá, Cundinamarca, Colombia/ Hydrodynamic modeling and determination of the water quality in the river Botello, Facatativá, Cundinamarca, Colombia/ Modelagem hidrodinâmico e determinação da qualidade da água em rio Botello, Facatativá, Cundinamarca, Colômbia. Revista de Investigación Agraria y Ambiental 2015;6(1):169-183.  
-.
16. Instituto Nacional de Salud. ENFERMEDADES, VEHICULIZADAS POR, AGUA (EVA) E ÍNDICE DE, RIESGO DE LA CALIDAD, AGUA (IRCA) EN, COLOMBIA 2015. Colombia 2016. [Internet].[Citado 2 Feb 2020]. Disponible en:  
<https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacin%20SIVICAP/2016%20Enfermedades%20%20vehiculizadas%20por%20agua%202015.pdf>
17. Gualdrón LE. Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros físico-químicos y biológicos. Dinámica ambiental 2018 Dec 6,(1):83-102. 2016. [Internet].[Citado 19 Mar 2020]. Disponible en:  
<https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ambiental/article/view/4593>
18. Gobernación de Cundinamarca, Secretaria de Salud de Cundinamarca. Análisis de Situación de Salud con el Modelo de los Determinantes Sociales de Salud 2015.[Internet].[Citado 22 Abr 2020]. Disponible en:  
<http://www.cundinamarca.gov.co/wcm/connect/07f0fd4e-9af4-4dc6-921a-28bed>

95a7c17/ASIS+Cundinamarca+2015+WEB.pdf?MOD=AJPERES&CVID=llg82j  
v

19. Concejo Municipal de Facatativá. ANÁLISIS SITUACIONAL MUNICIPIO DE FACATATIVÁ. PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL "RECUPEREMOS A FACATATIVÁ 2016-2019" 2016.[Internet].[Citado 22 Abr 2020]. Disponible en: <<https://www.ccb.org.co/content/download/28883/578935/version>>

20. González H. Evaluación de los indicadores de calidad ICA e ICO del Río Botello ubicado en el municipio de Facatativá 2017. [Internet].[Citado 8 Mar 2020] <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/13563>

21. Observatorio de salud Cauca [Internet]. Observatoriosaludcauca.gov.co. 2018 [citado 20 Abr 2021]. Disponible en: <http://observatoriosaludcauca.gov.co/wp-content/uploads/2018/05/Informe-IRCA-2018.pdf>

22. Informe Técnico de la vigilancia por el laboratorio de Cryptosporidium spp. y Giardia sp. en aguas 2017 y 2018 [Internet]. Ins.gov.co. 2021 [citado 20 Abr 2021]. Disponible en: [https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/Informacin%20de%20laboratorio/Informe\\_Vigilancia\\_Laboratorio\\_CryptoyGiardia\\_2017-2018.pdf](https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/Informacin%20de%20laboratorio/Informe_Vigilancia_Laboratorio_CryptoyGiardia_2017-2018.pdf)

23. Informe Final Del Evento Mortalidad Por Enfermedad Diarreica Aguda (EDA) En Menores De Cinco Años Y Morbilidad En Todos Los Grupos De Edad, Colombia, 2015. Proceso Vigilancia Y Análisis Del Riesgo En Salud Pública. 2015; FOR-R02.4000-001(02):4 - 17.

24. Informe Del Evento Mortalidad Por Enfermedad Diarreica Aguda (EDA) En Menores De Cinco Años Y Morbilidad En Todos Los Grupos De Edad, Hasta El

Periodo Epidemiológico Xiii, Colombia, 2016. Proceso Vigilancia Y Análisis Del Riesgo En Salud Pública. 2016; For-R02.4000-001(02):10 - 27.

25. Informe Del Evento Por Enfermedad Diarreica Aguda (EDA) En Menores De Cinco Años Y Morbilidad En Todos Los Grupos De Edad, Colombia, 2017. Proceso Vigilancia Y Análisis Del Riesgo En Salud Pública. 2018; FOR-R02.4000-001(03):3-17.

26. Informe Del Evento Por Enfermedad Diarreica Aguda (EDA) En Menores De Cinco Años Y Morbilidad En Todos Los Grupos De Edad, Colombia, 2018. Proceso Vigilancia Y Análisis Del Riesgo En Salud Pública. 2019; For-R02.4000-001(04):4-10.

27. Semana epidemiológica 42 13 al 19 de octubre de 2019 [Internet]. Ins.gov.co. 2019 [citado 21 Abr 2021]. Disponible en:  
[https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/BoletinEpidemiologico/2019\\_Boletin\\_epidemiologico\\_semana\\_42.pdf](https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/BoletinEpidemiologico/2019_Boletin_epidemiologico_semana_42.pdf)

28. Semana epidemiológica 20 10 al 16 de mayo de 2020 [Internet]. Ins.gov.co. 2020 [citado 21 Abr 2021]. Disponible en:  
[https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/BoletinEpidemiologico/2020\\_Boletin\\_epidemiologico\\_semana\\_20.pdf](https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/BoletinEpidemiologico/2020_Boletin_epidemiologico_semana_20.pdf)

29. Figueroa Murcia E. Evaluación Del Estado De Los Conflictos Del Uso De La Tierra En La Cuenca Alta Del Río Botello Del Municipio De Facatativá. [Internet]. Repository.usta.edu.co. 2015 [citado 9 Mar 2021]. Disponible en:  
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/482/2015estebanfigueroa.pdf?sequence=5>

30. Modelo Hidrogeológico De Los Municipios De Funza, Mosquera, Madrid Y Facatativá [Internet]. Hydroconsulta.com. 2001 [citado 21 Abr 2021]. Disponible en:  
[http://www.hidroconsulta.com/articulos\\_ampliacion.php?Id=12](http://www.hidroconsulta.com/articulos_ampliacion.php?Id=12)

31. Plan de Ordenamiento Territorial, Decreto 069 del 2002 [Internet]. Efr-cundinamarca.gov.co. 2021 [citado 21 Abr 2021]. Disponible en: <https://www.efr-cundinamarca.gov.co/sites/default/files/efr-pdf/19176-facatativa-correcta-un-proposito-comun-20202024-c.pdf>

32. Alcaldía de Facatativá. Caracterización y diagnóstico de las cuencas hídricas del Municipio de Facatativá [citado 21 Abr 2021]. Disponible en: <https://orarbo.gov.co/es/el-observatorioylosmunicipios/caracterizacionydiagnostico-de-la-cuencas-hidricas-del-municipio-de-facatativa>

33. Superservicios. Calidad Del Agua [Internet]. Superservicios.gov.co. 2017 [citado 21 Abr 2021]. Disponible en: [https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/SSPD%20Publicaciones/Publicaciones/2018/Oct/ebook\\_calidad\\_de\\_agua-26-12-2017-vbibiana1.pdf](https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/SSPD%20Publicaciones/Publicaciones/2018/Oct/ebook_calidad_de_agua-26-12-2017-vbibiana1.pdf)

34 .PAHO. La Agenda 2030 Para El Abastecimiento De Agua, El Saneamiento Y La Higiene En América Latina Y El Caribe [Internet]. Paho.org. [citado 21 Abr 2021]. Disponible en: <https://www.paho.org/blogs/etras/wp-content/uploads/2019/12/Version-Web-Espa%C3%B1ol-Agenda-2030.pdf>

35. Minsalud. Informe Nacional De La Calidad Del Agua Para Consumo Humano – INCA 2017 [Internet]. Minsalud.gov.co. 2019 [citado 21 Abr 2021]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/calidad-del-agua-inca-2017.pdf>

36. INS. Boletín de Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano Despacho Dirección Redes en Salud Pública Marzo 2019 [Internet]. Ins.gov.co. 2019 [citado 21 Abr 2021]. Disponible en:

<https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacin%20SIVICAP/boletin-vigilancia-calidad-agua-marzo-2019.pdf>

37. Cadena E. Enfermedades transmitidas por alimentos disminuyeron en 2020 [Internet]. Minsalud.gov.co. 2020 [citado 21 Abr 2021]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Enfermedades%20transmitidas%20por%20alimentos%20disminuyeron%20en%202020.aspx>

38. Semana epidemiológica 52 23 al 29 de diciembre de 2018 [Internet]. Ins.gov.co. 2018 [citado 21 Abr 2021]. Disponible en: <https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/BoletinEpidemiologico/2018%20Bolet%C3%ADn%20epidemiol%C3%B3gico%20semana%2052.pdf>

39. Semana epidemiológica 04 24 al 30 de enero de 2021 [Internet]. Ins.gov.co. 2021 [citado 21 Abr 2021]. Disponible en: [https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/BoletinEpidemiologico/2021\\_Boletin\\_epidemiologico\\_semana\\_4.pdf](https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/BoletinEpidemiologico/2021_Boletin_epidemiologico_semana_4.pdf)

40. Enfermedades Vehiculizadas Por Agua (EVA) E Índice De Riesgo De La Calidad Agua (IRCA) En Colombia 2015 [Internet]. Ins.gov.co. 2016 [citado 21 Abr 2021]. Disponible en: <https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacin%20SIVICAP/2016%20Enfermedades%20vehiculizadas%20por%20agua%202015.pdf>

41. Vigilancia De La Calidad De Agua Para Consumo Humano 2008-2013 [Internet]. Ins.gov.co. 2014 [citado 21 Abr 2021]. Disponible en: <https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacin%20SIVICAP/2014%20Enfermedades%20Vehiculizadas%20por%20Agua%202008-2013.pdf>

42. Peláez D, Guzmán B, Rodríguez J, Acero F, Nava G. Presencia de virus entéricos en muestras de agua para el consumo humano en Colombia: desafíos de los sistemas de abastecimiento. [Internet]. citado [21 oct 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bio/v36s2/v36s2a18.pdf>

43. Informe Técnico de la vigilancia por el laboratorio de Cryptosporidium spp. y Giardia sp. en aguas 2019 [Internet]. Ins.gov.co. 2019 [citado 21 Abr 2021]. Disponible en: <https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/Informacin%20de%20laboratorio/Informe-t%C3%A9cnico-de-vigilancia-por-laboratorio-de-Cryptosporidium-spp-y-Giardia-spp-en-aguas.pdf>

44. Martín Bayona R , Avendaño C , Álvaro Amaya M. Epidemiologic Characterization Of Cryptosporidiosis In Infant Population At The Sabana Centro (Cundinamarca) [Internet]. 2011 [citado 21 Abr 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v14n1/v14n1a02.pdf>

45. LUNA S, REYES L, CHINCHILLA M, CATARINELLA G. Presencia de ooquistes de Cryptosporidium spp en aguas superficiales en Costa Rica [Internet]. 2002 citado [21 Abr 2021]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/251072432\\_Presencia\\_de\\_ooquistes\\_de\\_Cryptosporidium\\_spp\\_en\\_aguas\\_superficiales\\_en\\_Costa\\_Rica](https://www.researchgate.net/publication/251072432_Presencia_de_ooquistes_de_Cryptosporidium_spp_en_aguas_superficiales_en_Costa_Rica)

46. Cuellar Segura C. Menores de 5 años, prioridad en prevención de enfermedad diarreica [Internet]. Minsalud.gov.co. 2020 citado [21 Abr 2021]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Menores-de-5-anos-prioridad-en-prevencion-de-enfermedad-diarreica.asp>

47. Cáceres, D., Estrada, E., De Antonio, R. Peláez, D., 2010. La enfermedad diarreica aguda: un reto para la salud pública en Colombia. [Internet]. citado [26 oct 2021]. Disponible en: <https://www.scielosp.org/article/rpsp/2010.v17n1/6-14/>

48. Pusch D, Oh DY, Wolf S, Dumke R, Schroter-Bobsin U, Höhne M, et al. Detection of enteric viruses and bacterial indicators in German environmental

waters. Arch Virol. 2005;150:929-47. [Internet]. citado [28 oct 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s00705-004-0467-8>

49. Elizalde Rodríguez J. Estudio Epidemiológico De Los Agentes Bacterianos De La Enfermedad Diarreica Aguda En La Población Infantil Del Municipio De Facatativa Cundinamarca [Internet]. citado [27 oct 2021]. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/55593/TESIS.PDF?sequence=1&isAllowed=>

50. Manrique F, Billon D, Tigne I, Bellolll S, Ospinal J. Agentes causantes de Diarrea en Niños Menores de 5 Años en Tunja, Colombia [Internet]. citado [29 oct 2021]. Disponible en:

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-0064200600010008](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-0064200600010008)

51. OMS, 1995. Guías para la calidad del agua potable. Segunda edición Vol. 3: vigilancia y control de los abastecimientos de agua a la comunidad.OMS. citado [9 nov 2021].

## **10. Anexos**

**Anexo 1. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos inadmisibles por municipio. Datos tomados de la resolución 2115 de 2007.**

<u>Fisicoquímicos</u>	<u>Metales</u>	<u>Microbiológicos</u>	<u>Metales pesados</u>	<u>Plaguicidas, insecticidas</u>
1 Color aparente	6 Calcio	21 Coliformes totales	23 Antimonio	38 Plaguicidas Totales
2 Turbiedad	7 Fosfatos	22 <i>E.coli</i>	24 Arsénico	39 Organofosforados y carbamato
3 pH	8 Manganeso	Microbiológicos	25 Bario	
4 Cloro residual libre	9 Molibdeno 1	36 <i>Giardia sp.</i>	26 Cadmio	
5 Alcalinidad Total	10 Magnesio	37 <i>Cryptosporidium sp.</i>	27 Cianuro libre y disociable	
	11 Zinc	Microbiológicos	28 Cobre	
	12 Dureza total	43 Mesófilos	29 Cromo total	
	13 Sulfatos	44 Enterovirus	30 Mercurio	
	14 Hierro total	45 Rotavirus	31 Níquel	
	15 Cloruros	46 Adenovirus	32 Plomo	
	16 Nitratos	47 Hepatitis A	33 Selenio	
	17 Nitritos		34 Trihalometanos totales	
	18 Aluminio		35 Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos.	
	19 Fluoruros			
	20 COT (Carbono Orgánico Total (COT))			