



Diagnóstico del estado actual de abastecimiento de agua potable en los cascos urbanos de los municipios del departamento de Antioquia

Felipe Arbeláez Salazar
Alexander Castro Herrera

Monografía presentada para optar al título de Especialista en Manejo y Gestión del Agua

Asesora

Diana Astrid Martínez Ceballos, Especialista (Esp) en Legislación Ambiental

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Especialización en Manejo y Gestión del Agua
Medellín, Antioquia, Colombia
2024

Cita	(Arbeláez Salazar & Castro Herrera, 2024)
Referencia	Arbeláez Salazar, F., & Castro Herrera, A. (2024). <i>Diagnóstico del estado actual de abastecimiento de agua potable en los cascos urbanos de los municipios del departamento de Antioquia</i> [Trabajo de grado especialización]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Especialización en Manejo y Gestión del Agua, Cohorte XII.



Biblioteca Carlos Gaviria Díaz

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Tabla de contenido

Resumen	8
Abstract	9
Introducción	10
1. Antecedentes	12
2. Objetivos	15
2.1 Objetivo general	15
2.2 Objetivos específicos	15
3. Marco teórico	16
3.1 Características fisicoquímicas y microbiológicas del agua	16
3.2 Índice de riesgo de calidad del agua para consumo humano- IRCA.....	17
3.3 Normatividad vigente.....	20
3.4 Planes Departamentales de Agua.....	28
4. Metodología	30
4.1 Recopilación de información	30
4.2 Análisis exploratorio de datos.....	31
4.3 Análisis temporal y espacial del IRCA en las cabeceras urbanas	31
4.4 Priorización de municipios a intervenir	32
4.5 Inversiones realizadas a partir del Plan Departamental del Agua (PDA)	32
4.6 Diagrama de procesos descritos	33
5. Resultados	34
5.1 Descripción de los datos	34
5.2 Análisis de consistencia de la información	43
5.3 Análisis espacial y temporal del IRCA.....	44

5.4	Resultados de la priorización	60
5.5	Análisis de los cambios por las inversiones del PDA	62
6.	Discusión	69
7.	Conclusiones	71
	Referencias	73

Lista de tablas

Tabla 1 Puntajes del riesgo asignados en el IRCA	18
Tabla 2. Nivel de riesgo según el IRCA	19
Tabla 3. Límites máximos permisibles características físicas	20
Tabla 4. Límites permisibles características químicas	21
Tabla 5. Límites permitidos características biológicas	22
Tabla 6. Municipios con un solo sistema de alcantarillado urbano.....	34
Tabla 7. Municipios con 2 sistemas de acueducto urbano	38
Tabla 8. Municipios con 3 sistema de acueducto urbano.....	40
Tabla 9. Municipios con 4 sistemas de acueducto urbano	41
Tabla 10. Municipios con 5 sistemas de acueducto urbano	41
Tabla 11. Municipios con 8 sistemas de acueducto urbano	42
Tabla 12. Municipios con 10 sistemas de acueducto urbano	42
Tabla 13. Valores anuales del IRCA para el sistema urbano con más suscriptores en cada municipio.....	45
Tabla 14. Análisis porcentual del nivel de riesgo a nivel departamental de los sistemas con mayor cantidad de suscriptores	58
Tabla 15. Municipios priorizados	60
Tabla 16. IRCA municipios priorizados	61
Tabla 17. Inversiones PDA.....	64

Lista de figuras

Figura 1. Diagrama de procesos.....	33
Figura 2. IRCA Acueducto urbano de mayor población 2009.....	51
Figura 3. IRCA Acueducto urbano de mayor población 2010.....	51
Figura 4. IRCA Acueducto urbano de mayor población 2011.....	52
Figura 5. IRCA Acueducto urbano de mayor población 2012.....	52
Figura 6. IRCA Acueducto urbano de mayor población 2013.....	53
Figura 7. IRCA Acueducto urbano de mayor población 2014.....	53
Figura 8. IRCA Acueducto urbano de mayor población 2015.....	54
Figura 9. IRCA Acueducto urbano de mayor población 2016.....	54
Figura 10. IRCA Acueducto urbano de mayor población 2017.....	55
Figura 11. IRCA Acueducto urbano de mayor población 2018.....	55
Figura 12. IRCA Acueducto urbano de mayor población 2019.....	56
Figura 13. IRCA Acueducto urbano de mayor población 2020.....	56
Figura 14. IRCA Acueducto urbano de mayor población 2021.....	57
Figura 15. IRCA Acueducto urbano de mayor población 2022.....	57
Figura 16. IRCA Acueducto urbano de mayor población 2023.....	58
Figura 17. Variación anual del nivel de riesgo departamental.....	59

Siglas, acrónimos y abreviaturas

IRCA	Índice de riesgo de la calidad del agua
PDA	Plan departamental de aguas
INCA	Informe Nacional para la Calidad del Agua de consumo humano
MINVIVIENDA	Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial
ENA	Estudio nacional del agua

Resumen

Se recopilaron los datos de los indicadores de calidad, riesgo e inversiones en infraestructura y mantenimiento de los sistemas de tratamiento de agua potable reportados por las entidades estatales (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Secretaría de Salud del Departamento de Antioquia, Gerencia de Servicios Públicos del Departamento de Antioquia y Secretarías de Servicios públicos municipales) con el fin de diagnosticar las condiciones actuales de la calidad del agua que llega a los hogares después de pasar por los procesos de potabilización. Se analizó la evolución temporal de dichos indicadores para priorizar los municipios con mayor riesgo debido a la calidad del agua y así encontrar el efecto de las inversiones realizadas en los planes departamentales de agua tanto en calidad como cobertura de los municipios priorizados. Adicionalmente, se hizo un comparativo de los sistemas de acueducto urbano y veredal del área metropolitana del Valle de Aburrá para entender las dinámicas de la zona con mayor desarrollo económico del departamento.

Palabras clave: Calidad del agua potable, Antioquia, IRCA, Inversiones en sistemas de tratamiento de agua, Plan Departamental de Aguas.

Abstract

Data of water risk quality index and infrastructure investment on water purification treatment system from every municipality in Antioquia was collected. This data source was adquired from official reports from statal institutions (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Secretaría de Salud del Departamento de Antioquia, Gerencia de Servicios Públicos del Departamento de Antioquia y Secretarías de Servicios públicos municipales). Main objective was to describe current conditions of freshwater quality in urban areas of municipalities in Antioquia and to analyze the changes associated with infrastructure investment in water treatment systems, especially in those municipalities with higher risk. Moreover, a comparation of urban and rural freshwater systems was made looking forward to understanding the dynamics of freshwater in the Metropolitan Area, given that this is the area with a higher economic development in Antioquia.

Keywords: Freshwater, Antioquia, IRCA, Water purification system investments, Plan Departamental de agua

Introducción

El acceso a agua potable y saneamiento básico es un desafío en numerosas partes del país, especialmente para los municipios que deben asegurar que todos sus habitantes cuenten con los servicios de acueducto y alcantarillado. Hablar de calidad de agua para consumo humano involucra la salud de las poblaciones que hacen uso de esta, lo que significa que una mala calidad representa la propagación de enfermedades por agentes patógenos, entre otros.

En Colombia, los ministerios de Vivienda, Ciudad y Territorio, Ambiente y Desarrollo Sostenible y de Salud y Protección Social emiten normas que regulan las responsabilidades de los diferentes actores para poder ejecutar acciones de vigilancia de la calidad del agua para consumo humano. Algunas de estas normas se basan en índices los cuales sirven de referencia para las autoridades sanitarias y evaluar las condiciones de prestación del servicio y poder establecer acciones que conlleven a eliminar o minimizar los riesgos asociados al consumo de agua de mala calidad.

Dentro de estos índices encontramos el índice de riesgo de la calidad del agua (irca), el cual nos define la probabilidad de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano, como color, turbiedad, pH, cloro residual libre, coliformes totales y *Escherichia coli*, y se determina con el fin de asegurar y preservar la calidad del agua en los sistemas de distribución, desde la planta de tratamiento hasta la entrega de este recurso en los hogares.

Hacer vigilancia a la calidad del agua es un tema de preocupación generalizado donde la responsabilidad mayor recae en los prestadores del servicio que mediante el muestreo, aportan información clara y concisa sobre el estado de las fuentes lo que permite tomar decisiones sobre la viabilidad de su consumo, a fin de mitigar la propagación de dichas enfermedades en los consumidores (MinSalud, 2019). Paralelamente a estos instrumentos se desprenden programas que buscan mejorar la calidad en la prestación

de los servicios de abastecimiento tanto en calidad como cantidad, con base a esto el Gobierno Nacional crea los planes departamentales de agua.

En el presente trabajo se recopila y analiza la información disponible en las fuentes oficiales relacionada con el índice de riesgo de calidad del agua y los planes departamentales de agua para los municipios del departamento de Antioquia con el fin de identificar aquellos municipios que por las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas de agua presente un riesgo para la salud humana y su vez, identificar aquellos municipios que por medio de estos instrumentos hayan presentado mejoras en la prestación del servicio.

1. Antecedentes

El agua ha sido uno de los ejes fundamentales del desarrollo de la civilización humana. Todos los centros poblados del mundo, desde los más pequeños hasta las ciudades más extensas, se han construido alrededor de una fuente de agua que permita el desarrollo de las actividades humanas y en especial que sea apta para el consumo.

El agua, en sus condiciones naturales, no siempre es apta para el consumo directo y en muchos casos su uso y consumo puede ser un elemento que contribuya al desarrollo de enfermedades o condiciones de salubridad e higiénicas desfavorables para la salud humana. Dado lo anterior, se han desarrollado ramas del saber que permiten establecer parámetros e indicadores para saber si el agua natural o cruda cumple con los criterios necesarios para su consumo, lo que ha llevado a que se desarrollen técnicas para el tratamiento y potabilización del agua natural o cruda.

Estos sistemas de tratamiento requieren altas inversiones y muchas veces los centros poblados no cuentan con los recursos para su construcción, mantenimiento y operación o simplemente no hay una caracterización adecuada de la fuente de agua o no hay educación y pedagogía suficiente en la población acerca de la importancia de consumir agua tratada, sin embargo las personas siguen requiriendo el agua para su consumo y actividades por lo que no queda de otra más que usar el agua cruda, agravando los problemas de salud e higiene de estas poblaciones.

Se podría pensar que esta problemática debería ser inexistente en un mundo moderno como en el que vivimos y, aunque la humanidad ha hecho grandes avances en cobertura y acceso a agua potable, la realidad es que en muchas partes del mundo aún no se tiene la facilidad de acceder a agua potable. Una muestra de lo anterior es que solucionar esta situación constituye el objetivo número 6 de desarrollo sostenible de la ONU para el año 2030 <<Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos>> (ONU, 2015)

Como se puede notar, el principal interés del análisis de la calidad del agua surgió desde el área de la Medicina, especialmente por temas de salud pública asociado a las infecciones y enfermedades que se transmiten por medio del agua. Un ejemplo de lo anterior es que la primera publicación formal que se registra fue realizada por el British Journal of Medicine en el que se mencionaba la importancia de purificar el agua y las limitaciones de simplemente hervirla (Condy, 1872). Otra publicación de la misma revista muestra los primeros pasos y tecnologías asociadas a la filtración (Notter, 1878). Por otro lado, en los Estados Unidos de Norteamérica también se comenzó a trabajar más a fondo en el tema dada la creciente actividad de extracción de oro, las necesidades del ejército y el desarrollo del entendimiento de la actividad bacteriana como lo muestra el trabajo de (Samuel Rideal, 1901)

Con el mejoramiento del conocimiento en química de principios de siglo, el entendimiento de la química en el agua también aumentó y permitió que cada vez fuera más fácil y eficiente el desarrollo de tecnologías y métodos de purificación. Lo anterior puede verificarse al buscar la cantidad de publicaciones hechas en las 3 primeras décadas del siglo XX en las que al usar las palabras *Water purification* en los motores de búsquedas se encuentran más resultados y temáticas asociadas a los sistemas de tratamiento y al uso de agentes oxidantes como el ozono, el cloro y otros agentes químicos (S. Rideal, 1909) (Bishop, 1929; BUNKER, 1929).

Este desarrollo siguió en las décadas siguientes e hizo que fuera necesario crear métricas y estándares de calidad para que pudieran ser guías en cualquier parte del mundo. La referencia más citada respecto al planteamiento de un indicador es la dada por (Brown, McClelland, Deininger, & O'Connor, 1972) donde se habla de la necesidad de plantear un indicador para medir la calidad del agua y en el que resulta la formulación del índice de calidad del agua (Water Quality Index), idea que se refrenda por el mismo autor en (Brown et al., 1972) y debatida por (Bhargava, 1985) para mostrar efectos y variaciones.

Con el desarrollo de la ingeniería y las técnicas numéricas también fue más fácil hacer modelaciones y diagnósticos a los sistemas de tratamiento, así como proponer

tecnologías nuevas para ello. Los trabajos de (Sommer et al., 1997) (Villa, Duque, Gauthier, & Rakoto-Ravalontsalama, 2003)

A partir del cálculo de estos indicadores se estableció una guía base para el monitoreo de la calidad del agua y para medir la eficacia de los procesos de potabilización y tratamiento hasta el punto en el que se volvió una política pública gubernamental cumplir con dichos criterios. Por ejemplo (Barea et al., 2002) muestra el desarrollo de una guía metodológica para el control y vigilancia de la calidad del agua establecida por la Organización Panamericana de la salud o la política pública para el abastecimiento de agua potable en el sector rural en Colombia (CONPES 3810, 2014) Estas necesidades han llevado a los países a emitir boletines anuales y mensuales para conocer el reporte de la calidad del agua, por ejemplo para Colombia anualmente se hace el Informe Nacional para la Calidad del Agua de consumo humano (INCA, 2021)

En Colombia el acceso a agua potable es uno de los mayores desafíos del gobierno nacional debido a la gran cantidad de poblaciones que no cuentan con este recurso. Al igual que en todo el mundo esto ha generado múltiples problemas de salud pública, (Briñez, Guarnizo, & Arias V, 2012) mostraron la relación entre la calidad del agua de consumo humano y la hepatitis en el departamento del Tolima, (Rodríguez, Villamil, Restrepo, Zambrano, & Bejarano, 2013) describen los déficits de agua potable en las prácticas alimentarias (Guzmán, Nava, & Bevilacqua, 2016) describen los desafíos que se encuentran en la vigilancia de la calidad del agua, así mismo (Moreno Méndez, 2020) hablan de los retos para que el agua potable llegue a las poblaciones rurales de Colombia

Esta revisión de antecedentes muestra las bases sobre las cuales se trabaja este proyecto y permite que haya un marco de referencia de los resultados que se obtengan.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Evaluar la evolución temporal de los índices de riesgo de la calidad del agua para los cascos urbanos de los municipios del departamento de Antioquia con el fin de priorizar aquellos municipios que se encuentren en riesgo.

2.2 Objetivos específicos

- Recopilar y analizar la información secundaria existente reportada por las autoridades ambientales, entes gubernamentales y otras fuentes de información.
- Establecer una línea base para la priorización de los municipios en los que se deba mejorar las condiciones la calidad del agua potable.
- Analizar la información de inversión en el plan departamental de agua.
- Recomendar planes de intervención para los municipios priorizados mediante la comparación con municipios que hayan mejorado el IRCA en el tiempo.

3. Marco teórico

El agua es un recurso natural, considerada como recurso de uso común y está definida como derecho fundamental en la constitución política de Colombia del 91, razón por la cual su suministro debe garantizarse a toda la población. Adicionalmente, el (Conpes 3810, 2014) resalta que “El acceso a agua potable y saneamiento básico se considera un derecho que tiene conexidad con otros como la vida, la dignidad humana y la salud”. Dicho esto, es importante conocer las definiciones establecidas en el decreto 1575 de 2007 de tipos agua:

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

Agua envasada: Es el agua potable tratada, envasada y comercializada con destino al consumo humano, entendida como un producto de la industria alimentaria.

Agua potable o agua para consumo humano: Es aquella que, por cumplir las características físicas, químicas y microbiológicas, en las condiciones señaladas en el mencionado decreto y demás normas que la reglamenten, es apta para consumo humano. Se utiliza en bebida directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal.

3.1 Características fisicoquímicas y microbiológicas del agua

La calidad del agua se define como aquellas condiciones que deben darse en el agua para que esta mantenga un ecosistema equilibrado y cumpla unos determinados objetivos de calidad y está definida por las características físicas, químicas, biológicas y ecológicas (IDEAM, 2018). Estas características pueden verse afectadas por factores externos, motivo por el cual su medición y análisis hacen parte fundamental para conocer el estado de la calidad del agua. A continuación, se mencionan cada uno de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que son importancia para un agua apta para el consumo humano:

Parámetros físicos

- Color aparente
- Olor y sabor
- Turbiedad
- Conductividad

Parámetros químicos

- pH
- Metales
- Nitratos
- Nitritos
- Fluoruros
- Alcalinidad
- Acidez
- Dureza

Parámetros microbiológicos

- Coliformes totales
- Escherichia Coli
- Giardia y Cryptosporidium.

3.2 Índice de riesgo de calidad del agua para consumo humano- IRCA

Uno de los instrumentos para evaluar el riesgo a enfermedades asociado al suministro de agua es el IRCA, definido por el (Ministerio de la Protección Social & Ministerio de Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007) en el artículo 12 del decreto 1575 como el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo. El Ministerio de Protección Social por su parte, en el INCA define este índice como un indicador compuesto a través del cual es posible relacionar la calidad del agua y el nivel de riesgo al que se encuentra una determinada población por el no cumplimiento de las características establecidas.

Con base al IRCA las autoridades sanitarias y entes gubernamentales pueden definir acciones preventivas y generar alertas sobre riesgos o situaciones de emergencia relacionados con el suministro de agua para la salud humana.

El artículo 13 de la resolución 2115 de 2007 define el puntaje de riesgo para cada parámetro utilizado en el cálculo del índice de riesgo para la calidad del agua, tal y como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1 Puntajes del riesgo asignados en el IRCA

CARACTERÍSTICAS	PUNTAJE DE RIESGO
Color Aparente	6
Turbiedad	15
pH	1,5
Cloro Residual Libre	15
Alcalinidad Total	1
Calcio	1
Fosfatos	1
Manganeso	1
Molibdeno	1
Magnesio	1
Zinc	1
Dureza Total	1
Sulfatos	1
Hierro Total	1,5
Cloruros	1
Nitratos	1
Nitritos	3
Aluminio (Al ³⁺)	3
Fluoruros	1
COT	3
Coliformes Totales	15
Escherichia Coli	25
SUMATORIA PUNTAJES ASIGNADOS	100

Fuente: Resolución 2115 de 2007, Ministerio de Salud y Protección Social y Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

Asimismo, se tomarán como referencia las fórmulas descritas en el artículo 14 de la resolución 2115 del 2007, tanto para el cálculo por muestra como el cálculo mensual, descritas de la siguiente manera:

- **IRCA por muestra**

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

Ecuación 1. Cálculo IRCA por muestra

- **IRCA mensual**

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

Ecuación 2. Cálculo IRCA mensual

El valor del IRCA es cero (0) puntos cuando cumple con los valores aceptables para cada una de las características físicas, químicas y microbiológicas contempladas en la presente Resolución y cien puntos (100) para el más alto riesgo cuando no cumple ninguno de ellos (Res 2115, 2007).

A continuación, en la **Tabla 2** se muestran la clasificación de nivel de riesgo según el IRCA.

Tabla 2. Nivel de riesgo según el IRCA

Clasificación IRCA (%)	NIVEL DE RIESGO	IRCA por muestra (notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA mensual (acciones para mejora de la calidad)
80.1-100	INVIABLE SANITARIAMENTE	Informar a la persona prestadora, al COVE, alcalde, Gobernador, SSPD, Minsalud, INS, Minvivienda, Contraloría General y Procuraduría General.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo con su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional.
35.180	ALTO	Informar a la persona prestadora, COVE, alcalde, Gobernador y a la SSPD.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo con su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.

Clasificación IRCA (%)	NIVEL DE RIESGO	IRCA por muestra (notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA mensual (acciones para mejora de la calidad)
14.1-35	MEDIO	Informar a la persona prestadora, COVE, alcalde y Gobernador.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora.
5.1-14	BAJO	Informar a la persona prestadora y al COVE.	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento.
0-5	SIN RIESGO	Continuar el control y la vigilancia.	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia

Fuente: Resolución 2115 de 2007, Ministerio de Salud y Protección Social y Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

Es importante aclarar que existen varios autores que establecen algunas limitaciones al IRCA como en el estudio reportado por (García-Ubaque, García-Ubaque, Rodríguez-Miranda, Pacheco-García, & García-Vaca, 2018), sin embargo este indicador ha mostrado buenos resultados y es adoptado por varios países de Latinoamérica como lo establece (García-Ávila et al., 2022).

3.3 Normatividad vigente

El Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007 mediante la resolución 2115 establece los valores máximos permitidos que debe tener el agua para consumo humano en el territorio nacional. A continuación, en la Tabla 3 se muestran los límites máximos establecidos para las características físicas del agua.

Tabla 3. Límites máximos permisibles características físicas

Característica física	Unidades	Valor máximo aceptable
Color Aparente	Unidades Platino Cobalto (UPC)	15

Característica física	Unidades	Valor máximo aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2
Conductividad	Microsiemens/cm	1 000
Potencial de Hidrógeno	Unidades de pH	6.5 a 9.0
Olor y Sabor	Aceptable o No Aceptable	Aceptable

Fuente: Resolución 2115 de 2007, Ministerio de Salud y Protección Social y Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

Nota: La citada resolución indica que un incremento de los valores habituales de la conductividad superior al 50% en el agua de la fuente, indica un cambio sospechoso en la cantidad de sólidos disueltos y su procedencia debe ser investigada de inmediato por las autoridades sanitaria y ambiental competentes y la persona prestadora que suministra o distribuye agua para consumo humano.

Asimismo, en la **Tabla 4** se muestran los límites máximos para los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen reconocido efecto adverso e implicaciones sobre la salud humana respectivamente.

Tabla 4. Límites permisibles características químicas

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Antimonio	Sb	0,02
Arsénico	As	0,01
Bario	Ba	0,7
Cadmio	Cd	0,003
Cianuro libre y disociable	CN-	0,05
Cobre	Cu	1
Cromo total	Cr	0,05
Mercurio	Hg	0,001
Níquel	Ni	0,02

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Plomo	Pb	0,01
Selenio	Se	0,01
Trihalometanos	THMs	0,2
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	HAP	0,01
Carbono orgánico total	COT	5
Nitritos	NO ₂ -	0,1
Nitratos	NO ₃ -	10
Floruros	F-	1

Fuente: Resolución 2115 de 2007, Ministerio de Salud y Protección Social y Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

Finalmente, en la **Tabla 5** se muestran los límites máximos aceptados para las características microbiológicas del agua apta para consumo humano.

Tabla 5. Límites permitidos características biológicas

Técnicas utilizadas	Coliformes Totales	Escherichia coli
Filtración por membrana	0 UFC/100 cm ³	0 UFC/100 cm ³
Enzima sustrato	< de 1 microorganismo en 100 cm ³	< de 1 microorganismo en 100 cm ³
Sustrato definido	0 microorganismo en 100 cm ³	0 microorganismo en 100 cm ³
Presencia-Ausencia	Ausencia en 100 cm ³	Ausencia en 100 cm ³

Fuente: Resolución 2115 de 2007, Ministerio de Salud y Protección Social y Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

Por otro lado, mediante el decreto 1575 de 2007 se establece el sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano donde de los artículos 4 al 10 se definen las responsabilidades de los actores, asimismo este decreto establece los procesos básicos del control y la vigilancia para garantizar la calidad del

agua para consumo humano, las cuales se definen a continuación según el mencionado decreto:

Artículo 4°. *Responsables.* La implementación y desarrollo de las actividades de control y calidad del agua para consumo humano, será responsabilidad de los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, el Instituto Nacional de Salud, las Direcciones Departamentales Distritales y Municipales de Salud, las personas prestadoras que suministran o distribuyen agua para consumo humano y los usuarios, para lo cual cumplirán las funciones indicadas en los artículos siguientes.

Artículo 5°. *Responsabilidad de los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial:*

1. Reglamentar todos los aspectos concernientes a la definición de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para el consumo humano.
2. Diseñar los modelos conceptuales, técnicos y operativos y de protocolos que sean requeridos para el control y vigilancia para garantizar la calidad del agua para consumo humano.
3. Diseñar la guía de criterios y actividades mínimas que deben contener los estudios de riesgo, programas de reducción de riesgos y los planes de contingencia.
4. Evaluar los resultados de la implementación de las disposiciones del presente decreto por parte de las autoridades competentes.

Artículo 6°. *Responsabilidad de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.* la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios será la autoridad competente para iniciar las investigaciones administrativas e imponer las sanciones a que haya lugar a las personas prestadoras que suministren o distribuyan agua para consumo humano por incumplimiento de las disposiciones del presente decreto y en los actos administrativos que lo desarrollen, sin perjuicio de la competencia de la autoridad sanitaria en dicha materia.

Artículo 7°. *Responsabilidad del Instituto Nacional de Salud, INS.* En cumplimiento de las funciones a su cargo, el Instituto Nacional de Salud, INS, cumplirá con las siguientes acciones:

1. Coordinará la Red Nacional de Laboratorios para el Control y la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano y dará orientaciones y directrices en esta área a los laboratorios que realicen o presten el servicio de los análisis físicos, químicos y microbiológicos, establecidos en el presente decreto.

2. Establecerá los requisitos necesarios para la realización de la validación o revalidación de métodos analíticos, que se comercialicen en el mercado o nuevas tecnologías introducidas, solicitados por las entidades que lo requieran. Los métodos validados o revalidados por el Instituto Nacional de Salud serán adoptados por el Ministerio de la Protección Social mediante acto administrativo, los cuales serán publicados cuando así se proceda.

3. Realizará revisiones aleatorias de las metodologías analíticas validadas por los laboratorios que las aplican al análisis del agua para consumo humano.

Estas metodologías deberán ser validadas, revalidadas y estandarizadas en las instalaciones de trabajo del laboratorio, para lo cual deben determinar atributos del método tales como: límite de detección, límite de cuantificación, reproducibilidad (precisión), exactitud (porcentaje de recuperación), incertidumbre, linealidad (rango dinámico lineal), reporte de interferencias, etc.

4. Realizará y actualizará el manual de instrucciones que deben utilizar la autoridad sanitaria y las personas prestadoras, para la toma, preservación y transporte de muestras de agua para consumo humano para determinar su calidad física, química y microbiológica.

5. Coordinará el Programa Interlaboratorio de Control de Calidad del Agua Potable, PICCAP.

6. Realizará inscripción en el Programa Interlaboratorio de Control de Calidad para Agua Potable, PICCAP, a los laboratorios de la Red de Salud Pública y los privados nacionales o extranjeros que realicen análisis físicos, químicos o microbiológicos de agua para consumo humano que lo soliciten.

Artículo 8°. Responsabilidad de las direcciones departamentales, distritales y municipales de salud. Las direcciones territoriales de salud como autoridades sanitarias de los departamentos, distritos y municipios, ejercerán la vigilancia sobre la calidad del agua para consumo humano. Para ello desarrollarán las siguientes acciones:

1. Consolidar y registrar en el sistema de registro de vigilancia de calidad del agua para consumo humano los resultados de los análisis de las muestras de agua para consumo humano exigidas en el presente decreto, de acuerdo con los Lineamientos que para el efecto expida el Ministerio de la Protección Social.

2. Correlacionar la información recolectada del control y vigilancia de la calidad del agua para consumo humano con la información de morbilidad y mortalidad asociada a la misma y determinar el posible origen de los brotes o casos reportados en las direcciones territoriales de salud, de conformidad con lo establecido en el Decreto 3518 de 2006 sobre vigilancia en salud pública o la norma que la modifique, adicione o sustituya.

3. Realizar la supervisión a los sistemas de autocontrol de las personas prestadoras de acuerdo con los protocolos que definan los Ministerios de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y de la Protección Social.

4. Practicar visitas de inspección sanitaria a los sistemas de suministro de agua para consumo humano, con la periodicidad requerida conforme al riesgo. De cada visita se diligenciará el formulario único de acta, que para su efecto expedirá el Ministerio de la Protección Social, en la cual quede constancia del cumplimiento de las Buenas Prácticas Sanitarias encontradas en el sistema de suministro de agua para consumo humano objeto de la inspección.

5. Realizar la vigilancia de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua, como también de las características adicionales definidas en el mapa de riesgo, tanto en la red de distribución como en otros medios de suministro de esta, según se establezca en la reglamentación del presente decreto.

6. Velar por el cumplimiento de la franja de seguridad para la aplicación de plaguicidas en las cuencas que abastecen los acueductos municipales, de conformidad con lo establecido en el Decreto 1843 de 1991 o la norma que lo modifique, adicione o sustituya, mediante el cual se regula el uso y manejo de los plaguicidas, en coordinación con las

Autoridades Ambientales y las personas prestadoras que suministran o distribuyen agua para consumo humano.

7. Calcular los índices de Riesgo de Calidad de Agua para Consumo Humano, IRCA, y reportar los datos básicos del Índice de Riesgo Municipal por Abastecimiento de Agua para Consumo Humano, Irabam, al Subsistema de Calidad de. Agua Potable, Sivicap de su jurisdicción, teniendo en cuenta la información recolectada en la acción de vigilancia, de acuerdo con las frecuencias que para tal efecto se establezcan.

8. Expedir, a solicitud del interesado, la certificación sanitaria de la calidad del agua para consumo humano en su jurisdicción, para el período establecido en la solicitud, teniendo en cuenta los siguientes elementos de análisis:

a) El concepto sanitario a partir de las actas de visita de inspección sanitaria;

b) El análisis comparativo de los resultados analíticos de laboratorio de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua, realizados por las prestadoras del suministro y distribución de agua para consumo humano y por las autoridades sanitarias;

c) La evaluación de los índices de riesgo de calidad de agua y por abastecimiento municipal.

9. Las autoridades sanitarias municipales categorías 1, 2 y 3, deben coordinar las acciones de vigilancia del agua para consumo humano con la autoridad sanitaria departamental de su jurisdicción. Así mismo, deberán suministrar a la autoridad sanitaria departamental de su jurisdicción, para su consolidación y registro, los resultados de la calidad de agua, de los índices de riesgo de calidad y por abastecimiento de agua y actas de visita de inspección sanitaria a los sistemas de suministro de agua para consumo humano de su competencia.

10. Realizar inspección, vigilancia y control a los laboratorios que realizan análisis físicos, químicos y microbiológicos al agua para consumo humano.

Artículo 9°. *Responsabilidad de las personas prestadoras.* Las personas prestadoras que suministran o distribuyen agua para consumo humano, en relación con el control sobre la calidad del agua para consumo humano, sin perjuicio de las obligaciones consagradas en la Ley 142 de 1994 y las disposiciones que la reglamentan, sustituyan o modifiquen, deberán cumplir las siguientes acciones:

1. Realizar el control de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano, como también de las características adicionales definidas en el mapa de riesgo o lo exigido por la autoridad sanitaria de la jurisdicción, según se establezca en la reglamentación del presente decreto, para garantizar la calidad del agua para consumo humano en cualquiera de los puntos que conforman el sistema de suministro y en toda época del año.

2. Lavar y desinfectar antes de la puesta en funcionamiento y como mínimo dos (2) veces al año, los tanques de almacenamiento de aguas tratadas.

3. Lavar y desinfectar, antes de ponerlos en operación y cada vez que se efectúen reparaciones en ellos, los pozos profundos y excavados a mano para captación de agua subterránea, las estructuras de potabilización y las tuberías de distribución de agua para consumo humano.

4. Drenar periódicamente en aquellos puntos de la red de distribución que representen zonas muertas o de baja presión.

5. Cuando la persona prestadora que suministra o distribuye agua para consumo humano preste el servicio a través de medios alternos como son carrotanques, pilas públicas y otros, se debe realizar el control de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua; como también de las características adicionales definidas en el mapa de riesgo o lo exigido por la autoridad sanitaria de la jurisdicción, según se establezca en la reglamentación del presente decreto.

No existiendo en zonas urbanas o rurales los dispositivos para regular o medir el agua consumida por los usuarios, serán exigibles hasta el punto en donde la tubería ingrese a la propiedad privada o hasta el registro o llave de paso que haya colocado la persona prestadora que suministra o distribuye agua para consumo humano, como punto final de la red de distribución, respectivamente.

Artículo 10. Responsabilidad de los usuarios. Todo usuario es responsable de mantener en condiciones sanitarias adecuadas las instalaciones de distribución y almacenamiento de agua para consumo humano a nivel intradomiciliario, para lo cual, se tendrán en cuenta, además, los siguientes aspectos:

1. Lavar y desinfectar sus tanques de almacenamiento y redes, como mínimo cada seis (6) meses.
2. Mantener en adecuadas condiciones de operación la acometida y las redes internas domiciliarias para preservar la calidad del agua suministrada y de esta manera, ayudar a evitar problemas de salud pública.
3. En edificios públicos y privados, conjuntos habitacionales, fábricas de alimentos, hospitales, hoteles, colegios, cárceles y demás edificaciones que conglomeren individuos, los responsables del mantenimiento y conservación locativa deberán realizar el lavado y desinfección de los tanques de almacenamiento de agua para consumo humano, como mínimo cada seis (6) meses. La autoridad sanitaria podrá realizar inspección cuando lo considere pertinente.

3.4 Planes Departamentales de Agua

Mediante el decreto 3200 del 2008, el Gobierno Nacional a través del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT establece los Planes Departamentales para el Manejo Empresarial de Agua y Saneamiento.

El artículo 1° de dicho decreto define los PDA como “un conjunto de estrategias de planeación y coordinación interinstitucional, formuladas y ejecutadas con el objeto de lograr la armonización integral de los recursos, y la implementación de esquemas eficientes y sostenibles en la prestación de los servicios públicos domiciliarios de agua potable y saneamiento básico”. El principal objetivo de los PDA es lograr la armonización integral de los recursos y la implementación de esquemas eficientes y sostenibles en la prestación de los servicios públicos domiciliarios de agua potable y saneamiento básico y así contribuir al cumplimiento de las metas sectoriales contempladas en los Objetivos de Desarrollo del Milenio.

Los principales actores encargados de la coordinación de los PDA y su ejecución se definen en el artículo 4° del decreto 3200 del 2008 de la siguiente manera:

1. El Departamento.
2. Los Municipios y/o Distritos.
3. El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT.
4. El Departamento Nacional de Planeación - DNP.
5. Las autoridades ambientales con jurisdicción en los municipios ubicados en el territorio del respectivo departamento.

La designación de recursos para la ejecución de los PDA se generará principalmente del Presupuesto General de la Nación, del Sistema General de participaciones; de regalías, compensaciones y asignaciones del Fondo Nacional de Regalías; de las autoridades ambientales; recursos propios o de libre destinación de las entidades territoriales, y cualquier otra fuente de recursos que pueda o deba aportarse al desarrollo del PDA.

Por otro lado, el decreto 2371 del 2009 el cual modifica el artículo 5° del Decreto 3200 de 2008 define las siguientes 2 fases para el PDA:

Fase I. Inicia con la suscripción de un convenio entre el MAVDT y el departamento; y se definen los compromisos de este último.:

Fase II. Se implementan las estructuras operativas, el esquema fiduciario para el manejo de recursos, se desarrolla el esquema financiero y demás acciones tendientes a alcanzar las metas del PDA.

4. Metodología

El diagnóstico de los sistemas de acueducto urbano requiere de la recopilación de datos de entidades públicas oficiales sobre la calidad del agua y los indicadores de riesgo. Con esta información se procede a hacer un análisis exploratorio de datos en el que se analiza la consistencia, veracidad y representatividad de estos. Después se hace un análisis de la variabilidad espacial y temporal de los datos, priorizando los municipios que puedan representar casos de estudio interesantes. Finalmente se analizan estos cambios a la luz de las inversiones realizadas en el PDA y se hacen las recomendaciones asociadas a este y otros instrumentos de planificación. A continuación, se describe cada uno de estos procesos.

4.1 Recopilación de información

El primer paso fue buscar fuentes de datos oficiales en los que se reporten los valores de los distintos parámetros de la calidad del agua con sus respectivos indicadores de riesgo; el indicador IRCA es el valor reportado por esta entidad ya que es el indicador establecido por la normativa vigente (Ministerio de la Protección Social & Ministerio de Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007) y es ampliamente usado por varios países en Latinoamérica como lo establece (García-Ávila et al., 2022). Adicionalmente, se buscaron datos de las inversiones realizadas a los sistemas de acueducto desde los últimos 10 años haciendo énfasis en si dichas inversiones se hicieron sobre las plantas de tratamiento de agua potable (PTAP).

Los datos de calidad de agua con sus respectivos cálculos del IRCA se encontraron en la página web de la Seccional de Salud del Departamento de Antioquia (<https://www.dssa.gov.co/index.php/factores-de-riesgo-2/item/146-vigilancia-de-la-calidad-del-agua-de-consumo-humano-y-uso-recreativo>) mientras que los datos de las inversiones y proyectos desarrollados en la última década se solicitaron a la Gerencia de servicios Públicos de la Secretaría de Infraestructura Física de la Gobernación de Antioquia y verificados en la plataforma oficial del contratación estatal (SECOP I y SECOP

II) (<https://colombiacompra.gov.co/>) para su respectiva verificación y para conocer los alcances del contrato.

4.2 Análisis exploratorio de datos

Una vez se cuenta con dicha información se hizo un análisis exploratorio de datos, en el cual se buscaron inconsistencias, datos anómalos, datos redundantes y otras características que no permitieran hacer análisis descriptivos adecuados o con las que no se pudieran hacer comparaciones adecuadas entre los distintos municipios o entre los diferentes años.

El análisis exploratorio permite completar, recalcular o descartar datos que no cumplan con las características mencionadas anteriormente para poder hacer un análisis descriptivo adecuado. Antes de emplear cualquier método o cualquier estadístico para conocer un fenómeno siempre es mejor tener mejores datos, por lo tanto, esta actividad tiene un papel central en este tipo de trabajos.

4.3 Análisis temporal y espacial del IRCA en las cabeceras urbanas

Una vez se hace el análisis exploratorio de datos, se procede a realizar un análisis temporal y espacial de los valores de IRCA encontrados, de tal manera que se pueda ver cómo ha evolucionado dicho indicador con el paso de los años y cómo se comportan por regiones. Este análisis permite identificar la variación de los niveles de riesgo en cada municipio y permite identificar las zonas más vulnerables del departamento.

A partir de esta información se encuentran patrones, dificultades y otros elementos que justifiquen dichos cambios, especialmente desde la operación, mantenimiento, estado de la infraestructura, cobertura y conocimiento de los operadores de los sistemas de acueducto.

4.4 Priorización de municipios a intervenir

Para realizar la priorización de los municipios con riesgos por un IRCA que no cumpla con los rangos establecidos en la resolución 2115 del 2007, se consultaron los datos históricos disponibles en la sección de vigilancia de la calidad del agua de consumo humano y uso recreativo de la Secretaría de Salud y Protección Social de la Gobernación de Antioquia.

Para esto, se tomó información reportada desde el año 2009 donde se registra mes a mes los datos reportados del IRCA en las cabeceras municipales de los municipios del departamento. Para realizar la priorización de municipios, se tuvo en cuenta aquellos municipios en los que año a año presentaron valores de IRCA diferentes a apto para el consumo humano y especialmente aquellos calificados como inviables sanitariamente. Asimismo, fueron considerados municipios en los que se nota una evolución positiva del IRCA en el tiempo con el fin de identificar aquellas posibles medidas que hayan contribuido a dicha mejora.

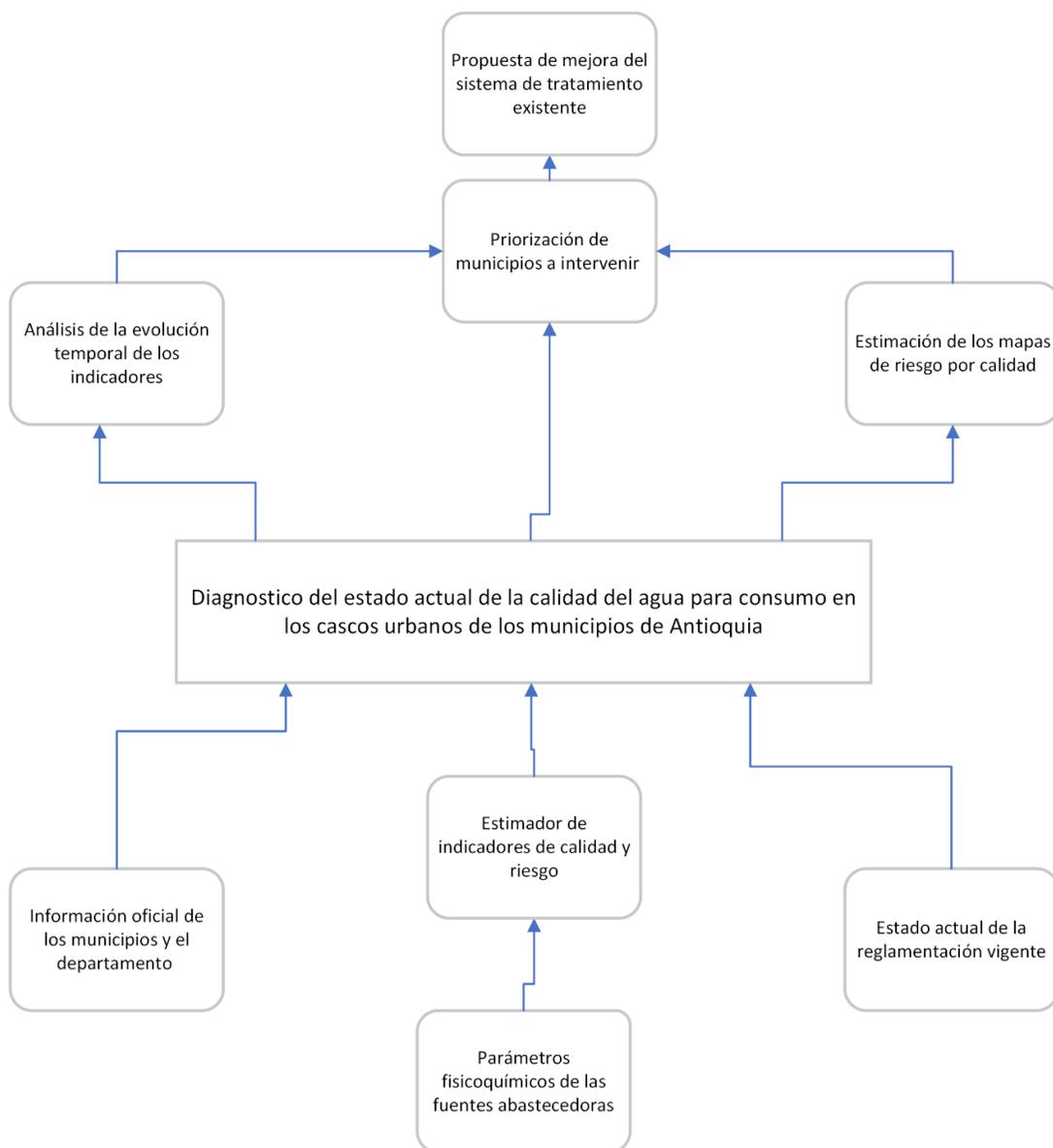
4.5 Inversiones realizadas a partir del Plan Departamental del Agua (PDA)

Con base a los resultados obtenidos en la priorización, se solicita información a la Gobernación de Antioquia referente al PDA durante los años de interés, con el fin de identificar inversiones realizadas en los municipios priorizados y las obras o proyectos a los cuales fueron destinados estos recursos y así poder identificar dentro de estos, aquellos que impacten en la calidad o cobertura del servicio. Es así como se obtiene la información de los proyectos, años de ejecución, valor de las inversiones, población beneficiada y si se encuentran directamente asociados a inversiones en plantas de tratamiento de agua potable.

4.6 Diagrama de procesos descritos

Finalmente, se muestra un resumen de la metodología planteada a través de un diagrama de procesos en los que se describe como están enlazadas las actividades y qué productos o conclusiones se obtienen de cada una de ellas. En la **Figura 1** se muestra una síntesis detallada de las actividades a realizar.

Figura 1. Diagrama de procesos.



Fuente: Elaboración propia.

5. Resultados

5.1 Descripción de los datos

En total se descargaron los datos reportados del IRCA a una escala mensual y anual para todos los acueductos urbanos de los 125 municipios de Antioquia desde el año 2009 hasta el año 2023. Se encontraron varios municipios con 2 o más sistemas de acueducto urbano, con diferentes operadores y que fueron cambiando con el tiempo. Adicionalmente se encontraron 2 municipios sin sistema de acueducto en el casco urbano durante 2 o más años en el periodo de análisis (Murindó y Vigía del Fuerte). Para el año 2023, en total, 95 municipios reportan un único sistema de acueducto urbano, 17 municipios con 2 sistemas, 6 municipios con 3 sistemas, 1 municipio con 4 sistemas, 2 municipios con 5 sistemas, 1 municipio con 8 sistemas y 1 municipio con 10 sistemas.

En la **Tabla 6** a la **Tabla 12**, se muestran los municipios y la cantidad de sistemas de acueducto en su cabecera urbana reportados para el año 2023, así como el número de suscriptores.

Tabla 6. Municipios con un solo sistema de alcantarillado urbano

Municipio	Prestador del servicio	Número de suscriptores en 2023
Abriaquí	Unidad de Servicios Públicos Domiciliarios	410
Aleandría	Unidad de Servicios Públicos Domiciliarios de Alejandría	1241
Amagá	Empresas Públicas de Amagá - EPAMA S.A E.S.P.	5112
Angelópolis	Dirección de Servicios Públicos Domiciliarios de Angelópolis	1062
Angostura	Empresas de Servicios Públicos Domiciliarios de Angostura S.A. E.S.P.	1037
Anorí	Empresa de Servicios Públicos de Anorí S:A E.S.P	3001
Anzá	Unidad de Servicios Públicos de Anzá	520
Apartadó	Aguas Regionales E.P.M. S.A. E.S.P	34557
Arboletes	Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A. E.S.P.	3963

Municipio	Prestador del servicio	Número de suscriptores en 2023
Argelia de María	ESP de Argelia de Maria ESPAM S.A.	1616
Armenia	Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A. E.S.P	1330
Barbosa	Empress Públicas de Medellín E.S.P.	7129
Bello	Empress Públicas de Medellín E.S.P.	154406
Belmira	Empresas Públicas de Belmira E.S.P.	603
Betania	Empresas Públicas Municipales de Betania S.A. E.S.P.	1563
Betulia	Empresas Públicas de Betulia S.A. E.S.P.	1860
Briceño	Empresas Públicas de Briceño S.A. E.S.P.	1276
Buriticá	Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios-SER Buriticá S.A E.S.P.	1086
Cáceres	Aguascol Arbelaez S.A. E.S.P.	1819
Caicedo	Unidad Municipal de Servicios Públicos Domiciliarios de Caicedo	860
Campamento	Unidad de Servicios Públicos Domiciliarios de Campamento	1180
Cañasgordas	Empresas Públicas de Cañasgordas S.A. E.S.P	1893
Caracolí	Empresas de Servicios Públicos Domiciliarios de Caracolí S.A E.S.P	1308
Caramanta	Empresas Públicas de Caramanta S.A.S. E.S.P.	1067
Carepa	Aguas Regionales E.P.M. S.A. E.S.P	11731
Carolina del Príncipe	Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos Domiciliarlos de Carolina del Príncipe	1534
Chigorodó	Aguas Regionales E.P.M. S.A. E.S.P	16481
Concepción	Oficina de Servicios Públicos Domiciliarios de Concepción	1229
Concordia	Empresas Públicas Municipales de Concordia E.S.P.	3128
Copacabana	Empress Públicas de Medellín E.S.P.	22307
Don Matías	Servidonmatías E.S.P. S.A.S.	6265
Ebéjico	Empresa de Servicios Públicos de Ebejico E.S.P	1087
El Carmen de Viboral	La Cimarrona E.S.P. S.A	14000
Entrerrios	Unidad de Servicios Públicos Domiciliarios de Entrerrios E.S.P.	2808
Envigado	Empress Públicas de Medellín E.S.P.	82072
Fredonia	Operadores de Servicios S.A E.S.P.	3489
Girardota	Empress Públicas de Medellín E.S.P.	9939

Municipio	Prestador del servicio	Número de suscriptores en 2023
Gómez Plata	Unidad de Servicios Públicos Domiciliarios de Gómez Plata	2154
Granada	Empresa de Servicios Públicos de Granada - ESPG E.S.P.	2876
Guadalupe	Empresa de Servicios Públicos de Guadalupe S.A.S. E.S.P.	988
Guarne	Empresa de servicios publicos domiciliarios del municipio de Guarne E.S.P.	8048
Guatapé	Empresa de Servicios Públicos de Guatapé S.A.S E.SP	2836
Heliconia	Aguas de Heliconia S.A E.S.P.	899
Hispania	Empresas Públicas de Hispania S.A. E.S.P.	1458
Itagüí	Empress Públicas de Medellín E.S.P.	93483
Jardín	Ingeniería Total Servicios Públicos S.A. E.S.P.	4045
Jericó	Empresas Públicas de Jericó Antioquia S.A. E.S.P.	3600
La Unión	Empresa de Servicios Públicos de La Union S.A. E.S.P.	4541
Liborina	Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de Liborina S.A E.S.P	822
Maceo	Empresa de Servicio Públicos de Maceo S.A.S E.S.P.	1487
Montebello	Oficina de Servicios Públicos de Montebello	915
Mutatá	Aguas Regionales E.P.M. S.A. E.S.P	2032
Nechí	Aguascal Arbelaez S.A. E.S.P.	4583
Necoclí	Municipio Necoclí	6146
Olaya	Aguas Regionales E.P.M. S.A E.S.P	115
Peñol	Aguas y Aseo del Peñol E.S.P.	5250
Peque	Unidad de Servicios Públicos Domiciliarios de Peque	1096
Pueblorrico	Empresa Pueblorriqueña de Acueducto, Alcantarillado y Aseo - S.A E.S.P	2077
Puerto Berrio	Aguas del Puerto S.A E.S.P	12746
Puerto Nare	Empresas Públicas de Puerto Nare E.S.P	1844
Puerto Triunfo	Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A. E.S.P	1213
Remedios	Aguas y Servicios del Ité S.A.S. E.S.P	4638
Rionegro	Empresas Públicas de Medellín E:S.P	32640
Sabanalarga	Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de Sabanalarga S.A E.S.P	1705

Municipio	Prestador del servicio	Número de suscriptores en 2023
Sabaneta	Empress Públicas de Medellín E.S.P.	35481
San Andres de Cuerquia	Empresas Públicas de San Andrés de Cuerquia S.A. E.S.P.	1334
San Carlos	Unidad de Servicios Públicos de Aguas y Aseo del Tabor	3612
San Francisco	Empresa de Servicios Públicos de San Francisco	1200
San Jerónimo	Aguas Regionales E.P.M S.A E.S.P	4390
San Jose de la Montaña	Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A. E.S.P.	1104
San Juan de Urabá	Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A. E.S.P	3539
San Pedro de los Milagros	Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A. E.S.P	6160
San Pedro de Urabá	Sistemas Públicos S.A. E.S.P.	4677
San Rafael	Empresas Públicas de San Rafael S.A. E.S.P	3535
San Roque	Empresas Públicas de San Roque S.A.S. E.S.P.	3058
San Vicente Ferrer	Secretaria de Servicios Públicos de San Vicente Ferrer	2511
Santa Barbara	Operadores de Servicios S.A E.S.P.	4246
Santa Rosa de Osos	Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A. E.S.P.	7640
Santa fe de Antioquia	Aguas Regionales E.P.M S.A E.S.P	9931
Santo Domingo	Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de Santo Domingo S.A. E.S.P	1715
Segovia	Aguas de Pocuné S.A.S. E.S.P	7289
Sonsón	Aguas del Páramo S.A.S. E.S.P.	6822
Sopetrán	Aguas Regionales E.P.M S.A. E.S.P	3360
Támesis	Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de Támesis S.A.S. E.S.P.	3246
Tarso	Empresa de Servicios Públicos de Tarso S.A. E.S.P	1368
Toledo	Unidad de Servicios Públicos Domiciliarios E.S.P.	1400
Distrito Portuario, Logístico, Industrial, Turístico y Comercial de Turbo	Aguas Regionales E.P.M. S.A. E.S.P	13009
Urao	Empresas Públicas de Urao E.S.P.	6600
Valdivia	Empresas Públicas de Valdivia S.A. E.S.P.	1432

Municipio	Prestador del servicio	Número de suscriptores en 2023
Valparaíso	Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de Valparaíso S.A.S. E.S.P.	1839
Vegachí	Empresas Públicas de Vegachí S.A. E.S.P.	3616
Venecia	Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A. E.S.P.	2822
Yalí	Empresa de Servicios Públicos de Yalí S.A. E.S.P	1414
Yolombo	Empresa de Servicios Públicos de Yolombó S.A E.S.P	2635
Yondó	Aguas y Aseo de Yondó S.A. E.S.P	1745

Tabla 7. Municipios con 2 sistemas de acueducto urbano

Municipio	Prestador del servicio	Número de suscriptores en 2023
Abejorral	Empresas Públicas de Abejorral- EPA E.S.P. - Sistema Angostura	3164
Abejorral	Empresas Públicas de Abejorral-EPA - E.S.P. - Sistema San Antonio	66
Amalfi	Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A. E.S.P -Sistema San Ignacio	1530
Amalfi	Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A. E.S.P -Guayabito	3520
Andes	Empresa de Servicios Públicos de Andes - EEPPA S.A. E.S.P - Maria Auxiliadora	4920
Andes	Empresa de Servicios Públicos de Andes - EEPPA S.A. E.S.P - La Palmera	3280
Cocorná	Empresa de Servicios Públicos de Cocorná E.S.P.	2884
Cocorná	Acueducto Multiveredal Barrio Nuevo	267
El Bagre	Empresa Municipal de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de El Bagre S.A. E.S.P	8612
El Bagre	Acueducto Mineros Aluvial S.A	500
Giraldo	Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de Giraldo S.A E.S.P - EMPUGI S.A. E.S.P	850
Giraldo	Junta de Acción Comunal Barrio El Carmelo	118

Municipio	Prestador del servicio	Número de suscriptores en 2023
Ituango	Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de Ituango - SERVITUANGO S.A. E.S.P	3035
Ituango	Junta Administradora Chapinero	88
La Pintada	Asociación de Usuarios Acueducto Calle Vieja	240
La Pintada	Empresas Públicas de La Pintada S.A. E.S.P. EPPI	3123
Marinilla	Empresa de Servicios Públicos de San José de Marinilla E.S.P	16621
Marinilla	Corporación de Servicios Públicos de Belén - CORBELÉN	1460
Nariño	Unidad de Servicios Públicos Domiciliarios de Nariño - Sistema Santa Clara	962
Nariño	Unidad de Servicios Públicos Domiciliarios de Nariño - Sistema Cabuyo	210
El Retiro	Aguas del Oriente Antioqueño S.A. E.S.P.	11500
El Retiro	Corporación de Acueducto del Barrio El Plan -Aguaplan -	355
Salgar	Empresas Públicas de Salgar S.A E.S.P	2360
Salgar	Asociacion Usuarios del Acueducto Barrio La Habana	170
San Luis	Empresas Públicas de San Luis S.A. E.S.P. - Sistema La Cristalina	600
San Luis	Empresas Públicas de San Luis S.A. E.S.P. - Sistema La Risaralda	3013
Titiribí	Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A. E.S.P.	1602
Titiribí	Asociación Junta Administradora Acueducto Comunitario Las Isazas	217
Uramita	Empresa de Servicios Públicos de Uramita S.A.S. E.S.P- Sistema El Oso	735
Uramita	Empresa de Servicios Públicos de Uramita S.A.S. E.S.P- Sistema El Churimo	70
Yarumal	Aguas del Norte Antioqueño S.A E.S.P	10926
Yarumal	Junta de Acción Comunal Acueducto La Inmaculada No. 1	230
Zaragoza	Municipio de Zaragoza - Sistema La Balsita	623

Municipio	Prestador del servicio	Número de suscriptores en 2023
Zaragoza	Municipio de Zaragoza - Sistema La Temperatura	3038

Tabla 8. Municipios con 3 sistema de acueducto urbano

Municipio	Prestador del servicio	Número de suscriptores en 2023
Caldas	Empres Públicas de Medellín E.S.P.	20486
Caldas	Asociación de Suscriptores del Acueducto La Rápida "ASDAR"	255
Caldas	Asociación de Suscriptores de Acueducto y Alcantarillado Mandalay	1200
Ciudad Bolívar	Asociación Acolinda	504
Ciudad Bolívar	Ingeniería Total S.A. E.S.P.	5440
Ciudad Bolívar	Asociación Usuarios Acueducto Multiveredal Bolívar Arriba - AMBA	228
Dabeiba	Empresas Públicas de Dabeiba S.A.S. E.S.P. Cabecera Municipal - Antado	3136
Dabeiba	Empresas Públicas de Dabeiba S.A.S. E.S.P. - El Jague	486
Dabeiba	Empresas Públicas de Dabeiba S.A.S. E.S.P. Barrio Bernardo Guerra	233
El Santuario	Empresas Públicas del Municipio de El Santuario E.S.P.	9271
El Santuario	Asociación de Usuarios Acueducto Barrio Monseñor	185
El Santuario	Asociación de Usuarios Acueducto Barrio Alto del Calvario	538
Frontino	Empresa de Servicios Públicos de Frontino E.S.P - Cabecera	1672
Frontino	Empresa de Servicios Públicos de Frontino E.S.P-Sistema Manguruma	1850
Frontino	Junta de Acción Comunal Barrio JUAN XXIII	117
La Ceja	Empresas Públicas de La Ceja E.S.P. - Sistema Fátima	17930
La Ceja	Empresas Públicas de La Ceja E.S.P. - Sistema Palo Santo	2552
La Ceja	Empresas Públicas de La Ceja E.S.P. - Sistema La Milagrosa	5279

Tabla 9. Municipios con 4 sistemas de acueducto urbano

Municipio	Prestador del servicio	Número de suscriptores en 2023
Taraza	Aguascol Arbelaez S.A E.S.P	4343
Taraza	Junta de Acción Comunal El Bosque	200
Taraza	Asociación de Usuarios del Barrio El Mirador II	127
Taraza	Junta Acción Comunal El Turista	95

Tabla 10. Municipios con 5 sistemas de acueducto urbano

Municipio	Prestador del servicio	Número de suscriptores en 2023
Caucasia	Aguascol Arbelaez S.A. E.S.P.. - Sistema Rio Man	15785
Caucasia	Aguascol Arbelaez S.A. E.S.P.. - Sistema Pozo 7	1576
Caucasia	Aguascol Arbelaez S.A. E.S.P. - Sistema Pozo 8	1157
Caucasia	Aguascol Arbelaez S.A. E.S.P. - Sistema Pozo 10	1500
Caucasia	Aguascol Arbelaez S.A. E.S.P.. - Sistema Pozo 11	1838
Cisneros	Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios S.A. E.S.P - Sistema Algarrobo - El Caney	125
Cisneros	Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios S.A E.S.P - Sistema Cristalina - El Brasil	83
Cisneros	Empresas de Servicios Públicos Domiciliarios S.A E.S.P - Sistema San Germán	73
Cisneros	Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios S.A E.S.P - Sistema Santa Gertrudis	2873
Cisneros	Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios S.A E.S.P - Sistema Villa Nelly	436

Tabla 11. Municipios con 8 sistemas de acueducto urbano

Municipio	Prestador del servicio	Número de suscriptores en 2023
La Estrella	Empress Públicas de Medellín E.S.P.	24621
La Estrella	Acueducto comunal el pedrero	400
La Estrella	LA ESTRELLA S.A E.S.P - La Muerte	232
La Estrella	LA ESTRELLA S.A E.S.P - Mira Flores	771
La Estrella	LA ESTRELLA S.A E.S.P - Pueblo Viejo	1604
La Estrella	LA ESTRELLA S.A E.S.P - Sagrada Familia	229
La Estrella	LA ESTRELLA S.A E.S.P - San Miguel	2800
La Estrella	ASUAC - Barrio La Inmaculada # 1	1250

Tabla 12. Municipios con 10 sistemas de acueducto urbano

Municipio	Prestador del servicio	Número de suscriptores en 2023
Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín	EE. PP Medellín -Villa Hermosa	71393
Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín	EE. PP Medellín-Corporación de Asociados del Acueducto ISAAC GAVIRIA	684
Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín	EE. PP Medellín - Ayurá	687249
Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín	EE. PP Medellín - La Cascada	6741
Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín	EE. PP Medellín - La Montaña	9242
Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín	EE. PP Medellín - Manantiales	523819
Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín	EE. PP Medellín - San Antonio de Prado	14064
Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín	EE. PP Medellín - San Cristóbal	9597
Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín	EE. PP Medellín - Aguas Frías	1798

Municipio	Prestador del servicio	Número de suscriptores en 2023
Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín	EE. PP Medellín - Palmitas	196

5.2 Análisis de consistencia de la información

Como se puede observar, hay 97 municipios que reportan valores del IRCA de un solo sistema y 28 municipios que reportan más de un sistema de acueducto. Esta manera de reportar la información tiene ventajas, ya que, aunque no permita determinar de manera adecuada la situación de todo un municipio, sí permite reconocer las particularidades de cada sistema que abastece la población urbana y focalizar los esfuerzos para su mejoramiento con inversiones y trabajos puntuales, buscando que haya continuidad, calidad y cantidad en la prestación del servicio.

Por otro lado, esta forma de reportar los datos no es consistente a lo largo del tiempo, ya que la cantidad de sistemas de acueducto urbano que se reportan cambian con los años. Hay municipios que desde el año 2009 solo reportan un valor de IRCA para toda la municipalidad y después reportan dicho valor para varios sistemas quedando la duda de si dicho cambio se debe a que decidieron construir nuevos sistemas o simplemente separaron su operación.

Este tipo de reporte genera confusiones pues no se sabe si los valores de IRCA reportados antes de la separación de los sistemas corresponden a un promedio de los sistemas existentes o a la evaluación de solo uno de sus sistemas, por lo tanto, no es posible realizar una trazabilidad adecuada y determinar si hay una mejora respecto a antes de la separación. Ejemplos de municipios con esta inconsistencia son: Caucasia, Cisneros, Ciudad Bolívar, Dabeiba, El Santuario, Frontino, La Ceja, La Estrella, Medellín y Tarazá, ya que durante los años anteriores no se presentaba uniformidad en el reporte de información, ya que por años el IRCA se reportaba por municipios y luego en otros años por prestador de servicio, lo cual dificulta su análisis.

Para efectos de este trabajo se decidió realizar el análisis temporal de la información teniendo en cuenta los sistemas con el mayor número de suscriptores para cada municipio.

Pese a contar con información reportada desde el año 2009, para efectos prácticos del análisis del presente trabajo, se toman los datos reportados desde el año 2015, dado que según las consideraciones anteriormente expuestas la forma de reportar la información a partir de dicho año presenta mayor confiabilidad para el análisis comparativo.

5.3 Análisis espacial y temporal del IRCA

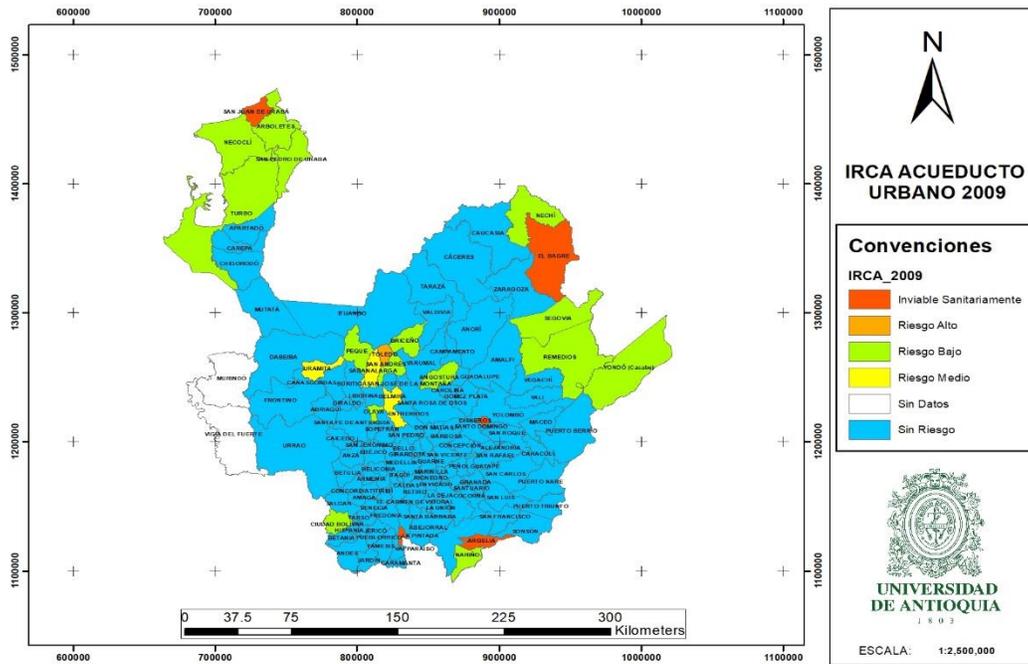
Según los resultados obtenidos luego del procesamiento de datos realizados se pueden identificar diferentes particularidades relacionadas con los cambios espaciales y temporales que se presentan al pasar de los años en lo referente al IRCA. Inicialmente, podemos identificar de manera general que, aunque con algunas excepciones, los municipios que se encuentran más al centro de Antioquia presentan un índice de calidad de agua bajo o sin ningún tipo de riesgo, lo cual probablemente se puede asociar con las cercanías que tienen estos municipios con la capital del departamento. Así mismo, también se puede diferenciar que los municipios que se encuentran más en los límites hacia oriente, noreste y norte son los municipios en los cuales se presentan durante repetidos años ciertos tipos de riesgo asociados por la calidad del agua.

Finalmente, es claro como en la evolución temporal se observa en términos generales, una mejoría en los valores del IRCA en el departamento, debido a que entre los años 2015 y 2017, municipios como Argelia, El Bagre, La Pintada, Nariño, Nechí, Peque, San Andrés de Cuerquia, San Francisco y San Juan de Urabá pasan de presentar valores que los clasifican como inviables sanitariamente o con alto riesgo a tener reportes con riesgo bajo o sin riesgo. Caso contrario, municipios como Zaragoza, Toledo, Ituango, Giraldo, y Cisneros presentan poca o nula mejoría de este indicador en alguno de sus principales sistemas de abastecimiento.

Municipio	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
BURITICÁ	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Riesgo Bajo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo
CÁCERES	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo
CAÑASGORDAS	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Riesgo Bajo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo
CAICEDO	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo
CALDAS	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo
CAMPAMENTO	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Riesgo Bajo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Riesgo Bajo	Sin Riesgo
CARACOLÍ	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo
CARAMANTA	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo
CAREPA	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo
CAROLINA	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo
CAUCASIA	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Riesgo Bajo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Riesgo Bajo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo
CHIGORODÓ	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo
CISNEROS	Inviabile Sanitariamente	Inviabile Sanitariamente	Inviabile Sanitariamente	Riesgo Alto	Inviabile Sanitariamente	Inviabile Sanitariamente	Inviabile Sanitariamente	Riesgo Alto	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo
CIUDAD BOLÍVAR	Riesgo Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Bajo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo
COCORNÁ	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Riesgo Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Bajo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Riesgo Bajo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo
CONCEPCIÓN	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Riesgo Bajo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo
CONCORDIA	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Riesgo Bajo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo
COPACABANA	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo
DABEIBA	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo
DON MATÍAS	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Riesgo Bajo	Sin Riesgo	Riesgo Bajo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo
EBÉJICO	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Riesgo Bajo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo
EL BAGRE	Inviabile Sanitariamente	Inviabile Sanitariamente	Riesgo Alto	Riesgo Bajo	Sin Riesgo	Riesgo Bajo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo
EL CARMEN DE VIBORAL	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo
ENTRERÍOS	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Riesgo Bajo	Riesgo Bajo	Sin Riesgo	Riesgo Bajo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Riesgo Bajo	Sin Riesgo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Bajo	Sin Riesgo

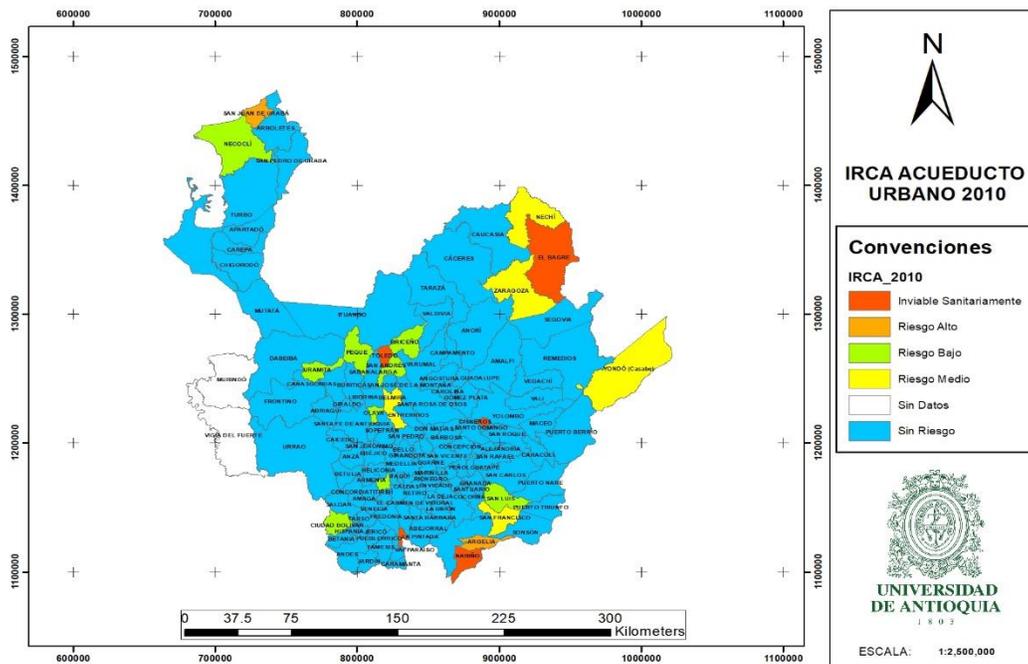
Municipio	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
VALDIVIA	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo										
VALPARAÍSO	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo										
VEGACHÍ	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo										
VENECIA	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo										
VIGIA DEL FUERTE	Inviabile Sanitariamente	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Medio										
YALÍ	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo										
YARUMAL	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo										
YOLOMBÓ	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo										
YONDÓ	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Sin Riesgo	Riesgo Bajo	Riesgo Bajo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo					
ZARAGOZA	Sin Riesgo	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Medio	Sin Riesgo	Inviabile Sanitariamente	Inviabile Sanitariamente	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Riesgo Bajo	Sin Datos	Inviabile Sanitariamente

Figura 2. IRCA Acueducto urbano de mayor población 2009



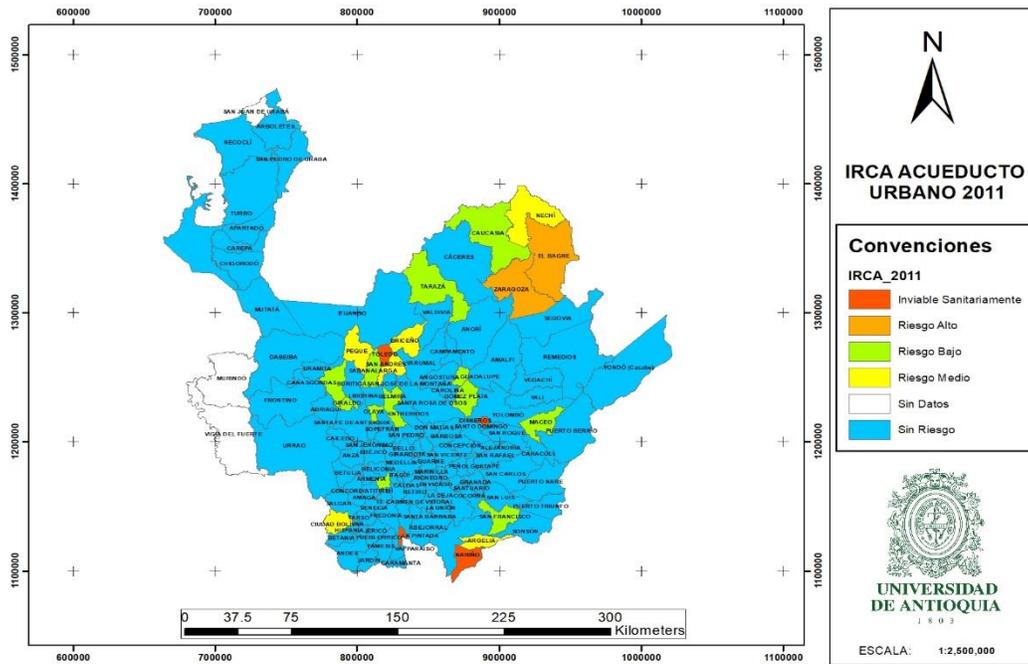
Fuente: Elaboración propia

Figura 3. IRCA Acueducto urbano de mayor población 2010



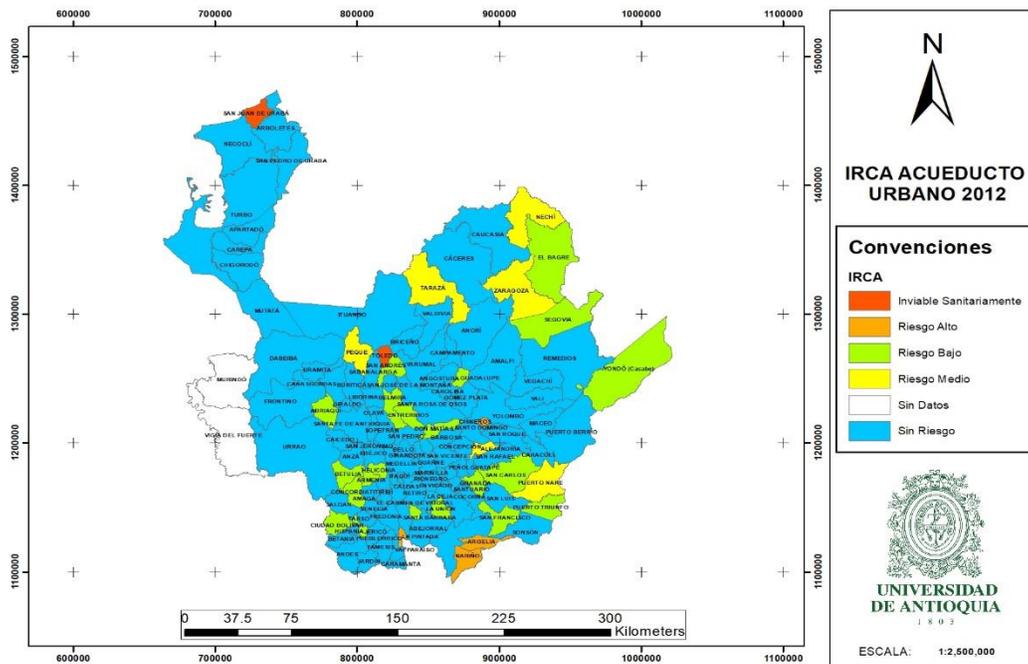
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. IRCA Acueducto urbano de mayor población 2011



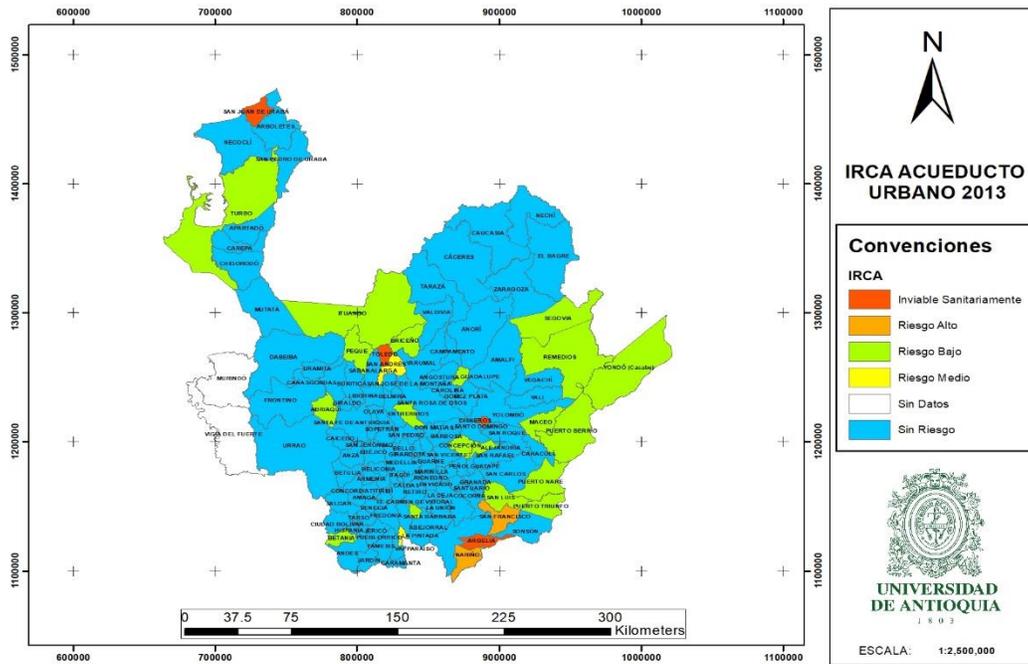
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. IRCA Acueducto urbano de mayor población 2012



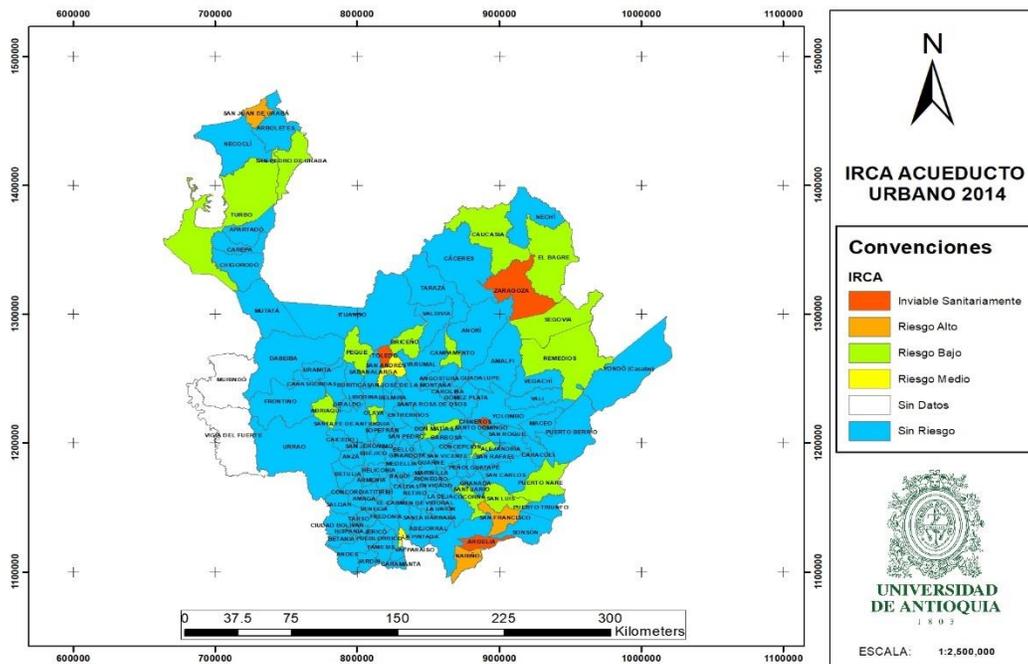
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. IRCA Acueducto urbano de mayor población 2013



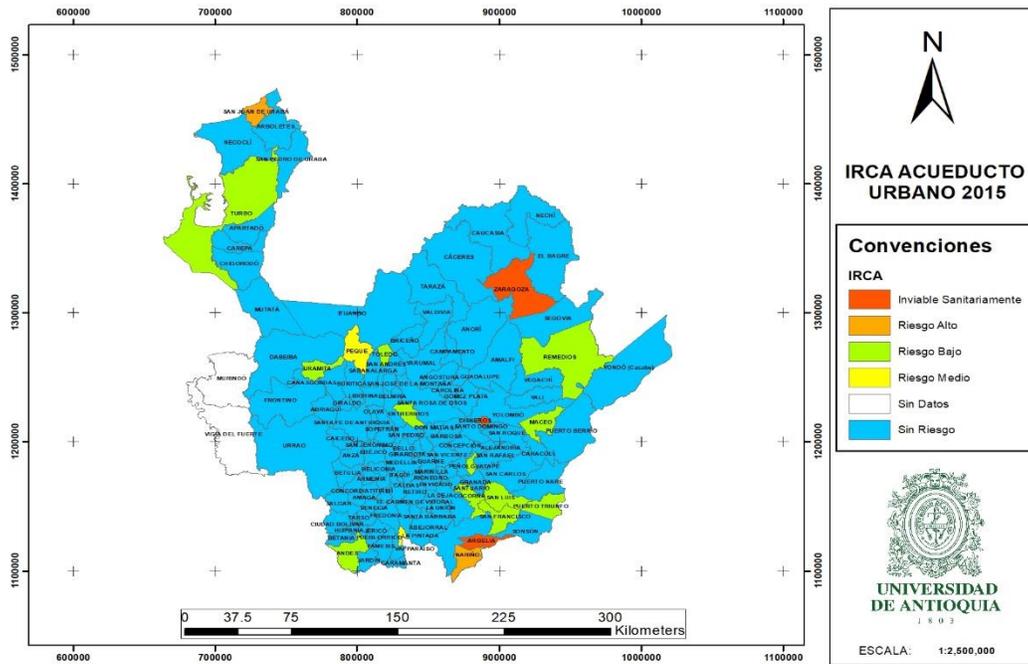
Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. IRCA Acueducto urbano de mayor población 2014



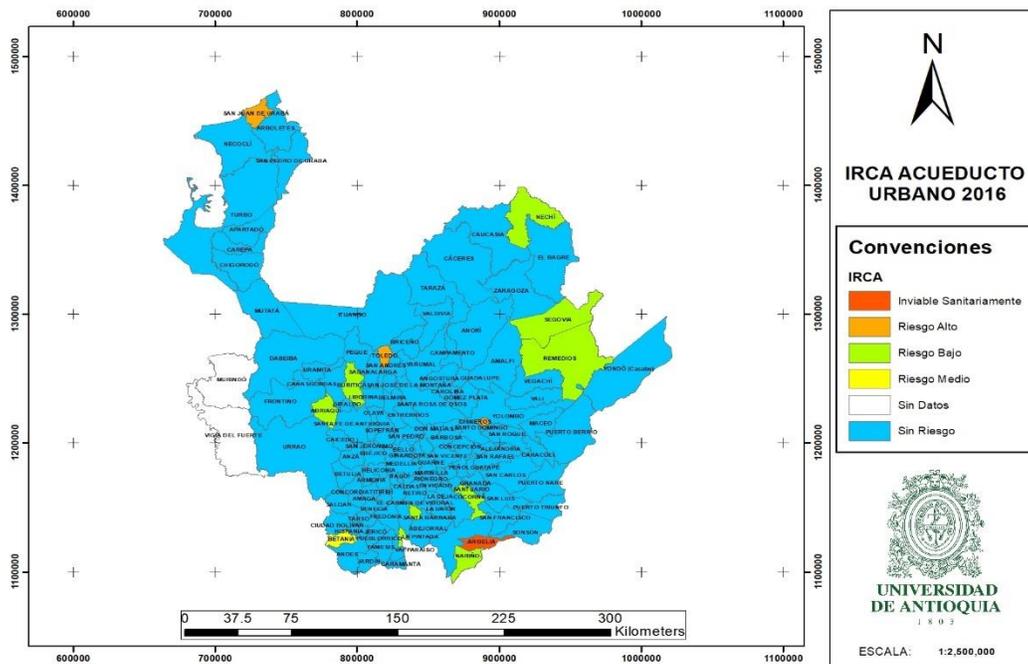
Fuente. Elaboración propia.

Figura 8. IRCA Acueducto urbano de mayor población 2015



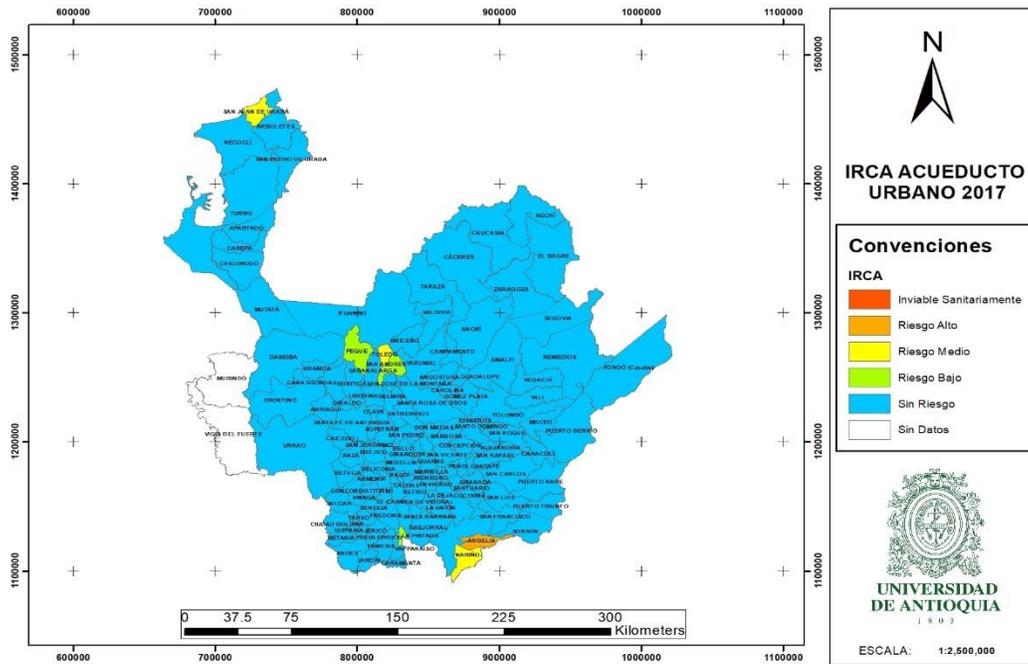
Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. IRCA Acueducto urbano de mayor población 2016



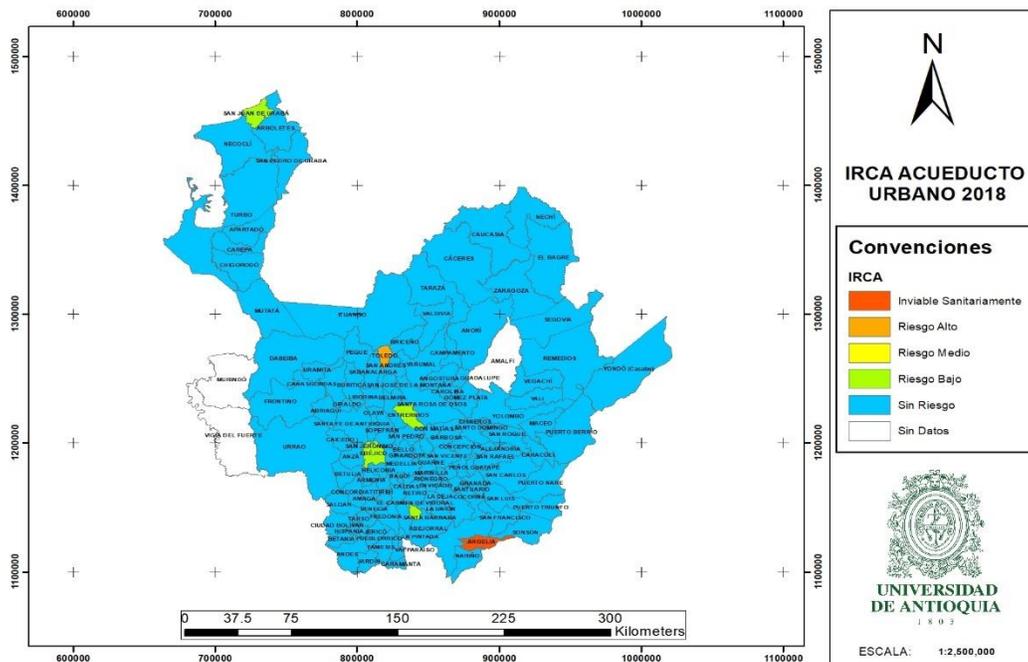
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10. IRCA Acueducto urbano de mayor población 2017



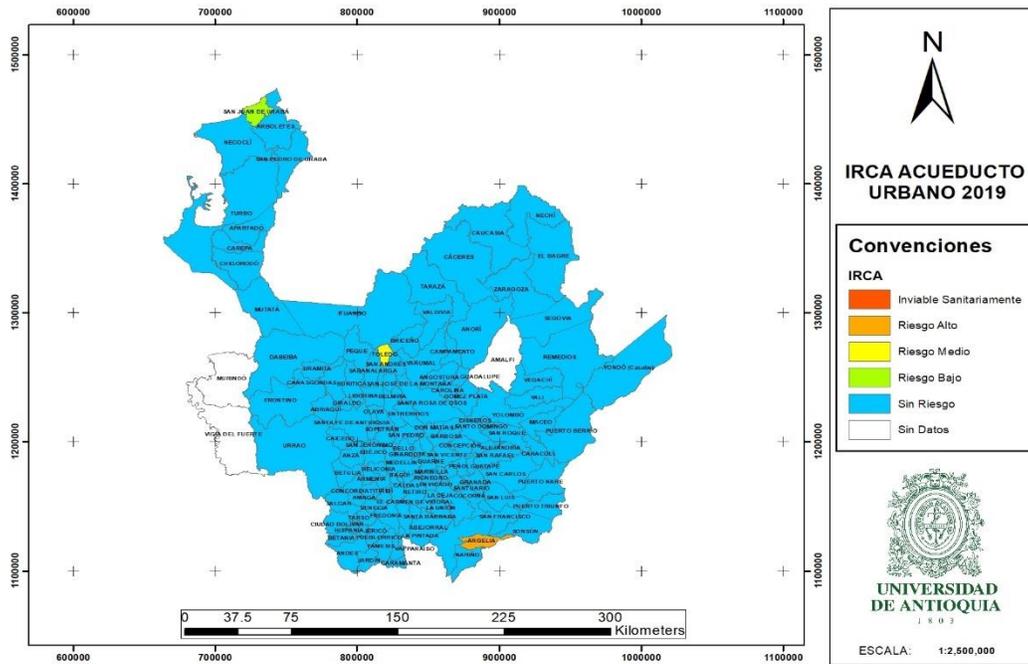
Fuente. Elaboración propia.

Figura 11. IRCA Acueducto urbano de mayor población 2018



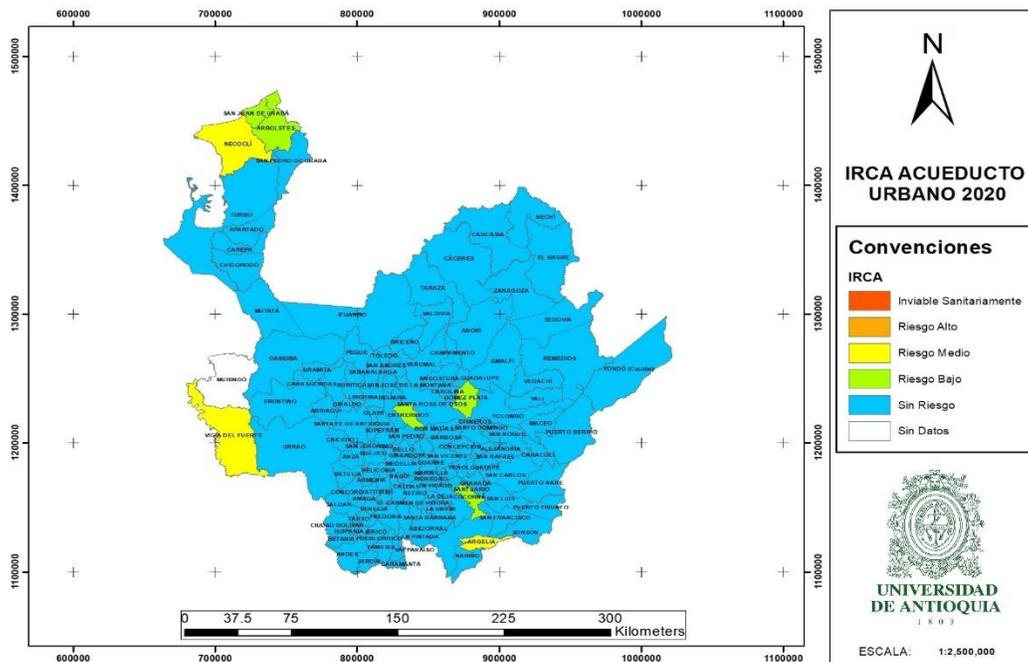
Fuente: Elaboración propia.

Figura 12. IRCA Acueducto urbano de mayor población 2019



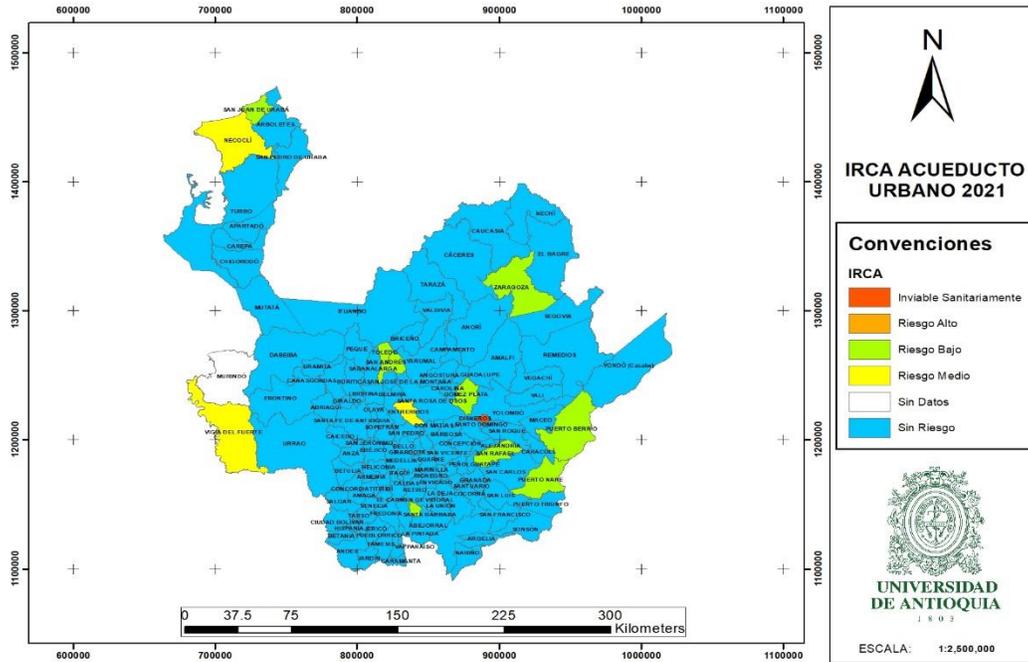
Fuente: Elaboración propia.

Figura 13. IRCA Acueducto urbano de mayor población 2020



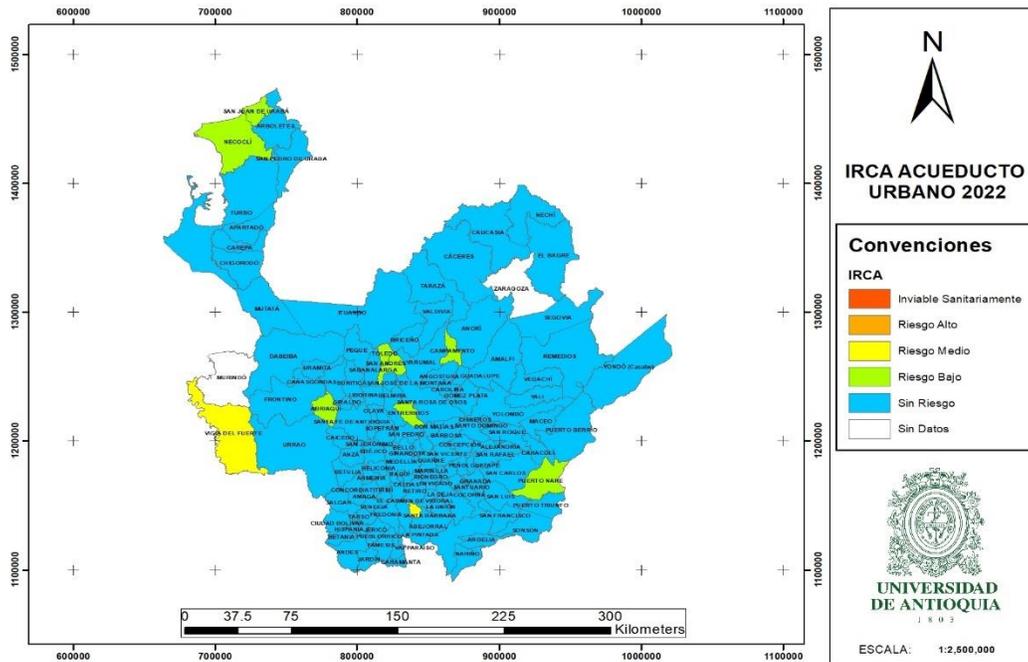
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 14. IRCA Acueducto urbano de mayor población 2021



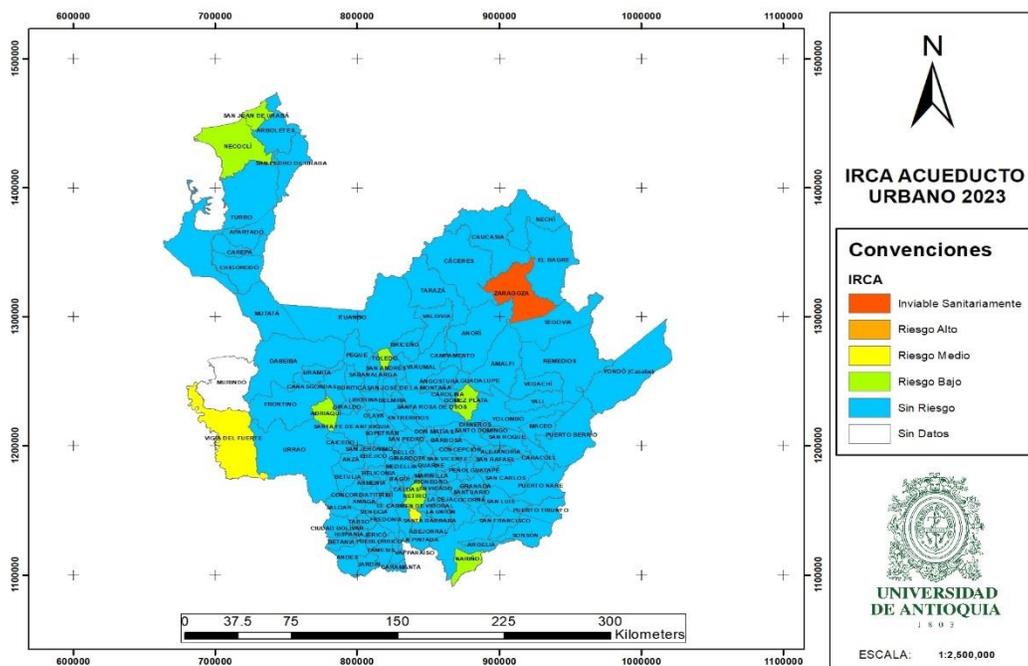
Fuente: Elaboración propia.

Figura 15. IRCA Acueducto urbano de mayor población 2022



Fuente: Elaboración propia.

Figura 16. IRCA Acueducto urbano de mayor población 2023



Fuente: Elaboración propia.

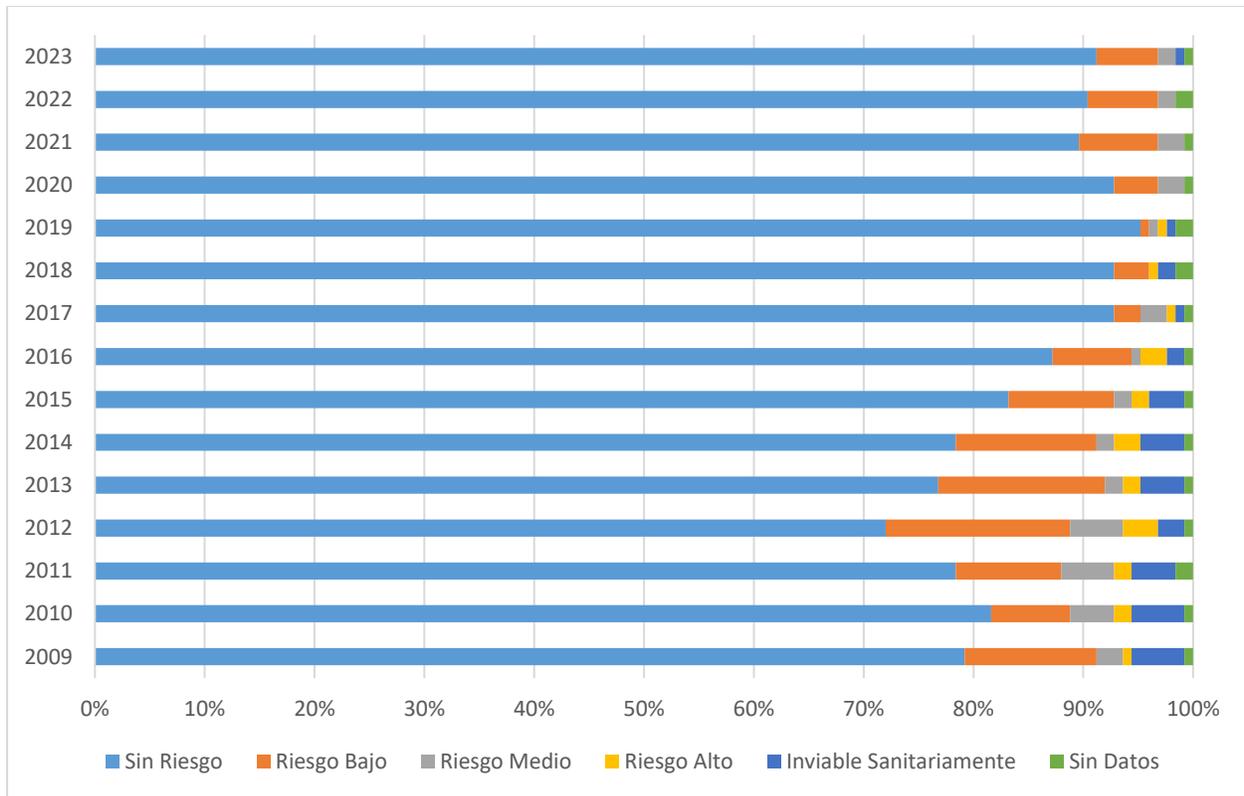
Con esta información se hizo un análisis de resultados corroborando cómo ha sido el cambio de los niveles de riesgo a lo largo del tiempo para todo el departamento.

Tabla 14. Análisis porcentual del nivel de riesgo a nivel departamental de los sistemas con mayor cantidad de suscriptores

Año	Sin Riesgo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Inviabile Sanitariamente	Sin Datos
2009	79.2%	12.0%	2.4%	0.8%	4.8%	0.8%
2010	81.6%	7.2%	4.0%	1.6%	4.8%	0.8%
2011	78.4%	9.6%	4.8%	1.6%	4.0%	1.6%
2012	72.0%	16.8%	4.8%	3.2%	2.4%	0.8%
2013	76.8%	15.2%	1.6%	1.6%	4.0%	0.8%
2014	78.4%	12.8%	1.6%	2.4%	4.0%	0.8%
2015	83.2%	9.6%	1.6%	1.6%	3.2%	0.8%
2016	87.2%	7.2%	0.8%	2.4%	1.6%	0.8%
2017	92.8%	2.4%	2.4%	0.8%	0.8%	0.8%
2018	92.8%	3.2%	0.0%	0.8%	1.6%	1.6%
2019	95.2%	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%	1.6%
2020	92.8%	4.0%	2.4%	0.0%	0.0%	0.8%
2021	89.6%	7.2%	2.4%	0.0%	0.0%	0.8%
2022	90.4%	6.4%	1.6%	0.0%	0.0%	1.6%

Año	Sin Riesgo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Inviabile Sanitariamente	Sin Datos
2023	91.2%	5.6%	1.6%	0.0%	0.8%	0.8%

Figura 17. Variación anual del nivel de riesgo departamental



Los resultados muestran que en el año 2009 el 79% de los acueductos urbanos de mayor cantidad de suscriptores del departamento no estaba en Riesgo, el 12% tenía un riesgo bajo, el 2.4% un riesgo medio y el restante estaba en riesgo alto o inviable sanitariamente debido a la ausencia de acueducto municipal. Para el año 2023 el porcentaje de municipios sin riesgo corresponde al 91.2%, 5.6% al riesgo bajo, 1.6% al medio y solo 1.6% es inviable sanitariamente o no tiene sistema siendo Zaragoza el único municipio Inviabile Sanitariamente y Murindó el único sin acueducto en su cabecera.

El análisis muestra que, en el periodo de registro, el año 2012 fue el de peores resultados con un 72% de los municipios sin riesgo y el 18% restante con algún nivel de riesgo, por otro lado el año 2019 fue el de mejor desempeño con un 95% de los municipios sin riesgo y solo el 5% con algún nivel de riesgo.

5.4 Resultados de la priorización

Con base en la información analizada y considerando los IRCAS de los diferentes sistemas que tiene el municipio en zona urbana, los municipios priorizados según los criterios mencionados anteriormente se muestran en la **Tabla 15**. Municipios priorizados **Tabla 15**.

Tabla 15. Municipios priorizados

Municipio	Criterio de Priorización
Argelia de María	Durante los años reportados Argelia presentó IRCAS de riesgo alto e inviable sanitariamente. Solo fue hasta el año 2021 donde se evidencian categorías sin riesgo.
Caldas	Aunque su acueducto principal presenta IRCAS sin riesgo para todos los años, existen acueductos más pequeños que presentan riesgo medio y bajo lo cual llama la atención al ser un municipio perteneciente del Valle de Aburrá.
Cisneros	Todos los sistemas que reportan para este municipio poseen riesgo alto e inviable sanitariamente. Es solo hasta el año 2017 que el sistema con mayor población atendida no presenta riesgo en su abastecimiento.
Giraldo	Uno de sus dos sistemas presenta IRCAS inviables sanitariamente desde que se tiene registro (2017).
Ituango	Desde el 2016 se reportan IRCAS inviable sanitariamente en alguno de sus sistemas.
Nariño	Este municipio registraba IRCAS con riesgo medio, alto e inviable sanitariamente hasta el año 2018, donde se evidencia mejoría y se reportan IRCAS aptos para consumo humano.
San Juan de Urabá	Su sistema de abastecimiento presenta IRCAS con riesgo alto e inviable sanitariamente hasta el año 2018, luego de este año sus valores mejoran pasando a riesgo bajo, pero a la fecha sigue sin ser apta para consumo humano.
Tarazá	Presenta IRCAS inviables sanitariamente desde el año 2018 para varios de sus sistemas de acueducto.
Toledo	Los IRCAS reportados han presentado en la mayoría de los años reportados índices con riesgos, es solo hasta el año 2020 que mejoran sus resultados teniendo un riesgo bajo.

Municipio	Criterio de Priorización
Zaragoza	Presenta altas variaciones en los reportes del IRCA, ya que hay años donde se presentan valores inviabilmente sanitariamente y luego valores sin riesgo. Lo cual puede evidenciar deficiencias en la operación del sistema de tratamiento.

En la **Tabla 16**, se muestran los IRCAs de cada uno de los acueductos de los municipios priorizados y el número de suscriptores asociado a los mismos.

Tabla 16. IRCA municipios priorizados

Municipio	Prestador del servicio	Número de suscriptores en 2023	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Argelia de María	ESP de Argelia de María ESPAM S.A.	1616	90.20	86.08	67.66	83.40	77.82	23.60	2.01	0.54	0.74
Caldas	Empresas Públicas de Medellín E.S.P.	20486	0.48	1.79	1.24	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Caldas	Asociación de Suscriptores del Acueducto La Rápida "ASDAR"	255	0.48	1.91	7.20	16.79	4.12	3.44	8.78	18.61	0.00
Caldas	Asociación de Suscriptores de Acueducto y Alcantarillado Mandalay	1200	0.48	1.29	8.43	7.46	3.70	1.36	5.13	SD	4.36
Cisneros	Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios S.A. E.S.P - Sistema Algarrobo - El Caney	125	84.22	93.03	88.99	75.95	82.20	93.78	87.77	SD	85.45
Cisneros	Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios S.A E.S. P - Sistema Cristalina - El Brasil	83	84.56	87.67	88.96	77.38	78.60	90.75	94.20	88.36	78.06
Cisneros	Empresas de Servicios Públicos Domiciliarios S.A E.S. P - Sistema San Germán	73	86.21	93.41	96.23	82.81	78.60	83.18	90.03	SD	74.30
Cisneros	Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios S.A E.S. P - Sistema Santa Gertrudis	2873	92.25	56.53	2.76	2.57	1.37	1.40	0.55	0.07	1.37
Cisneros	Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios S.A E.S. P - Sistema Villa Nelly	436	82.90	95.56	91.93	85.50	72.10	90.57	82.57	SD	77.18
Giraldo	Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de Giraldo S.A E.S.P -	850	1.06	0.97	0.97	4.58	2.75	1.17	2.09	4.90	0.74

Municipio	Prestador del servicio	Número de suscriptores en 2023	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
	EMPUGI S.A. E.S.P										
Giraldo	Junta de Acción Comunal Barrio El Carmelo	118	SD	SD	SD	70.43	69.35	90.78	86.00	66.77	73.24
Ituango	Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de Ituango - SERVITUANGO S.A. E.S.P	3035	1.16	0.12	0.00	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ituango	Junta Administradora Chapinero	88	SD	72.88	71.33	81.20	70.87	87.04	87.83	72.08	70.48
Nariño	Unidad de Servicios Públicos Domiciliarios de Nariño - Sistema Santa Clara	962	59.59	12.25	14.85	2.41	0.00	0.70	1.33	0.00	6.04
Nariño	Unidad de Servicios Públicos Domiciliarios de Nariño - Sistema Cabuyo	210	SD	19.57	18.18	4.21	1.61	0.00	2.11	1.58	0.00
San Juan de Urabá	Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A. E.S. P	3539	47.63	48.19	15.68	13.69	5.76	6.30	12.19	7.30	7.74
Tarazá	Aguascol Arbelaez S.A E.S.P	4343	1.49	0.17	0.00	0.00	1.91	0.05	0.10	0.51	0.11
Tarazá	Junta de Acción Comunal El Bosque	200	SD	SD	SD	82.26	78.21	84.34	87.82	SD	82.52
Tarazá	Asociación de Usuarios del Barrio El Mirador II	127	SD	SD	SD	81.89	77.13	89.07	90.66	92.32	82.03
Tarazá	Junta Acción Comunal El Turista	95	SD	SD	SD	87.85	90.77	96.67	84.20	SD	78.72
Toledo	Unidad de Servicios Públicos Domiciliarios E.S.P.	1400	11.02	75.03	22.20	38.94	17.80	4.10	10.69	5.23	11.39
Zaragoza	Municipio de Zaragoza - Sistema La Balsita	623	96.38	89.15	93.98	88.58	90.08	95.49	86.09	95.99	92.37
Zaragoza	Municipio de Zaragoza - Sistema La Temperatura	3038	96.38	3.04	1.49	4.11	2.98	0.00	12.57	SD	88.09

Fuente: Elaboración propia.

5.5 Análisis de los cambios por las inversiones del PDA

A partir de los resultados del análisis anterior, se realizó una solicitud de información ante la gobernación de Antioquia con el fin de identificar para los municipios priorizados, si hubo o no inversiones realizadas por parte del PDA, en qué ámbito se realizaron estas

inversiones y si impactan de manera positiva o no tanto en la cobertura del servicio como en la calidad del agua para consumo humano distribuida a sus habitantes.

Tabla 17. Inversiones PDA

Municipio	Municipio o PDA	Proyecto	Año de viabilización, asignación de recursos o contratación	Fuente de Financiación	Valor contratado (Obra e Interventoría)	Área de Impacto	Población beneficiada	Incorpora inversión en PTAP	Impacto en UEAA	Impacto en reducción de riesgo	Estado a Junio de 2024
Argelia de María	SI	Construcción del plan maestro de acueducto de la zona urbana del municipio de Argelia de María, primera etapa	2013	Inversión PDA Antioquia SGP-APSB Depto SGP-APSB Municipio	\$ 2,272,649,113	Urbana	3555	SI	SI	NO	Terminado (2015)
Argelia de María	SI	Construcción del plan maestro de acueducto y alcantarillado de la zona urbana del municipio de Argelia de María –etapa 2	2015	Inversión PDA Antioquia SGP-APSB Depto SGP-APSB Municipio Recursos Nación	\$ 6,245,246,157	Urbana	3641	NO	SI	NO	Terminado (2018)
Argelia de María	SI	Construcción del plan maestro de acueducto y alcantarillado de la zona urbana del municipio de Argelia de María – etapa III, Antioquia	2019	Inversión PDA Antioquia SGP-APSB Depto SGP-APSB Municipio	\$ 1,936,470,222	Urbana	3,774	NO	SI	NO	Terminado (2020)
Caldas	NO	<i>Sin inversiones identificadas por el Departamento en el servicio de acueducto</i>	na	na	na	na	na	na	na	na	na
Cisneros	SI	Optimización del acueducto área urbana de Cisneros, Antioquia	2019	Inversión PDA Antioquia SGP-APSB Depto SGP-APSB Municipio	\$ 2,113,775,834	Urbana	11,774	NO	SI	NO	Terminado (2020)
Cisneros	SI	Construcción de muro de contención en la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Cisneros, Antioquia	2021	Inversión PDA Antioquia SGP-APSB Depto SGP-APSB Municipio	\$ 460,236,666	Urbana	13,352	NO	NO	SI	Terminado (2022)

Municipio	Municipio PDA	Proyecto	Año de viabilización, asignación de recursos o contratación	Fuente de Financiación	Valor contratado (Obra e Interventoría)	Área de Impacto	Población beneficiada	Incorpora inversión en PTAP	Impacto en UEAA	Impacto en reducción de riesgo	Estado a Junio de 2024
Cisneros	SI	Optimización del acueducto urbano de los sectores carrera Bolívar La Vega y barrio Ciprés del municipio de Cisneros	2021	Inversión PDA Antioquia SGP-APSB Depto SGP-APSB Municipio RP Municipio	\$ 1,182,599,76 0	Urbana	1,428	NO	SI	NO	Terminado (2023)
Cisneros	SI	Reconstrucción de la bocatoma del acueducto sobre la quebrada Santa Gertrudis que surte el área urbana del municipio de Cisneros	2023	Inversión PDA Antioquia SGP-APSB Depto SGP-APSB Municipio	\$ 334,489,245	Urbana	9,085	NO	SI	SI	Terminado (2024)
Giraldo	SI	Construcción del plan maestro de acueducto corregimiento Manglar del municipio de Giraldo	2016	Inversión PDA Antioquia SGP-APSB Depto SGP-APSB Municipio	\$ 894,607,119	Rural	781	SI	SI	NO	Terminado (2018)
Ituango	SI	Construcción de la tercera etapa del plan maestro de acueducto y alcantarillado del municipio de Ituango, Antioquia	2019 / 2020 / 2021	Inversión PDA Antioquia SGP-APSB Depto SGP-APSB Municipio	\$ 6,593,397,85 2	Urbana	7,769	NO	SI	NO	Terminado (2021)
Ituango	SI	Construcción de la cuarta etapa del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado en la zona urbana del municipio de Ituango, Antioquia	2023	Inversión PDA Antioquia SGP-APSB Depto SGP-APSB Municipio	\$ 2,497,655,34 0	Urbana	8,437	NO	SI	NO	Suspendido a Junio de 2024
Nariño	SI	<i>Sin inversiones identificadas por el Departamento en el servicio de acueducto</i>	na	na	na	na	na	na	na	na	na
San Juan de Urabá	SI	Construcción del plan maestro de acueducto urbano del municipio de San Juan de Urabá, primera etapa.	2013	Inversión PDA Antioquia SGP-APSB Depto SGP-APSB Municipio	\$ 10,892,497,4 24	Urbana	9,311	SI	SI	NO	Terminado (2014)

Municipio	Municipio o PDA	Proyecto	Año de viabilización, asignación de recursos o contratación	Fuente de Financiación	Valor contratado (Obra e Interventoría)	Área de Impacto	Población beneficiada	Incorpora inversión en PTAP	Impacto en UEAA	Impacto en reducción de riesgo	Estado a Junio de 2024
San Juan de Urabá	SI	Construcción de la segunda etapa de las redes del sistema de acueducto en el corregimiento de Damaquiel en San Juan de Urabá	2019	Inversión PDA Antioquia SGP-APSB Depto SGP-APSB Municipio	\$ 3,910,376,88 5	Rural	2,726	NO	SI	NO	Terminado (2021)
San Juan de Urabá	SI	Construcción del acueducto del corregimiento Uveros en el municipio de San Juan de Urabá	2019	Inversión PDA Antioquia SGP-APSB Depto SGP-APSB Municipio	\$ 3,915,723,93 3	Rural	2,640	NO	SI	NO	Terminado (2021)
San Juan de Urabá	SI	Optimización Planta de Tratamiento de Agua Potable PTAP del municipio de San Juan de Urabá	2022	Inversión PDA Antioquia SGP-APSB Depto SGP-APSB Municipio RP Municipio	\$ 961,676,316	Urbana	11,856	SI	SI	NO	Terminado (2023)
San Juan de Urabá	SI	Construcción de la tercera etapa de las redes de distribución de los corregimientos de Belén, San Nicolás del Río y centro poblado de la vereda Balsillas del municipio de San Juan de Urabá	2023	Inversión PDA Antioquia SGP-APSB Depto SGP-APSB Municipio	\$ 2,136,319,37 6	Rural	2,337	NO	SI	NO	Terminado (2023)
Tarazá	NO	<i>Sin inversiones identificadas por el Departamento en el servicio de acueducto</i>	na	na	na	na	na	na	na	na	na
Toledo	SI	Optimización del sistema de acueducto urbano del municipio de Toledo - Antioquia	2017	Inversión Departamento RP Depto - RP Municipio	\$ 817,508,872	Urbana	1,025	SI	SI	NO	Terminado (2018)
Toledo	SI	Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado de la Calle 10 del municipio de Toledo	2023	Inversión PDA Antioquia SGP-APSB Depto SGP-APSB Municipio	\$ 691,343,361	Urbana	1,889	NO	SI	NO	Terminado (2024)

Fuente: Gobernación de Antioquia, 2024.

Como se observa en la **Tabla 17**, si bien se evidencia inversiones en los municipios que hacen parte del PDA, es solo en los municipios de Argelia de María, Giraldo, San Juan de Urabá, Toledo y Zaragoza donde se evidencia que el proyecto está destinado a realizar mejoras o construcción en las plantas de tratamiento de agua potable. Para los demás municipios estos recursos son destinados tanto a obras civiles (como la adecuación de muros y bocatomas) como a la construcción de las diferentes etapas de los planes maestros de acueducto y alcantarillado los cuales en su mayoría se contrataron no antes del 2019, lo que hace que los resultados que se puedan reflejar en los valores del IRCA no se vean reflejados prontamente en los valores reportados de los últimos años.

A su vez, en la **Tabla 16** en el municipio de Argelia se evidencia mejora en los resultados del IRCA para los últimos 3 años reportados mientras que en la **Tabla 17** para este mismo municipio se evidencian inversiones en los años 2013, 2015 y 2019 asociadas a la construcción de las 3 etapas del plan maestro de acueducto y alcantarillado lo cual puede ser una de las principales razones de las mejores presentadas para dicho municipio. Por otro lado, en las mismas tablas citadas anteriormente, se evidencia que el municipio de Nariño hasta 2017 presentaba IRCAS con algún tipo de riesgo para el consumo humano y que a partir de ese año se observan IRCAS sin riesgo, sin embargo, en la información de las inversiones suministrada no se registra inversiones de algún tipo de proyecto por parte del PDA, lo cual deja abierto el motivo de la mejora presentada para este municipio.

Finalmente, como dato a resaltar se tuvo que para los municipios pertenecientes al PDA en los cuales se realizó algún tipo de inversión, el valor total de las mismas asciende a una suma de \$53,572,881,827 en un periodo comprendido entre los años 2013 y 2023. Adicionalmente, como se evidencia en la **Tabla 17** los municipios de San Juan de Urabá y Giraldo recibieron inversiones en sistemas de acueductos en algunos de sus corregimientos, a pesar de contar con necesidades de mejora en sus zonas urbanas según se evidencia en los IRCAS, esto se debe a que en el municipio de Giraldo por ejemplo, el corregimiento de El Manglar tiene una población total de 1,232 habitantes según la Gobernación de Antioquia y este proyecto tuvo una población beneficiada de

781, casi la misma cantidad de población del acueducto urbano de este municipio (850). De forma similar sucede con el municipio de San Juan de Urabá, donde el corregimiento de Damaquiel recibió una inversión con una población beneficiada de 2,726 personas, mientras que el acueducto urbano atiende a 3539, esto en parte puede explicar estas inversiones realizadas en zonas rurales cuando en la zona urbana aún se necesitan.

6. Discusión

Se encontró que para el departamento de Antioquia existe una gran cantidad de información sobre los valores de calidad de agua y los indicadores de riesgo para el consumo humano. Esta información es centralizada y de fácil acceso, permitiendo ver las condiciones de diferentes municipios y sistemas de acueducto urbano a lo largo de los últimos 15 años, sin embargo, las conclusiones y análisis del cambio temporal que se pueden realizar deben ser estimadas con precaución dada la presencia de cambios en los prestadores de servicios, en la cantidad de sistemas reportados y en los cambios propios del territorio. Se sugiere que en un trabajo futuro se analice el desempeño de los sistemas con peores indicadores en la cabecera municipal y analizar los cambios.

Es importante aclarar que todos los análisis realizados se hicieron según el valor reportado a escala anual, por lo tanto, se desprecian los cambios mensuales que puedan darse por variabilidad climática, patrones de consumo o desarrollo de actividades económicas de temporada.

En lo referente a los datos de inversiones del PDA se evidencia que para ciertos casos en específico las inversiones realizadas pueden llegar a ser causales de las mejores observadas para los últimos años, sin embargo, existen otros casos como el del Municipio de Nariño, que a pesar pertenecer al PDA hasta la fecha de información suministrada no se registra algún tipo de inversión en ninguna clase de proyecto relacionada con la construcción u optimización de sistemas de acueducto o tratamiento de aguas. A pesar de esto, como ya se mencionó Nariño presenta mejoras en los resultados del índice en los últimos años, lo cual abre la puerta a pensar en cuáles fueron las acciones que lograron este resultado, y así mismo, a cuestionar del por qué a pesar de ser parte de ser municipio del PDA a la fecha no ha recibido o no se registra ningún tipo de inversión en relación a mejora de acueducto o sus sistemas de tratamiento de agua potable, aun cuando se registran IRCAS con riesgo en 10 de los 15 años de los que se cuenta información.

7. Conclusiones

- Antioquia es un departamento que exhibe grandes cantidades de información sobre sus sistema de acueducto en las cabeceras municipales de los diferentes municipios, ya que se puede consultar fácilmente los valores del indicador IRCA a escala anual y mensual, lo que hace posible hacer una gestión más adecuada de los programas, proyectos y otras intervenciones para buscar la mejoría de los sistemas según diferentes modelos, poblaciones y realidades socioeconómicas.
- Los datos registrados si bien tienen un registro histórico importante no son consistentes en todos los años debido a la forma de reportar los valores, algunas veces se reportan por municipio otras por sistemas.
- Los mapas y estadísticos estimados tuvieron en cuenta el sistema urbano que mayor población atiende, por lo que es posible que otros sistemas con indicadores más desfavorables cambien completamente las estimaciones y priorizaciones. Este es uno de los problemas de la forma de presentar datos, ya que es posible subestimar o sobreestimar los valores del IRCA cuando se llevan a una escala municipal.
- Es frecuente que los municipios cambien de operador o que separen sus sistemas por consideraciones económicas, sociales y técnicas, sin embargo, estas intervenciones y el cambio en la forma de reportar los datos hacen que se pierda la trazabilidad de la evolución temporal del IRCA pues hace que no se pueda comparar o evaluar el cambio del riesgo de un municipio con sus versiones anteriores, ya que no hay claridad si los datos corresponden a un solo sistema o si agrupa a todos los sistemas
- En el periodo evaluado, los acueductos urbanos con mayor número de suscriptores del departamento han tenido variaciones entre 79% y el 95% en la cantidad de municipalidades sin riesgo por contaminación del agua según el IRCA y en los últimos años estos valores están cercanos al 92% lo que muestra una alta confiabilidad en el sistema departamental. Se aclara que estos porcentajes se estiman siguiendo el número de municipalidades, sin embargo, pueden cambiar si se estudian por regiones o por población.

- El análisis realizado no tiene en cuenta la variabilidad climática estacional o interanual la cual tiene efecto en los caudales y por ende en la calidad del agua captada y en la eficiencia de los sistemas de tratamiento.
- Los municipios priorizados para el análisis son casos excepcionales en los que se busca entender los motivos por los cuales su calidad del agua ha tenido un cambio significativo (Mejorando o empeorando) o que representan una muestra de que uno de sus sistemas ha tenido cambios importantes mientras los demás siguen en niveles de riesgo medio o alto, esperando encontrar dichos cambios asociados a las inversiones realizadas. La información suministrada por parte de la gobernación de Antioquia de los reportes de inversiones del PDA para los municipios priorizados no permitió obtener un análisis de correlación entre inversión y mejora en la calidad.
- Todos los resultados obtenidos se basan en la confiabilidad de los datos del ente gubernamental, no es posible determinar con este trabajo si el indicador está bien calculado en cada municipio o si los datos de los parámetros de calidad del agua son confiables.

Referencias

- Barea, J., de Armas, H., Caballero, M. J., Carrasco, J. F., Colmenarejo, P., García, L., ... OMS. (2002). Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano. *Organización Mundial de La Salud, VII(14)*, 140. Retrieved from <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/e/fulltext/vigilancia/vigilancia.pdf>
- Bhargava, D. S. (1985). Expression for Drinking Water Supply Standards. *Journal of Environmental Engineering*, *111(3)*, 304–316. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(1985\)111:3\(304\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9372(1985)111:3(304))
- Bishop, T. H. (1929). THE BUNAU-VARILLA SYSTEM OF WATER PURIFICATION. *The Lancet*, *213(5503)*, 371–373. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(01\)37543-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(01)37543-8)
- Briñez, K. J., Guarnizo, J. C., & Arias V, S. A. (2012). Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, *30*, 175–182. Retrieved from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12023918006>
- Brown, R. M., McClelland, N. I., Deininger, R. A., & O'Connor, M. F. (1972). A Water Quality Index — Crashing the Psychological Barrier. In *Indicators of Environmental Quality* (Vol. 10, pp. 173–182). https://doi.org/10.1007/978-1-4684-2856-8_15
- BUNKER, G. C. (1929). THE USE OF CHLORINE IN WATER PURIFICATION. *Journal of the American Medical Association*, *92(1)*, 1. <https://doi.org/10.1001/jama.1929.02700270005001>
- Chong De La Cruz, I. (2007). Métodos y técnicas de la investigación documental.
- Condy, H. B. (1872). Purification of Drinking Water. *BMJ*, *1(594)*, 541–541. <https://doi.org/10.1136/bmj.1.594.541-a>
- CONPES 3810. (2014). Política para el suministro de agua potable y saneamiento básico en la zona rural. *Conpes*, *1*, 1–46. Retrieved from <http://www.minvivienda.gov.co/conpesagua/3810 - 2014.pdf>
- García-Ávila, F., Zhindón-Arévalo, C., Valdiviezo-Gonzales, L., Cadme-Galabay, M., Gutiérrez-Ortega, H., Flores, L., & Pino, D. (2022). A comparative study of water quality using two quality indices and a risk index in a drinking water distribution network. <https://doi.org/10.1080/21622515.2021.2013955>
- García-Ubaque, C. A., García-Ubaque, J. C., Rodríguez-Miranda, J. P., Pacheco-García, R., & García-Vaca, M. C. (2018). Limitations of the water quality risk index as an estimator of quality for human consumption. *Revista de Salud Publica*, *20(2)*, 204–207. <https://doi.org/10.15446/rsap.v20n2.65952>
- Guzmán, B. L. B., Nava, G. T., & Bevilacqua, P. D. (2016). Surveillance of drinking water quality in Colombia: challenges for environmental health. *Revista Facultad Nacional de Salud Publica*, *34(2)*, 175–183. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v34n2a06>
- IDEAM. (2018). Evaluación Nacional del Agua 2018. In *Cartilla ENA 2018*.

INCA. (2019). *Inca, 2019*. Retrieved from www.inca.gov.br

Ministerio de la Protección Social, & Ministerio de Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). Resolución Número 2115 de 2007. *Ministerio de La Protección Social Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial*, 23. Retrieved from http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res_2115_de_2007.pdf

Ministerio de protección social. (2007). Decreto 1575 de 2007. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=30007#:~:text=El%20objeto%20del%20presente%20decreto,consumo%2C%20exceptuando%20el%20agua%20envasada.>

Ministerio de Salud y Protección social. (2021). Informe nacional de calidad del agua para consumo humano. <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/informe-nacional-de-calidad-del-agua-para-consumo-humano-inca-2021.pdf>

Moreno Méndez, J. O. (2020). Los Retos Del Acceso a Agua Potable Y Saneamiento Básico De Las Zonas Rurales En Colombia. *Revista de Ingeniería*, (49), 28–37. <https://doi.org/10.16924/revinge.49.5>

Notter, J. L. (1878). The Purification of Water by Filtration. *BMJ*, 2(928), 556–557. <https://doi.org/10.1136/bmj.2.928.556>

ONU. (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. *Asamblea General*, 15900, 40. Retrieved from http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/70/L.1&Lang=S

Pérez Salas, S., & Pineda Jaramillo, M. (2019). Diagnóstico del estado actual de abastecimiento de agua potable en las zonas rurales de Colombia. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1110.

Rideal, S. (1909). The Purification of Water By Ozone. *Journal of the Royal Sanitary Institute*, 30(1), 32–57. <https://doi.org/10.1177/146642400903000104>

Rideal, Samuel. (1901). The Purification of Water. *Journal of the Sanitary Institute*, 22(4), 558–566. <https://doi.org/10.1177/146642400102200418>

Rodríguez, N., Villamil, N., Restrepo, M., Zambrano, S., & Bejarano, I. (2013). Carencia de agua y sus implicaciones en las prácticas alimentarias, en Turbo, Antioquia TT - The lack of water and its implications regarding feeding practice in Turbo, Antioquia. *Revista de Salud Pública*, 15(3), 421–433. Retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-006420130003000009&lang=es%0Ahttp://www.scielo.org.co/pdf/rsap/v15n3/v15n3a11.pdf

Sommer, B., Marino, A., Solarte, Y., Salas, M. L., Dierolf, C., Valiente, C., ... others. (1997). SODIS- an emerging water treatment process. *AQUA(OXFORD)*, 46(3), 127–137.

Torres, P., Hernán Cruz, C., & Patiño, P. J. (2009). ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA EN

FUENTES SUPERFICIALES UTILIZADAS EN LA PRODUCCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. UNA REVISIÓN CRÍTICA. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 8. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75017199010>

Villa, J. L., Duque, M., Gauthier, A., & Rakoto-Ravalontsalama, N. (2003). Modelling and control of a water treatment plant. *Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 1(November), 171–176. <https://doi.org/10.1109/icsmc.2003.1243810>