

INCA

2022

Informe Nacional de Calidad del Agua para
Consumo Humano

REPÚBLICA DE COLOMBIA

GUSTAVO FRANCISCO PETRO URREGO

Presidente de la República

MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL

GUILLERMO ALFONSO JARAMILLO MARTÍNEZ

Ministro de Salud y Protección Social

JAIME HERNÁN URREGO RODRÍGUEZ

Viceministro de Salud Pública y Prestación de Servicios

GINA ROSA ROJAS FERNÁNDEZ

Directora de Promoción y Prevención

ANDREA PATRICIA SOLER GALINDO

Subdirectora de Salud Ambiental (E)

MARTHA MILENA CONTRERAS PORTILLA

Profesional Subdirección de Salud Ambiental

LILIANA ROJAS RODRÍGUEZ

Contratista Subdirección de Salud Ambiental

MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO

CATALINA VELASCO CAMPUZANO

Ministra

ANÍBAL JOSÉ PÉREZ GARCÍA

Viceministro de Agua y Saneamiento Básico

ADRIANA SABOGAL MORENO

Directora de Infraestructura y Desarrollo Empresarial

NATALIA DUARTE CÁCERES

Directora de Política y Regulación

JUAN MANUEL CASTAÑO OSSA

Coordinador Grupo Desarrollo Sostenible

PAOLO ALEXIS MUÑOZ ALZATE

Profesional Especializado Grupo Desarrollo Sostenible

ÁNGELA LILIANA MEJÍA BUSTACARA

Contratista Grupo Desarrollo Sostenible

ANDREA CAROLINA BARRIGA PÉREZ

Contratista Grupo Desarrollo Sostenible

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD

HELVER GUIOVANNI RUBIANO GARCÍA

Director General

TOMÁS GILBERTO PRASCA CEPEDA

Director Técnico de Redes en Salud Pública (DRSP)

ANDERSON STEV PARDO FLOREZ

PAULA ANDREA GARDEAZÁBAL ACUÑA

Profesionales del Sistema de Información de la Vigilancia de la Calidad del Agua Potable (SIVICAP)

GERARDO NAVA TOVAR

Profesional de la Dirección de Redes en Salud Pública

FRANKLYN EDWIN PRIETO ALVARADO

Director Técnico de Vigilancia y Análisis del riesgo en Salud Pública (DVARSP)

HERNÁN QUIJADA BONILLA

Subdirector de Análisis del Riesgo y Respuesta Inmediata en Salud Pública

IVÁN CAMILO SÁNCHEZ BARRERA

Coordinador del Grupo de Evaluación de Riesgos en Inocuidad de Alimentos (DVARSP)

YULY ANDREA GAMBOA MARÍN

FLOR RODRÍGUEZ VILLAMARÍN

CRISTIAN CAMILO RODRÍGUEZ QUINCHIA

Profesionales del Grupo de Evaluación de Riesgos en Inocuidad de Alimentos (DVARSP)

MILENA EDITH BORBÓN RAMOS

Coordinadora del Grupo de Vigilancia y Control de Factores de Riesgo del Ambiente (DVARSP)

JUAN CAMILO ROJAS HERNÁNDEZ

MÓNICA CAROLINA CARREÑO NIÑO

Profesionales del Grupo de Vigilancia y Control de Factores de Riesgo del Ambiente (DVARSP)

LEIDY JOHANA MONROY RODRÍGUEZ

Referente: Enfermedad diarreica aguda (DVARSP)

SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS

DAGOBERTO QUIROGA COLLAZOS

Superintendente de Servicios Públicos Domiciliarios

HUGO GERMÁN GUANUMEN PACHECO

Superintendente Delegado para Acueducto, Alcantarillado y Aseo

KAREN AMANDA BUSTOS PINEDA

Coordinadora Grupo de Estudios Sectoriales

WILLY ALBERTO ZAMBRANO CHÁVEZ

Profesional Grupo de Estudios Sectoriales

MARLON JARAMILLO ZAPATA

Profesional Grupo de Estudios Sectoriales

Contenido

1. CAPÍTULO 1. Antecedentes y marco normativo de la vigilancia y control de la calidad del agua en Colombia.....	17
2. CAPÍTULO 2. Resultados de la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en Colombia, 2022.....	21
2.1. Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA) – cálculo, interpretación y análisis.....	21
2.1.1. Fórmulas utilizadas para la estimación del IRCA	22
2.2. Recolección de la información de la vigilancia de la calidad del agua	22
2.3. Análisis de los resultados de la vigilancia de la calidad del agua en Colombia, 2022.....	23
2.4. Notificación por parte de las autoridades sanitarias en SIVICAP.....	29
2.5. Inspección y certificación sanitarias de persona prestadora, evaluación, interpretación y análisis.....	31
2.5.1. Resultados de las certificaciones sanitarias.....	31
2.6. Mapas de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano	34
3. CAPÍTULO 3. Eventos vehiculizados por agua para consumo humano.	38
3.1. Asociación entre la ocurrencia de situaciones ambientales y la calidad de agua para consumo humano en Colombia, 2022.....	38
3.1.1. Introducción	38
3.1.2. Metodología	39
3.1.3. Resultados	39
3.2. Relación de la calidad de agua para consumo humano, la incidencia de enfermedad diarreica aguda y hepatitis A en Colombia, 2022.	44
3.2.1. Introducción	44
3.2.2. Metodología	45
3.2.3. Resultados	49
3.3. Reporte técnico: Estimación de la incidencia de enfermedad diarreica aguda en Colombia relacionada con riesgos microbiológicos en agua para consumo dietario, a través de la aplicación de un modelo de estimación probabilística con enfoque predictivo, 2022.....	52
3.3.1. Introducción	52
3.3.2. Metodología	53
3.3.3. Resultados y discusión	57
4. CAPITULO 4. Resultados de calidad del agua para las muestras realizadas por la SSPD en cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 15 de la ley 1955 de 2019.....	70
4.1. Generalidades	70

4.2.	Metodología para la determinación de prestadores sujetos a monitoreo.....	71
4.2.1.	Priorización grupo de prestadores de interés del Objetivo 1	71
4.2.2.	Priorización grupo de prestadores de interés del Objetivo 2	72
4.2.3.	Priorización grupo de prestadores de interés del Objetivo 3	74
4.2.4.	Muestras por necesidad de la SSPD para vigilancia y control	75
4.3.	Determinación del número de muestras	76
4.4.	Resultados Índice de Riesgo de Calidad del Agua.....	79
4.4.1.	IRCA departamental prestadores priorizados en el proyecto y por funcionamiento. 79	
4.4.2.	Cobertura y Resultados Nivel de riesgo	81
4.5.	Comportamiento de las características analizadas	92
4.5.1.	Características microbiológicas.....	92
4.5.2.	Características físicas	96
4.5.3.	Características químicas de otras sustancias utilizadas en la potabilización.....	100
4.5.4.	Características químicas que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana.....	104
4.5.5.	Características químicas de sustancias que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana.....	107
4.5.6.	Impacto de la medición de características de especial interés sanitario en el nivel de riesgo	110
4.5.7.	Impacto de la medición de características de especial interés sanitario en el nivel de riesgo	113
5.	CAPÍTULO 5. Análisis de la calidad del agua para consumo humano a partir de los resultados del proceso de depuración del SIVICAP de la vigencia 2022 y su relación con los proyectos ejecutados de agua potable.	115
5.1.	Resultados del IRCA de la vigencia 2022 a partir del proceso de depuración del SIVICAP.	116
5.2.	Proyectos de agua potable ejecutados y su relación con la mejora en la calidad del agua para consumo humano.....	119
	Conclusiones y recomendaciones.....	123
	Referencias bibliográficas.....	129

Lista de Tablas

Tabla 1. Resumen contenido normas de la vigilancia y control de la calidad del agua.....	19
Tabla 2. Clasificación del nivel de riesgo y acciones según IRCA por muestra e IRCA mensual	22
Tabla 3. Comparación entidades y muestras vigiladas, 2018 a 2022.	24
Tabla 4. IRCA departamentales, 2022.....	28
Tabla 5. Municipios sin notificación de muestras de vigilancia de la calidad de agua potable en SIVICAP, 2022.....	30
Tabla 6. Resumen estado de avance en la elaboración de los Mapas de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano.....	35
Tabla 7. Consolidado estado de avance en la elaboración de los mapas de riesgo por Dirección Territorial de Salud - DTS año 2022.	35
Tabla 8. Dificultades para la viabilización de los Mapas de Riesgo por departamento.....	36
Tabla 9. Municipios priorizados según IRCA recalculado Vs. Incidencia EDA por 1000 habitantes, Colombia, 2022.....	50
Tabla 10. Análisis de los niveles de las variables por clasificación de punto de muestreo y desinfectante, a partir de la base de datos de SIVICAP 2022.	56
Tabla 11. Dosis estimada de ooquistes/l de <i>Cryptosporidium</i> spp. para Boyacá y Cundinamarca en población de 18 a 64 años*.	61
Tabla 12. Dosis estimada de quistes/l de <i>Giardia</i> spp. para Boyacá, Cundinamarca y Tolima en población de 18 a 64 años.....	63
Tabla 13. Casos estimados anuales de coinfección por <i>Giardia</i> spp. y <i>Cryptosporidium</i> spp. en Cundinamarca y Boyacá en población de 18 a 64 años.....	65
Tabla 14. Municipios priorizados para toma de muestra - Objetivo 1.....	72
Tabla 15. Municipios priorizados para toma de muestra - Objetivo 2.....	73
Tabla 16. Municipios priorizados para toma de muestra - Objetivo 3.....	75
Tabla 17. Municipios para toma de muestra - Funcionamiento.....	75
Tabla 18. Parámetros analizados por el laboratorio.....	77
Tabla 19. Aspectos del plan de monitoreo.....	78
Tabla 20. Nivel de riesgo por muestras – Proyecto de inversión.....	81
Tabla 21. Nivel de riesgo por muestras – Funcionamiento.	82
Tabla 22. Número de municipios por nivel de riesgo (muestras en red de distribución e intradomiciliarias) 116	

Glosario

Abasto de agua:

Conjunto de obras hidráulicas para captar, controlar, conducir, almacenar o distribuir agua cruda o parcialmente tratada cuyo caudal puede ser empleado total o parcialmente para el uso para consumo humano y doméstico (Decreto 1898 de 2016).

Certificación sanitaria:

Es el acto administrativo expedido por la autoridad sanitaria competente a través del cual se acredita el cumplimiento de las normas y criterios de la calidad del agua para consumo humano, soportado en el concepto sanitario, proferido a solicitud del interesado o de las autoridades de control (Decreto 1575 de 2007).

Concertación de puntos:

Acuerdo realizado entre la autoridad sanitaria de los departamentos, distritos y municipios y las personas prestadoras, para definir la localización de los puntos de recolección de muestras de agua para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución, con base en los planos del sistema de distribución de acueducto o el catastro de la red de distribución y el conocimiento que se tenga de la misma, siguiendo los criterios establecidos en los artículos del 1° al 4° de la Resolución número 811 de 2008, y para lo cual se deja constancia en el acta de concertación de puntos y lugares de muestreo (Resolución 811 de 2008).

Concepto sanitario: Es el resultado de evaluar la calidad del agua para consumo humano con base en las visitas de inspección sanitaria y análisis de los criterios y normas de las características del agua, los cuales podrán ser: Concepto favorable, Concepto favorable

con requerimientos o Concepto desfavorable (Decreto 1575 de 2007).

Inspección sanitaria:

Es el conjunto de acciones que en desarrollo de sus funciones, realizan las autoridades sanitarias y las personas prestadoras que suministran o distribuyen agua para consumo humano, destinadas a obtener información, conocer, analizar y evaluar los riesgos que presenta la infraestructura del sistema de abastecimiento de agua, a identificar los posibles factores de riesgo asociado a inadecuadas prácticas operativas y a la determinación de la calidad del agua suministrada, mediante la toma de muestras, solicitud de información y visitas técnicas al sistema de suministro, dejando constancia de ello mediante el levantamiento del acta respectiva (Decreto 1575 de 2007).

Mapa de riesgo de calidad de agua (mapa de riesgo):

Instrumento que define las acciones de inspección, vigilancia y control del riesgo asociado a las condiciones de calidad de las cuencas abastecedoras de sistemas de suministro de agua para consumo humano, las características físicas, químicas y microbiológicas del agua de las fuentes superficiales o subterráneas de una determinada región, que puedan generar riesgos graves a la salud humana si no son adecuadamente tratadas, independientemente de si provienen de una contaminación por eventos naturales o antrópicos (Decreto 1575 de 2007).

Materialización de los puntos de muestreo:

Esta es una actividad que debe realizar la persona prestadora y consiste en la construcción

de una instalación con un dispositivo para la recolección de las muestras de vigilancia de la calidad del agua por parte de la autoridad sanitaria, la cual debe ser de fácil acceso, segura, cómoda y contar con elementos de identificación y protección para evitar el acceso y mal uso por terceras personas a esta instalación (Resolución 811 de 2008).

Nivel de riesgo inviable sanitariamente:

Agua no apta para consumo humano con clasificación IRCA entre 80.1 a 100% (Resolución 2115 de 2007).

Nivel de riesgo alto:

Agua no apta para consumo humano con clasificación IRCA entre 35.1 a 80% (Resolución 2115 de 2007).

Nivel de riesgo medio:

Agua no apta para consumo humano con clasificación IRCA entre 14.1 a 35% (Resolución 2115 de 2007).

Nivel de riesgo bajo:

Agua no apta para consumo humano con clasificación IRCA entre 5.1 a 14% (Resolución 2115 de 2007).

Nivel de riesgo Sin Riesgo:

Agua apta para consumo humano con clasificación IRCA entre 0 a 5% (Resolución 2115 de 2007).

Pila pública:

Suministro de agua por la entidad prestadora del servicio de acueducto, de manera provisional, para el abastecimiento colectivo y en zonas que no cuenten con red de acueducto, siempre que las condiciones técnicas y económicas impidan la instalación de redes domiciliarias (Decreto 302 de 2000, modificado por el Decreto 229 de 2002).

Puntos de muestreo en red de distribución:

Son aquellos sitios representativos donde se realiza la recolección de la muestra de agua para consumo humano en la red de distribución, de acuerdo con lo definido entre la autoridad sanitaria y la persona prestadora que suministra o distribuye agua para consumo humano (Resolución 811 de 2008).

Red de distribución o red pública:

Conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta los puntos de consumo (Decreto 302 de 2000, modificado por el decreto 229 de 2002).

Sistema de Información de la Vigilancia de la Calidad del Agua Potable, SIVICAP:

Herramienta informática, la cual permite el reporte en línea de la información generada por las autoridades sanitarias departamentales, municipales y distritales como resultado de las acciones de inspección, vigilancia y control de calidad del agua para consumo humano realizadas por éstas sobre los sistemas de suministro, tratamiento y distribución de agua para consumo humano, así como el reporte de la información de la verificación de las buenas prácticas sanitarias realizadas en las inspecciones sanitarias y los riesgos identificados en la fuente de abastecimiento a través del mapa de riesgo, en sus áreas de influencia, con el fin de detectar, analizar y notificar de manera temprana los riesgos, eventos o situaciones de emergencia para la salud de la población derivados de la calidad del agua, que sirva como marco de referencia a las autoridades sanitarias, ambientales, de control, así como los sectores involucrados en la toma de decisiones, para orientar las acciones de control para la eliminación o mitigación de daños a la salud de la población (Decreto 1575 de 2007 y sus resoluciones reglamentarias).

Sistema de Vigilancia en Salud Pública, SIVIGILA:

Conjunto de usuarios, normas, procedimientos, recursos técnicos, financieros y de talento humano, organizados entre sí para la recopilación, análisis, interpretación, actualización, divulgación y evaluación sistemática y oportuna de la información sobre eventos en salud, para la orientación de las acciones de prevención y control en salud pública (Decreto 3518 de 2006).

Abreviaturas

AECID	Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo
APSB	Agua Potable y Saneamiento Básico
DTS	Direcciones Territoriales de Salud
EDA	Enfermedad Diarreica Aguda
HAP	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
IRABAm	Índice de Riesgo Municipal por Abastecimiento de Agua para Consumo Humano
IRABApp	Índice de Riesgo Municipal por Abastecimiento de Agua para Consumo Humano de la Persona Prestadora
IRCA	Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano
IRCAm	Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano Municipal
IRCApp	Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano de la Persona Prestadora
INCA	Informe Nacional de Calidad del Agua para consumo humano
INS	Instituto Nacional de Salud
LSPD	Laboratorios de Salud Pública Departamentales
Minsalud	Ministerio de Salud y Protección Social
Minvivienda	Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio
NTU	Unidades Nefelométricas de turbiedad
PCI	Programa de Conexiones Intradomiciliarias
PDA	Planes Departamentales para el Manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento
RUPS	Registro Único de Prestadores de Servicios

SGP-APSB	Sistema General de Participación para Agua Potable y Saneamiento Básico
SIVICAP	Sistema de Información para la Vigilancia de la Calidad del Agua Potable
SIVIGILA	Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública
SSPD	Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios
SUI	Sistema único de Información
UPC	Unidades de Platino Cobalto
VASB	Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico

Introducción

La Organización Mundial de la Salud (OMS), publica guías para la calidad del agua para consumo humano con recomendaciones para la protección de la salud pública, dado que el agua potable es de vital importancia para la salud de las comunidades. A lo largo de los años, se ha evidenciado que ciertos grupos etarios vulnerables (lactantes, niños pequeños, personas debilitadas y adultos mayores) pueden presentar problemas de salud en caso de vivir en condiciones de higiene inadecuadas¹.

De acuerdo con las guías mencionadas de la OMS, el agua de consumo humano segura no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume a lo largo de toda una vida, de allí que las intervenciones para mejorar la calidad del agua de consumo humano proporcionan beneficios significativos para la salud¹. El agua de consumo humano se requiere para todos los usos domésticos habituales, incluida el agua para beber, para la preparación de alimentos y para la higiene personal.

Dada la importancia de la calidad del agua para el consumo humano en la población, el Ministerio de Salud y Protección Social en coordinación con el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios y el Instituto Nacional de Salud, elaboran y publican anualmente el Informe Nacional de Calidad del Agua – INCA, que, para este caso en particular, corresponde al de la vigencia 2022.

El INCA tiene como objetivo evaluar, analizar y presentar los resultados de la inspección, vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano suministrada, en cumplimiento del Decreto 1575 de 2007 y sus resoluciones reglamentarias. Este informe sirve como punto de referencia a las autoridades y sectores involucrados en la toma de decisiones, así como para la implementación de las acciones de control para prevenir y mitigar los daños a la salud de la población derivados del consumo del agua no apta.

Actualmente, el indicador que evalúa la calidad del agua para consumo humano en Colombia corresponde al Índice de Riesgo de Calidad del Agua para Consumo Humano (IRCA), en el cual se tienen en cuenta los puntajes de riesgo asociados al incumplimiento de las características fisicoquímicas y microbiológicas analizadas en las muestras de vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano.

Las muestras de vigilancia son tomadas por las Direcciones Territoriales de Salud (DTS), quienes las reportan en el Sistema de Información para la Vigilancia de la Calidad del Agua Potable (SIVICAP), mientras que las de control son tomadas por los prestadores del servicio público de acueducto y las reportan en el Sistema Único de Información (SUI), dando cumplimiento a lo dispuesto en el Decreto 1575 de 2007 y su Resolución reglamentaria 2115 del mismo año.

¹ Guías para la calidad del agua de consumo humano. Cuarta edición. OMS 2011.

El Instituto Nacional de Salud – INS, como administrador del SIVICAP, remite a cada uno de los ministerios y órganos de control la información allí reportada por las DTS, para que cada uno, en el marco de sus competencias, realice las acciones y análisis correspondientes.

El primer componente de este informe presenta el marco normativo de la vigilancia y control de la calidad del agua en Colombia, seguido de los resultados de la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano para la vigencia 2022, incluyendo el análisis del IRCA, las notificaciones en el SIVICAP, certificaciones sanitarias, mapas de riesgo, entre otros.

En lo relacionado con los mapas de riesgo de la calidad del agua para consumo humano, el Ministerio de Salud y Protección Social en el marco del seguimiento al estado de avance en la elaboración de los mismos, a partir de información aportada por las Direcciones Territoriales de Salud – DTS, presenta para cada departamento los municipios en los cuales de acuerdo con visita(s) de inspección sanitaria ocular, se identificaron afectaciones en la(s) fuente(s) abastecedora(s) de los sistemas de suministro de agua para consumo humano y las características complejas identificadas en la(s) referidas fuente(s) hídricas. Así mismo, se listan las características complejas no aceptables analizadas por la Persona Prestadora del servicio de acueducto y las características complejas vigiladas por la Secretaría de Salud.

Por su parte, se describen las enfermedades vehiculizadas por el agua de consumo humano como un problema de salud pública que afecta a las comunidades que no cuentan con un adecuado tratamiento y manejo del agua. Teniendo en cuenta lo anterior, con los resultados obtenidos se realizó la estimación del riesgo de infección y número de casos anuales de EDA con base en información de la concentración y presencia de E. coli reportada en SIVICAP.

También se analizó la posible asociación de incidencia de la enfermedad diarreica aguda (EDA) a nivel municipal, tomando en cuenta los datos de EDA notificados en el Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública – SIVIGILA y los resultados del re-cálculo de IRCA con seis parámetros tomados de SIVICAP; así mismo, se analizó la asociación entre la ocurrencia de eventos ambientales y la calidad del agua para consumo humano en Colombia para la vigencia 2022.

Por su parte, en cumplimiento de lo dispuesto en el artículo de la Ley 1955 de 2019², el cual adiciona los numerales 34, 35 y 36 al artículo 79 de la Ley 142 de 1994, en relación con las funciones de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, otorgándole la facultad de realizar toma de muestras que sirvan como prueba para los procesos de inspección, vigilancia y control; en el capítulo 4 se presentan los resultados de calidad del agua para las muestras realizadas a las áreas priorizadas por parte de la SSPD durante la vigencia 2022.

En ejecución de la facultad de vigilancia y control otorgada a la SSPD, se plantean 3 objetivos, y se priorizan los prestadores a los cuales se les realizará la toma de muestras; **objetivo 1:** Se determina la selección y priorización de prestadores para la toma de muestras teniendo en cuenta aquellos que presentan diferencias significativas en la información de control reportada en el SUI, relacionada con

² Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018 – 2022 “Pacto por Colombia, pacto por la equidad”.

la calidad del agua; **objetivo 2:** Se priorizan los prestadores que no cuentan con información reportada al SIVICAP por las autoridades sanitarias en el periodo 2020-2021, **objetivo 3:** Se identificaron los prestadores para los cuales se reportó agua con riesgo reiteradamente, a partir de la información reportada en SUI y SIVICAP.

Adicionalmente, se presentan las muestras por necesidad de la SSPD en el marco de las actividades de vigilancia y control en la vigencia 2022, de acuerdo con los prestadores que presentaron alertas sobre la calidad del agua distribuida y así mismo, se detallan los resultados y el comportamiento de las principales características analizadas en cada muestra mediante gráficas de frecuencia y se mapean los resultados de nivel de riesgo de calidad del agua, que permite identificar el riesgo que prevalece en cada una de las regiones destacadas.

Por último, en este INCA se presenta un análisis de los resultados de la calidad de agua para consumo humano desagregado a nivel municipal urbano y rural, producto del proceso de depuración del SIVICAP de la vigencia 2022 realizado entre el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio y la Superintendencia de Servicios Públicos; así como también se realiza un análisis comparativo del comportamiento del indicador de calidad del agua para consumo humano de las últimas tres vigencias (2020 a 2022) para los municipios del país. Adicionalmente, se señala la relación entre los proyectos del sector de agua potable presentados ante el mecanismo de viabilización del Minvivienda con la mejora en la calidad del agua para consumo humano en los municipios beneficiados.

1. CAPÍTULO 1. Antecedentes y marco normativo de la vigilancia y control de la calidad del agua en Colombia.

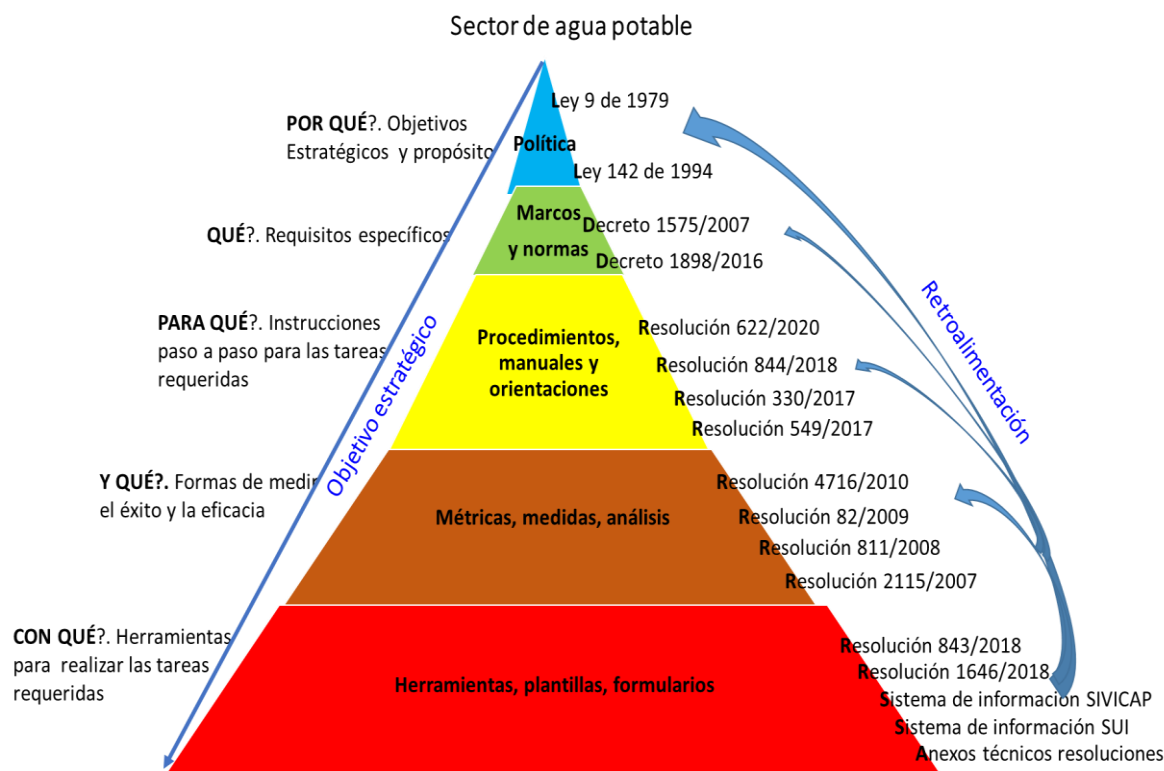
Según la OMS, el acceso al agua potable es esencial para la salud, un derecho humano básico y un componente de una política eficaz de protección de la salud. Para garantizar la seguridad del agua potable, los requisitos básicos y esenciales contemplan una perspectiva de doble función, diferenciando las responsabilidades de los proveedores de servicios de acueducto (control) de las de una autoridad responsable de la supervisión (vigilancia). El marco, tiene una base autorizada efectiva en el establecimiento de lineamientos y acciones nacionales, regionales o locales desde la zona de captación hasta el consumidor, que abarca la formulación de políticas y el establecimiento de normas, con enfoques de gestión basados en el riesgo y la vigilancia sanitaria, proporcionando orientación sobre la identificación de peligros y la evaluación de riesgos en la prevención y el control de enfermedades asociadas a los contaminantes en el agua potable **(1)**.

Dentro de estos nuevos enfoques se considera el cambio climático, que da lugar a variaciones en la temperatura del agua y en los patrones de lluvia, sequías graves y prolongadas o un aumento de las inundaciones, con grandes implicaciones debidas a la escasez o por la calidad del agua cuando se tiene. Las estrategias tienen presentes las distintas situaciones de los suministros comunitarios tradicionales o de los servicios públicos operados, como abastecimientos no entubados y otros como la captación de agua de lluvia, reconociendo la importancia de tratar estos impactos como parte de las estrategias de gestión del agua en un enfoque diferencial para las disímiles situaciones locales en los territorios del país.

Adaptando del modelo, ¿Qué es la política?, como guía de estado en el que se representa éste como una pirámide que concibe los planteamientos del QUÉ, dentro del objetivo estratégico de informar a todos los demás niveles desde la cúspide hacia la base, las directrices y lineamientos propuestos y a su vez esperar la retroalimentación sobre la iteración posterior de la política entre cada nivel y hacia arriba desde la base hacia la cúspide **(2)**.

El sector de aguas en Colombia, tiene un desarrollo normativo en el marco de la vigilancia y el control de la calidad del agua para consumo humano que inició con el decreto 2105 de 1983, el cual reglamentó parcialmente el Título II de la Ley 09 de 1979 en cuanto a Potabilización del Agua. A partir de la ley 142 de 1993 de servicios públicos domiciliarios, el decreto 475 de 1998, expidió normas técnicas de calidad del agua potable y actualmente el decreto 1575 de 2007 vigente, establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Normas que pueden presentarse desde su expedición bajo una pirámide con los siguientes actos administrativos (Gráfico 1).

Gráfico 1. Marco normativo de la vigilancia y control de la calidad del agua en Colombia.



Fuente: Adaptado de, De Sousa y Berrocal Capdevila (2019).

Cada vez hay más problemas multidimensionales, que requieren intervenciones coordinadas de múltiples áreas y niveles de gobierno, y de actores no estatales, donde también se requieren capacidades institucionales y gerenciales distintivas, que innoven respecto de la gestión pública tradicional. La tendencia de las reformas es a ampliar la información disponible para promover decisiones basadas en la evidencia, especialmente cuando es difícil observar la calidad de los servicios o anticipar con precisión los impactos de las intervenciones y el logro de resultados y la ampliación de la voz de los usuarios para incidir en las propuestas de los gobiernos y los prestadores de servicios. Si bien aquí se recurre a la desigualdad y al cambio climático como los problemas que permiten ilustrar los desafíos y las opciones de reforma, el material es pertinente también para otros problemas públicos complejos que se caracterizan por la multidimensionalidad, la dificultad para alinear incentivos y los desafíos de monitoreo y mejora del desempeño institucional (3).

Para la vigilancia y control de la calidad del agua a futuro es importante mencionar que, por interés general de garantizar el acceso a la disponibilidad al agua de consumo humano en condiciones de salubridad y limpieza, desde la cuenca hasta el grifo del usuario, es necesario seguir ajustando y actualizando las normas con la finalidad de proteger la salud de las personas de los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación presente en el agua. Estas regulaciones imprescindibles para atender la necesidad básicas del suministro, como normas facilitan el conocimiento y comprensión y, en consecuencia, la actuación y toma de decisiones del sector. A su vez como principio de eficiencia, disminuir cargas administrativas innecesarias o accesorias y racionalizar su

implementación en la gestión de los recursos del servicio público domiciliario de agua para consumo humano.

En Colombia, el sector de agua potable y saneamiento básico ha estado revisando y actualizando la normatividad para proteger la salud pública del impacto de la calidad del agua, incluidos desarrollo de conceptos, enfoques e información introducidos en ediciones anteriores de la norma (decretos 2105 de 1983, decreto 475 de 1998 y decreto 1575 de 2007), generando actualmente directrices como el enfoque de gestión preventiva de riesgos para garantizar la calidad del agua potable. Así mismo, considera el importante papel de muchas partes diferentes interesadas para garantizar la seguridad del agua potable, considerando gobernabilidad y gobernanza según funciones y responsabilidades de las principales entidades participantes en promover la inspección, vigilancia y control sanitario del agua potable a nivel nacional (Tabla 1).

Tabla 1. Resumen contenido normas de la vigilancia y control de la calidad del agua.

EMISOR	JERARQUÍA NORMA	CONTENIDO
Congreso de la República	Ley 9 de 1979	“Por la cual se dictan medidas sanitarias”
Congreso de la República	Ley 142 de 1994	"Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones"
Ministerios de Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Decreto 1575 de 2007	“Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano”.
Ministerios de Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Resolución 2115 de 2007	“Características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano”.
Ministerios de Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Resolución 811 de 2008	“Lineamientos sobre lugares y puntos de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución”.
Ministerio de la Protección Social	Resolución 82 de 2009	“Formularios para la práctica de visitas de inspección sanitaria a los sistemas de suministro de agua para consumo humano”.
Ministerios de Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Resolución 4716 de 2010	“Reglamenta el parágrafo del artículo 15 del decreto 1575 de 2007”.
Ministerio de Salud y Protección Social	Resolución 1619 de 2015	“Sistema de Gestión de la Red Nacional de Laboratorios en los ejes estratégicos de Vigilancia en Salud Pública y de Gestión de Calidad”.
Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	Decreto 1898 de 2016	"Esquemas diferenciales para la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo en zonas rurales".

EMISOR	JERARQUÍA NORMA	CONTENIDO
Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	Resolución 330 de 2017	“Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico-RAS”.
Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	Resolución 844 de 2018	“Requisitos técnicos para los proyectos de agua y saneamiento básico de zonas rurales que se adelantes bajo los esquemas diferenciales”.
Instituto Nacional de Salud	Resolución 843 de 2018	"Procedimiento de resolución de controversias sobre los resultados del IRCA de las muestras de vigilancia de la calidad del consumo humano".
Instituto Nacional de Salud	Resolución 1646 de 2018	“Exámenes de interés en salud pública que deben realizar los laboratorios de salud pública (LSP) departamental y distrital de acuerdo con los lineamientos del Laboratorio Nacional de Referencia"
Ministerio de Salud y Protección Social y Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	Resolución 622 de 2020	“Protocolo de inspección, vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano suministrada por personas prestadoras del servicio público domiciliario de acueducto en zona rural”.

Fuente: Elaboración propia a partir de normatividad vigente.

2. CAPÍTULO 2. Resultados de la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en Colombia, 2022.

2.1. Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA) – cálculo, interpretación y análisis.

El Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano (IRCA) es un indicador crucial que evalúa la calidad del agua en relación con el nivel de riesgo que representa para la población debido al incumplimiento de características físicas, químicas y microbiológicas. El cálculo del IRCA se lleva a cabo a través del Sistema de Información de la Vigilancia de la Calidad del Agua Potables – SIVICAP. El IRCA se calcula por muestra y se reporta de manera mensual, siguiendo las directrices establecidas en la Resolución 2115 de 2007. Este índice utiliza una media ponderada que asigna pesos a las diferentes características del agua, considerando sus aspectos físicos, químicos y microbiológicos. A partir de los resultados obtenidos en cada muestra, se calcula el IRCA individual para cada proveedor de agua y el IRCA municipal para el conjunto de proveedores en el municipio.

Además, las autoridades sanitarias también llevan a cabo la vigilancia de la calidad del agua en los autoabastecedores³, que son aquellos que no son considerados proveedores del servicio público de acueducto y utilizan alternativas para obtener agua.

El nivel de riesgo para el consumo se establece en función del porcentaje de IRCA, lo que permite generar alertas tempranas y tomar acciones preventivas. La Resolución 2115 de 2007 establece una clasificación del nivel de riesgo y las acciones correspondientes de acuerdo con el IRCA (Tabla 2) por muestra y el IRCA mensual obtenidos. Esta clasificación ayuda a las autoridades y proveedores de agua a implementar medidas adecuadas para garantizar la seguridad y la salud de la población en relación con el consumo de agua potable.

³ Los autotobastecedores a los que se hace referencia en este capítulo, corresponden a los denominados “administradores de soluciones alternativas para el aprovisionamiento de agua para consumo humano y doméstico” señalados en el Decreto 1898 de 2016 y Decreto 1688 de 2020 expedidos por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

Tabla 2. Clasificación del nivel de riesgo y acciones según IRCA por muestra e IRCA mensual

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.
35,1 - 80	ALTO	Informar a la persona prestadora, COVE, alcalde, Gobernador y a la SSPD.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo con su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.
14,1 - 35	MEDIO	Informar a la persona prestadora, COVE, alcalde y Gobernador.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora.
5,1 – 14	BAJO	Informar a la persona prestadora y al COVE.	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento.
0 – 5	SIN RIESGO	Continuar el control y la vigilancia.	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia.

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

2.1.1.Fórmulas utilizadas para la estimación del IRCA

$$IRCA \text{ por muestra} = \frac{\sum \text{puntajes de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\sum \text{puntajes de riesgo asignado a todas las características analizadas}}$$

$$IRCA \text{ municipal o distrital} = \frac{\sum IRCA \text{ obtenidos en las muestras analizadas en el municipio o distrito}}{\text{número total de muestras analizadas en el municipio}}$$

$$IRCA \text{ autoabastecedores} = \frac{\sum IRCA \text{ obtenidos en las muestras analizadas de autoabastecedores}}{\text{número total de muestras analizadas de los autoabastecedores en el municipio}}$$

2.2. Recolección de la información de la vigilancia de la calidad del agua

La información registrada en SIVICAP es sometida a un riguroso proceso de validación por parte de las autoridades sanitarias y verificación por el Instituto Nacional de Salud (INS). El INS se encarga de consolidar, corregir y ajustar la información recopilada, y luego la remite a varias entidades clave, como el Ministerio de Salud y Protección Social, el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, el Departamento Nacional de Planeación, la Procuraduría General de la Nación, la Contraloría General de la Nación y la Defensoría.

Cada una de estas entidades, en el ámbito de su competencia, realiza las acciones pertinentes basadas en los resultados proporcionados. Esta colaboración interinstitucional garantiza una respuesta integral y efectiva en materia de políticas públicas relacionadas con el suministro de agua potable. La información validada y verificada es una base sólida para tomar decisiones informadas y desarrollar medidas concretas que promuevan la seguridad y la calidad del agua para el consumo humano (Gráfico 2).

Gráfico 2. Proceso de recolección de los datos de vigilancia de la calidad del agua para la generación del INCA 2022

2.3. Análisis de los resultados de la vigilancia de la calidad del agua en Colombia, 2022.



En el 2022, las autoridades sanitarias recopilieron valiosa información a través del SIVICAP. Durante este período, se analizaron un total de 50252 muestras de agua. Del total, el 76,93% (n=38659) de las muestras correspondieron a prestadores, es decir, proveedores del servicio público de acueducto. Por otro lado, el 23,06% (n=11593) de las muestras analizadas provinieron de los autoabastecedores, aquellos que utilizan alternativas para obtener agua y no son considerados proveedores del servicio público de acueducto.

Durante el proceso de vigilancia del agua potable, se supervisó un total de 5873 entidades. De estas, el 33,02% (n=1939) correspondió a personas prestadoras del servicio de acueducto registradas ante la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, mientras que el 66,98% (n=3934) correspondió a autoabastecedores.

En cuanto a las muestras analizadas, el 86,02% (n=43230) correspondió a agua tratada, mientras que el 13,97% (n=7022) correspondió a agua cruda o sin tratamiento. Específicamente, dentro de las muestras de agua cruda, el 68,61% (n=4818) provino de autoabastecedores, y el 31,38% (n=2204) correspondió a prestadores.

Es importante destacar que los mayores volúmenes de muestras analizadas provinieron de las personas prestadoras del servicio, con un 76,93% (n=38659), en comparación con el 23,06% (n=11593) de muestras analizadas de los autoabastecedores (Gráfico 3).

Gráfico 3. Entidades vigiladas y muestras analizadas por las autoridades sanitarias, 2022.



Fuente: SIVICAP 2022. Instituto Nacional de Salud.

Tabla 3. Comparación entidades y muestras vigiladas, 2018 a 2022.

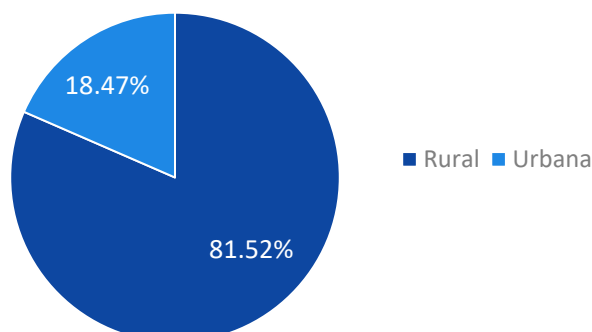
Ítem	2018	2019	2020	2021	2022
Total entidades vigiladas	6097	5815	4515	5616	5873
Total prestadores	1915	2232	2607	2332	1939
Total abastecedores	4182	3583	1908	3284	3934
Total muestras analizadas	51666	46454	38547	48580	50252
Muestras analizadas prestadores	39387	37417	31381	39855	38659
Muestras analizadas autoabastecedores	12279	9037	7166	8725	11593

Fuente: SIVICAP. Instituto Nacional de Salud

Del total de muestras analizadas en el 2022, 66,55% (n=33442) fueron tomadas en el área urbana, mientras que el 33,45% (n=16810) correspondieron al área rural.

En el análisis específico de las muestras tomadas para prestadores del servicio de agua potable, se observa que el 80,96% (n=31300) de las muestras se realizaron en puntos concertados ubicados en áreas urbanas, mientras que el 19,03% (n=7359) correspondió a muestras tomadas en áreas rurales.

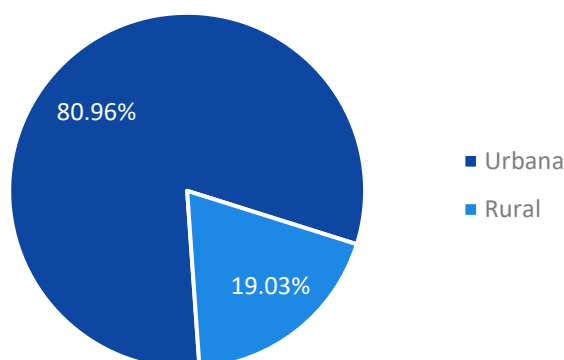
Gráfico 4. Distribución de muestras entre áreas urbana y rural para prestadores, 2022.



Fuente: SIVICAP 2022. Instituto Nacional de Salud.

En el caso de los autoabastecedores, se evidencia una distribución mayoritariamente rural en el área de abastecimiento, con un 81,52% (n=9451) de las muestras analizadas en esta área, y el 18,47% (n=2142) correspondió a muestras tomadas en áreas urbanas.

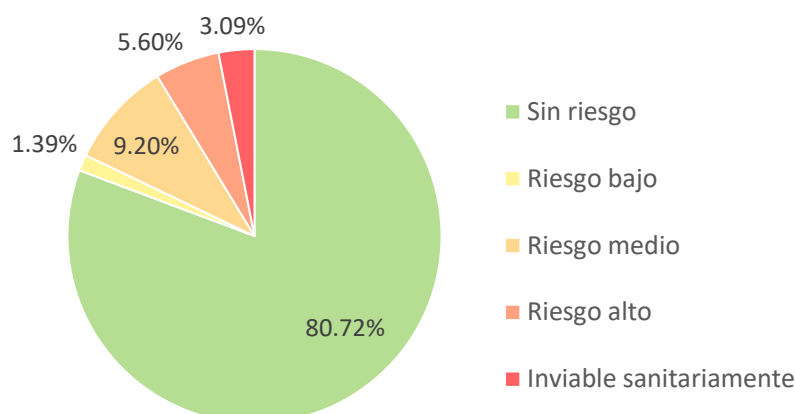
Gráfico 5. Distribución de muestras entre áreas urbana y rural para autoabastecedores, 2022.



Fuente: SIVICAP 2022. Instituto Nacional de Salud.

En el análisis de los niveles de riesgo en las muestras analizadas durante 2022, se encontró que el 69,22% (n=34778) de las muestras se clasificaron como sin riesgo según el valor del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano (IRCA). El 1,43% (n=723) se clasificó como riesgo bajo, el 10,12% (n=5086) como riesgo medio, el 10,95% (n=5505) como riesgo alto, y el 8,27% (n=4160) como inviable sanitariamente. En otras palabras, se observa que el 30,77% de las muestras analizadas presentaba algún nivel de riesgo para el consumo humano.

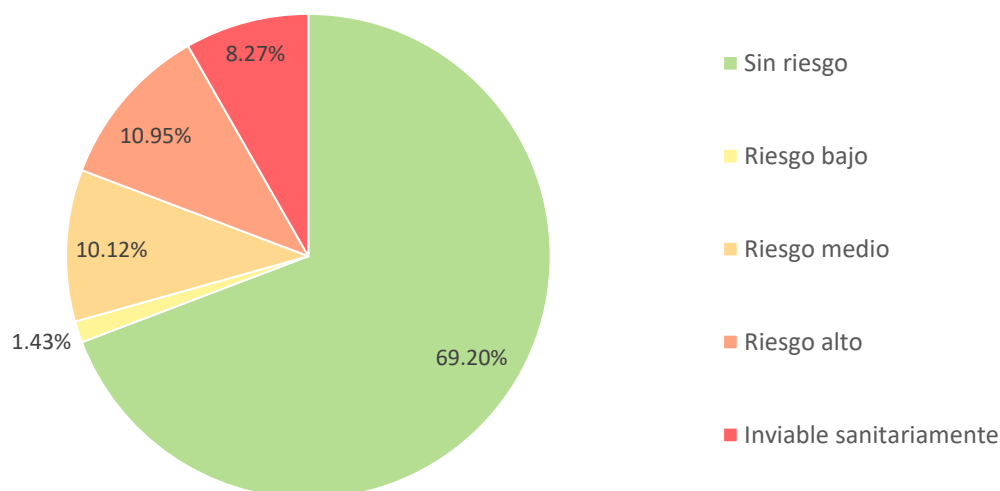
Gráfico 6. Niveles de riesgo total de muestras analizadas, 2022.



Fuente: SIVICAP 2022. Instituto Nacional de Salud.

El IRCA para los prestadores del servicio de acueducto a nivel nacional se ha categorizado como riesgo bajo, alcanzando un valor del 8,1%. De un total de 38659 muestras analizadas, un significativo 80,72% (31230 muestras) se encuentra en la categoría de sin riesgo, mientras que un 1,39% (536 muestras) está clasificado como riesgo bajo. Por otro lado, el 9,20% (3530 muestras) presenta un nivel de riesgo medio, el 5,60% (2166 muestras) se encuentra en la categoría de riesgo alto, y el 3,09% (1197 muestras) se considera inviable sanitariamente.

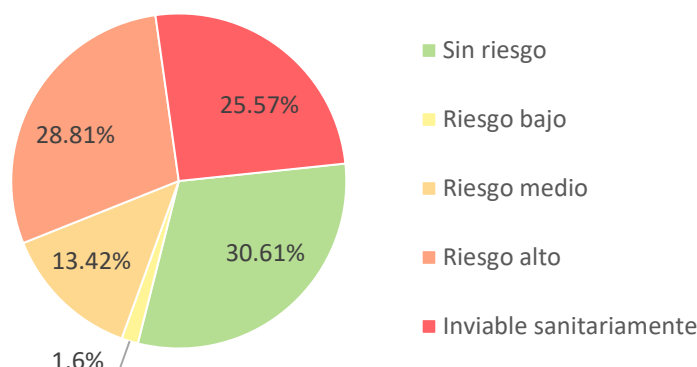
Gráfico 7. Niveles de riesgo de muestras de prestadores, 2022.



Fuente: SIVICAP 2022. Instituto Nacional de Salud.

Para la autoabastecedores, el IRCA nacional se sitúa en un 44,60%, lo que indica una categoría de riesgo alto. De 11593 muestras sometidas a análisis, 30,60% (n=3548) se clasifica como sin riesgo, 1,60% (n=187) como riesgo bajo, 13,42% (n=1556) como riesgo medio, 28,80% (n=3339) como riesgo alto, y 25,56% (n=2963) como inviable sanitariamente.

Gráfico 8. Niveles de riesgo de muestras de autoabastecedores, 2022.



Fuente: SIVICAP 2022. Instituto Nacional de Salud.

Es importante destacar que el 69,38% de las muestras analizadas en autoabastecedores presentaron algún riesgo para el consumo, mientras que solo el 30,60% de las muestras analizadas en personas prestadoras no mostraron riesgo para el consumo. En cuanto a la procedencia del agua, en el caso de los autoabastecedores, un 41,55% (n=4818) proviene de fuentes de agua cruda, es decir, sin tratamiento, mientras que el 58,44% (n=6775) proviene de agua tratada. Mientras que las muestras de personas prestadoras, el 5,70% (n=2204) corresponde a agua cruda, mientras que el 94,29% (n=36455) es agua tratada.

En lo que respecta al agua cruda, esta se obtiene directamente de fuentes naturales como ríos, aljibes y pozos subterráneos, entre otros, lo cual incide en el porcentaje del Índice de Riesgo de Calidad de Agua (IRCA) para los autoabastecedores. Sin embargo, este tipo de agua suele recibir algún tipo de tratamiento o manejo en el hogar antes de ser consumida, como hervirla o filtrarla, o se destina a usos como el llenado de sanitarios o el lavado de ropa.

En el marco de este informe técnico a nivel nacional, es fundamental comprender el cálculo del Índice de Riesgo de Calidad del Agua (IRCA) se puede realizar de acuerdo con el tipo de prestador y la ubicación de la muestra de agua:

- IRCA Total: este índice abarca la inclusión de todas las muestras provenientes del departamento que han sido registradas en SIVICAP.
- IRCA Prestadores: El cálculo del IRCA se efectúa exclusivamente utilizando las muestras proporcionadas por los prestadores de servicios de agua potable.
- IRCA Autoabastecedores: en esta instancia, se consideran las muestras provenientes de instituciones que no están registrados en la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.
- IRCA Urbano: Aquí se concentra el cálculo del IRCA utilizando únicamente las muestras recolectadas en áreas urbanas.
- IRCA Rural: Por último, el IRCA se calcula tomando en cuenta las muestras recolectadas en áreas rurales.

Tabla 4. IRCA departamentales, 2022.

Departamento	Índice de Riesgo de la Calidad del Agua Potable -IRCA				
	Total	Prestadores	Autoabastecedores	Urbano	Rural
Amazonas	16,5	16,5	S.R.	16,5	S.R.
Antioquia	15,8	6,6	58,6	4,4	35,2
Arauca	10,3	6,7	49,9	3,4	41,1
Archipiélago de San Andrés, Providencia Y Santa Catalina	4,2	2,7	11,9	1,6	6,9
Atlántico	3,8	3,5	50,2	0,8	14,1
Bogotá, D.C.	4,9	3,1	13,8	0,6	16
Bolívar	10,8	10,4	20,8	11,1	8,6
Boyacá	23,5	8,8	42,5	5,4	39,4
Caldas	34,7	19,8	70,4	1,3	64,6
Caquetá	11,9	11,9	S.R.	11,3	16,1
Casanare	3,1	3,1	3,4	3	4,6
Cauca	8,1	7,2	14,9	8,1	8,2
Cesar	13,3	13,3	S.R.	12,2	42,6
Chocó	25,1	18,1	63,6	25,1	S.R.
Córdoba	0,6	S.R.	0,6	0,1	2,3
Cundinamarca	5,6	5,1	20,6	4	9,5
Guainía	37,3	37,3	S.R.	37,3	S.R.
Guaviare	7	7	S.R.	6,9	8,4
Huila	21,4	10,5	58,2	2,9	52,8
La Guajira	10,2	7,2	63,4	6,6	50
Magdalena	15,2	15,1	24,9	15,4	13,4
Meta	13,9	9,6	49,8	12	33,9
Nariño	46,1	27,5	55,5	17,4	57,3
Norte de Santander	12	3,5	65,4	3,4	61,9
Putumayo	21,4	19	67,6	19,3	34,3
Quindío	2,1	2,1	S.R.	2	2,5
Risaralda	11	4,8	62,5	1,5	42,9
Santander	8,6	6,8	14,3	7,4	19,9
Sucre	17,6	17,5	18,3	17,6	0
Tolima	18	16,3	50,7	16,9	55,9
Valle del Cauca	21,7	3,1	34,3	0,7	38,6
Vaupés	51,4	51,4	S.R.	51,4	S.R.
Vichada	5,5	5,5	S.R.	5,5	S.R.
Nacional	16,6	8,1	44,6	5,9	37,7

Nivel de Riesgo					
Inviabile Sanitariamente	Riesgo alto	Riesgo medio	Riesgo bajo	Sin riesgo	Sin reporte

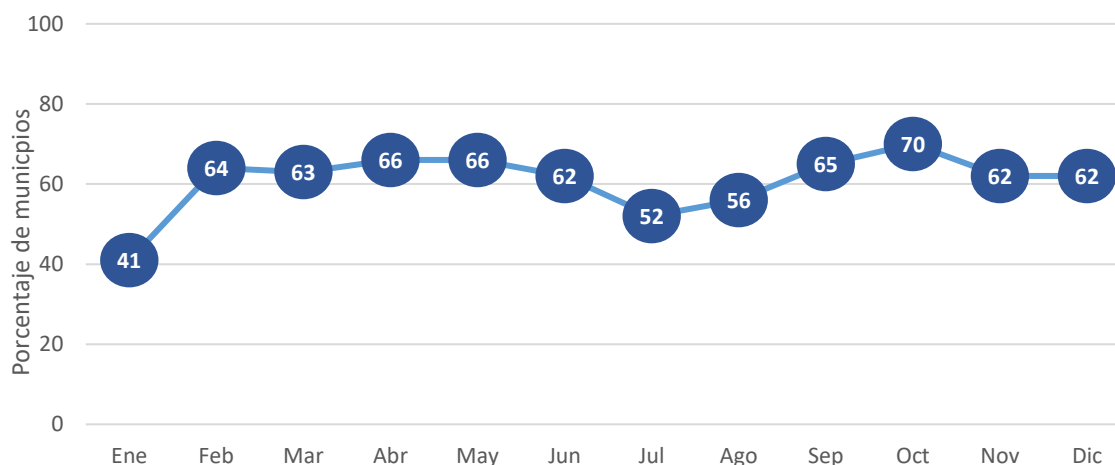
S.R = sin reporte. Fuente: SIVICAP 2022. Instituto Nacional de Salud.

2.4. Notificación por parte de las autoridades sanitarias en SIVICAP.

A continuación, se presentan los datos recopilados sobre la notificación de los municipios en el Sistema de Información de Vigilancia de la Calidad del Agua Potable (SIVICAP) durante 2022 en cuanto a las muestras de vigilancia. Estos datos son esenciales para comprender el panorama general de la calidad del agua en el país y su impacto en la toma de decisiones relacionadas con la gestión del recurso hídrico. Al analizar estas cifras, se busca identificar patrones y tendencias que permitan evaluar la efectividad de los sistemas de notificación existentes y su influencia en las acciones tomadas para garantizar la protección de la salud de la población colombiana. Este análisis proporciona información valiosa para fortalecer los mecanismos de notificación, mejorar la comunicación entre los municipios y las entidades responsables, y promover una mayor conciencia sobre la importancia de la calidad del agua y su impacto en la salud pública.

De acuerdo con la Codificación de la División Político-Administrativa de Colombia - DIVIPOLA, según los datos de la base de datos DANE de abril de 2023, el país cuenta con un total de 1103 municipios. Cabe señalar que, en este informe, se considera a San Andrés como un municipio. A partir de esta información, se procedió a identificar el número de municipios por departamento que presentaron notificaciones oportuna mes a mes durante el año 2022 en el sistema SIVICAP (Gráfico 9). El cierre de información mensual se realizó mes vencido el día 15 calendario, cuando se presentó un día festivo, se corrió un día hábil.

Gráfico 9. Porcentaje de municipios con notificación oportuna de muestras de vigilancia de la calidad del agua potable en SIVICAP, 2022.



Fuente: SIVICAP 2022. Instituto Nacional de Salud

En términos generales, se observa que los meses de abril, mayo, septiembre y octubre presentan niveles de notificación relativamente altos, con porcentajes entre el 65% y el 70%. Estos meses podrían indicar un mayor cumplimiento en la notificación de la calidad del agua. Mientras que el mes de enero presenta la notificación más baja de año 41% lo que podría señalar una menor eficacia en la notificación durante estos períodos.

En el año 2022, se constató que 64 municipios no cumplieron con el requisito de notificar las muestras correspondientes a la vigilancia de la calidad del agua en el Sistema de Información de la Vigilancia de la Calidad del Agua Potable (SIVICAP), tal como se detalla en la Tabla 5. Es importante destacar que, con la excepción de Popayán, todos estos municipios se encuentran clasificados con una categoría 6 según la Contaduría General de la Nación. Esta categorización implica que las acciones de inspección, vigilancia y control deben ser llevadas a cabo por las Secretarías de Salud Departamentales.

Tabla 5. Municipios sin notificación de muestras de vigilancia de la calidad de agua potable en SIVICAP, 2022.

Departamento	Municipio	Departamento	Municipio
Antioquia	Murindó	Córdoba	Canalete
Bolívar	San Jacinto	Córdoba	Cereté
Cauca	López de Micay	Córdoba	Chimá
Cauca	Popayán	Córdoba	Chinú
Cauca	Timbiquí	Córdoba	Ciénaga de Oro
Chocó	Acandí	Córdoba	Cotorra
Chocó	Alto Baudó	Córdoba	La Apartada
Chocó	Atrato	Córdoba	Lorica
Chocó	Bagadó	Córdoba	Los Córdoba
Chocó	Bahía Solano	Córdoba	Momil
Chocó	Bajo Baudó	Córdoba	Montelíbano
Chocó	Bojayá	Córdoba	Moñitos
Chocó	El Cantón del San Pablo	Córdoba	Planeta Rica
Chocó	Carmen del Darién	Córdoba	Pueblo Nuevo
Chocó	Cértégui	Córdoba	Puerto Escondido
Chocó	Condoto	Córdoba	Puerto Libertador
Chocó	El Carmen de Atrato	Córdoba	Purísima de La Concepción
Chocó	El Litoral del San Juan	Córdoba	Sahagún
Chocó	Istmina	Córdoba	San Andrés de Sotavento
Chocó	Juradó	Córdoba	San Antero
Chocó	Medio Atrato	Córdoba	San Bernardo del Viento
Chocó	Medio Baudó	Córdoba	San Carlos
Chocó	Medio San Juan	Córdoba	San José de Uré
Chocó	Nóvita	Córdoba	San Pelayo
Chocó	Nuquí	Córdoba	Tierralta
Chocó	Río Iró	Córdoba	Tuchín
Chocó	Río Quito	Córdoba	Valencia
Chocó	Riosucio	Guainía	Barrancominas
Chocó	San José del Palmar	Meta	Vistahermosa
Chocó	Sipí	Nariño	La Tola
Chocó	Uguía	Nariño	Mosquera
Córdoba	Ayapel		
Córdoba	Buenavista		

Fuente: SIVICAP 2022. Instituto Nacional de Salud

2.5. Inspección y certificación sanitarias de persona prestadora, evaluación, interpretación y análisis.

Otra de las actividades periódicas llevadas a cabo por las autoridades sanitarias a nivel departamental, distrital y en municipios de las categorías 1, 2 y 3, consiste en realizar visitas de inspección a los sistemas de suministro de agua para consumo humano, con el fin de evaluar el nivel de cumplimiento de las Buenas Prácticas Sanitarias (BPS). Como resultado de esta labor, se genera el Índice de Riesgo Municipal por Abastecimiento de Agua para Consumo Humano de la Persona Prestadora (IRABApp), y se emiten los respectivos conceptos sanitarios para las plantas de tratamiento y certificaciones sanitarias. Estas últimas certifican el cumplimiento de las normativas y criterios de calidad del agua para consumo humano, respaldados por el concepto sanitario, y se emiten a solicitud del interesado. Todo este proceso se lleva a cabo en estricto cumplimiento de los numerales 3, 4, 7, 8 y 9 del Artículo 8, así como del Artículo 24 y su párrafo, del Decreto 1575 de 2007, y conforme a lo establecido en la Resolución 082 de 2009.

El personal encargado de estas inspecciones sanitarias posee la formación académica y la experiencia necesaria para evaluar la operación, proceso de potabilización, mantenimiento y control de los sistemas de suministro de agua para consumo humano.

Para llevar a cabo esta labor, el funcionario debe trasladarse al lugar y realizar la visita en el terreno, dedicando el tiempo necesario para recorrer los componentes e instalaciones de la mencionada planta, así como las oficinas donde se centraliza la operación de la red de distribución. Durante este proceso, se evalúan los riesgos y se verifican los procesos, registros, procedimientos y Buenas Prácticas Sanitarias, los cuales quedan registrados en el acta de inspección sanitaria del sistema de suministro de agua para consumo humano.

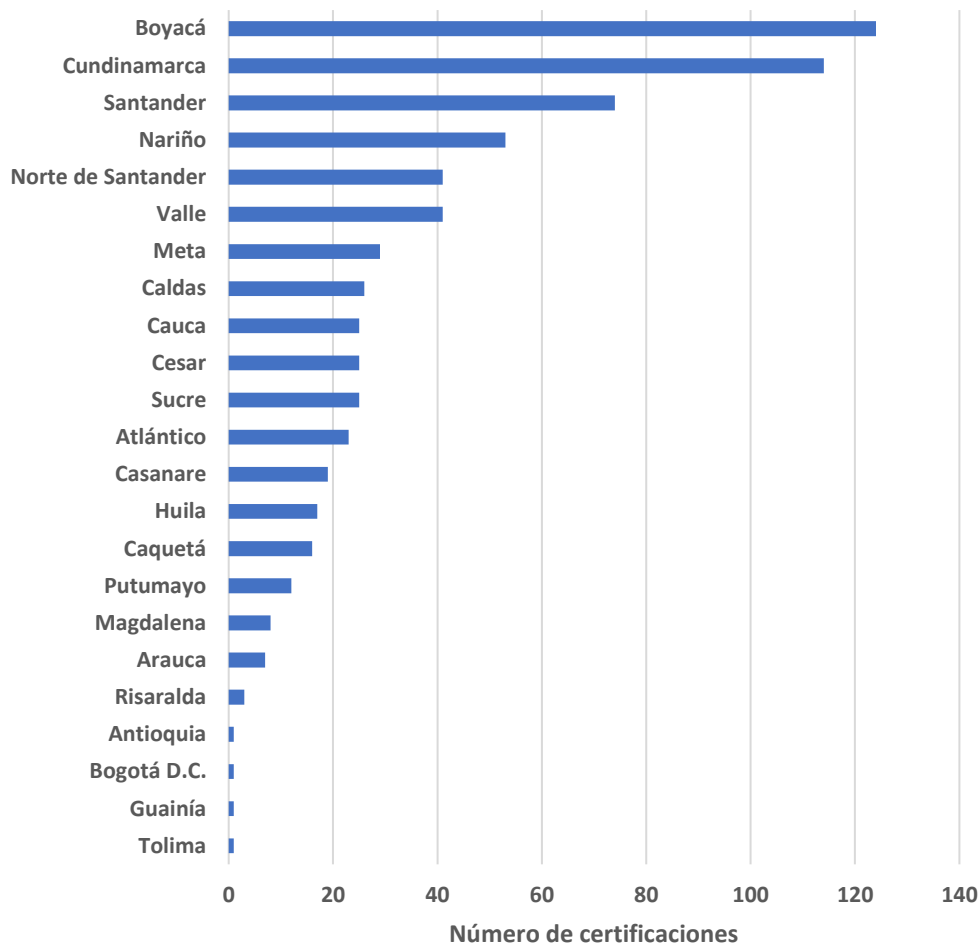
Asimismo, la persona prestadora del servicio debe presentar la información requerida por la autoridad sanitaria de su jurisdicción sobre el sistema de suministro de agua para consumo humano.

Adicionalmente, basándose en los resultados de la inspección sanitaria, la autoridad sanitaria podrá solicitar mejoras en los componentes del sistema de suministro de agua para consumo humano de la persona prestadora del servicio público de acueducto, así como en la calidad del agua

2.5.1. Resultados de las certificaciones sanitarias.

De acuerdo con la información registrada en SIVICAP se observa que se generaron 686 certificaciones sanitarias municipales en 23 DTS; la distribución por departamento se puede observar en el Gráfico 10. De las certificaciones generadas por municipio el 57,3% (n=393) obtuvieron concepto favorable, el 41,7% (n=286) favorable con requerimiento y el 1% (n=7) con concepto desfavorable.

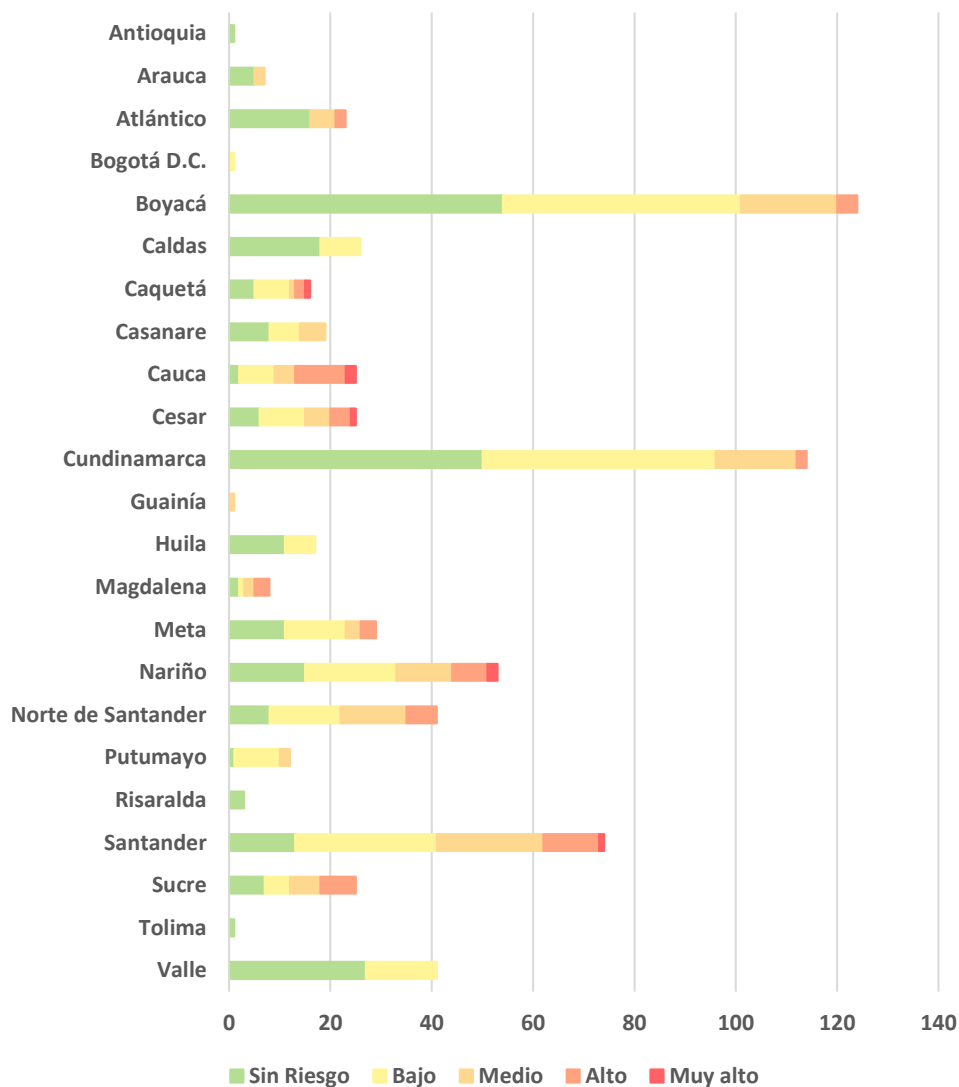
Gráfico 10. Certificaciones sanitarias municipales generadas por departamento 2022.



Fuente: SIVICAP 2022. Instituto Nacional de Salud.

Por otra parte, en el Gráfico 11 se observa el nivel de riesgo para la BPS municipales, encontrando que el 38,5% (n=264) se encuentran sin riesgo, seguido del 34,7% (n=238) con riesgo bajo, el 16,9% (n=116) con riesgo medio, el 8,9% (n=61) riesgo alto y el 1% (n=7) riesgo muy alto.

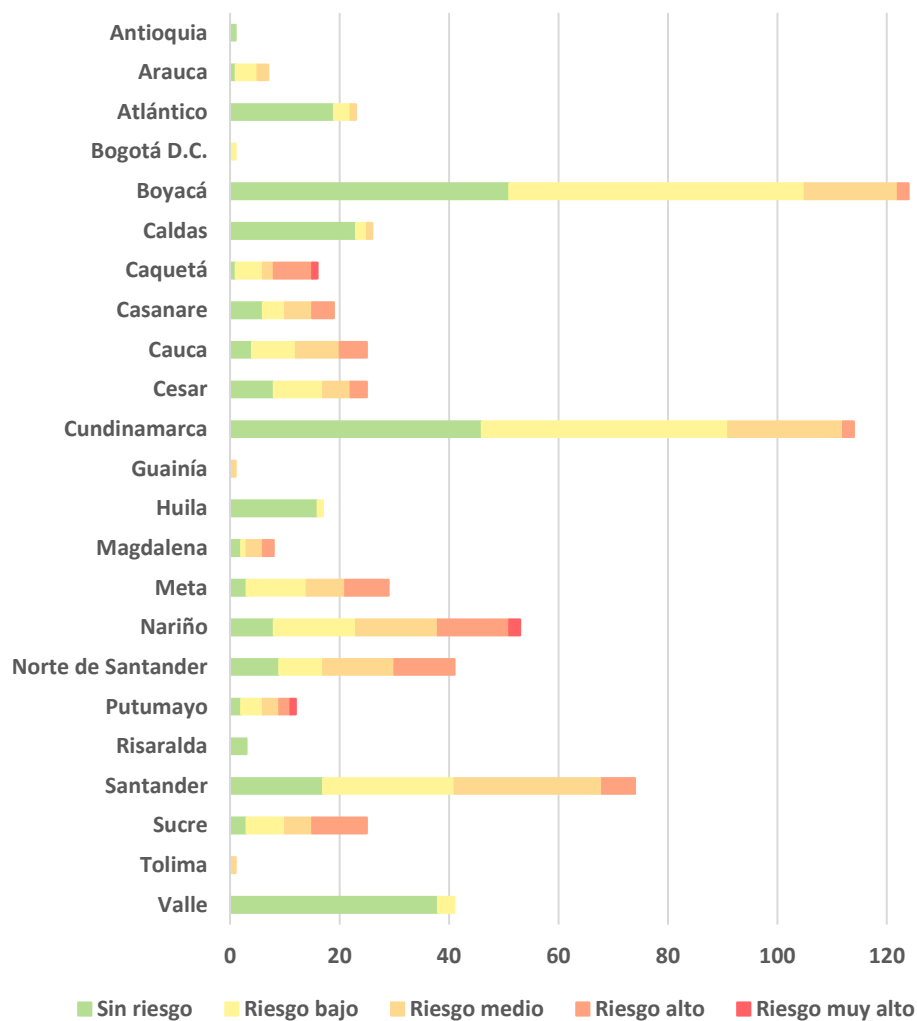
Gráfico 11. Distribución de los niveles de riesgo de las BPS municipales, por departamento, 2022.



Fuente: SIVICAP 2022. Instituto Nacional de Salud.

En el Gráfico 12 se observa el nivel de riesgo para los IRABA municipal, encontrando que el 38,0% (n=261) se encuentran sin riesgo, seguido del 30,5% (n=209) con riesgo bajo, el 20,0% (n=137) con riesgo medio, el 10,9% (n=75) riesgo alto y el 0,6% (n=4) riesgo muy alto.

Gráfico 12. Distribución de los niveles de riesgo para el IRABA municipal, por departamento, 2022.



Fuente: SIVICAP 2022. Instituto Nacional de Salud.

2.6. Mapas de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano

El Mapa de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano, es el instrumento que define las acciones de inspección, vigilancia y control de riesgo, asociado a las condiciones de calidad de las cuencas abastecedoras de los sistemas de suministro de agua para consumo humano, las características físicas, químicas y microbiológicas del agua de las fuentes superficiales o subterráneas de una determinada región, que puedan generar riesgos graves a la salud humana si no son adecuadamente tratadas, independientemente de si provienen de una contaminación por eventos naturales o antrópicos⁴.

⁴ Resolución 4716 de 2010, Por medio de la cual se reglamenta el parágrafo del artículo 15 del Decreto 1575 de 2007.

A partir de la información suministrada por las Direcciones Territoriales de Salud - DTS, sobre el estado de avance en la elaboración de los mapas de riesgo de su jurisdicción, el Ministerio de Salud y Protección Social recopiló, revisó y analizó la información de 29 DTS que aportaron información de 1756 fuentes abastecedoras de los sistemas de suministro de agua, distribuidas en 654 municipios; las 1756 fuentes cuentan con identificación de los posibles riesgos o sustancias contaminantes presentes en dichas fuentes y de estas 1375 fuentes cuentan con mapa de riesgo finalizado.

Los anexos técnicos en mención son las herramientas de consolidación de la información recopilada para la construcción del mapa de riesgo; el Anexo Técnico 1, contiene el listado de sustancias posiblemente presentes en las fuentes abastecedoras de agua evidenciadas por la autoridad sanitaria y el Anexo Técnico 2, contiene los resultados de los análisis de las características identificadas en el Anexo Técnico 1, las cuales fueron analizadas por la persona prestadora del servicio en la fuente de abastecimiento de agua y en la red de distribución, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6. Resumen estado de avance en la elaboración de los Mapas de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

Direcciones Territoriales de Salud - DTS	29
Municipios	654
Identificación de posibles contaminantes	1.756
Anexo 1. Resolución 4716 de 2010	
Mapa de Riesgo	1.375
Anexo 2. Resolución 4716 de 2010	

Fuente: Elaboración propia a partir de información reportada por las DTS, 2023.

En la información que se muestra en la Tabla 7. Consolidado estado de avance en la elaboración de los mapas de riesgo por Dirección Territorial de Salud - DTS año 2022, que se encuentra en la siguiente URL: <http://superservicios.gov.co/sites/default/files/2023-12/Consolidado-estado-avance-de-mapas-de-riesgo-por-DTS-2022.xlsx>, y cuya fuente es la matriz de seguimiento Minsalud, 2023; se puede observar por DTS los municipios que cuentan con avance en la elaboración de los mapas de riesgo, los tipos de afectación que pudieron evidenciar durante el análisis de información recolectada y durante la visita ocular realizada a las fuentes abastecedoras de los sistemas de suministro de agua.

Adicionalmente, se encuentran las características o parámetros químicos o microbiológicos complejos identificados de acuerdo con los tipos de afectación y que son diferentes a los 22 parámetros establecidos en la Resolución 2115 de 2007⁵ y a los cuales las DTS en cumplimiento de lo establecido en el precitado acto administrativo, realizan vigilancia sanitaria.

Finalmente, se pueden observar las características o parámetros complejos que una vez analizadas en red de distribución por la persona prestadora del sistema de acueducto, no cumplieron con los valores máximos permitidos por la normatividad vigente y las características o parámetros complejos a los cuales las DTS actualmente están haciendo la correspondiente vigilancia sanitaria.

⁵ Resolución 2115 de 2007, Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

Adicionalmente, algunas Direcciones Territoriales de Salud, manifiestan las siguientes dificultades para la viabilización de los Mapas de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano:

Tabla 8. Dificultades para la viabilización de los Mapas de Riesgo por departamento.

DIRECCIÓN TERRITORIAL DE SALUD	DIFICULTAD PARA LA VIABILIZACIÓN DE LOS MAPAS DE RIESGO
Amazonas	Programar visita de inspección ocular en conjunto con la persona prestadora y Autoridad Ambiental.
Antioquia	- La Autoridad Ambiental se limita a la entrega de la información, no participa activamente del proceso de elaboración de los mapas de riesgo. - Limitación en talento humano, existe un solo profesional universitario, en la planta de personal, con la formación y experiencia para la elaboración de los mapas de riesgo. - Dificultades en el acceso a la zona por situaciones de orden público.
Arauca	- Falta de talento humano calificado y continuo para la elaboración de los mapas de riesgo. - Las personas prestadoras no están presentando oportunamente los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua. - La Autoridad Ambiental (Corporinoquia) y las Secretarías de Planeación Municipal no prestan acompañamiento para el levantamiento de los mapas de riesgo. - Dificultades para el desplazamiento tanto de talento humano como logístico que permita ir de forma segura a las zonas donde se encuentran las fuentes abastecedoras.
Atlántico	Las personas prestadoras no están realizando los análisis del agua para continuar la elaboración de los mapas de riesgo.
Barranquilla	En las actualizaciones realizadas de los mapas de riesgo no se ha contado con el apoyo de la Autoridad Ambiental.
Bolívar	- Falta de recursos económicos por parte de los acueductos. - Poca capacidad resolutoria del Laboratorio Departamental de Salud Pública.
Boyacá	Las Corporaciones Autónomas Regionales y las administraciones municipales no cuentan con la información requerida de sus fuentes abastecedoras.
Caquetá	- El aporte de información por parte de algunos municipios no es oportuno. Los tiempos de toma de muestra y entrega de resultados son muy prolongados, debido a la falta de recursos por parte de las Personas Prestadoras. - No se cuenta con la participación activa de la Autoridad Ambiental en la elaboración, revisión y actualización de los mapas de riesgo. - El recurso del talento humano vinculado a la entidad no es suficiente para atender en forma oportuna todas las solicitudes que se reciben. - Dificultad por situación de orden público, especialmente en el área rural, así como, las condiciones de desplazamiento, acceso y de ingreso a municipios.
Cartagena	Entrega de información por parte de la Autoridad Ambiental y municipios en nula.
Cauca	Falta de recursos por parte de los prestadores, para la caracterización de la(s) fuente(s) hídrica(s).
Cesar	Persona prestadora no entrega los análisis de las características del agua.

DIRECCIÓN TERRITORIAL DE SALUD	DIFICULTAD PARA LA VIABILIZACIÓN DE LOS MAPAS DE RIESGO
Córdoba	• Dificultad en el proceso de contratación de un proveedor externo que se encargue de la elaboración de los mapas de riesgo.
Cundinamarca	• Falta de recursos para la realización de los análisis de las muestras de agua por parte de la persona prestadora.
Guaviare	• Falta de acompañamiento de la Autoridad Ambiental para hacer los mapas de riesgo.
La Guajira	• Contratación tardía. • Las personas prestadoras del servicio de acueducto no cuentan con el presupuesto para realizar el muestreo. • La información solicitada a la Autoridad Ambiental no es entregada, se entrega incompleta o está muy desactualizada.
Magdalena	• No se cuenta con la caracterización de la fuente de abastecimiento por parte del municipio.
Meta	• Falta de respuesta adecuada y suficiente de los prestadores del servicio de acueducto, de las alcaldías y la Autoridad Ambiental a los requerimientos de información. • Falta de acompañamiento en la aplicación de la normatividad para la elaboración de los mapas de riesgo. • Falta de guías metodológicas para la elaboración de los mapas de riesgo. • Dificultades con la asignación de viáticos y transporte para la realización de las inspecciones sanitarias y el levantamiento de información en campo.
Norte de Santander	• Las personas prestadoras no presentan oportunamente los resultados de los análisis. • Situaciones de orden público. • La Autoridad Ambiental no participa y la entrega de información es imposible. • El Laboratorio Departamental de Salud Pública (LDSP) no dispone de la capacidad total técnica para atender los requerimientos de la región en especial de para el análisis de las sustancias de interés sanitario. • Falta de personal y recursos. • Dificil acceso a zonas de alto riesgo por orden público.
Putumayo	• Falta de cooperación para la entrega oportuna de información por parte del municipio y el prestador. • Falta de recursos por parte del prestador para hacer los análisis. • Situaciones de orden público.
Risaralda	• Las Empresas de Servicios Públicos municipales en su mayoría presentan inconvenientes en la entrega de información a la autoridad sanitaria. • La información aportada por la Autoridad Ambiental y sus sistemas de información requieren mejor articulación y actualización. • El Laboratorio de Aguas y Alimentos por temas operativos y de insumos no realiza todas las muestras que se requieren.
San Andrés	• Dificultad en el análisis de parámetros por el prestador del servicio de acueducto.
Sucre	• Las corporaciones ambientales no aportan o no cuenta eficientemente con los estudios específicos y Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas – POMCAS. • El laboratorio de salud pública no cuenta con la capacidad requerida para realizar la caracterización de los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos.

Fuente: Matriz de seguimiento Minsalud, 2023.

3. CAPÍTULO 3. Eventos vehiculizados por agua para consumo humano.

3.1. Asociación entre la ocurrencia de situaciones ambientales y la calidad de agua para consumo humano en Colombia, 2022

3.1.1. Introducción

Colombia, sin lugar a duda, se ha visto afectada por un aumento en la frecuencia e intensidad de desastres naturales, entre los que se destacan lluvias intensas, deslizamiento de tierra y sequías. Estos fenómenos se han vuelto cada vez más recurrentes, generando una creciente preocupación en el ámbito ambiental y la seguridad de la población **(4)**.

Las lluvias y deslizamientos, al formar parte de la dinámica de evolución de las corrientes de agua, no solo causan daños materiales significativos, sino que también contribuyen a la degradación y desequilibrio de los ecosistemas **(5)**. Se ha reportado que las inundaciones causadas por temporadas prolongadas de lluvias pueden generar ruptura de la red de suministro de agua y destrucción de las líneas de drenaje sanitario, provocando consecuentemente la contaminación del agua destinada para consumo humano con aguas residuales **(6)**. Es frecuente que el agua de las tuberías se contamine durante los periodos de lluvias, ya que pueden ingresar residuos y desagües a través de fugas, especialmente cuando la presión del agua es baja y las plantas de tratamiento están inundadas. Ríos-Tobón y colaboradores refieren que las lluvias pueden afectar negativamente la calidad del agua debido al arrastre de animales muertos, sedimentos o sustancias tóxicas a las fuentes hídricas o por la destrucción total o parcial de captaciones localizadas en ríos o quebradas **(7)**. Adicionalmente, se ha demostrado un aumento de la turbiedad y conductividad del agua en temporadas de lluvia como producto de acciones antrópicas manifestadas por el uso de sustancias químicas en los suelos, su posterior erosión y escorrentía a fuentes hídricas **(8)**. Los deslizamientos también pueden causar la liberación de sustancias tóxicas y contaminantes en los cuerpos de agua cercanos, lo que puede tener impacto negativo en la calidad del agua y aumentar el riesgo para la salud humana.

Además de los desafíos que plantean los desastres naturales, el territorio nacional se enfrenta a la problemática de la contaminación ambiental y daños estructurales en los sistemas de abastecimiento de agua. Desde su captación hasta la red domiciliaria, cada componente vital del suministro de agua se encuentra bajo amenaza, lo que directamente impacta en la calidad del agua destinada al consumo humano **(8-10)**, aumentando el riesgo de producir enfermedades transmitidas por el agua, como diarrea, cólera, fiebre tifoidea y paratifoidea, hepatitis A y las gastroenteritis que pueden poner en riesgo la salud de las poblaciones damnificadas **(10, 12)**.

Colombia se ve afectada por diversos factores que ejercen una marcada influencia sobre los patrones de lluvia, la estabilidad estacional e intraestacional. Durante épocas de lluvia intensas, los excesos de pluviosidad se convierten en una seria amenaza, dando lugar a situaciones de inundación. Esta problemática se ve agravada por el caudal precipitado, el cual se ve afectado por la deforestación de las cuencas y el proceso de endurecimiento derivado del continuo desarrollo urbanístico en ciudades y municipios. Este fenómeno conlleva una pérdida en la capacidad de absorción de las cuencas, una disminución en la recarga de acuífero y un aumento en la acumulación de residuos sólidos **(13)**.

De acuerdo con el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, durante el 2022 se presentó un aumento en los niveles de precipitación en la habitual temporada de lluvias como producto de la confluencia del fenómeno de variabilidad climática de La Niña **(14)**. Mostrando durante el cuarto

trimestre del año 2022, lluvias superiores al 20% respecto a los promedios históricos en La Guajira, Magdalena, Atlántico, Cesar, Bolívar, Sucre, norte de Córdoba, norte de Chocó, gran parte de las regiones Andina y Orinoquía. Para el resto del país se reportaron precipitaciones propias de esta época del año **(15)**.

Desde el Grupo de Vigilancia y Control de Factores de Riesgo Ambiental – GFRA, del Instituto Nacional de Salud, se realiza seguimiento, análisis, evaluación y generación de alertas a situaciones ambientales que pueden desencadenar efectos en salud. Durante 2022 fueron analizadas 496 alertas ambientales **(16)**, clasificadas en cuatro componentes ambientales (agua, clima, suelo y aire), donde las alertas que más se presentaron fueron: precipitaciones y movimientos en masa (41,5 %). De esta forma, tomando como base la alta frecuencia de eventos ambientales con potencial impacto en salud pública, surge la necesidad de cuantificar si la presencia de eventos ambientales asociados a lluvias y deslizamientos, podrían afectar la calidad del agua destinada para consumo humano en los diferentes departamentos del país.

3.1.2. Metodología

La información de los eventos ambientales del 2022, asociados con lluvias y deslizamientos se obtuvieron del histórico de los datos de las Alertas Hidrometeorológicas del IDEAM recolectados por el GFRA en la Matriz de alertas, seguimiento de situaciones ambientales y efectos en salud, para cada departamento considerando una escala mensual. Para efectos del análisis se consideraron dos contextos: i) intensidad (nivel de alerta media para cada territorio de los eventos de lluvias y deslizamientos durante el año 2022) y ii) cantidad (número total de alertas relacionadas con lluvias y deslizamientos presentes en una zona geográfica para cada mes del 2022).

Los resultados de la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano utilizados para el presente análisis son generados por las autoridades sanitarias departamentales, municipales y distritales como resultado de las acciones de inspección, vigilancia y control de calidad del agua en áreas de influencia y puntos registrados en el sistema de información para vigilancia de la calidad del agua potable – SIVICAP; se tuvo en cuenta el promedio del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua – IRCA mensual para cada uno de los departamentos que presentaron alertas del 2022.

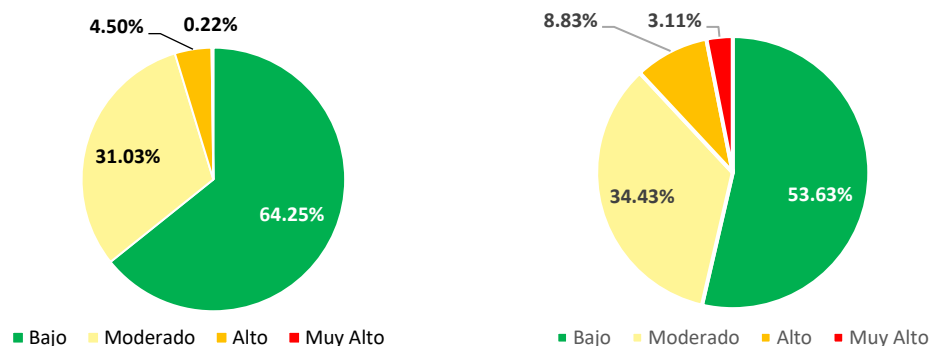
Se realizó un análisis exploratorio de las variables cuantitativas del IRCA, la cantidad de eventos ambientales asociados con lluvias (cantidad_lluvia) y deslizamientos (cantidad_desli) y la intensidad o nivel de alerta promedio para lluvias (alerta_lluvia) y deslizamientos (alerta_desli) reportados durante 2022. Fue explorada la posible asociación entre estas variables utilizando una escala temporal mensual a través del coeficiente de correlación de Pearson. Los resultados del análisis fueron clasificados según el valor del coeficiente de correlación significativo (ρ) de manera positiva o negativa (positivo: $\rho > 0,5$; negativo: $\rho < -0,5$). Esta prueba fue considerada ya que permite hacer inferencia sobre la relación o independencia entre variables; es decir, cuantificar la relación entre las variables del IRCA y los eventos ambientales asociados con lluvias o deslizamientos y determinar las posibles afectaciones en la calidad del agua destinada para consumo humano.

3.1.3. Resultados

Según los datos históricos de alertas hidrometeorológicas del IDEAM, en Colombia durante 2022 se registraron 178349 alertas por lluvias: el 64,25 % en nivel de alerta bajo, el 31,03 % clasificados como riesgo moderado, el 4,50 % en nivel alto y el 0,22 % como riesgo muy alto. Además, en este mismo año se

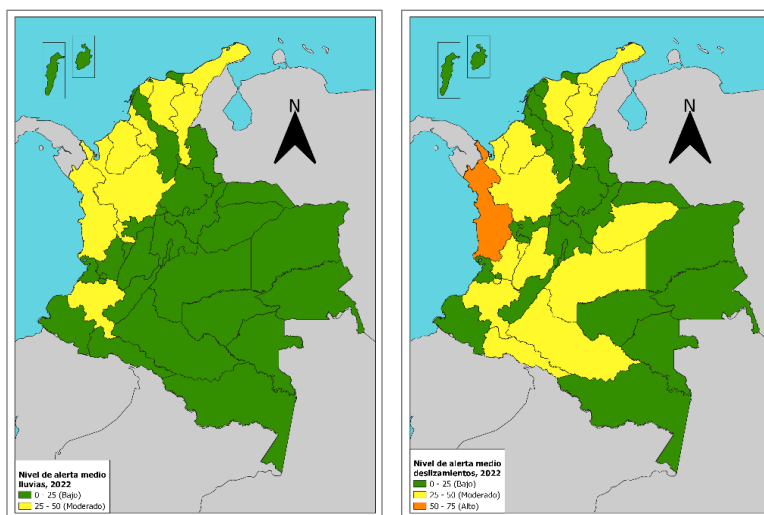
reportaron 110810 alertas por deslizamientos, siendo el 53,63 % clasificadas como riesgo bajo, el 34,43 % como riesgo moderado, el 8,83 % como riesgo alto y el 3,11 % en riesgo muy alto (Gráfico 13).

Gráfico 13. Proporción del nivel de alerta de lluvias (izquierda) y deslizamientos (derecha), según reporte hidrometeorológico del IDEAM, Colombia, 2022.



Según el promedio de nivel de alerta de lluvias y deslizamientos notificados en 2022, del total de alertas para lluvias, 10 departamentos estuvieron en riesgo moderado (30,30 %) y 23 (69,96%) en riesgo bajo. Respecto a los deslizamientos, un departamento se clasificó en riesgo alto (3,03 %), 13 en riesgo moderado (39,39 %) y 19 en riesgo bajo (57,58%) (Gráfico 14).

Gráfico 14. Distribución espacial del nivel de alerta promedio para lluvias (izquierda) y deslizamientos (derecha) por departamento según histórico IDEAM, Colombia, 2021.

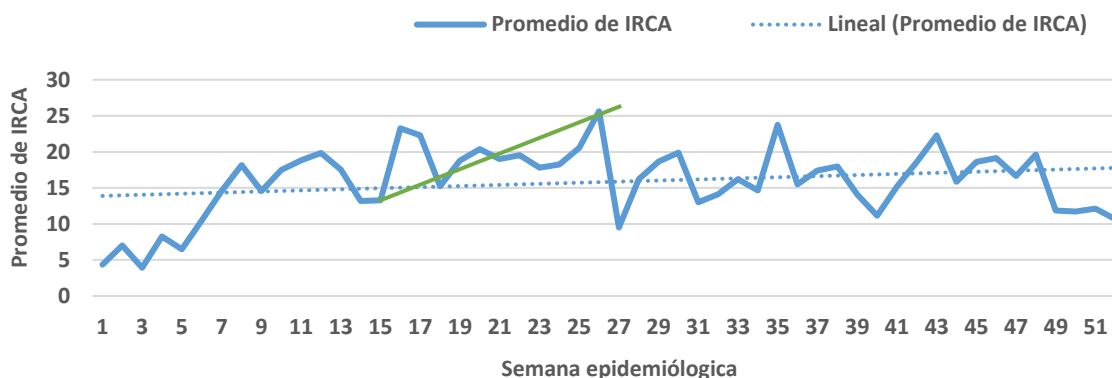


Fuente: Los autores.

Durante 2022 se analizaron 50252 reportes del IRCA; los de mayor registro fueron Antioquia con 11718 (23,3%), Valle del Cauca 4111 (8,2 %), Boyacá 3962 (7,9 %), Nariño 3591 (7,1 %), Bogotá 3525 (7,0 %), Cundinamarca 3169 (6,3 %) y Atlántico 2317 (4,6 %); representando el 64,5 % del total de reportes a nivel nacional.

Se evidenció una tendencia temporal homogénea en los reportes del IRCA a escala nacional y departamental; sin embargo, es importante mencionar que se identificó un periodo con una disminución de la calidad del agua destinada para consumo humano según el IRCA entre las semanas epidemiológicas 15 a 26 (Gráfico 15). Durante este periodo, los valores promedio del IRCA para el país alcanzaron niveles hasta de 26 unidades, lo que según el Decreto 1575 de 2007 y la Resolución 2115 de 2007 se considera un agua con un nivel de riesgo medio, lo que la hace un agua no apta para consumo humano.

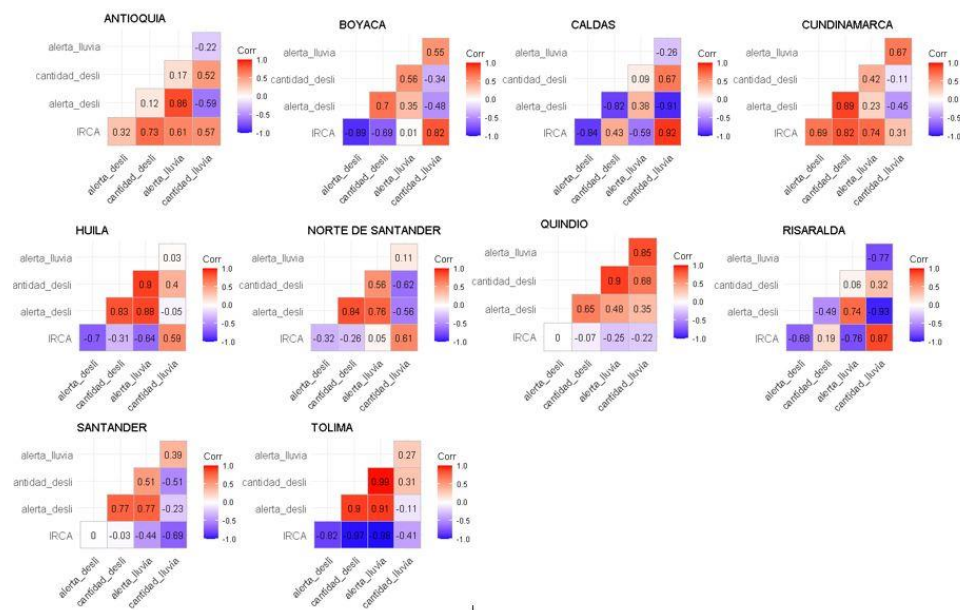
Gráfico 15. Tendencia temporal del IRCA a escala nacional, Colombia, 2022



Entre el Gráfico 16 y el Gráfico 20 se muestran los resultados del análisis de correlación entre las variables asociadas al IRCA, la cantidad (cantidad_desli y cantidad_lluvia) y nivel de alerta promedio de lluvias y deslizamientos (alerta_desli y alerta_lluvia) en los departamentos discriminados por región, a excepción de aquellos que no contaban con suficientes datos (Amazonas, Córdoba, Sucre, y Vaupés).

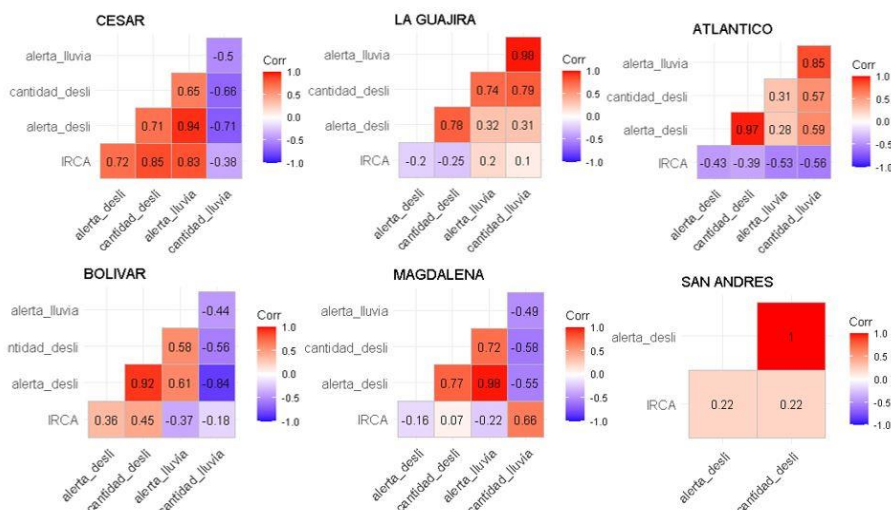
Se observó una correlación negativa significativa entre el IRCA y la cantidad de lluvias para Guainía (-0,55), Atlántico (-0,56), Putumayo (-0,63) y Santander (-0,69) (Gráfico 16, Gráfico 17 y Gráfico 18); una correlación positiva significativa entre el IRCA y la cantidad de alertas de lluvias en Antioquia (0,57), Huila (0,59), Norte de Santander (0,61), Magdalena (0,66), Boyacá (0,82), Caldas (0,92) y Risaralda (0,87) (Gráfico 16 y Gráfico 17).

Gráfico 16. Resultados de la prueba de correlación entre las variables asociadas al IRCA, lluvias y deslizamientos en los departamentos de la región Andina, Colombia, 2022



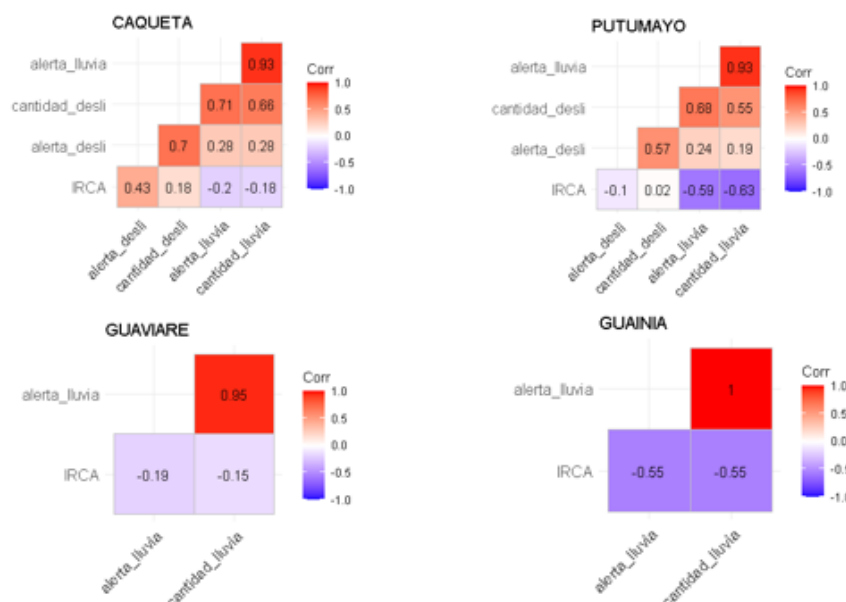
De forma similar se observa una correlación negativa significativa entre el IRCA y el nivel de alerta de lluvias así: Atlántico (-0,53), Guainía (-0,55), Putumayo (-0,59), Caldas (-0,59), Huila (-0,64), Risaralda (-0,76) y Tolima (-0,98) (Gráfico 16, Gráfico 17 y Gráfico 18). Sin embargo, esta correlación fue positiva significativa en Antioquia (0,61), Cundinamarca (0,74), Nariño (0,82) y Cesar (0,83) (Gráfico 16, Gráfico 17 y Gráfico 18).

Gráfico 17. Resultados de la prueba de correlación entre las variables asociadas al IRCA, lluvias y deslizamientos en los departamentos de la región Caribe, Colombia, 2022



Respecto al IRCA y a la cantidad de deslizamientos, se observó una correlación positiva significativa en Antioquia (0,73), Cundinamarca (0,82) y Cesar (0,85) (Gráfico 16 y Gráfico 17); mientras que Boyacá presentó una correlación significativamente negativa con un valor de (-0,69), así como Tolima (-0,97) (Gráfico 16).

Gráfico 18. Resultados de la prueba de correlación entre las variables asociadas al IRCA, lluvias y deslizamientos en los departamentos de la región del Amazonas, Colombia, 2022.

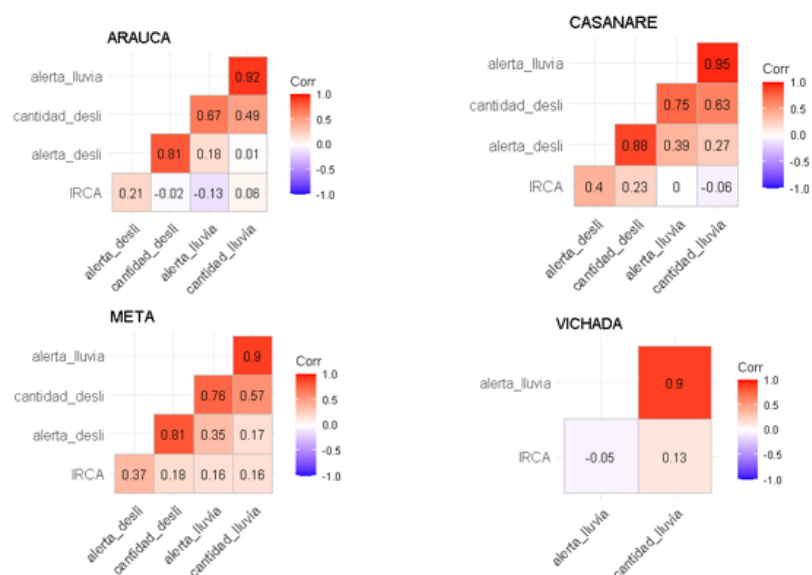


Finalmente, se presentó una correlación negativa significativa entre el IRCA y el nivel de alertas referentes a deslizamientos en Risaralda (-0,68), Huila (-0,70), Tolima (0,82), Caldas (-0,84) y Boyacá (-0,89) (Gráfico 16); y una correlación positiva significativa entre el IRCA y el nivel de alertas referentes a deslizamientos en Cundinamarca (0,69) y Cesar (0,72) (Gráfico 16 y Gráfico 17).

Gráfico 19. Resultados de la prueba de correlación entre las variables asociadas al IRCA, lluvias y deslizamientos en los departamentos de la región Pacífica, Colombia, 2022.



Gráfico 20. Resultados de la prueba de correlación entre las variables asociadas al IRCA, lluvias y deslizamientos en los departamentos de la región de la Orinoquía, Colombia, 2022.



3.2. Relación de la calidad de agua para consumo humano, la incidencia de enfermedad diarreica aguda y hepatitis A en Colombia, 2022.

3.2.1. Introducción

El agua es un recurso vital que está intrínsecamente vinculado con todas las formas de vida en la Tierra y representa una necesidad humana básica que afecta todos los aspectos de las actividades diarias, ya sea de manera directa o indirecta. El acceso a agua potable y suficiente para beber, cocinar y mantener la higiene personal es un derecho fundamental que constituye un paso esencial para mejorar la calidad de vida de todas las personas (17). La Organización Mundial de la Salud (OMS) destaca que el agua segura es una

medida fundamental para prevenir no solo enfermedades diarreicas, sino también enfermedades respiratorias gracias al lavado de manos, así como numerosas enfermedades tropicales desatendidas **(18)**.

La enfermedad diarreica aguda – EDA, es una de las más prevalentes en el mundo, siendo una de las principales causas de morbilidad y mortalidad global, con aproximadamente 1,5 a 2,5 millones de muertes anuales asociadas a ella. Los niños menores de 5 años son especialmente vulnerables, ya que la EDA es la segunda causa más común de muerte por enfermedades infecciosas en este grupo de edad **(19)**. Por otro lado, el virus de la hepatitis A, es la etiología infecciosa más común de hepatitis en todo el mundo; se propaga principalmente a través de la vía fecal-oral, por exposición a alimentos o agua contaminada, o por contacto cercano con personas infectadas **(20)**.

En el contexto de Latinoamérica, más del 40% de los casos de diarrea se atribuyen a factores de riesgo como el consumo de agua insalubre y la falta de saneamiento e higiene básica. En Europa y Asia central, este porcentaje asciende al 73,3%. Reconocer y abordar estos factores de riesgo representa una oportunidad significativa para reducir casi la mitad de los casos de diarrea en Latinoamérica **(21)**. En cuanto a la hepatitis A, Latinoamérica ha experimentado un cambio en su situación epidemiológica, pasando de ser considerada una región de alta endemicidad en las décadas de los 70 y 80 a presentar endemicidad intermedia, gracias a inversiones en infraestructura de acueductos, sistemas de alcantarillado y cobertura de vacunación **(22)**.

Dada la posible relación entre la calidad del agua y la incidencia de enfermedades como la EDA y la hepatitis A, asegurar el abastecimiento adecuado de agua potable, la correcta gestión de los recursos hídricos y el saneamiento se convierte en una estrategia crucial para mejorar las condiciones sociales y sanitarias de la población, lo que resultaría en una disminución de la vulnerabilidad relacionada con la salud **(23)**. En este sentido, analizar la relación existente entre la calidad del agua para consumo humano y la incidencia de la enfermedad diarreica aguda y hepatitis A en los diferentes municipios del país, a fin de implementar medidas que protejan la salud pública y mejoren la calidad de vida de la población.

3.2.2. Metodología

Estudio ecológico que utilizó como fuentes de información los casos de enfermedad diarreica aguda – EDA y los casos de hepatitis A notificados por las entidades territoriales de salud al Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública – Sivegila durante 2022; la información correspondiente a reportes del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua – IRCA fue la reportada por las Direcciones Territoriales de Salud DTS durante 2022 en el Sistema de Información de la Vigilancia de la Calidad del Agua Potable – SIVICAP.

Los resultados de la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano utilizados para el presente análisis son generados por las autoridades sanitarias departamentales, municipales y distritales como resultado de las acciones de inspección, vigilancia y control de calidad del agua en áreas de influencia y puntos registrados en el SIVICAP.

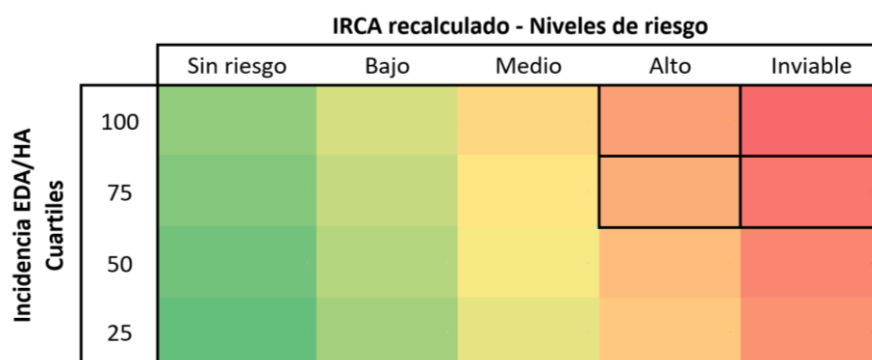
Para el análisis de la información de SIVICAP se realizó un análisis de regresión lineal múltiple que buscaba identificar los parámetros que tenían mayor correlación con los eventos de interés pública (EISP) priorizados, para este análisis se analizó la información a escala departamental y municipal en los territorios que reportaron de manera completa los seis parámetros priorizados: color, turbiedad, pH, cloro residual, coliformes totales y *E. coli*, para determinar un IRCA recalculado y el promedio anual por municipio; teniendo en cuenta los siguientes puntos de corte:

- 0 – 5: sin riesgo
- 5 – 14: riesgo bajo
- 14 – 35: riesgo medio
- 35 – 80: riesgo alto
- 80 – 100: inviable sanitariamente

Tanto para EDA como para la hepatitis A, el plan de análisis incluyó la descripción de los casos por municipio y departamento de procedencia; con el número de casos de cada municipio se estableció la incidencia, con la proyección de población 2022 según censo DANE 2018 por 1000 o 100000 habitantes según correspondiera para cada evento y se clasificó por cuartiles, toda la información se organizó en el programa Excel® y se analizó en el software R®.

Se construyó una matriz de priorización para los municipios del país según el nivel de riesgo de la calidad de agua IRCA recalculado y la incidencia de las enfermedades analizadas y su estratificación por cuartiles discriminados por departamento; se considera, se deben priorizar aquellos que tienen incidencias superiores al tercer cuartil (75) y un IRCA recalculado alto o inviable sanitariamente (Gráfico 21).

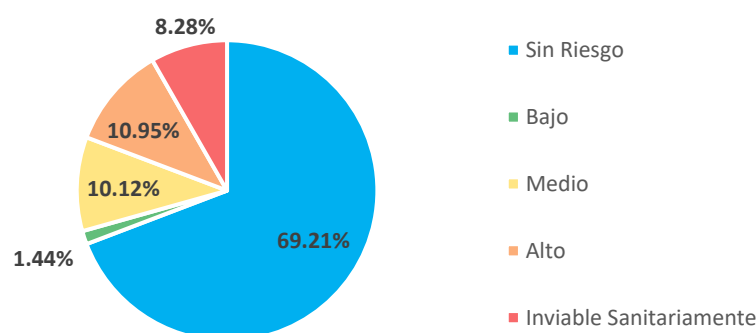
Gráfico 21. Matriz priorización IRCA recalculado Vs. Incidencia de EDA - Hepatitis A



Reportes de calidad de agua, SIVICAP 2022

Para el 2022 se registraron 50252 muestras en el SIVICAP, las cuales corresponden a 957 municipios ubicados en 32 departamentos y el distrito de Bogotá dentro del territorio nacional. De estos, 69,21 % se clasificaron como sin riesgo, el 1,4 % con riesgo bajo, el 10,12 % como riesgo medio, el 10,95 % riesgo alto y el 8,28 % fueron clasificados inviables sanitariamente (Gráfico 22).

Gráfico 22. Porcentaje del nivel de riesgo de la calidad del agua en municipios, Colombia, 2022.



Del total de registros, se analizaron 26772 por tener completitud en los seis parámetros establecidos, los cuales se distribuyeron en 25 departamentos (con 500 municipios) y el distrito de Bogotá. Los de mayor número de mediciones evaluadas fueron Antioquia, Boyacá, Bogotá, Cundinamarca, Nariño, Atlántico, Caldas, Valle del Cauca, Tolima y Arauca.

Comportamiento de la notificación de enfermedad diarreica aguda, Sivigila 2022 (24)

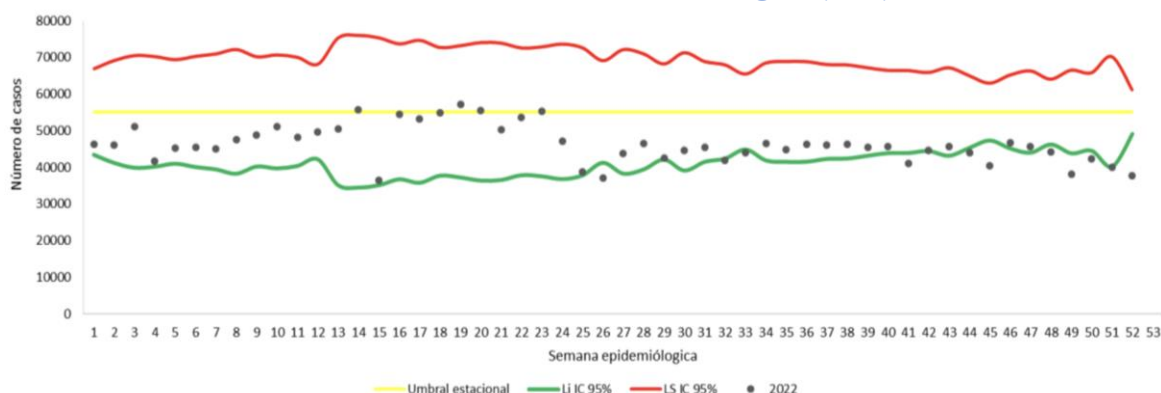
Durante el 2022 en Colombia se notificaron a Sivigila 2406938 casos de enfermedad diarreica aguda, en la distribución por sexo se registraron 1275277 casos en mujeres (53,0 %), con una incidencia de 48,2 casos por cada 1000 mujeres.

Para el país, en 2022 la incidencia promedio fue de 46,6 casos por 1000 habitantes; las tasas de incidencia a nivel departamental ubicaron a Bogotá, Amazonas, Antioquia y el Archipiélago de San Andrés y Providencia con las mayores incidencias superando los 50 casos por cada 1000 habitantes. Chocó, Vichada y Vaupés mostraron incidencias menores a 20 casos por 1000 habitantes siendo las de menor reporte.

Por grupos de edad, en 2022 presentaron una incidencia mayor a la tasa nacional los menores de 1 año con una tasa de incidencia de 123,8 casos por cada 1000 habitantes, seguido del grupo de 1 a 4 años con una incidencia de 116,7 casos y los grupos de 25 a 29 años, 20 a 24 años y 30 a 34 años con unas tasas de 63,1, 57,3 y 55,3 casos por 1000 habitantes respectivamente, siendo estos últimos grupos de edad los que se encuentran activos económicamente.

Por periodo epidemiológico en 2022, las mayores incidencias se presentaron en los periodos III al VI alcanzando incidencias de 4,4 por cada 1000 habitantes. A nivel nacional, entre la semana epidemiológica 01 a 25 del 2022 el evento se ubicó dentro de lo esperado comparado con su comportamiento histórico, mientras que durante las SE 29 a 53 se ubicó por debajo del umbral estacional (Gráfico 23).

Gráfico 23. Canal endémico de la enfermedad diarreica aguda (EDA), Colombia, 2022.



Comportamiento de la notificación de Hepatitis A, Sivigila 2022 (25)

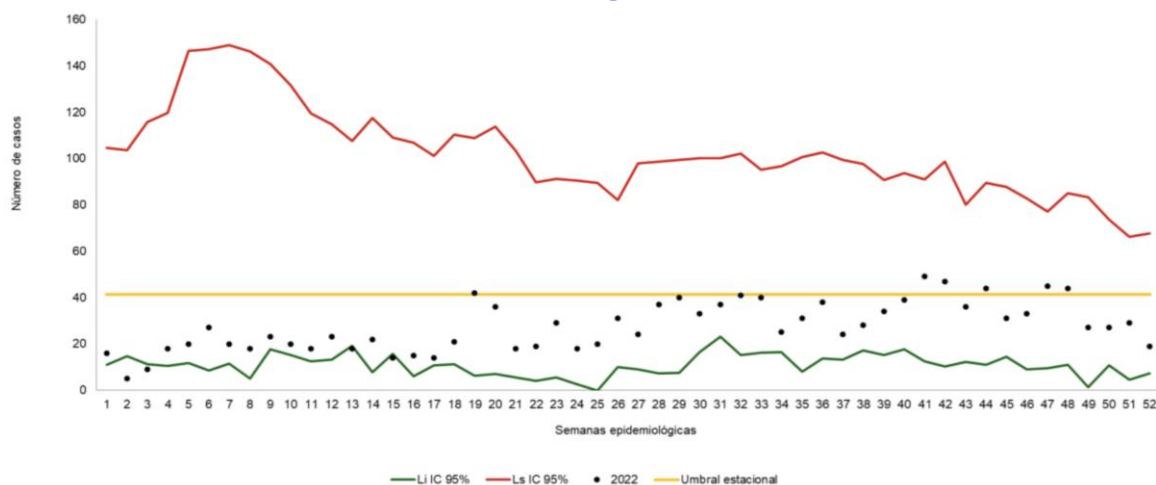
Durante el 2022 se notificaron a Sivigila 1458 casos de Hepatitis A, el 63,4 % (968) casos correspondieron al sexo masculino. La mayor proporción de casos se presentó en el grupo de 20-29 años con 35,8 % (522) y el 23,4 % (341) en las edades de 30-39 años; se notificaron cinco mortalidades, aunque no se logró establecer que la causa de muerte fuera por hepatitis A.

Para el país, en 2022 la incidencia fue de 2,8 casos por 100000 habitantes; en relación con los departamentos que reportaron una incidencia mayor a la nacional fueron: Antioquia con 9,13 casos por 100000 habitantes, Meta con 8,79 casos por 100000 habitantes, Guainía con 5,76 casos por 100000 habitantes, Casanare con 4,59 casos por 100000 habitantes, Risaralda con 3,48 casos por 100000 habitantes, Quindío con 3,34 casos por 100000 habitantes y Norte de Santander 2,85 casos por 100000 habitantes. Las entidades territoriales de Amazonas, Guaviare, Vaupés y Vichada no notificaron casos.

Con respecto al comportamiento a nivel municipal, los municipios que notificaron más casos fueron: Medellín – Antioquia (435), Cali – Valle del Cauca (266), Bogotá (134), Villavicencio – Meta (93) e Itagüí – Antioquia (44).

A nivel nacional, entre la semana epidemiológica 01 a 52 de 2022, el evento se ubicó dentro de lo esperado comparado con su comportamiento histórico (Gráfico 24).

Gráfico 24. Canal endémico hepatitis A, Colombia, 2022.



3.2.3.Resultados

Enfermedad Diarreica Aguda

De los 1122 municipios del país, se analizó información correspondiente a 1111 municipios (99%) de 32 departamentos y el distrito de Bogotá, los cuales presentaron información completa correspondiente a los seis parámetros analizados para el IRCA recalculado, se identificaron 35 municipios de 12 entidades territoriales con nivel de riesgo alto o muy alto para IRCA recalculado y con incidencia de EDA por encima del tercer cuartil (Mapa 1).

Se observó un aumento en el número de municipios analizados el cual paso de 571 en 2021 a 1111 en 2022, de igual forma se observa un aumento en el número de municipios a priorizar pasando de 26 municipios a 35 en el 2022; 13 de estos municipios se habían priorizado en 2021 (Tabla 9).

Los departamentos que presentan mayor número de municipios priorizados fueron: Boyacá (7), Nariño (7), Caldas (6), Huila (3), Antioquia (3), Cesar (2), Risaralda (2), Valle del Cauca (1), Vaupés (1), Cundinamarca (1), Caquetá (1) y Meta (1).

Mapa 1. Nivel de riesgo según priorización municipios IRCA recalculado Vs. Incidencia EDA por 1000 habitantes, Colombia, 2022.

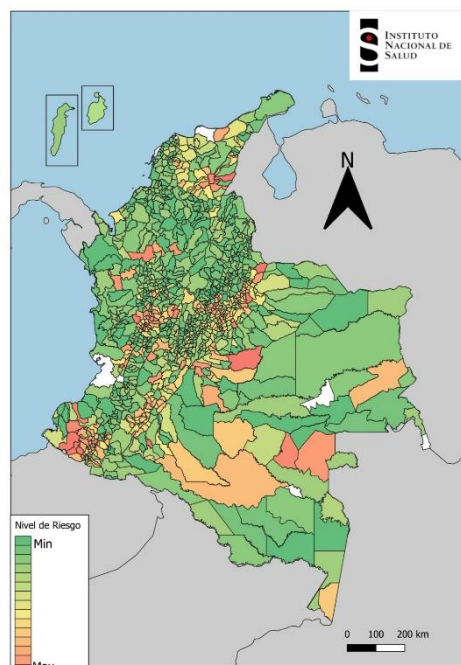


Tabla 9. Municipios priorizados según IRCA recalculado Vs. Incidencia EDA por 1000 habitantes, Colombia, 2022.

Departamento	Municipio
Boyacá	Cubará
Boyacá	Soatá
Boyacá	Socotá
Boyacá	Togüí
Boyacá	Páez
Boyacá	Sutamarchán
Boyacá	Úmbita
Nariño	Barbacoas
Nariño	El Tambo
Nariño	Guachucal
Nariño	Mallama
Nariño	Ricaurte
Nariño	Magüí
Nariño	Santa Bárbara
Caldas	Belalcázar
Caldas	Marmato

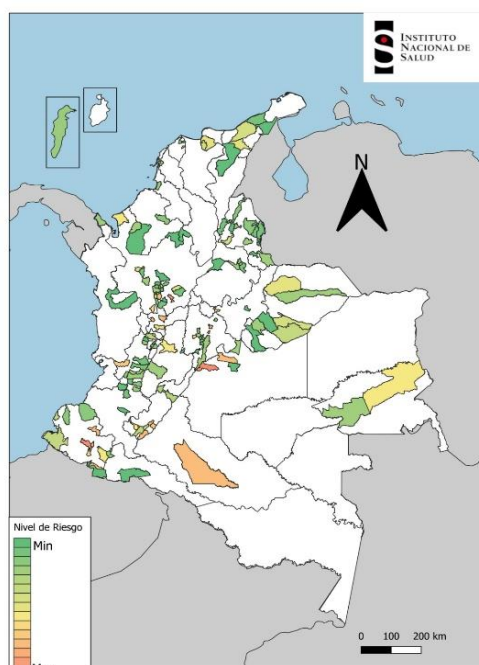
Departamento	Municipio
Caldas	Riosucio
Caldas	Risaralda
Caldas	San José
Caldas	Victoria
Huila	Elías
Huila	Nátaga
Huila	Palestina
Antioquia	Cisneros
Antioquia	Cocorná
Antioquia	Ituango
Cesar	Becerril
Cesar	El Paso
Risaralda	Pueblo Rico
Risaralda	Quinchía
Caquetá	Morelia
Valle del Cauca	Restrepo
Cundinamarca	Cajicá
Meta	Puerto López
Vaupés	Carurú

Hepatitis A

De los 1122 municipios del país, se analizó información correspondiente a 143 (12,7 %) municipios de 29 departamentos, los cuales presentaron información completa correspondiente a los seis parámetros establecidos y los casos de hepatitis A.

Los municipios de Samaniego en Nariño, Cajicá en Cundinamarca y Cubarral en Meta, presentaron un IRCA recalculado alto y muy alto y con una incidencia de hepatitis A por encima del tercer cuartil (Mapa 2).

Mapa 2. Priorización municipios IRCA recalculado Vs. Incidencia hepatitis A por 100000 habitantes, Colombia, 2022.



3.3. Reporte técnico: Estimación de la incidencia de enfermedad diarreica aguda en Colombia relacionada con riesgos microbiológicos en agua para consumo dietario, a través de la aplicación de un modelo de estimación probabilística con enfoque predictivo, 2022

3.3.1.Introducción

La enfermedad diarreica aguda (EDA) ha sido uno de los eventos de mayor interés en salud pública, que afecta a gran parte de la población mundial, afecta en mayor medida a la población riesgo y es la segunda mayor causa de muerte de niños menores de cinco años (26). Sin embargo, una proporción significativa de las enfermedades diarreicas se podría prevenir a través del acceso al agua potable; en consecuencia, la fuente de agua dietaria se ha definido como uno de los factores de riesgo de diarrea en niños, debido a que el consumo de agua contaminada favorece la transmisión de patógenos, los cuales están presente desde la fuente, o bien durante el almacenamiento, envasado y manejo inadecuado (27).

La provisión de agua para consumo humano de una mejor calidad puede impactar en la reducción de la prevalencia de diarrea desde 9,76% hasta 25,6% (28). En este sentido, considerando que el agua para consumo dietario es el producto final de una cadena de producción, su calidad e inocuidad deben ser monitoreadas para proteger la salud pública. Sin embargo, en diferentes países del mundo, el monitoreo del agua presenta diferentes falencias; en consecuencia, la detección de riesgos y la toma de decisiones al respecto pueden ser tardías; lo que puede conllevar al aumento de casos de EDA. De esta manera, un enfoque basado en riesgo preventivo para todo el sistema de suministro de agua debe incluir la evaluación y la gestión de riesgos oportuno (29, 30).

Si bien en Colombia, la información epidemiológica de EDA por *E. coli* es escasa, se ha mostrado que este microorganismo aporta de manera significativa la morbilidad por EDA en niños menores a cinco años en

el país (31). Por otra parte, en el país se ha definido que las acciones encaminadas a la vigilancia de la calidad del agua tienen una alta relevancia; de esta manera, los análisis de las muestras de vigilancia se reportan al Subsistema de Información de la Vigilancia de la Calidad del Agua Potable (SIVICAP) por las autoridades sanitarias. El SIVICAP, es administrado por el Instituto Nacional de Salud (INS) y se desarrolla en cumplimiento del Decreto 1575 de 2007 y sus resoluciones reglamentarias de los Ministerios de Salud y Protección Social y Vivienda Ciudad y Territorio por los cuales se establece el Sistema de Protección y Control del Agua para Consumo Humano, cuya finalidad es monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo.

En el SIVICAP se reportan los datos de concentración de *E. coli* como un indicador microbiológico de calidad del agua. De esta manera, en este informe se realizan estimaciones de casos de EDA por consumo de agua dietaria, aplicando el modelo probabilístico desarrollado previamente un enfoque de QMRA (32), basado en el comportamiento de este microorganismo, acorde con los reportes de 2022; lo cual se fundamenta en que las cepas de *E. coli* y diversos patotipos causantes de diarrea se han reconocido como uno de los agentes etiológicos más importantes en esta patología, que además han demostrado capacidades para la adquisición y transferencia horizontal de genes, los cuales tienen la particularidad de tener características que les permiten persistir satisfactoriamente en los huéspedes (33). Por otra parte, considerando los reportes en el SIVICAP en 2022 sobre la detección de *Giardia* spp. y *Cryptosporidium* spp., se aplicó otro modelo probabilístico desarrollado previamente (34), en aras de conocer la probabilidad de enfermar por EDA asociada al consumo de agua dietaria, para los departamentos que realizaron vigilancia y detectaron estos patógenos en este periodo de tiempo. Finalmente, se realizó un análisis de la influencia de variables de ubicación, punto de muestreo, y tipo de desinfectante sobre la concentración de *E. coli*.

El objetivo de este informe es presentar la aplicación de dos modelos probabilísticos con enfoque de QMRA (32, 34), que permiten predecir la incidencia de EDA por consumo de agua dietaria, a partir de los datos notificados al SIVICAP en 2022; esta metodología utiliza herramientas de modelación matemática para generar estimaciones probabilísticas para la evaluación de la exposición y la caracterización del riesgo.

3.3.2. Metodología

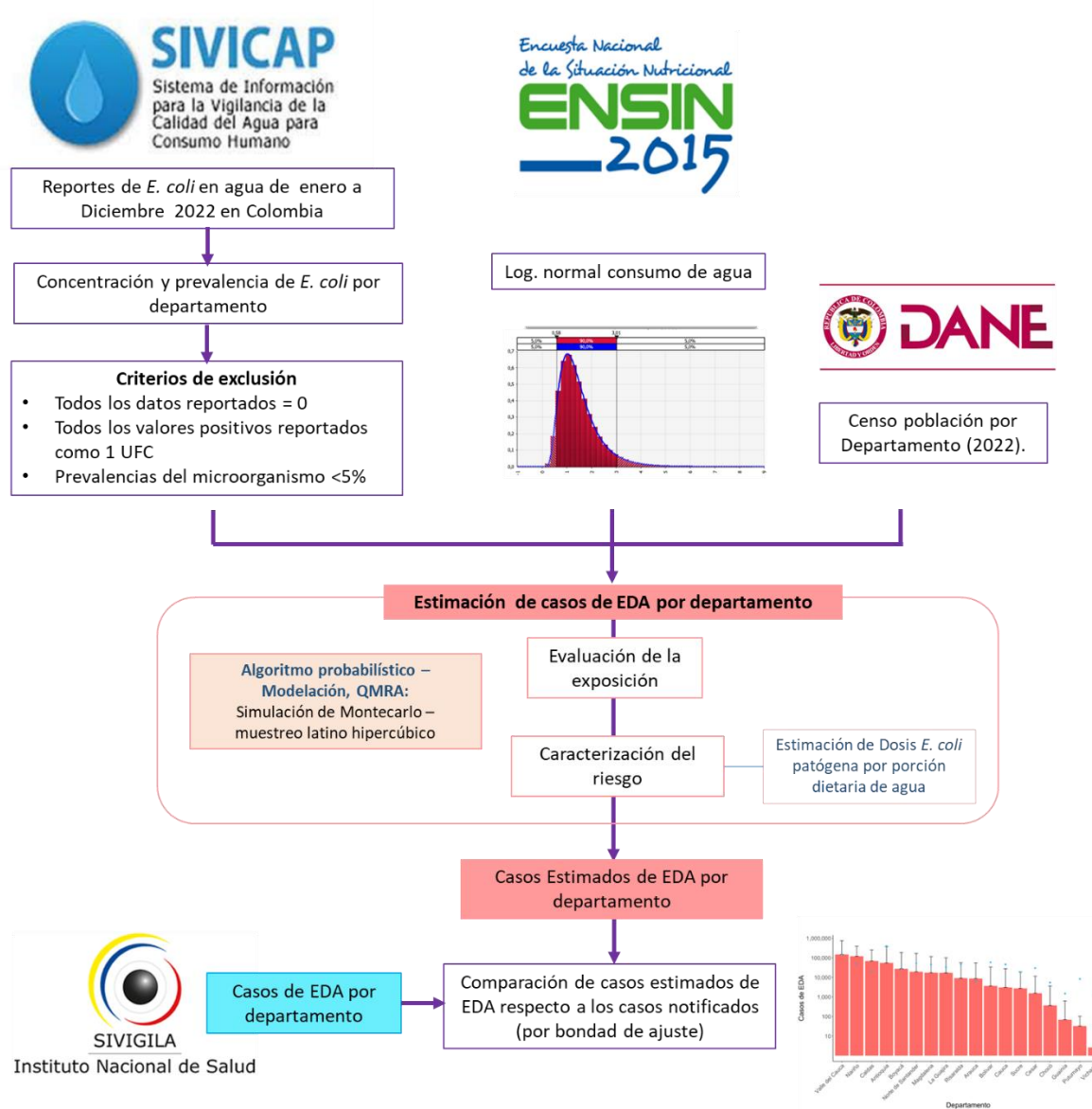
3.3.2.1. Modelo de predicción de casos de EDA a partir de datos de concentración de *E. coli* reportados al SIVICAP

Para la aplicación del modelo, se tuvo en cuenta la información reportada al SIVICAP en 2022 sobre concentración y presencia de *E. coli* en agua por departamento, así como el número de casos de morbilidad por EDA en el mismo periodo del año por departamento, suministrados por el referente del evento, en ambos casos se tomaron las bases cerradas.

Acorde con la metodología propuesta en la evaluación del riesgo agudo y crónico a partir de datos de vigilancia de calidad de agua reportados en la base de datos SIVICAP en los años 2016 y 2017, se aplicó un modelo basado en el enfoque QMRA (Gráfico 25) (32). Inicialmente los datos de concentración de *E. coli* se ajustaron a una distribución log-normal y se estimó su prevalencia de acuerdo con una distribución beta. Así mismo, el consumo dietario de agua para adultos se simuló mediante una distribución log-normal, determinada con base en los datos reportados en Brasil para adultos correspondiente a $1,5 \pm 0,80$ l/día (35 – 37). Posteriormente, se tomó la concentración de *E. coli* patógena como una proporción de 0,08 por cada UFC/ml de *E. coli* (32).

En consecuencia, se estimaron las dosis del microorganismo en función de la concentración de *E. coli* patógena y el consumo dietario de agua diario y se determinó el número de casos de EDA por departamento al año (36, 38) a través de una simulación de Monte Carlo con muestreo latino hipercúbico (10000 iteraciones) utilizando el software @Risk (Palisade, CA, USA) (32). Finalmente, para la caracterización del riesgo, fue utilizado el modelo Beta-Poisson (39).

Gráfico 25. Esquema metodológico para aplicación del modelo de estimación de casos de EDA a partir de datos de calidad de agua para consumo dietario.



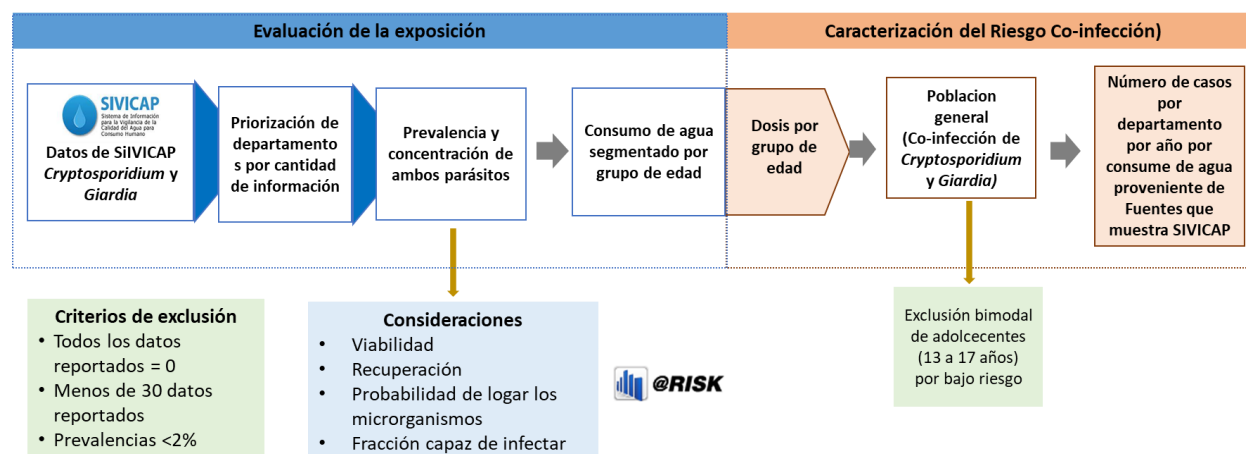
Fuente: Adaptado de (32)

3.3.2.2. Modelo de predicción de casos de giardiasis y criptosporidiasis a partir de datos de concentración reportados al SIVICAP

Para la aplicación del modelo, se tuvo en cuenta la información reportada al SIVICAP en 2022 sobre *Giardia* spp. y *Cryptosporidium* spp. de las muestras de vigilancia de la calidad del agua para consumo humano. De esta manera, se aplicó el modelo basado en el enfoque QMRA propuesto en la Evaluación de Riesgos: *Giardia* spp. y *Cryptosporidium* spp. en agua para consumo humano en Colombia, 2022 (34).

En el Gráfico 26, se observa el esquema general del modelo cuantitativo de evaluación de riesgos (QMRA) empleando los datos reportados en 2022, en el cual se consideró la co-infección por *Giardia* spp. y *Cryptosporidium* spp. en agua para los departamentos de Boyacá y Cundinamarca (34). El departamento de Tolima que presentó reportes en el 2021, no se analizó porque todos los datos reportados fueron aceptables.

Gráfico 26. Esquema metodológico para aplicación del modelo de estimación de casos por consumo de agua contaminada con *Cryptosporidium* spp. y *Giardia* spp. (34)



Fuente: Adaptado de (34)

3.3.2.3. Análisis de datos y estadísticos del reporte de E. coli según base SIVICAP 2022

Se analizó el efecto entre variables con posible relación sobre la concentración de *E. coli* en agua para consumo dietario, acorde con la información reportada al SIVICAP de enero a diciembre del 2022 (Tabla 10). Para lo anterior, se tomaron las variables de clasificación de tipo de punto de muestreo y tipo desinfectante usado para tratamiento del agua de consumo, las cuales se segmentaron para los 17 departamentos que cumplieron con los criterios de inclusión al modelo.

Las variables de clasificación de tipo de punto de muestreo y desinfectante usado se analizaron como tratamientos independientes a través de una prueba de normalidad, estadísticas no paramétricas y modelos aditivos generalizados ($\alpha = 0,05$). Todos los análisis estadísticos se realizaron en el software libre R Statistics.

Tabla 10. Análisis de los niveles de las variables por clasificación de punto de muestreo y desinfectante, a partir de la base de datos de SIVICAP 2022.

Clasificación de punto de muestreo	No. de datos	No. de muestras no aceptables*	% de muestras no aceptables ⁺
A la salida de infraestructura ubicada en la red de distribución	755	38	5%
Carro tanque	58	11	19%
En aquellos puntos de abastecimiento por otros mecanismos que tienen algunas redes de distribución.	23	5	22%
En aquellos puntos después de la mezcla del agua proveniente de las diferentes fuentes de abastecimiento o tratamiento de agua que ingresan al sistema de distribución.	42	8	19%
En las redes de distribución sectorizadas se debe determinar al menos un punto de muestreo por cada entrada de agua al sector correspondiente.	4507	992	22%
En los sectores de mayor riesgo del sistema de distribución desde el punto de vista de posible contaminación del agua para consumo humano.	3784	2043	54%
Otro	129	83	64%
Punto concertado con la autoridad sanitaria, teniendo en cuenta que se presentó riesgo a la población	64	15	23%
Punto Final	5320	585	11%
Punto Inicial	7633	1756	23%
Punto Intermedio	11810	1181	10%
Desinfectantes	N. de datos	No. de muestras no aceptables	% de muestras no aceptables ⁺
Acido hipocloroso	190	17	9%
Cal clorada-cloruro de cal, hipoclorito de cal	202	12	6%
Cloro gaseoso	14073	281	2%
Dicloroisocianurato de sodio-NADCC	22	3	14%
Dióxido de cloro	21	2	10%
Hipoclorito de calcio- HTH-oxicloruro de calcio	5624	787	14%
Hipoclorito de sodio-oxicloruro de sodio	4224	296	7%
No declara	2372	71	3%
No usan	5373	4567	85%

* No aceptable por concentración de *E. coli.* + % de muestras no aceptables del total de muestras tomadas para cada punto de muestreo o tipo de desinfectante.

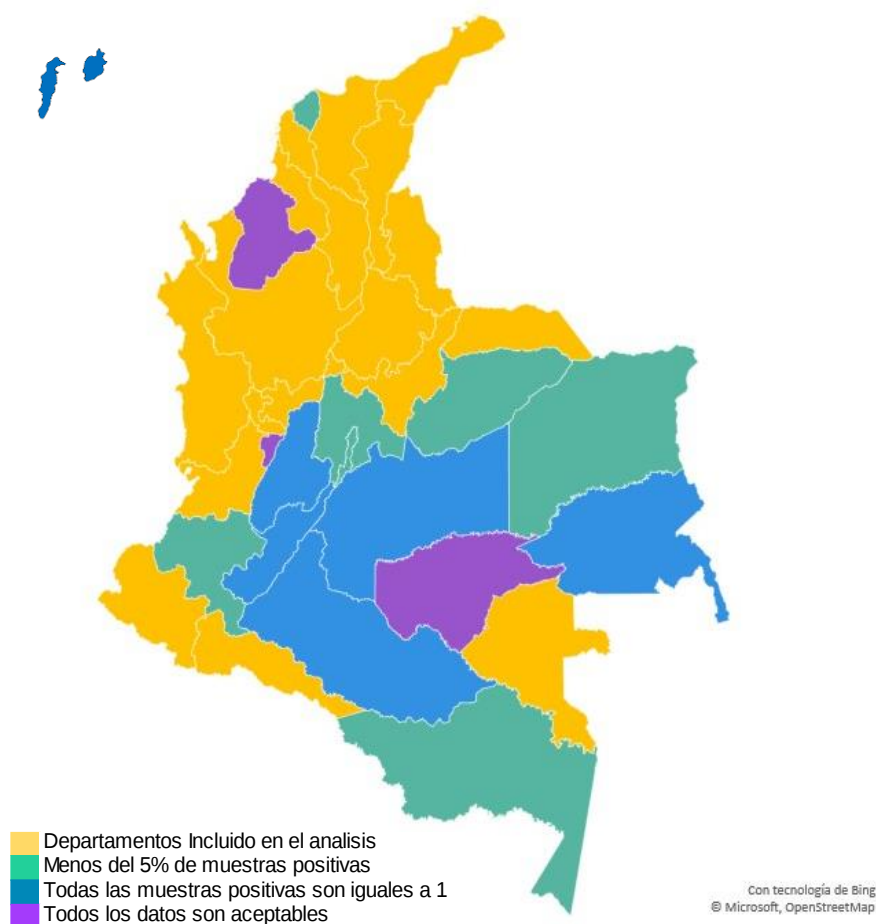
Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Resultados y discusión

3.3.3.1. Análisis de los datos de calidad de agua y EDA 2022

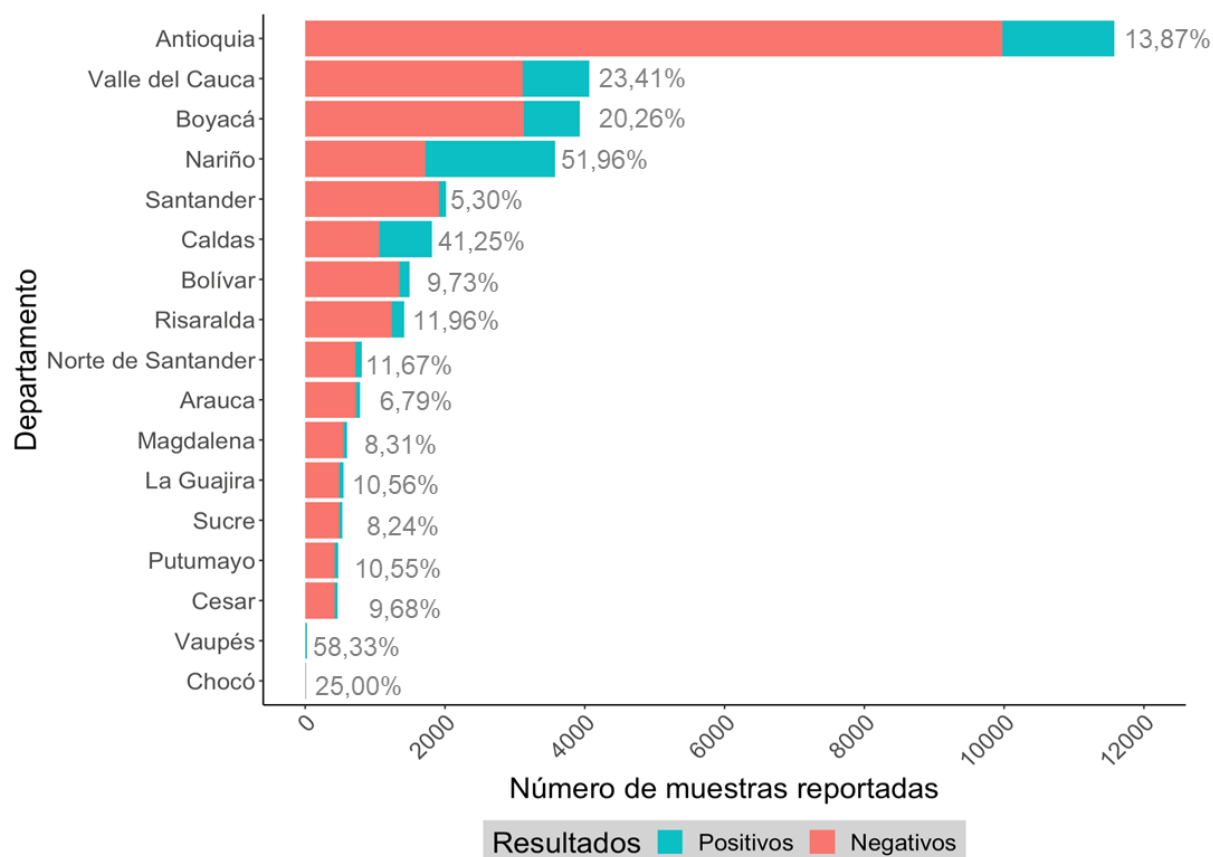
En Colombia, a través del SIVICAP se reportaron 49185 muestras de agua en el año 2022. Como se observa en la Gráfico 27, para estimar el número de casos de EDA en 2022, se excluyeron de la simulación los datos de 16 departamentos/ciudades. En este sentido, los datos de Huila, Caquetá, Tolima y Meta no cumplen con los criterios mínimos para realizar el modelo ya que todos los reportes positivos eran igual a 1 (uno). Así mismo, debido a que el porcentaje de muestras con resultado positivo para *E. coli* fue inferior al 5% se excluyeron: Guainía (4,00%), Amazonas (3,75%), Cauca (3,60%), Vichada (3,28%), Cundinamarca (2,33%), Bogotá (2,10%), San Andrés (1,88%), Atlántico (1,42%), Casanare (0,33%), Córdoba (0%), Guaviare (0%), Quindío (0%). Cabe resaltar, que los datos de los departamentos de Huila y Guaviare, también se excluyeron en el estudio que comprendía los reportes del año 2020 (40).

Gráfico 27. Criterios de inclusión de los departamentos acorde con los datos de la calidad de agua en Colombia para 2022.



Acorde con lo anterior, se incluyeron en el análisis 17 departamentos, con un total de 34140 muestras; de los cuales la prevalencia más alta se reportó en Vaupés (58,33%), Nariño (51,96%) y Caldas (41,245%) (Gráfico 28).

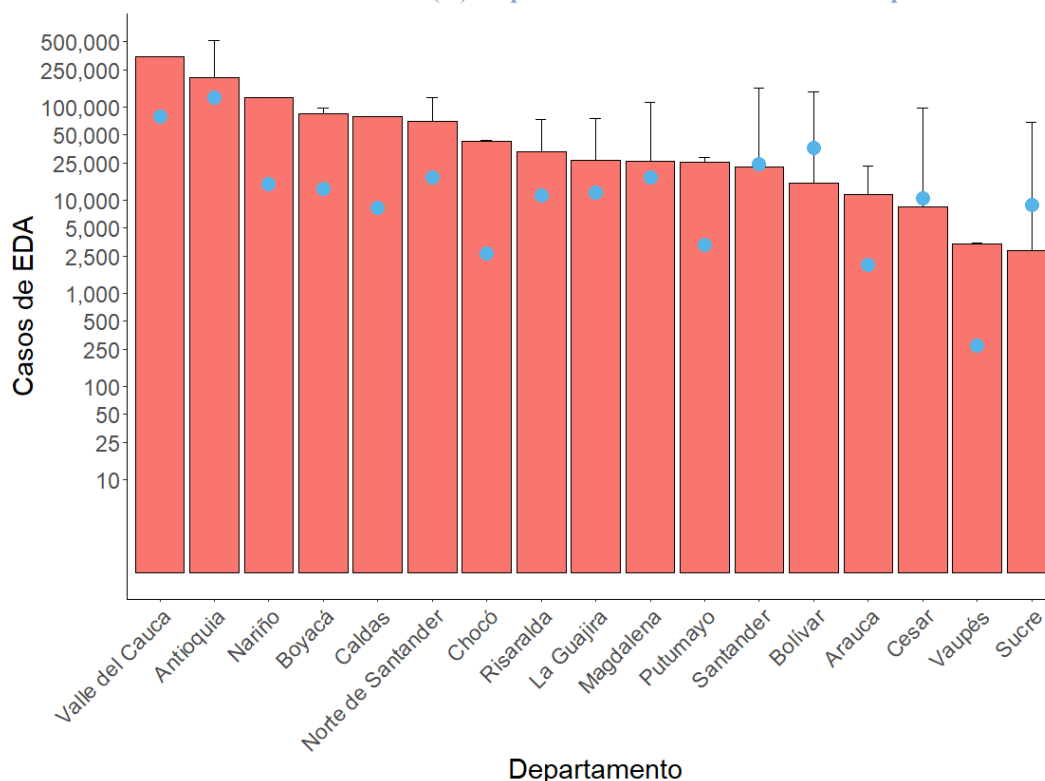
Gráfico 28. Prevalencia de *E. coli* en los departamentos incluidos en el análisis. Muestras negativas para *E. coli* (■), Muestras positivas para *E. coli* (■).



3.3.3.2. Resultados del modelo de predicción de casos de EDA para 2022, a partir de datos de concentración de *E. coli* reportados al SIVICAP en 2022

Acorde con la metodología aplicada, se observan los resultados de la simulación a través del modelo que comprende la aplicación del modelo con enfoque QMRA. De esta manera, para los 17 departamentos analizados, en el Gráfico 29 se muestra el percentil 90 del número de casos estimados de EDA por departamento en 2022 a partir de la concentración de *E. coli* en agua reportada en SIVICAP, respecto a casos de EDA notificados por SIVIGILA en este mismo año; así mismo, se evidencia el valor máximo simulado. De acuerdo con los resultados, Valle del Cauca, Antioquia, Nariño y Boyacá fueron los departamentos con más casos estimados, tendencia que también se observó en el análisis de 2020 y 2021 para estos departamentos. Respecto a la notificación de EDA en SIVIGILA, Antioquia, Valle del Cauca y Bolívar, presentan los valores más altos de casos EDA.

Gráfico 29. Percentil 90 del número de casos estimados de EDA a través del modelo QMRA por departamento en Colombia del año 2022 (■) respecto a casos de EDA notificados por SIVIGILA (●).



Nota: Los datos de EDA reportados para los distritos especiales se sumaron a los casos del departamento. La barra superior muestra el máximo valor estimado para casos de EDA.

La aplicación de modelo tuvo un buen ajuste para Santander y Cesar departamentos que presentaron porcentajes de error menores al 20% (6 y 19%, respectivamente); al contrastar los casos estimados con los casos de EDA notificados al SIVIGILA.

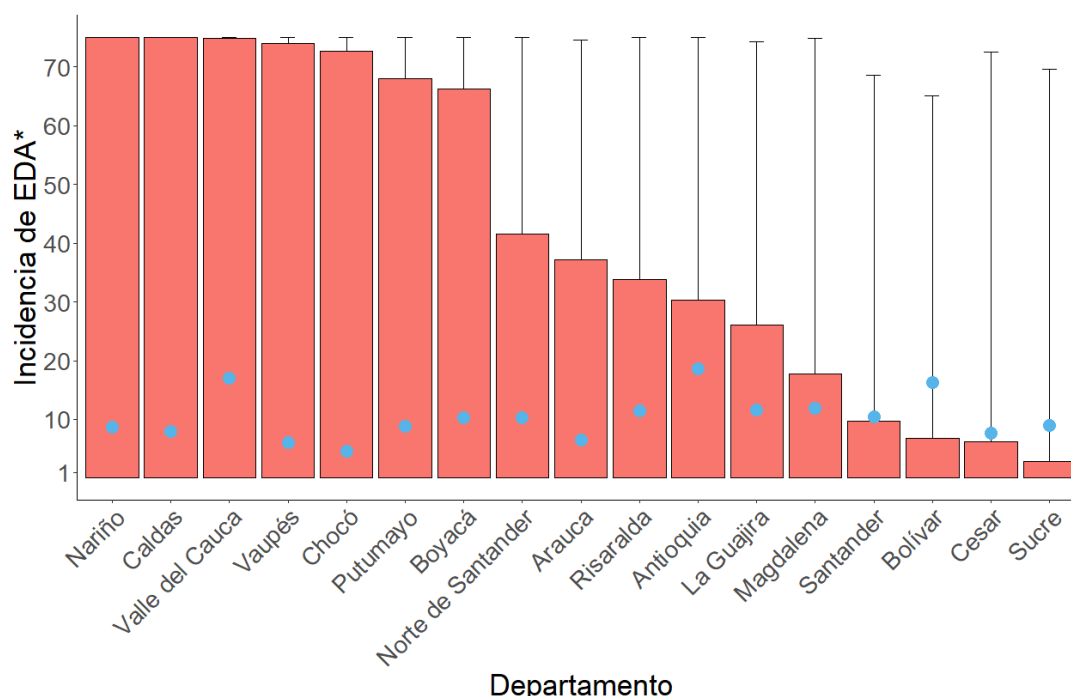
El mayor porcentaje de subestimación del modelo se dio en los departamentos de Bolívar y Sucre (58 y 67%). Es preciso considerar que la enfermedad diarreica tiene diferentes causas, como la transmisión de persona a persona, el consumo de alimentos contaminados y el consumo de agua contaminada con otros patógenos (41, 42). Si bien, *E. coli* es uno de los principales agentes causales de diarrea moderada a grave en países de ingresos bajos, también puede ser por causa de Astrovirus; parásitos como *Giardia* spp. y *Cryptosporidium* spp.; y otras bacterias como *Shigella* spp. (26).

Por otra parte, Magdalena y Antioquia presentaron una sobreestimación de 50 y 62%, respectivamente, así mismo se presentó una sobreestimación superior a 100% en La Guajira, Risaralda, Norte de Santander, Valle del Cauca, Arauca, Boyacá, Putumayo, Nariño, Caldas, Vaupés y Chocó. La sobreestimación en Chocó y Vaupés puede estar relacionada con la baja notificación de datos (12 y 24 muestras analizadas, respectivamente) y alta prevalencias (25 y 38%, respectivamente). Otros departamentos con altas prevalencias fueron Nariño (52%), Caldas (41%), Vaupés (38%), Valle del Cauca (23%) y Boyacá (20%). Esta tendencia, se también se puede relacionar con factores como el subregistro de casos leves EDA en Colombia, falencias en la notificación, baja calidad y dispersión

de las fuentes de información, baja oportunidad de las estadísticas, la limitada cobertura y la falta de interoperabilidad entre las fuentes de información (43).

El riesgo de infección se refiere a la probabilidad que una persona o grupo de personas en un departamento contraigan EDA; como se observa en el Gráfico 30 donde se expresa en número de casos por cada 1000 habitantes por departamento, Nariño, Caldas, Valle del Cauca y Vaupés presentan la mayor incidencia estimada.

Gráfico 30. Percentil 90 del número de EDA estimados con el modelo QMRA para el 2022 (■) respecto a la incidencia casos de EDA notificados por SIVIGILA (●) por cada 1 000 habitantes, por departamento en Colombia.



Nota: La barra superior muestra el máximo valor estimado para la incidencia de EDA.

3.3.3.3. Resultados del modelo de predicción de casos de criptosporidiasis y giardiasis, a partir de datos de concentración reportados al SIVICAP

A continuación, se presenta el P90 y el máximo de las estimaciones de la dosis de ooquistes para el grupo de edad de 18 a 64 años en Boyacá y Cundinamarca entre 2017 y 2022 (Tabla 11). Al realizar el análisis por departamento, se puede observar que el P90 y la dosis máxima estimada es mayor para Boyacá en todos los años (Gráfico 31), lo cual está directamente relacionado con la prevalencia y concentración reportadas. Se puede observar cómo el año 2022 presenta un comportamiento muy similar al año 2020, observándose un descenso en el P90 de la dosis de ooquistes con respecto a 2021, lo cual se debe principalmente a una baja prevalencia y concentración de ooquistes reportada (Boyacá 5/43 (11,63%) y Cundinamarca 4/78 (4,88%) (Gráfico 32 y Gráfico 33).

Cabe considerar que se presenta el análisis en el grupo de edad de 18 a 64 años, ya que los resultados están influenciados por el consumo de agua reportado en la ENSIN 2015, el cual, es mayor para este grupo de edad en comparación con la población infantil y adolescente.

Tabla 11. Dosis estimada de ooquistes/l de *Cryptosporidium* spp. para Boyacá y Cundinamarca en población de 18 a 64 años*.

Año	Boyacá		Cundinamarca	
	P90	Máximo	P90	Máximo
2017	1,53	4,29	0,24	1,58
2018	1,47	4,79	0,2	1,73
2019	1,65	4,81	0	0,24
2020	0	0,21	0	0,03
2021	0,38	2,14	0	0,35
2022	0	1,3	0	0,42

Gráfico 31. Dosis máxima estimada de ooquistes/l de *Cryptosporidium* spp. para Boyacá y Cundinamarca en población de 18 a 64 años* 2017-2022p.



Gráfico 32. Porcentaje de muestras reportadas positivas para *Cryptosporidium* spp entre 2017-2022



Gráfico 33. Concentración máxima reportada de ooquistes de *Cryptosporidium* spp. entre 2017-2022



En la

Tabla 12 se presenta el P90 y máximo de las estimaciones de la dosis de quistes para el grupo de edad de 18 a 64 años en Boyacá, Cundinamarca y Tolima entre 2017 y 2022. Se puede observar que se mantiene la tendencia del P90 de la dosis estimada de quistes con un valor de cero en Boyacá y Cundinamarca, siendo la dosis máxima simulada en 2021 y 2022 mayor para Cundinamarca (Gráfico 34), el cual, a pesar de que presentó una prevalencia menor, reportó la mayor concentración máxima reportada (7,5 ooquistes/l) como se puede ver en las (Gráfico 35 y Gráfico 36). Cabe resaltar que el departamento de Tolima en el año 2021 presentó la mayor prevalencia y concentración reportadas

con respecto al histórico reportado por Boyacá y Cundinamarca, pero tuvo una mejoría notable en el año 2022, donde todas las muestras fueron aceptables.

Tabla 12. Dosis estimada de quistes/l de *Giardia* spp. para Boyacá, Cundinamarca y Tolima en población de 18 a 64 años.

Año	Boyacá		Cundinamarca		Tolima	
	P90	Máximo	P90	Máximo	P90	Máximo
2017	0,36	2,07	0,51	1,89	NA*	NA*
2018	1,04	3,14	0,22	1,54	NA*	NA*
2019	0	0,04	0	0,08	NA*	NA*
2020	0	0,06	0	0	NA*	NA*
2021	0	0,18	0	0,38	1,68	9,13
2022	0	0,05	0,13	1,82	NA	NA

NA* Datos que no cumplen los criterios de inclusión para el modelo

Gráfico 34. Dosis máxima estimada de quistes/l de *Giardia* spp. para Boyacá, Cundinamarca y Tolima en población de 18 a 64 años

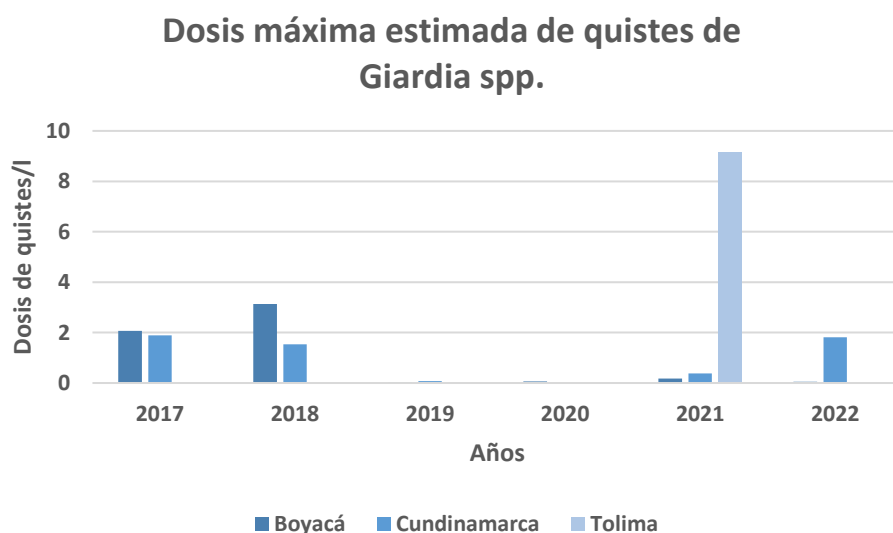


Gráfico 35. Porcentaje de muestras reportadas positivas para *Giardia* spp. entre 2017 y 2022.

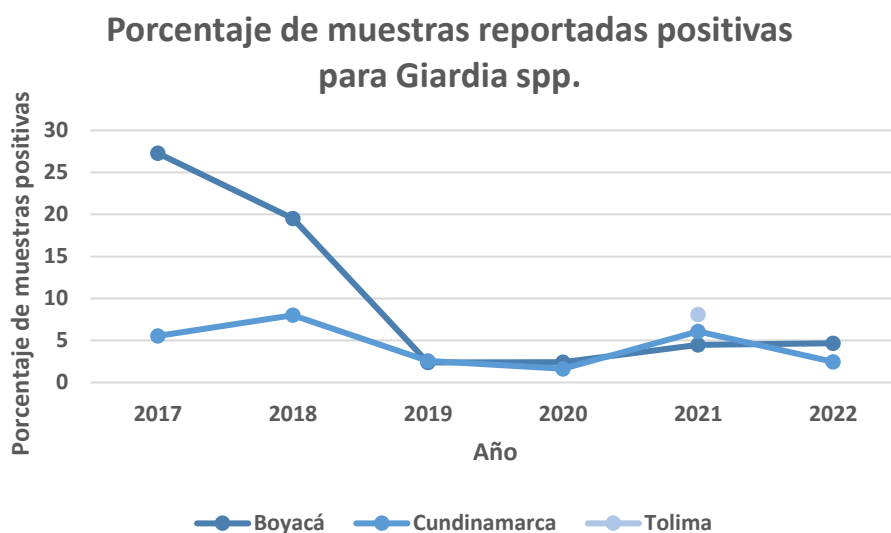


Gráfico 36. Concentración máxima reportada de *Giardia* spp. Y *Cryptosporidium* spp. Entre 2017 y 2022.



En la Tabla 13 se presenta el P90 y el máximo de casos estimados anuales para *Giardia* spp. y *Cryptosporidium* spp. en Boyacá y Cundinamarca para el rango de edad de 18 a 64 años, entre 2017 y 2022, se observa que en 2022 aumenta el P90 del número de casos estimados para Cundinamarca.

Tabla 13. Casos estimados anuales de coinfección por *Giardia* spp. y *Cryptosporidium* spp. en Cundinamarca y Boyacá en población de 18 a 64 años.

Año	Cundinamarca		Boyacá	
	P90	Máximo	P90	Máximo
2017	160758	1672273	413855	856689
2018	111788	1148742	447800	869409
2019	0	60274	317304	805142
2020	0	24264	0	369198
2021	0	78077	8729	93078
2022	2542	78354	0	19591

En la Gráfico 37 se puede observar como el número máximo de casos estimados en los dos departamentos ha ido disminuyendo en el tiempo, lo cual está directamente relacionado con las bajas dosis estimadas presentadas en los últimos años.

Gráfico 37. Casos estimados anuales de coinfección por *Giardia* spp. y *Cryptosporidium* spp. en Boyacá y Cundinamarca en población de 18 a 64 años.

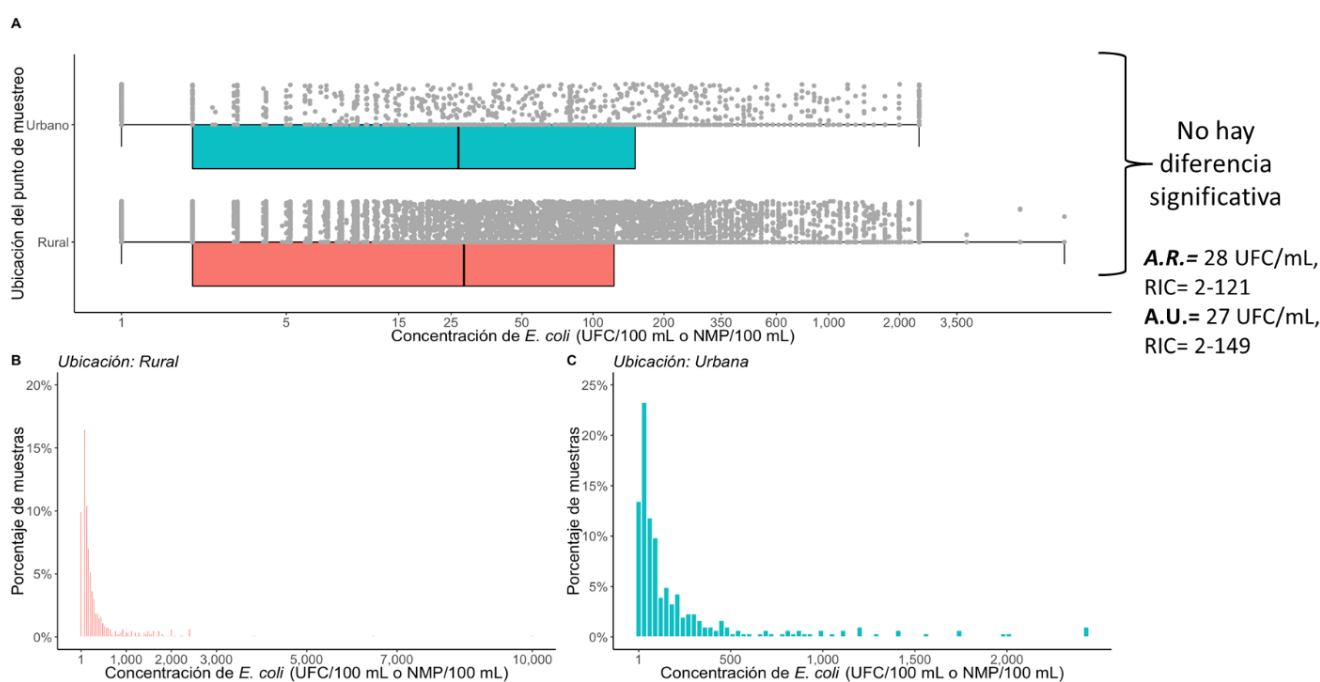


3.3.3.4. Análisis de datos y estadísticos de la base de SIVICAP y concentración de *E. coli*

Al observar la distribución de los reportes por el número de muestras en áreas urbanas y rurales de los 17 departamentos incluidos en el análisis del informe, se encontró que hubo un mayor reporte en las áreas rurales (n=20833) respecto a las urbanas (n=13307). De estos reportes, para el área rural el porcentaje de muestras no aceptables, es decir donde el diagnóstico de *E. coli* arrojó > 10 UFC/mL o > 1 NMP/100 mL, fue de 17% (n=5 930); y para el área urbana fue del 2,5% (n=862). La mediana

de la concentración del microorganismo fue mayor para el área rural con un valor de 28 (Rango intercuartílico, RIC= 2-121) UFC de *E. coli*/100 mL o NMP/100 mL, respecto a la urbana con la mediana fue de 27 (RIC = 2 - 149), las cuales no tuvieron diferencias significativas ($P>0,05$) entre sí, de acuerdo con la prueba estadística no paramétrica Kruskal-Wallis con un nivel de confianza del 95% (Gráfico 38).

Gráfico 38. Distribución de la concentración de *E. coli* según los reportes de ubicación rural y urbana. (A) Concentración de *E. coli* según ubicación del punto de muestreo. (B) Porcentaje y distribución de muestras aisladas de *E. coli* en área rural y (C) área urbana.



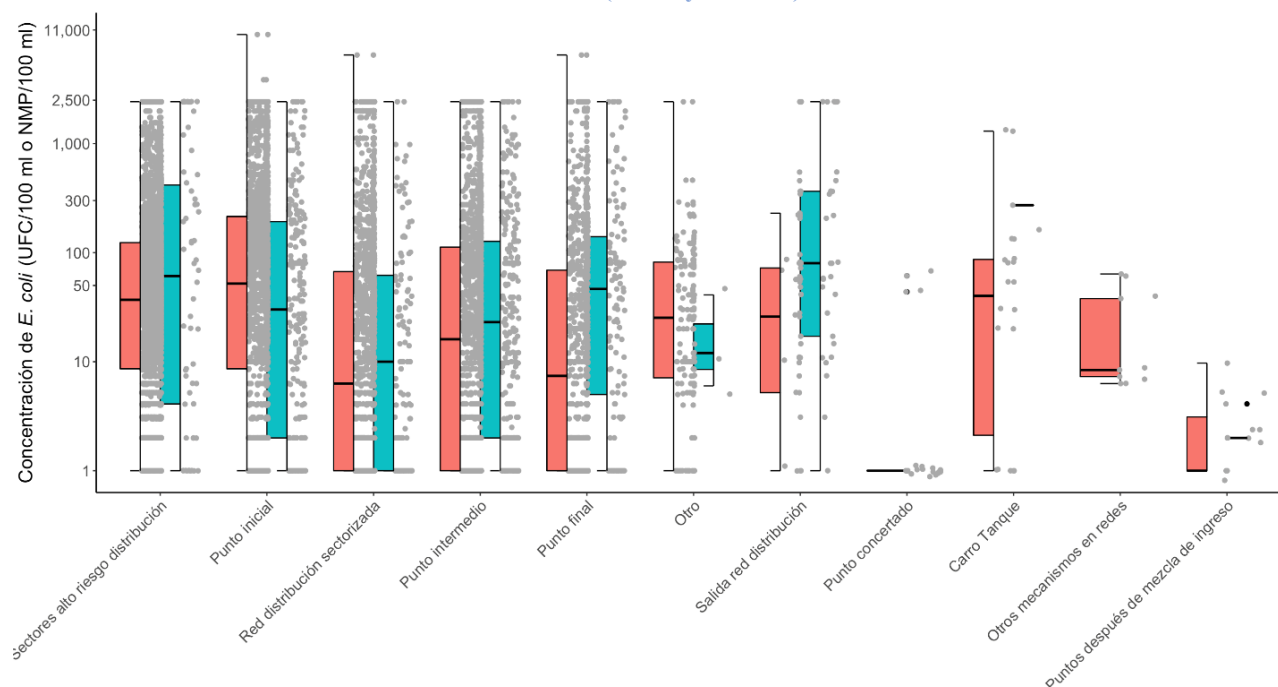
Fuente: Elaboración propia

Considerando estos valores de UFC de *E. coli* /100 mL o NMP/100 mL, de acuerdo con la clasificación de riesgo propuesta por la OMS, sobre la base de un sistema de clasificación de la calidad microbiana y la clasificación o puntuaciones de inspección sanitaria, se podría clasificar como alto riesgo (11–100 UFC de *E. coli*/100 mL) el consumo de agua para el 17% de las muestras tomadas en áreas rurales, y del 2,5% para las tomadas en áreas urbanas (44, 45). Para el área rural el valor máximo de la concentración reportado de *E. coli* fue 10 000 UFC/100 mL o NMP/100 mL y para el área urbana fue 2420. Adicionalmente, se observa un alto porcentaje de muestras (> 19%) por encima de 80 UFC de *E. coli*/100 mL o NMP/100 mL, y una mayor concentración, de 149 UFC de *E. coli*/100 mL o NMP/100 mL, para áreas urbanas.

En los análisis estadísticos implementados para identificar efecto de la clasificación del punto de muestreo y la ubicación del punto de muestreo con respecto a la concentración de *E. coli* reportada, se utilizó el enfoque no paramétrico del modelo aditivo generalizado con un nivel de confianza del 95%. Según los resultados de las muestras no aceptables de acuerdo con la ubicación del punto del

punto de muestreo y el área de ubicación (rural o urbana), se observó que la mediana de concentración de *E. coli* para la variable denominada “En los sectores de mayor riesgo del sistema de distribución desde el punto de vista de posible contaminación del agua para consumo humano” (Sectores alto riesgo distribución) del área rural fue de 37 UFC de *E. coli*/100 mL o NMP/100 mL (RIC= 9-115); mientras que para el área urbana fue de 61 (RIC= 4 - 414); no se presentó diferencia significativa ($p > 0,05$) (Gráfico 39).

Gráfico 39. Concentración de *E. coli* según la clasificación del punto de muestreo en función de la ubicación (Rural y Urbana).



Nota: Ver descripción de las abreviaturas de la ubicación del punto de muestreo en la Tabla 10.

En cuanto a la categoría punto inicial de muestreo (Punto Inicial), la mediana de la concentración para *E. coli* en el área rural fue de 52 UFC/100 mL o NMP/100 mL (RIC= 9 - 206) y de 30 UFC/100 mL (RIC = 2 - 190) para el área urbana, no se presentó diferencia significativa ($p > 0,05$). Adicionalmente, para la categoría de punto intermedio de muestreo (Punto intermedio) la concentración mediana de la bacteria para el área rural fue de 16 (RIC = 1 - 111) UFC/100 mL o NMP/100 mL, mientras que para el área urbana fue de 23 (RIC = 2 - 125), no se presentó diferencia significativa ($p > 0,05$). Para la clasificación del punto de muestro final (Punto final), se presentó una tendencia similar al punto intermedio, ya que la concentración mediana de la bacteria para el área rural fue menor que en el área urbana, 7 UFC/100 mL o NMP/100 mL (RIC = 1 - 68) y 46 (RIC = 5 - 135), respectivamente, sin embargo, no se presentó diferencia significativa ($p > 0,05$).

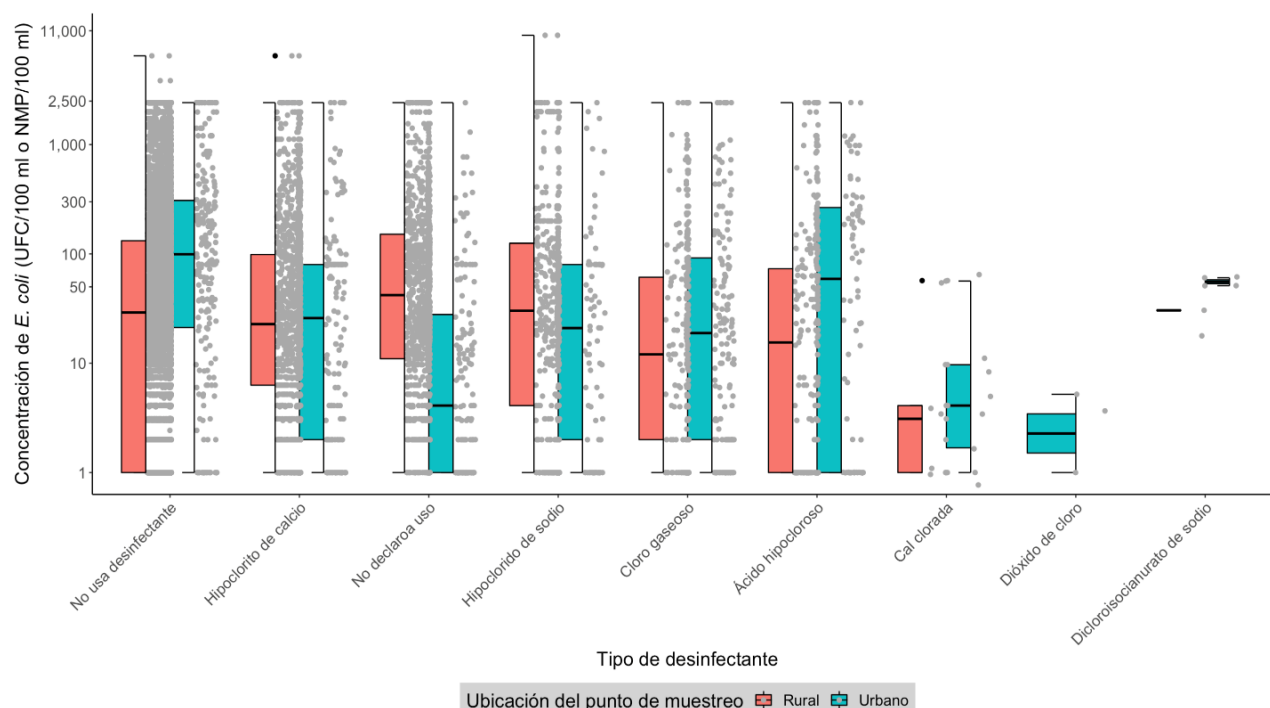
Para la clasificación del punto de muestro en las redes de distribución sectorizadas (Red distribución sectorizada) la concentración mediana de la bacteria para el área urbana fue mayor que en el área rural, 10 UFC/100 mL o NMP/100 mL (RIC= 1-61) y 6 (RIC= 1 - 66), respectivamente, no se presentó diferencia significativa ($p > 0,05$). De igual manera, se presentó una tendencia similar para el punto de muestreo “Salida red de distribución” que en el área urbana presentó una mediana de 80 UFC/100 mL o NMP/100 mL (RIC= 17 - 348) y para el área rural de 26 (RIC= 5 - 67), sin embargo, no se

presentó diferencia significativa ($p > 0,05$). A diferencia de los dos puntos de muestreo anteriores, para el punto de muestreo “Otro” se observó que la mediana en la concentración de *E. coli* mayor en el área rural en comparación con el área urbana, 25 UFC/100 mL o NMP/100 mL (RIC= 7 - 74) y 12 UFC/100 mL o NMP/100 mL (RIC= 9 - 17), respectivamente, no obstante, no se presentó diferencia significativa ($p > 0,05$).

Finalmente, en relación con los puntos de muestreo: “punto concertado”, “carro tanque”, “otros mecanismos en redes”, y “puntos después de la mezcla de ingreso”, se observó una baja cantidad de datos tomados, que no permiten realizar un análisis estadístico ni comparación entre las áreas rurales y urbanas.

Por otro lado, para identificar efecto desinfectante usado para el tratamiento del agua y la ubicación del punto de muestreo con respecto a la concentración de *E. coli* reportada, también se utilizó el enfoque no paramétrico del modelo aditivo generalizado con un nivel de confianza del 95%. Con respecto a los resultados de las muestras de *E. coli* UFC/100 mL o NMP/100 mL donde no usan desinfectante (No usa desinfectante) fue mayor en las áreas urbanas con relación a las áreas rurales, sin embargo, no se encontró diferencia estadística significativa ($p > 0,05$). En cuanto al uso del desinfectante Hipoclorito de calcio- HTH-oxicloruro de calcio (CalHipo_HTH), no se presentó diferencia significativa ($p > 0,05$) en la concentración de *E. coli* UFC/100 mL o NMP/100 mL entre el área rural y urbana; y similar resultado se presentó en las áreas urbanas y rurales muestreadas que utilizan el Hipoclorito de sodio-oxicloruro de sodio (HIPO_OXINa) como desinfectante ($p > 0,05$) (Gráfico 40).

Gráfico 40. Concentración de *E. coli* según el tipo de desinfectante utilizado para el tratamiento del agua en función de la ubicación (Rural y Urbana).



Nota: Ver descripción de las abreviaturas del tipo de desinfectante usado en la Tabla 10.

Con respecto a las áreas rurales y urbanas que no declaran el uso de desinfectante (No declara uso) para tratar el agua, se observó que la mediana de la concentración de *E. coli* estuvo muy por debajo de la mediana en áreas rurales; sin embargo, no hubo diferencia estadística significativa ($p>0,05$) estas áreas. En relación con las zonas rurales y urbanas que usan Cloro gaseoso (Cloro gaseoso) y ácido hipocloroso, se encontró que la mediana en la concentración de *E. coli* es mayor para las áreas urbanas que para las áreas rural, aunque tampoco se evidenció diferencia estadística significativa ($p>0,05$).

Finalmente, en relación con las áreas que usaban los desinfectantes: “Cal clorada-cloruro de cal, hipoclorito de cal (Cal clorada)”, “Dióxido de cloro”, y “dicloroisosianurato de sodio”, para el tratamiento del agua; se observó una baja cantidad de datos tomados, que no permiten realizar un análisis estadístico ni comparación entre las áreas rurales y urbanas.

4. CAPITULO 4. Resultados de calidad del agua para las muestras realizadas por la SSPD en cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 15 de la ley 1955 de 2019.

4.1. Generalidades

La Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), por disposición del artículo 79 de la Ley 142 de 1994, es la autoridad encargada de vigilar y controlar a los prestadores de servicios públicos domiciliarios en el debido cumplimiento de las normas que regulan las actividades inherentes a la prestación de los servicios públicos domiciliarios. De conformidad con la Ley 1955 de 2019 - Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022⁶, “Pacto por Colombia, pacto por la equidad”, se modificó el numeral 8 y adicionaron los numerales 34, 35 y 36 al artículo 79 de la Ley 142 de 1994, en relación con las funciones de la SSPD. En materia de calidad de agua, el numeral 35⁷ creó la función de la SSPD de, cuando lo considere pertinente, encargar a terceros especializados la toma de muestras de calidad del agua y contratar un laboratorio para el análisis de estas.

La Ley del Plan plantea un gran desafío, toda vez que fortalece las funciones de la SSPD en lo que respecta a inspección, vigilancia y control sobre la calidad del agua, así mismo le atribuye nuevas facultades en cuanto a: i) encargar a terceros especializados la toma y análisis de muestras de calidad de agua en cualquier lugar del área de prestación del servicio, y ii) verificar la calidad del agua que distribuyen los prestadores (en el momento en que se realiza la muestra) para mantener un seguimiento directo sobre las condiciones de suministro pudiendo integrar estos resultados a la información disponible por parte de las autoridades sanitarias, mejorando la oportunidad en la toma de decisiones y en la aplicación de medidas de control sobre los prestadores, enfocadas a la mejora en la calidad de agua que suministran a sus usuarios.

Los resultados de los análisis que realiza la SSPD son valorados de acuerdo con los parámetros señalados en la Resolución 2115 de 2007, establecido por los Ministerios de Salud y Protección Social, y Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

En este sentido, y teniendo en cuenta que en este informe se presentan los resultados obtenidos en la vigencia 2022, se señala que, para ese año, la SSPD suscribió el Contrato Interadministrativo con el Grupo Diagnóstico y Control de la Contaminación – GDCON, laboratorio de La Universidad de Antioquia para la toma de muestras y análisis de las características físicas, químicas y microbiológicas al agua suministrada a un grupo de prestadores priorizados. Las muestras se tomaron según lo reglamentado en la resolución 2019000040585 de 07 de octubre de 2019.

⁶ Ley 1955 de 2019

⁷ “35. En los casos en los que lo considere necesario para el ejercicio de las funciones de inspección, vigilancia y control, encargar a terceros especializados la toma de muestras de calidad del agua en cualquier lugar del área de prestación del servicio y del sistema que sea técnicamente posible, y contratar un laboratorio para el análisis de estas. Los resultados que arrojen las muestras tomadas por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios podrán ser utilizados como prueba, dentro de los procesos administrativos sancionatorios que adelante contra prestadores objeto de su vigilancia, y para cualquier otro fin que sea pertinente dentro en el ejercicio de las funciones de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.”

Finalmente, es relevante mencionar que, para la atención de la nueva función de la SSPD, se estableció al interior de la Entidad, el proyecto de inversión denominado “Mejoramiento de las acciones de vigilancia y control de la calidad del agua en los prestadores del servicio de acueducto” el cual tiene una vigencia que abarca desde el 2019 hasta el 2023. Así las cosas, en este informe se presentan los resultados de la calidad del agua correspondientes a las muestras tomadas durante la vigencia 2022.

4.2. Metodología para la determinación de prestadores sujetos a monitoreo

En este capítulo se presenta la metodología utilizada para la identificación e implementación de criterios de priorización de los prestadores objeto de toma de muestras de calidad del agua en el marco del proyecto de inversión durante la vigencia 2022.

4.2.1. Priorización grupo de prestadores de interés del Objetivo 1

En el marco del objetivo 1 del proyecto, se priorizaron 24 áreas de prestación que presentaron diferencias importantes en la información de muestras de vigilancia y control a la calidad del agua, disponible en las bases de SIVICAP y en el SUI, respectivamente, para la vigencia 2021.

A continuación, se presentan los tres (3) criterios que se tuvieron en cuenta para la priorización de prestadores para la toma de muestras de acuerdo con el objetivo 1:

- ▶ **Criterio No. 1 – Diferencia de IRCA SUI – SIVICAP, con datos reportados:** corresponde a la identificación y valoración de deficiencias en la calidad de información al realizar una comparación entre el IRCA de las bases SUI y SIVICAP. Se identifican los prestadores y áreas de prestación que presenten mayores diferencias entre el IRCA mensual reportado en SUI y el IRCA mensual reportado en SIVICAP para la vigencia 2021.
- ▶ **Criterio No. 2 – Diferencia de nivel de riesgo SUI – SIVICAP, con datos reportados:** corresponde a la identificación y valoración de deficiencias en la calidad de información al realizar una comparación entre el nivel de riesgo de las bases SUI y SIVICAP. Se identificarán los prestadores y áreas de prestación que presenten mayores diferencias entre el nivel de riesgo mensual reportado en SUI y el nivel de riesgo mensual reportado en SIVICAP para la vigencia 2021.
- ▶ **Criterio No. 3 – Diferencia de nivel de riesgo SUI reportado – SUI recalculado SSPD:** corresponde a la identificación y valoración de deficiencias en la calidad de información de control reportada al SUI. Se identificarán los prestadores y áreas de prestación que presenten mayores diferencias entre el nivel de riesgo mensual reportado en SUI y el nivel de riesgo mensual SUI recalculado por parte de la SSPD.

En la Tabla 14 se presenta la selección del grupo de 24 áreas de prestación priorizadas, las cuales se localizaron en 11 departamentos, y en 24 municipios.

Tabla 14. Municipios priorizados para toma de muestra - Objetivo 1.

Departamento	Municipio	Zona de prestación	Departamento	Municipio	Zona de prestación
Antioquia	Rionegro	Rural	Huila	Hobo	Urbana
	San Andrés de Cuerquía	Urbano		Villavieja	Urbano y rural
	San Francisco	Urbano		Yaguará	Urbano
Boyacá	Miraflores	Urbano y rural	Magdalena	Aracataca	Urbano
	Soracá	Urbano	Meta	San Carlos de Guaroa	Urbano
Casanare	Monterrey	Urbano		San Juan de Arama	Urbano
Cesar	Tamalameque	Urbano	Nariño	Pupiales	Urbano
Cundinamarca	Albán	Urbano		Túquerres	Urbano
	Bituima	Urbano	Santander	Carcasí	Urbano
	Cogua	Urbano y rural		Coromoro	Urbano
	Quetame	Urbano		Guaca	Urbano y rural
	Sasaima	Urbano	Tolima	Herveo	Urbano

Fuente: SSPD

4.2.2. Priorización grupo de prestadores de interés del Objetivo 2

En el marco del objetivo 2 del proyecto, se priorizaron 64 áreas de prestación que no contaron con información de vigilancia de calidad del agua reportada en SIVICAP por las autoridades sanitarias, para los periodos 2020 y 2021.

A continuación, se presentan los tres (3) criterios que se tuvieron en cuenta para la priorización de prestadores para la toma de muestras de acuerdo con el objetivo 2:

- ▶ **Criterio No. 1 – Prestadores y APS sin información de calidad del agua en SIVICAP:** permite seleccionar los prestadores y APS sin información de calidad del agua en SIVICAP para los años de análisis. La información a partir de la cual se identificaron estas APS, corresponde a la reportada por las autoridades sanitarias en el aplicativo SIVICAP, administrado por el INS y depurada por la SSPD. Los prestadores y APS con información de vigilancia de calidad del agua en SIVICAP para los periodos evaluados, fueron descartados de la priorización.
- ▶ **Criterio No. 2 – Prestadores y APS sin reporte de información de calidad de agua en SUI:** permite dar prioridad a aquellos prestadores que además de no contar con información de vigilancia de calidad de agua en SIVICAP, tampoco reportan información de control de calidad de agua en el SUI. La información a partir de la cual se identificaron estas APS, corresponde a la reportada en SUI por los prestadores en los formatos “Características

Básicas”, “Características Especiales” y “Características no Obligatorias” que fue consolidada en una base, por profesionales del proyecto de inversión de calidad del agua. Los prestadores y APS que reportaron información vigilancia de calidad del agua en SUI para los periodos evaluados, fueron descartados de la priorización.

- **Criterio No. 3 – Identificación de APS con información SUI que permite suponer que los prestadores suministran agua tratada:** con este criterio se buscó identificar a los prestadores y APS que, de acuerdo con la información reportada por ellos en el SUI, se pueda suponer que suministran agua tratada a sus usuarios. Este grupo se identificó a partir de la información reportada en SUI por los prestadores en los formularios “Registro de sistemas de potabilización”, “Actualización de los sistemas de Potabilización”, “Sistemas de Potabilización, para los prestadores rurales” y consulta de actividades de acueducto reportadas en RUPS. Los prestadores y APS que de acuerdo con la información reportada en el SUI no suministran agua tratada, se descartaron de la priorización.

En la Tabla 15 se presenta la selección del grupo de 64 áreas de prestación priorizadas, ubicadas en 44 municipios de 11 departamentos.

Tabla 15. Municipios priorizados para toma de muestra - Objetivo 2.

Departamento	Municipio	Zona de prestación	Departamento	Municipio	Zona de prestación
Antioquia	Bello	Rural	Cundinamarca	Guachetá	Rural
	Betulia	Rural		La Calera	Rural
	Ciudad Bolívar	Rural		Nocaima	Rural
	Copacabana	Rural		Paratebueno	Rural
	Envigado	Rural		Quipile	Rural
	Fredonia	Rural		San Antonio del Tequendama	Rural
	Guarne	Rural		Subachoque	Rural
	Guatapé	Urbano y rural		Sutatausa	Rural
	Retiro	Rural		Tabio	Rural
	Rionegro	Rural		Tena	Rural
	San Carlos	Rural		Tibacuy	Rural

Departamento	Municipio	Zona de prestación	Departamento	Municipio	Zona de prestación
	San Vicente Ferrer	Rural	Huila	Villavieja	Rural
Boyacá	Cucaita	Rural	Magdalena	Santa Bárbara de Pinto	Urbano y rural
	Jenesano	Rural	Nariño	Pasto	Urbano
	Paipa	Rural	Quindío	Salento	Rural
	Ráquira	Rural	Risaralda	Mistrató	Rural
	Samacá	Rural		Dosquebradas	Urbano
Cesar	Valledupar	Rural	Santander	Aratoca	Rural
Cundinamarca	Cachipay	Rural		Curiti	Rural
	Chipaqué	Rural		San Vicente de Chucurí	Rural
	El Colegio	Rural	Valle del Cauca	Cali	Rural
	Facatativá	Rural		Yumbo	Rural

Fuente: SSPD.

4.2.3. Priorización grupo de prestadores de interés del Objetivo 3

En el marco del objetivo 3 del proyecto, se priorizaron 24 áreas de prestación que presentaron una tendencia reiterada de nivel de riesgo en la calidad del agua suministrada a sus usuarios, en los años 2019, 2020 y 2021, con el objeto de definir las acciones de control en la calidad del agua para prestadores con nivel de riesgo reiterado.

A continuación, se presentan los dos (2) criterios que se tuvieron en cuenta para la priorización de prestadores para la toma de muestras de acuerdo con el objetivo 3:

- **Criterio No. 1 - Reiteración en el nivel de riesgo:** corresponde a la identificación y valoración de reiteración de nivel de riesgo para las vigencias 2019, 2020 y 2021; según la información contenida en SUI y SIVICAP. Se priorizarán los prestadores que presenten la mayor cantidad de meses en este período de tiempo, con valores de IRCA mensual mayores a 5%, haciendo énfasis a la información de la vigencia más reciente (2021), con el objetivo de acercar los resultados de priorización al estado reciente de la prestación del servicio de acueducto en cada área de prestación.
- **Criterio No. 2 – Población atendida:** se tiene en cuenta la población atendida por las empresas prestadoras con el fin de considerar aquellos municipios con población representativa, y así darle un peso al impacto que niveles de riesgo alto e inviable sanitariamente puedan generar sobre los usuarios.

En la Tabla 16 se presenta la selección del grupo de 24 áreas de prestación priorizadas, las cuales se localizaron en 11 departamentos, y en 24 municipios.

Tabla 16. Municipios priorizados para toma de muestra - Objetivo 3.

Departamento	Municipio	Zona de prestación	Departamento	Municipio	Zona de prestación
Bolívar	Arenal	Urbano	Cesar	Chiriguaná	Urbano
	Clemencia	Urbano y rural		San Alberto	Urbano
	Córdoba	Urbano y rural	Cundinamarca	Chaguaní	Urbano
	Mompós	Urbano	Guainía	Inírida	Urbano
	San Martín de Loba	Urbano y rural	Guaviare	Calamar	Urbano
Boyacá	Corrales	Urbano y rural		El Retorno	Urbano y rural
	Cucaita	Urbano y rural	Nariño	Policarpa	Urbano
	Motavita	Urbano y rural		Samaniego	Urbano
	Sutamarchán	Urbano	Putumayo	Sibundoy	Urbano
	Toca	Urbano y rural	Santander	Capitanejo	Urbano
Casanare	Támara	Urbano		El Peñón	Urbano
Cauca	Mercaderes	Urbano y rural		Sucre	Urbano

Fuente: SSPD.

4.2.4. Muestras por necesidad de la SSPD para vigilancia y control

En la vigencia 2022 la SSPD dispuso de recursos para realizar toma de muestras a prestadores para los cuales se presentaron alertas sobre la calidad de agua distribuida, o aquellos que fueran de su interés en el marco de las actividades de vigilancia y control. Para estos casos, el proyecto de inversión se encargó de la logística de la toma de muestras por funcionamiento, y la Dirección Técnica de Acueducto, Alcantarillado y Aseo definió las áreas de prestación para las cuales se requería la toma de las muestras.

Tabla 17. Municipios para toma de muestra - Funcionamiento.

Departamento	Municipio	Zona de prestación	Departamento	Municipio	Zona de prestación
Bolívar	Calamar	Urbano	Quindío	Pijao	Urbano
Caquetá	Cartagena Del Chairá	Urbano	Santander	San Benito	Urbano
Cauca	Guapi	Urbano		Confines	Rural
Chocó	El Litoral Del San Juan	Urbano		Matanza	Urbano y rural
	Bahía Solano	Urbano		California	Urbano
Córdoba	Montería	Urbano y rural		Suratá	Urbano
Cundinamarca	Zipacón	Urbano		Bucaramanga	Urbano
	Soacha	Rural	Tolima	Honda	Rural

Departamento	Municipio	Zona de prestación	Departamento	Municipio	Zona de prestación
	Sesquilé	Rural		Armero	Urbano
Magdalena	Santa Ana	Urbano		Rovira	Urbano
Meta	Granada	Urbano	Valle del Cauca	Buenaventura	Urbano
Putumayo	Valle Del Guamuez	Urbano	Vaupés	Mitú	Urbano

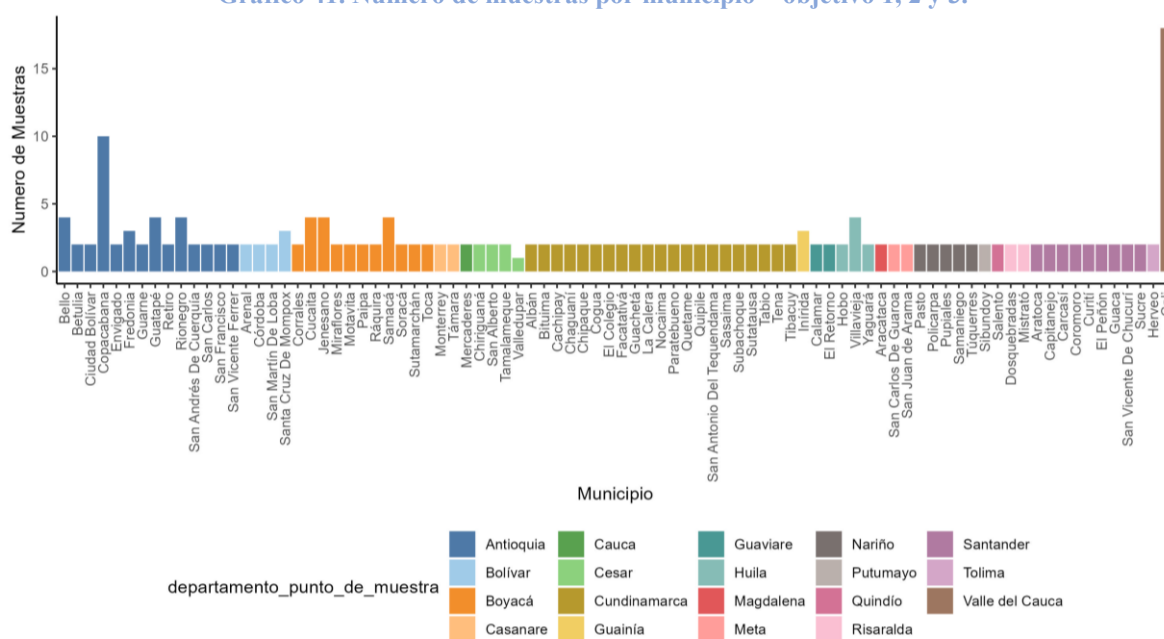
Fuente: SSPD.

4.3. Determinación del número de muestras

En el caso de las muestras realizadas en el marco del proyecto de inversión, para cada área de prestación priorizada de los objetivos 1, 2 y 3, se tomaron dos muestras, buscando evaluar la calidad del agua suministrada en el punto más cercano al inicio de la red y hacia el final, con el fin de conocer si se presentan variaciones significativas a lo largo de la red de distribución. Para los puntos de toma de muestra donde no fue posible realizarlo al inicio de la red, se estimó efectuarla en el punto más cercano al sistema de tratamiento.

Siendo así, a continuación, se presenta en el Gráfico 41 la distribución del número de muestras a nivel municipal para la ejecución de muestras de calidad del agua de los objetivos 1, 2 y 3.

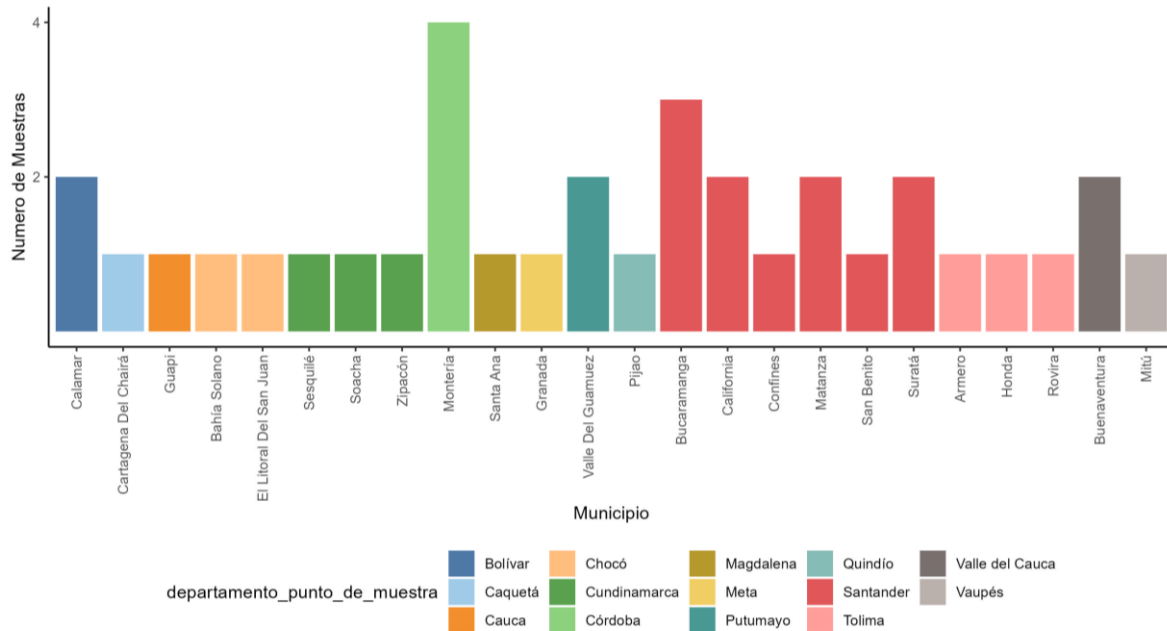
Gráfico 41. Número de muestras por municipio – objetivo 1, 2 y 3.



Fuente: SSPD.

Ahora bien, para la ejecución de muestras de calidad de agua por funcionamiento, a continuación, en el Gráfico 42 se observa la distribución del número de muestras a nivel municipal.

Gráfico 42. Número de muestras por municipio – funcionamiento vigilancia y control.



Fuente: SSPD.

Para los prestadores priorizados en los tres objetivos del proyecto se definió que se incluyera la totalidad de los parámetros contemplados en la resolución 2115 de 2007, con el fin de evidenciar posibles riesgos en la calidad del agua que presuntamente no están siendo parte del control y de la vigilancia que adelantan los prestadores y/o las autoridades ambientales, relacionados en la Tabla 18.

Tabla 18. Parámetros analizados por el laboratorio.

Parámetro	Parámetro	Parámetro	Parámetro
Alcalinidad total	Cloruros	Fosfatos	Nitritos
Aluminio	Cobre	<i>Giardia</i>	pH
Antimonio	Coliformes totales	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos ⁸	Plaguicidas ⁹
Arsénico	Color aparente	Hierro total	Plomo
Bario	Conductividad	Magnesio	Selenio
Cadmio	Cromo	Manganeso	Sulfatos
Calcio	<i>Cryptosporidium</i>	Mercurio	Temperatura

⁸ Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos: Naftaleno, Acenaftileno, Acenafteno, Fluoreno, Fenantreno, Antraceno, Fluoranteno, Pireno, Benzo(a) antraceno, Crizeno, Benzo(b) fluoranteno, Benzo(k) fluoranteno, Benzo(a) pireno.

⁹ Plaguicidas: Etilentiourea, Metamidofos, Metomil, Carbofurano, Dimetoato, Imidacloprid, Fention, Paration (Etil paration), Diazinon, Hexaconazol, Malatión, Clorpirifos, Profenofos, Difeconazol, Permetrin, Fipronil, 2-hidroxi-atrazina, Cymoxanil, Clorotoluron, Metribuzín, Atrazina, Diclorvos, Ametrina, Terbutilazina, Diuron, Linuron, Metil-Paratión, Alaclor, Metolacolor, Terbufos, Propiconazol, Clorfenvinfos, Metsulfurón-metil, Dimetomorf, Abamectina, Etion, Fenitrotión.

Parámetro	Parámetro	Parámetro	Parámetro
Carbono orgánico total (COT)	Dureza total	Molibdeno	Trihalometanos totales ¹⁰
Cianuro libre y disociable	<i>Escherichia Coli</i>	Nitratos	Turbiedad
Cloro residual libre	Fluoruros	Níquel	Zinc

Fuente: SSPD

La distribución de parámetros a ser analizados respondió a:

- Muestras tomadas en el punto más cercano al inicio de la red: se analizaron todos los parámetros mencionados en la Tabla 18.
- Muestras correspondientes a los puntos cercanos al final de la red de distribución: se analizaron todos los parámetros de la misma Tabla 18, exceptuando Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) y Plaguicidas.

Para el caso de las muestras realizadas por funcionamiento, los parámetros analizados respondieron a la necesidad detectada en cada área de prestación.

A continuación, en la se presentan los conteos generales de los parámetros evaluados en el monitoreo, tanto en el marco del proyecto de inversión como por necesidad de las actividades de funcionamiento de la DTGAA:

Tabla 19. Aspectos del plan de monitoreo.

Aspecto	Cantidad						
	Objetivo 1		Objetivo 2		Objetivo 3		Funcionamiento
Número de departamentos	11		12		11		14
Número de municipios	24		44		24		24
Número de prestadores	23		59		23		24
Número de características	Inicio red	Final red	Inicio red	Final red	Inicio red	Final red	40*
	40	38	40	38	40	38	
Número de muestras	48		116		48		35
Número de análisis	2687		6496		2580		1964

Fuente: SSPD

* 6 muestras con los siguientes parámetros analizados: pH, Temperatura, Cloro Libre, Conductividad, Color Aparente, Turbiedad, Coliformes Totales, *Escherichia Coli*, *Giardia*, *Cryptosporidium*,

¹⁰ Trihalometanos: Cloroformo, Bromodiclorometano, Dibromoclorometano, Bromoformo

Cianuro, Alcalinidad Total, Fósforo, Dureza Total, Sulfatos, Cloruros, Nitratos, Nitritos, Fluoruros, COT, Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Cobre, Cromo, Hierro, Calcio, Manganeseo, Molibdeno, Magnesio, Zinc, Mercurio, Níquel, Plomo, Selenio, Trihalometanos Totales.

* 18 muestras con la totalidad de parámetros analizados.

* 11 muestras con los siguientes parámetros analizados: pH, Temperatura, Cloro Libre, Conductividad, Color Aparente, Turbiedad, Coliformes Totales, Escherichia Coli, Cianuro, Alcalinidad Total, Fósforo, Dureza Total, Sulfatos, Cloruros, Nitratos, Nitritos, Fluoruros, COT, Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Cobre, Cromo, Hierro, Calcio, Manganeseo, Molibdeno, Magnesio, Zinc, Mercurio, Níquel, Plomo, Selenio.

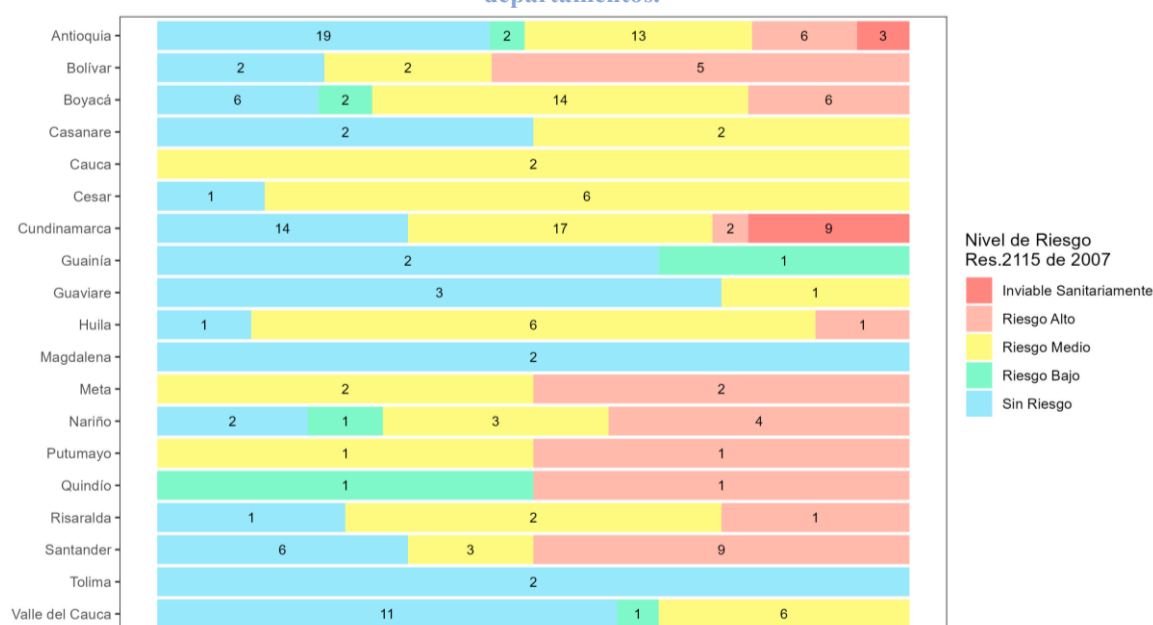
4.4. Resultados Índice de Riesgo de Calidad del Agua

Los resultados del Índice de Riesgo de la Calidad de Agua (IRCA), se presenta a continuación para los prestadores priorizados por los objetivos 1, 2, 3 del proyecto de inversión y por funcionamiento, para el período 2022.

4.4.1. IRCA departamental prestadores priorizados en el proyecto y por funcionamiento

En el Gráfico 43 se presenta el número de muestras analizadas por departamento y la distribución del IRCA y nivel de riesgo obtenido de las 212 muestras tomadas a partir de la priorización de prestadores de los objetivos 1, 2 y 3 en el marco del proyecto.

Gráfico 43. Nivel de riesgo asociado a los valores de IRCA - Proyecto de inversión. Clasificado por departamentos.

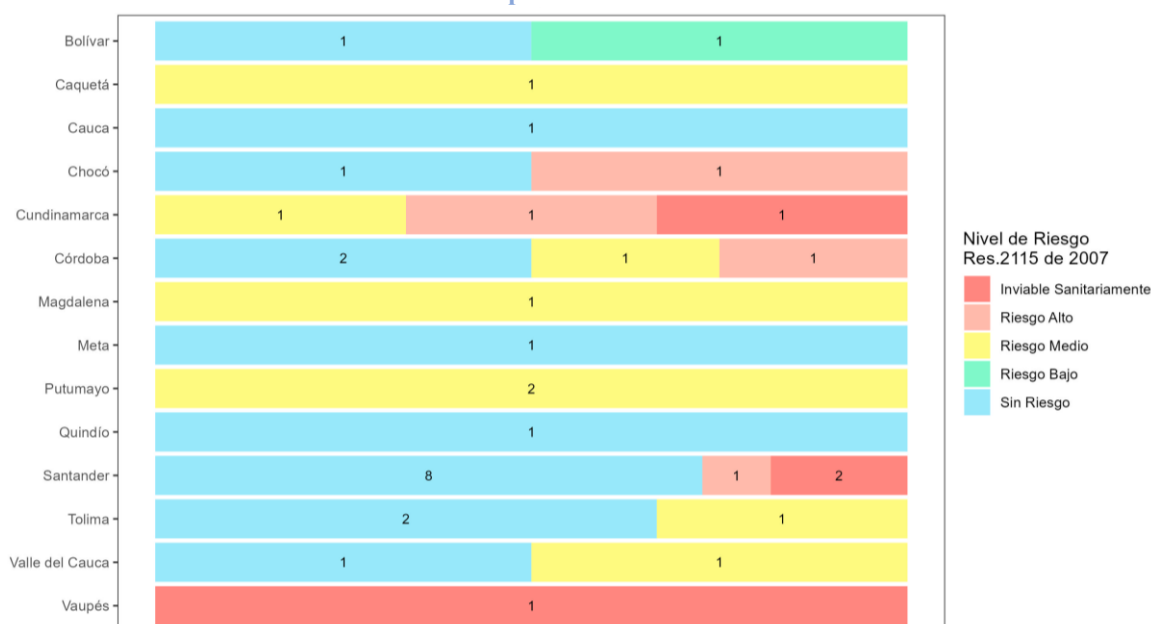


Fuente: SSPD.

Del gráfico anterior se destaca que, del total de muestras ejecutadas, 74 arrojaron resultado de agua apta para consumo humano, los departamentos cuya totalidad de muestras tuvieron esta condición fueron Magdalena (2) y Tolima (2). Por otro lado, 12 muestras presentaron un nivel de riesgo Inviabile Sanitariamente; los departamentos en los cuales se presentaron estos resultados de calidad de agua fueron Antioquia (3) y Cundinamarca (9), es importante considerar que estos también fueron los departamentos en los que se ejecutó el mayor número de muestreos. Con respecto al nivel de riesgo Alto, se presentó en 38 resultados de muestras, con mayor concentración en los departamentos de Santander (9 de 18 muestras) y Bolívar (5 de 9 muestras). La mayoría de muestras que resultaron con agua no apta para consumo humano presentan un nivel de riesgo medio, para un total de 80 muestras. Por último, solo 8 muestras de 212 presentan un nivel de riesgo Bajo.

Con respecto a las muestras analizadas por funcionamiento, en el Gráfico 44 se presenta el número de muestras analizadas por departamento y la distribución del IRCA y nivel de riesgo a nivel departamental, obtenido de las 35 muestras analizadas.

Gráfico 44. Nivel de riesgo asociado a los valores de IRCA - Funcionamiento. Clasificado por departamentos.



Fuente: SSPD.

Del gráfico anterior se destaca que, del total de muestras ejecutadas (35), 18 arrojaron resultado de agua apta para consumo humano, la mayoría de las muestras presentan este nivel de riesgo. Por otra parte, 4 muestras presentaron un nivel de riesgo Inviabile Sanitariamente; la única muestra tomada en el departamento de Vaupés obtuvo este nivel de riesgo, mientras que 2 de las 13 muestras tomadas en el departamento de Santander presentaron este nivel de riesgo, así como 1 de las 3 muestras tomadas en Cundinamarca. El nivel de riesgo Alto se encontró en 4 muestras, 1 en cada 1 de los siguientes departamentos: Chocó, Cundinamarca, Córdoba y Santander. En cuanto al nivel de riesgo Medio, se destaca que fue encontrado en 8 muestras de las 35 tomadas, con mayor proporción en el

departamento de Putumayo (2). Finalmente, solo 1 muestra de 35 presentó nivel de riesgo Bajo, y fue tomada en el departamento de Bolívar.

4.4.2. Cobertura y Resultados Nivel de riesgo

La información presentada en esta sección corresponde a los resultados de la toma de muestras de calidad de agua realizadas para el grupo de prestadores priorizados de cada uno de los objetivos del proyecto de inversión, y muestras tomadas por necesidad de las actividades de funcionamiento de la DTGAA para el período de la vigencia 2022.

Para el caso del proyecto de inversión, se realizaron 212 muestras a 105 prestadores, distribuidos en 86 municipios en 19 departamentos. En la Tabla 20 se presentan los resultados generales, y se encuentra que los departamentos de Cundinamarca y Antioquia presentan mayor cantidad de municipios cubiertos con un total de 21 y 14 municipios respectivamente, mientras que en los departamentos de Cauca, Guainía, Magdalena, Putumayo, Quindío, Tolima y Valle del Cauca solo se realizó toma de muestra en 1 municipio.

De las 212 muestras a nivel nacional, se destaca que la mayor cantidad se han tomado en el departamento de Antioquia (43), seguido de los departamentos de Cundinamarca (42) y Boyacá (28).

Tabla 20. Nivel de riesgo por muestras – Proyecto de inversión.

Departamento	Cantidad municipios	Cantidad prestadores	Nivel de riesgo calculado					Total muestras
			Inviabile Sanitariamente	Riesgo Alto	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Sin Riesgo	
Antioquia	14	22	3	6	2	13	19	43
Bolívar	4	4	-	5	-	2	2	9
Boyacá	11	14	-	6	2	14	6	28
Casanare	2	2	-	-	-	2	2	4
Cauca	1	1	-	-	-	2	-	2
Cesar	4	4	-	-	-	6	1	7
Cundinamarca	21	21	9	2	-	17	14	42
Guainía	1	1	-	-	1	-	2	3
Guaviare	2	2	-	-	-	1	3	4
Huila	3	4	-	1	-	6	1	8
Magdalena	1	1	-	-	-	-	2	2
Meta	2	1	-	2	-	2	-	4
Nariño	5	5	-	4	1	3	2	10
Putumayo	1	1	-	1	-	1	-	2
Quindío	1	1	-	1	1	-	-	2
Risaralda	2	2	-	1	-	2	1	4
Santander	9	9	-	9	-	3	6	18
Tolima	1	1	-	-	-	-	2	2

Departamento	Cantidad municipios	Cantidad prestadores	Nivel de riesgo calculado					Total muestras
			Inviabile Sanitariamente	Riesgo Alto	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Sin Riesgo	
Valle del Cauca	1	9	-	-	1	6	11	18
Total	86	105	12	38	8	80	74	212

Fuente: SSPD.

Correspondiente a las muestras de funcionamiento, en la Tabla 21 se señala que fueron realizadas 35 muestras a 24 prestadores, distribuidos en 24 municipios de 14 departamentos.

Se observa que los departamentos de Cundinamarca, Santander y Tolima presentan mayor cantidad de municipios cubiertos con un total de 3, 6 y 3 municipios respectivamente, mientras que, en los departamentos de Bolívar, Caquetá, Cauca, Córdoba, Magdalena, Meta, Putumayo, Quindío, Valle del Cauca y Vaupés, solo se realizó toma de muestra en 1 municipio.

Tabla 21. Nivel de riesgo por muestras – Funcionamiento.

Departamento	Cantidad municipios	Cantidad prestadores	Nivel de riesgo calculado					Total muestras
			Inviabile Sanitariamente	Riesgo Alto	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Sin Riesgo	
Bolívar	1	1	-	-	1	-	1	2
Caquetá	1	1	-	-	-	1	-	1
Cauca	1	1	-	-	-	-	1	1
Chocó	2	2	-	1	-	-	1	2
Córdoba	1	1	-	1	-	1	2	4
Cundinamarca	3	3	1	1	-	1	-	3
Magdalena	1	1	-	-	-	1	-	1
Meta	1	1	-	-	-	-	1	1
Putumayo	1	1	-	-	-	2	-	2
Quindío	1	1	-	-	-	-	1	1
Santander	6	6	2	1	-	-	8	11
Tolima	3	3	-	-	-	1	2	3
Valle del Cauca	1	1	-	-	-	1	1	2
Vaupés	1	1	1	-	-	-	-	1
Total	24	24	4	4	1	8	18	35

Fuente: SSPD.

El valor específico de los resultados del análisis de cada una de las características para cada prestador se describe en el (clasificación IRCA y nivel de riesgo priorización objetivos 1, 2 y 3 y clasificación IRCA y nivel de riesgo priorización funcionamiento) a través de la siguiente URL: <http://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/2023-11/Anexos-INCA-2022.xlsx>, para la vigencia 2022.

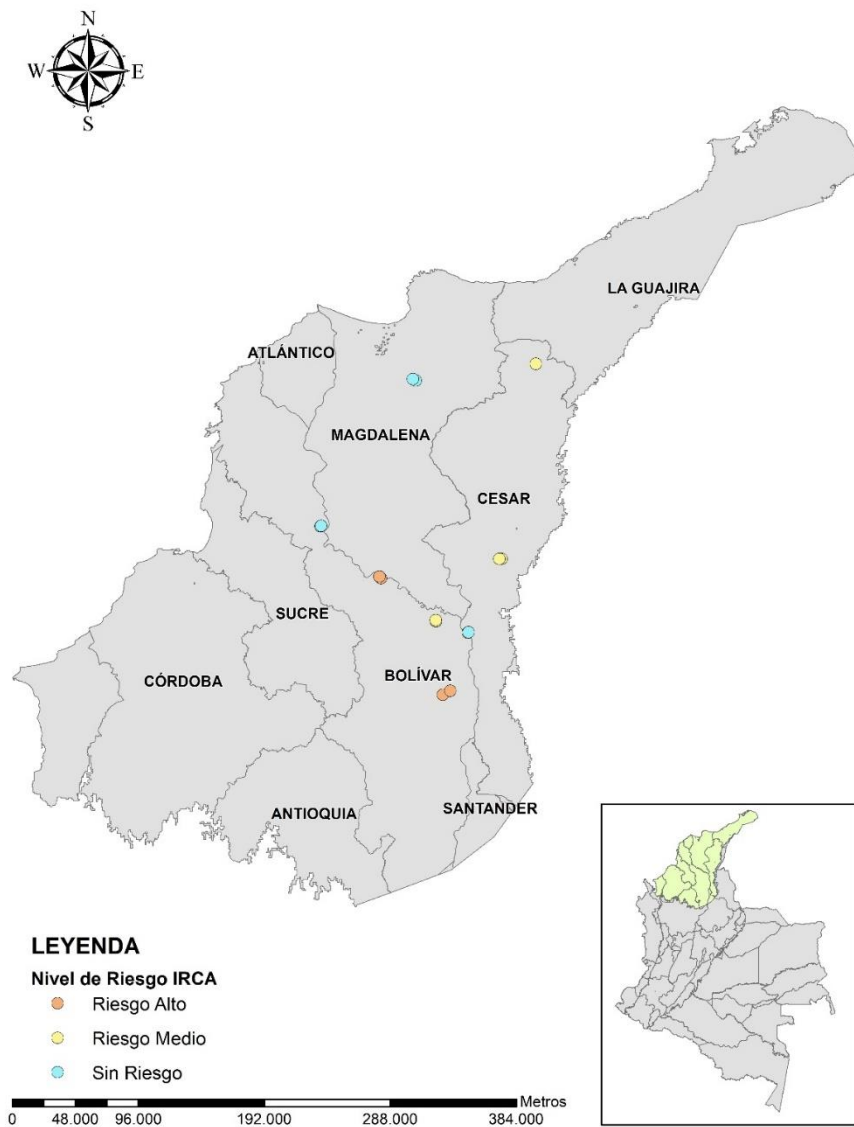
4.4.2.1. Mapas calidad de Agua – Vigilancia SSPD

A partir de los resultados de las muestras de calidad del agua, se identificaron los resultados del IRCA a nivel geográfico y su distribución espacial en cada una de las regiones del país como se muestra en los Mapa 3 y

Mapa 7 (Región Caribe), Mapa 4 y Mapa 8 (Región Andina), Mapa 5 y Mapa 10 (Región Orinoquía),

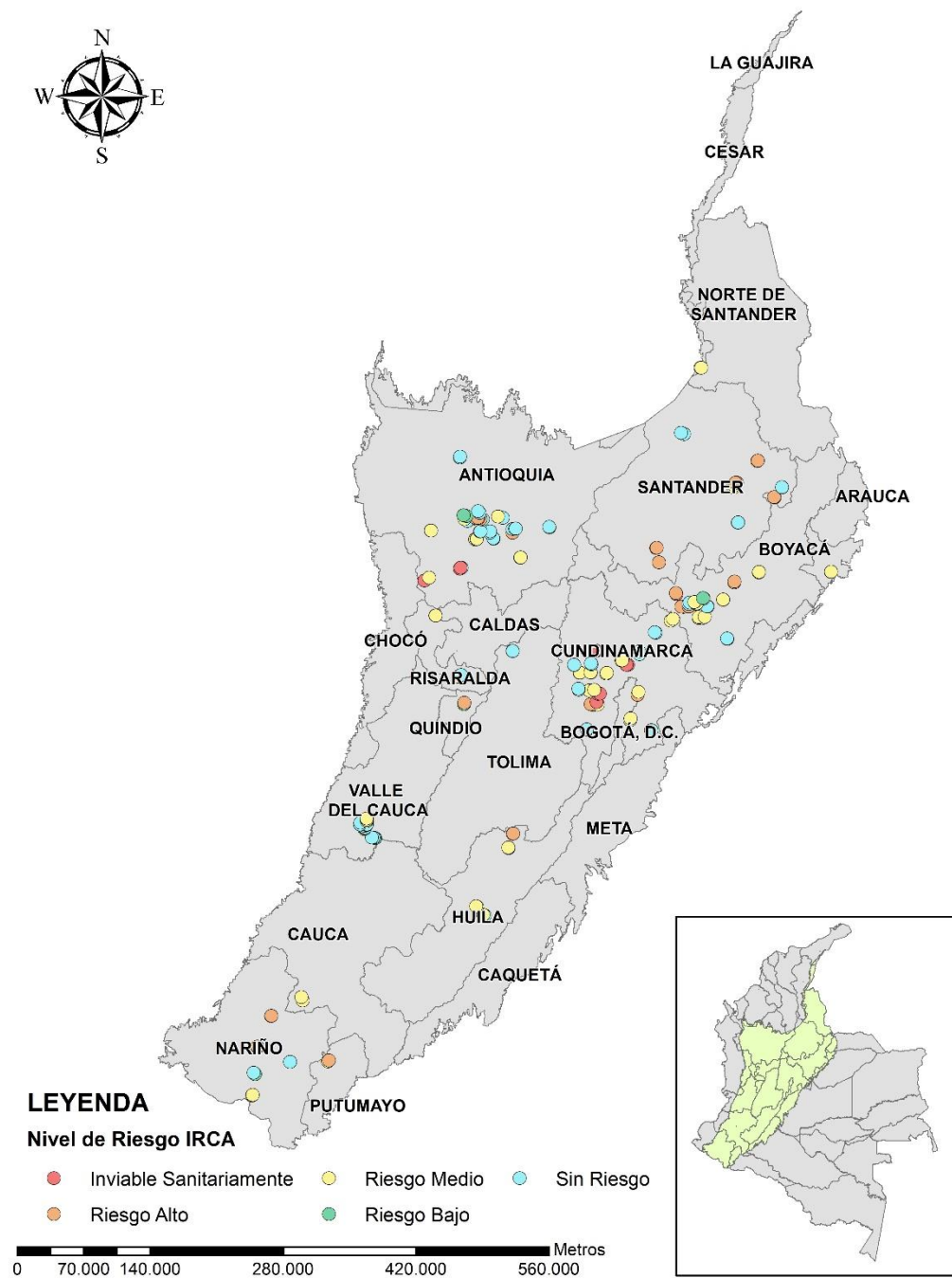
Mapa 6 y Mapa 11 (Región Amazonía), Mapa 9 (Región Pacífica), teniendo en cuenta que el resultado ilustrado obedece a la muestra con el nivel de riesgo menos favorable que se obtuvo en cada municipio.

Mapa 3. Proyecto de inversión - Nivel de riesgo de las muestras tomadas por parte de la SSPD en la Región Caribe



Fuente: SSPD

Mapa 4. Proyecto de inversión - Nivel de riesgo de las muestras tomadas por parte de la SSPD en la Región Andina



Mapa 5. Proyecto de inversión - Nivel de riesgo de las muestras tomadas por parte de la SSPD en la Región Orinoquía



LEYENDA

Nivel de Riesgo IRCA

- | | |
|---|--|
| ● Inviabile Sanitariamente | ● Riesgo Bajo |
| ● Riesgo Alto | ● Sin Riesgo |
| ● Riesgo Medio | |

0 62.500 125.000 250.000 375.000 500.000 Metros



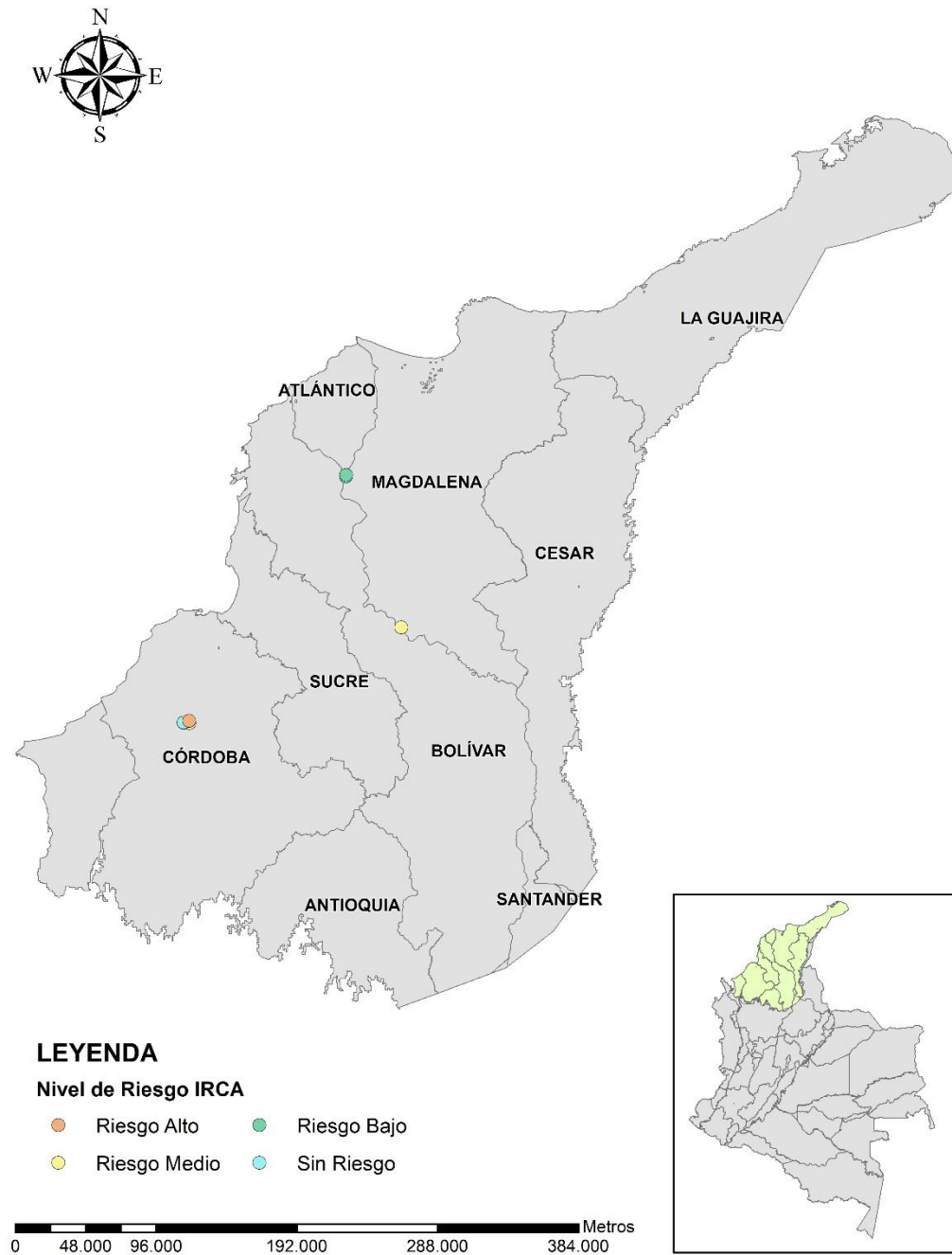
Fuente: SSPD

Mapa 6. Proyecto de inversión - Nivel de riesgo de las muestras tomadas por parte de la SSPD en la Región Amazonía



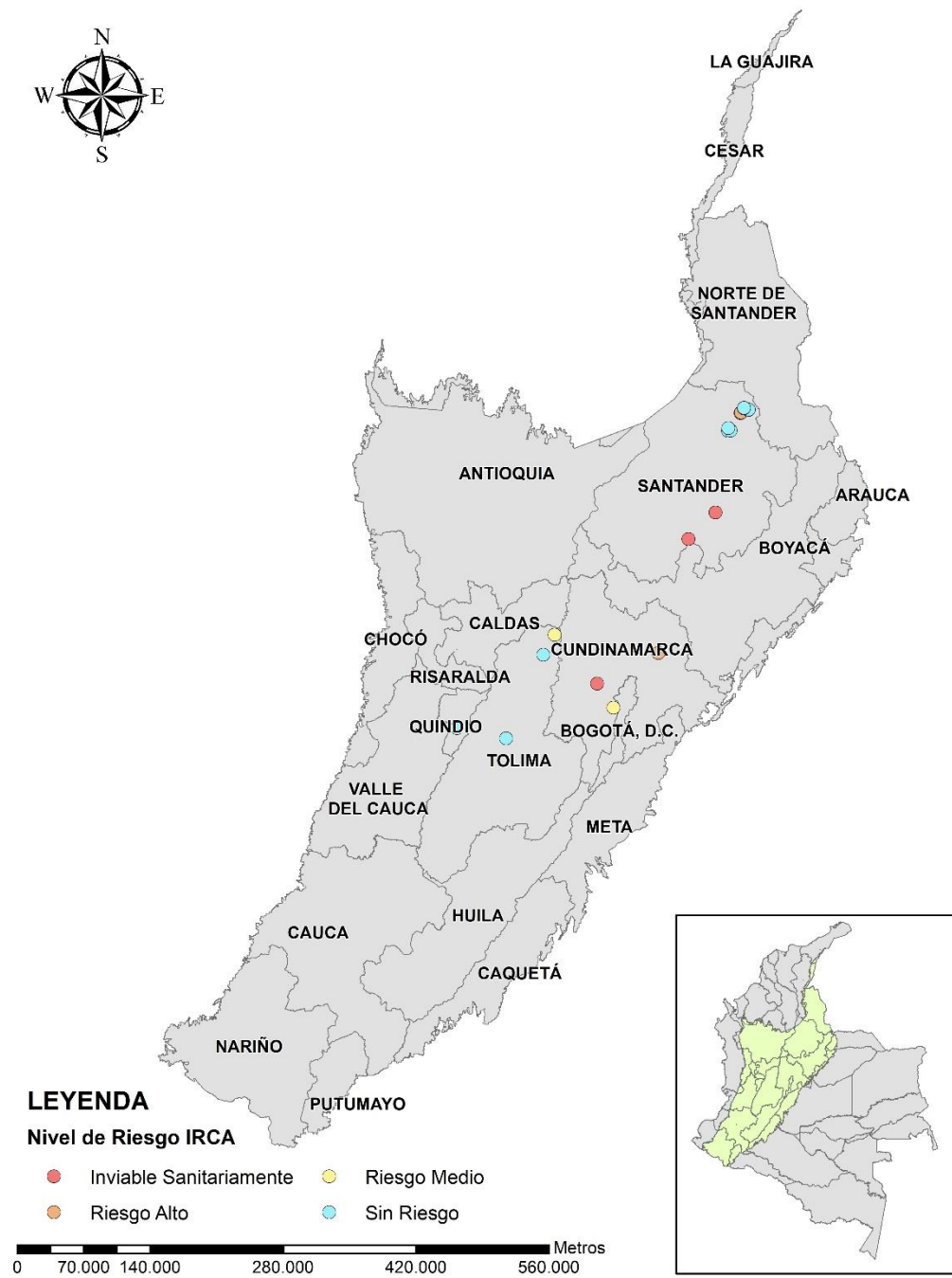
Fuente: SSPD

Mapa 7. Funcionamiento - Nivel de riesgo de las muestras tomadas por parte de la SSPD en la Región Caribe

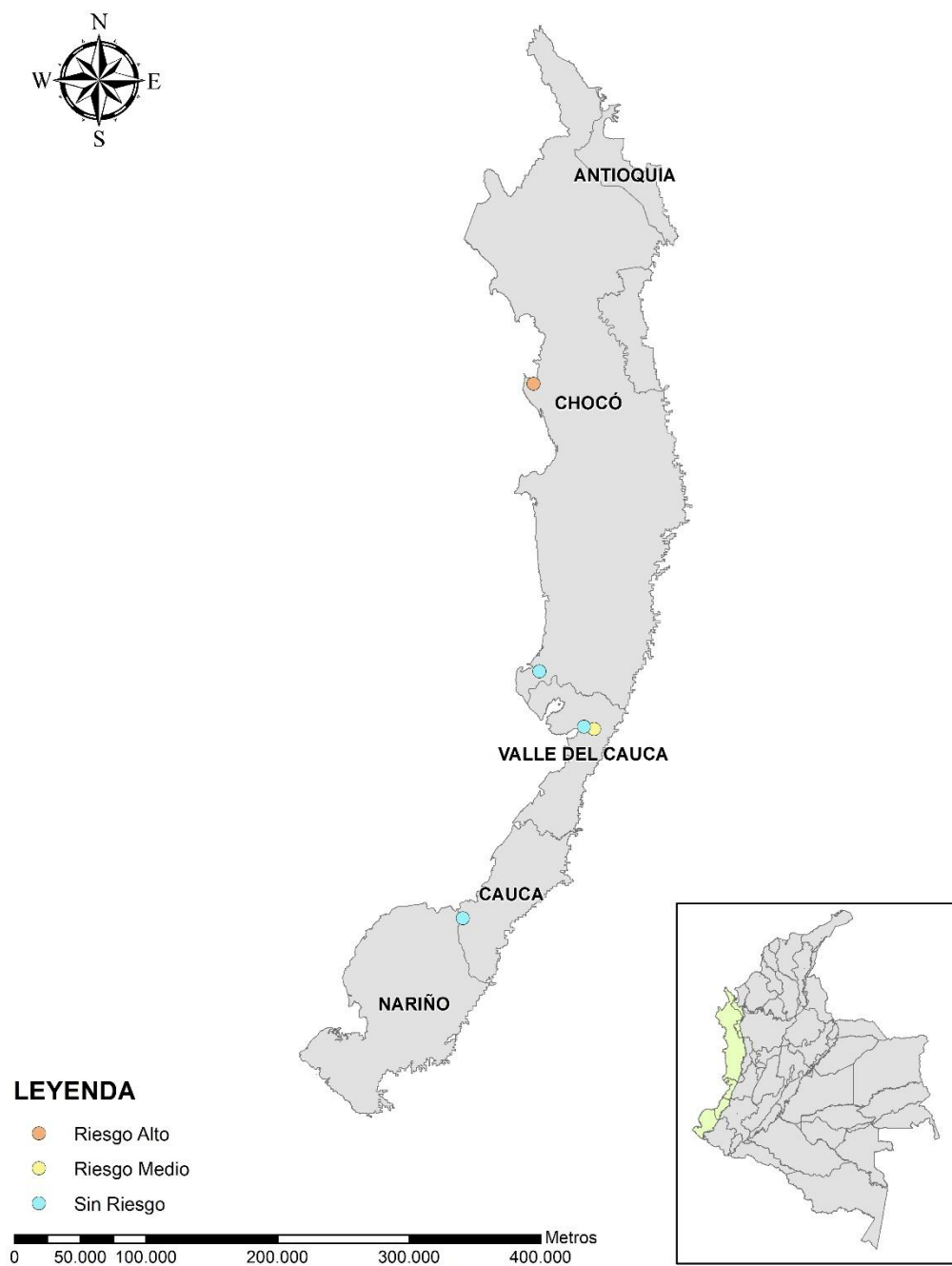


Fuente: SSPD

Mapa 8. Funcionamiento - Nivel de riesgo de las muestras tomadas por parte de la SSPD en la Región Andina



Mapa 9. Funcionamiento - Nivel de riesgo de las muestras tomadas por parte de la SSPD en la Región Pacífica

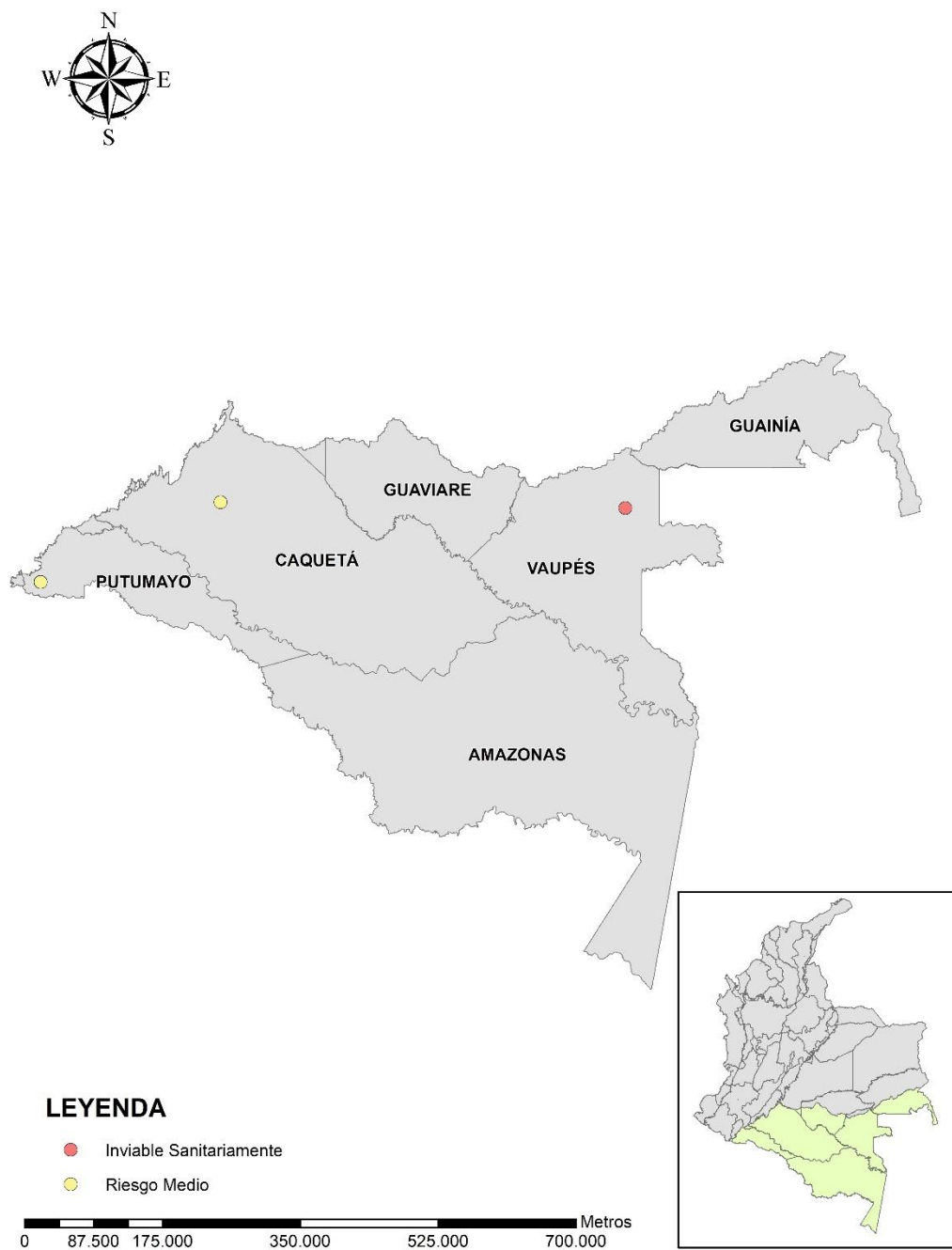


Mapa 10. Funcionamiento - Nivel de riesgo de las muestras tomadas por parte de la SSPD en la Región Orinoquía



Fuente: SSPD

Mapa 11. Funcionamiento - Nivel de riesgo de las muestras tomadas por parte de la SSPD en la Región Amazonía



Fuente: SSPD

4.5. Comportamiento de las características analizadas

El estudio de las características analizadas identifica los problemas de la calidad del agua que estaban suministrando los prestadores sujetos de análisis. Se resalta que los resultados analizados corresponden a una gran diversidad de sistemas de tratamiento, los hallazgos permitieron explorar de forma general la situación de la calidad del agua en los municipios analizados.

Debido a que las muestras contemplan parámetros de análisis diferentes, se presentan los resultados de las características analizadas de manera separada en dos secciones tanto para prestadores priorizados en el proyecto de inversión y por funcionamiento.

A continuación, se presentan mediante gráficas de frecuencias los resultados para las características que por sus tipologías son de interés en la operación de los sistemas de potabilización, sistemas de distribución y riesgos a la salud.

Los valores específicos de los resultados del análisis de cada una de estas características para cada uno de los prestadores se describen a través de la siguiente URL: <http://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/2023-11/Anexos-INCA-2022.xlsx>.

4.5.1. Características microbiológicas

La identificación de microorganismos en el agua permite advertir que ha sido contaminada con materia fecal, u otros organismos enteropatógenos con potencial para transmitir enfermedades (i.e., EDA, Hepatitis A).

Es de resaltar que dentro de las características microbiológicas que se analizaron en relación con su frecuencia están: *E. coli*, *Giardia*, *Cryptosporidium* y Coliformes Totales.

De acuerdo a la OMS, la presencia de *Escherichia coli*, es importante resaltar que es el microorganismo más representativo de la contaminación fecal en el agua de consumo, y por lo tanto no deben estar presentes en agua destinada a la bebida, ni en agua tratada en un sistema de distribución. En cuanto a la presencia de coliformes totales, puede ser un indicador operacional útil, y permite alertar al prestador sobre la limpieza e integridad de sistemas de distribución, pero no necesariamente indica presencia de microorganismos patógenos y no constituye un problema sanitario, como sí lo sería la presencia del microorganismo *E. coli*.

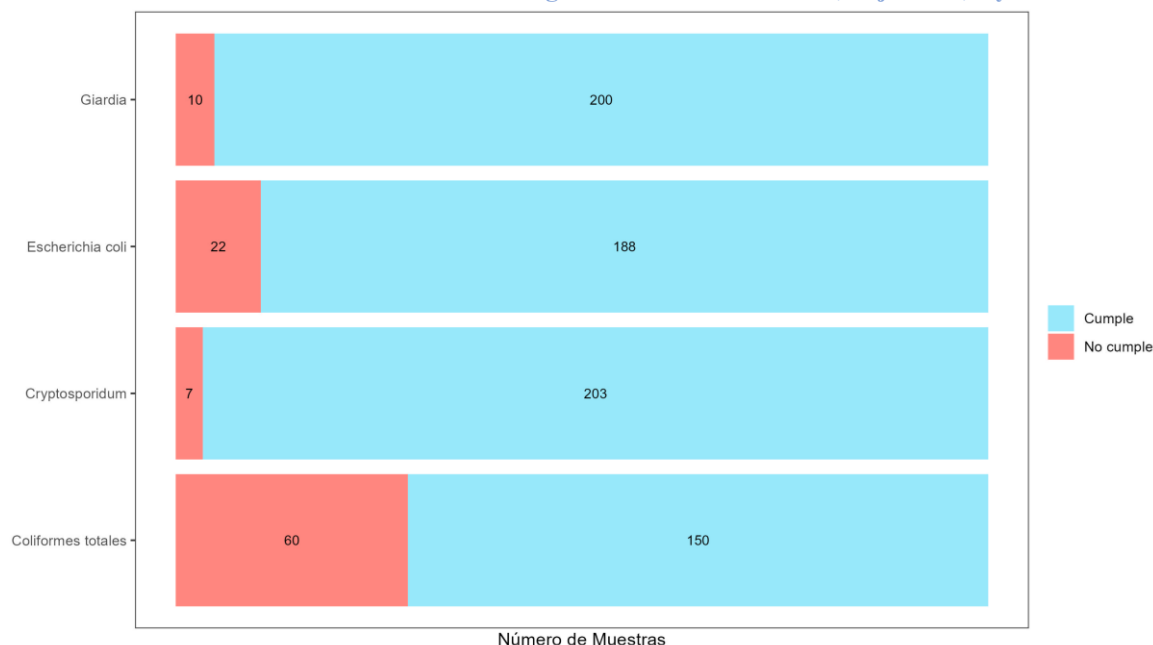
Por otra parte, la infección por *Giardia* es una de las causas más frecuentes de las enfermedades transmitidas por el agua. Los parásitos se encuentran en lagos y arroyos en las zonas rurales, pero también en suministros públicos de agua. La infección por *Giardia* puede transmitirse a través de los alimentos y mediante el contacto de persona a persona.

Referente a los resultados del proyecto de inversión, los resultados muestran: i) *E. coli*: el 10,5% de los valores (22 de 210 resultados) se encuentran superiores al valor máximo de referencia (0 UFC/100cm³). ii) *Giardia*: el 4,8% de los valores (10 de 210 resultados) se encuentran superiores al

valor de referencia (0 quistes/L) encontrándose hasta 0.20¹¹ quiste/L en una de las muestras, iii) Coliformes totales: el 28,6% de los valores (60 de 210 resultados) se encuentran superiores al valor de referencia (0 UFC/100cm³) encontrándose hasta 950¹² UFC/100cm³. iv) *Cryptosporidium*: el 3,3% de los valores (7 de 210 resultados) se encontraron valores superiores al valor de referencia (0 quistes/L).

El Gráfico 45, evidencia un análisis del número de muestras con incumplimientos a partir de los resultados obtenidos para este grupo de características.

Gráfico 45. Características microbiológicas análisis de muestras, objetivo 1, 2 y 3.



Fuente: SSPD

El Gráfico 46, muestra el comportamiento a nivel departamental de los resultados de las características analizadas para las muestras tomadas en los municipios priorizados del proyecto de inversión. Cabe resaltar, que para cada municipio se tomó la peor muestra tomada, es decir la que mayor puntaje de IRCA y nivel de riesgo se obtuvo. En el próximo párrafo se resaltan los departamentos con más incumplimientos para cada parámetro microbiológico.

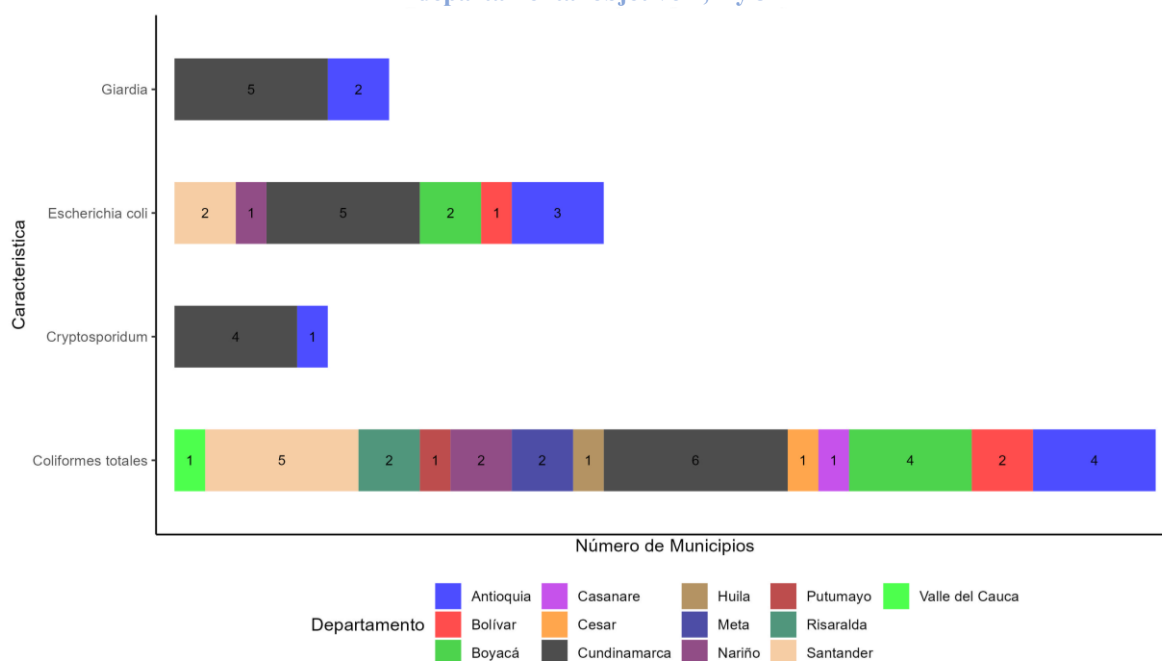
Los resultados indican que en 6 departamentos hubo presencia de *E. coli* con mayor número de municipios en el departamento de Cundinamarca (5 de 21 municipios, Nocaima, Paratebueno, San Antonio del Tequendama, Tabio y Tena); de igual forma, en el departamento de Cundinamarca hubo

¹¹ Resultado que corresponde a municipios de Ciudad Bolívar y Fredonia del departamento de Antioquia, y Tabio del departamento de Cundinamarca. De las empresas Asociación de Usuarios del Acueducto Multiveredal Betania – Hispania, Asociación de Usuarios del Acueducto de la Vereda El Calvario y Asociación de Usuarios de Acueducto Mazatas, respectivamente.

¹² Resultado que corresponde al municipio de El Peñón, Santander, prestador Unidad Administradora de Servicios Públicos de Acueducto, Alcantarillado y Aseo del Municipio El Peñón.

presencia de *Giardia* en 5 de 21 municipios, Nocaima, Paratebueno, San Antonio del Tequendama, Tabio y Tena; en 13 departamentos se encontró *Coliformes totales*, con mayor concentración en los departamentos de Cundinamarca (6 de 21 municipios, El Colegio, Nocaima, Paratebueno, San Antonio del Tequendama, Tabio y Tena) y Santander (5 de 9 municipios, Aratoca, Capitanejo, El Peñón, Guaca y Sucre). *Cryptosporidium* presentó incumplimientos en los departamentos de Antioquia (Fredonia) y Cundinamarca (Nocaima, Paratebueno, Tabio y Tena).

Gráfico 46. Características microbiológicas, que presentan incumplimiento a nivel municipal y departamental objetivo 1, 2 y 3



Con respecto a los resultados de las muestras realizadas por funcionamiento, el Gráfico 47, muestra un análisis de frecuencia de características microbiológicas.

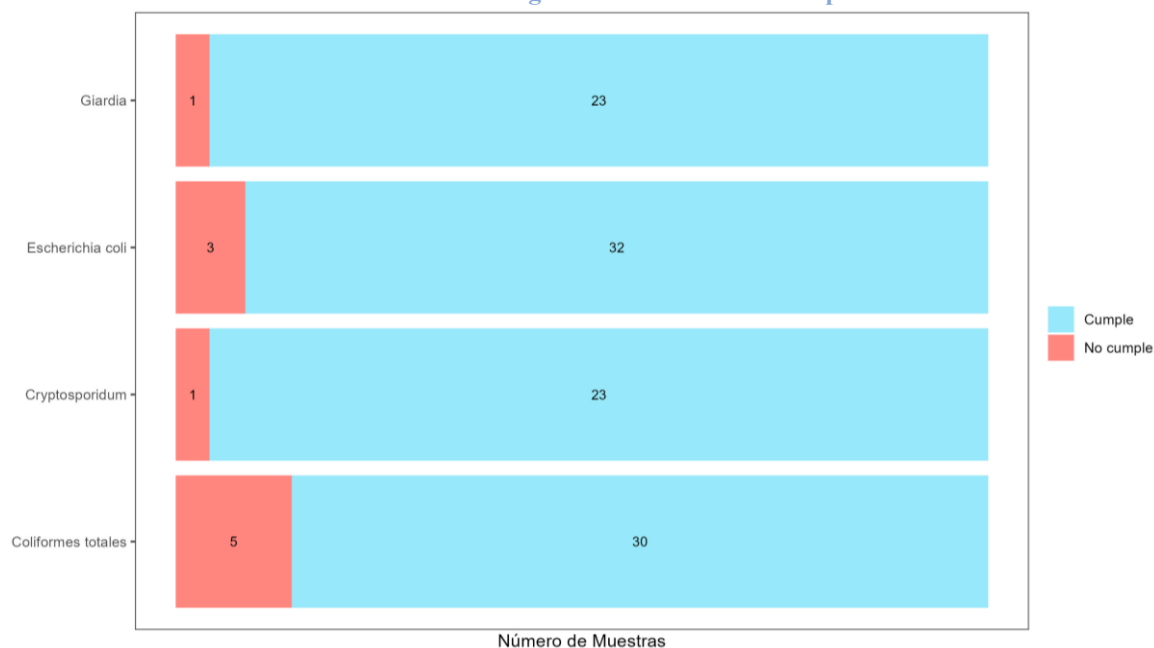
Los resultados muestran: i) *E. coli*: el 8,6% de los valores (3 de 35 resultados) se encuentran superiores al valor de referencia y hasta $>200^{13}$ Unidades Formadoras de Colonias (UFC/cm³). ii), *Giardia*: el 4,2% de los valores (1 de 24 resultados) se encuentran superiores al valor de referencia (0.1 quiste/L), iii) Coliformes totales: el 14,3% de los valores (5 de 35 resultados) se encuentran superiores al valor de referencia y hasta 384^{14} UFC/100cm³. iv) *Cryptosporidium*: el 4,2% de los valores (1 de 24 resultados) se encontraron superiores al valor de referencia (0 quistes/litro) y hasta 0.1 quistes/litro¹⁵.

¹³ Resultado corresponde al municipio de Bahía Solano, Chocó, prestador Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bahía Solano S.A. E.S.P.

¹⁴ Resultado corresponde a municipio de Montería, Córdoba, prestador Veolia Aguas de Montería S.A. E.S.P.

¹⁵ Resultado corresponde a municipio de Zipacón, Cundinamarca, prestador Empresa de Acueducto, Alcantarillado, Aseo y Servicio Complementarios de Zipacón S.A. E.S.P.

Gráfico 47. Características microbiológicas análisis de muestras por funcionamiento

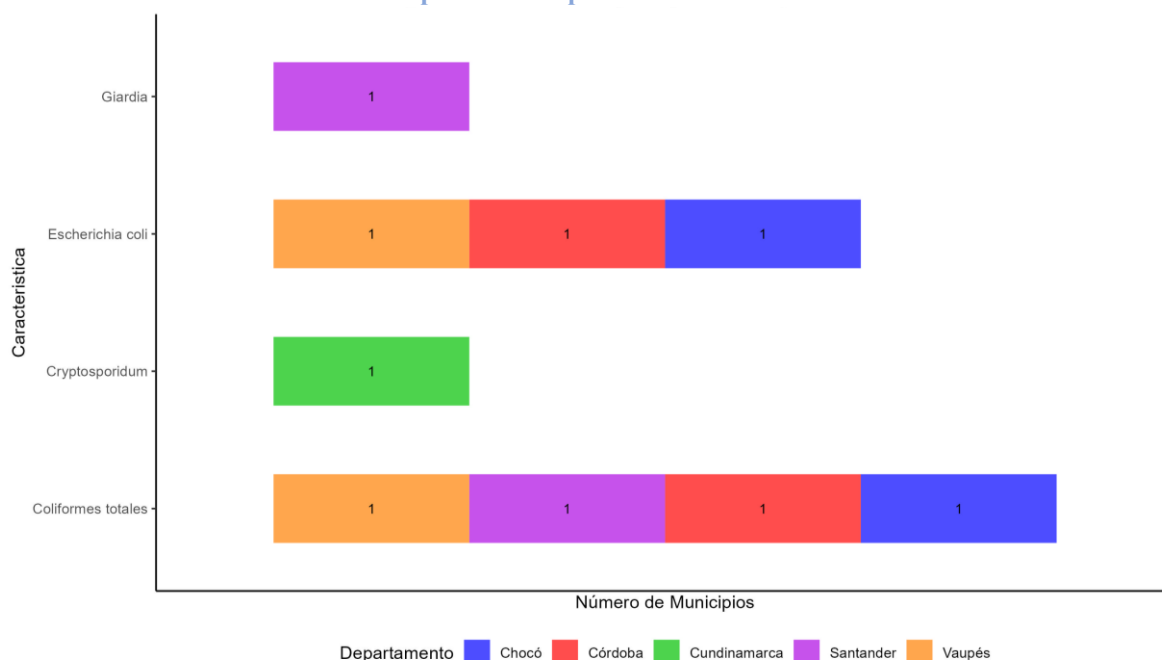


Fuente: SSPD

El Gráfico 48, muestra el comportamiento a nivel departamental de los resultados de las características analizadas a municipios priorizados por funcionamiento.

Los resultados indican que en 3 departamentos: Chocó (1 de 2 municipios, Bahía Solano), Córdoba (Montería) y Vaupés (Mitú) hubo presencia de *Escherichia Coli*. La característica de *Coliformes totales* tuvo presencia en 4 departamentos: Chocó (1 de 2 municipios, Bahía Solano), Córdoba (Montería), Santander (1 de 6 municipios, Matanza) y Vaupés (Mitú). En el departamento de Cundinamarca (1 de 3 municipios, Zipacón) hubo presencia de *Cryptosporidium* y en el departamento de Santander (1 de 6 municipios, Confines) presencia de *Giardia*.

Gráfico 48. Características microbiológicas, que presentan incumplimiento a nivel municipal y departamental por funcionamiento



Fuente: SSPD

4.5.2. Características físicas

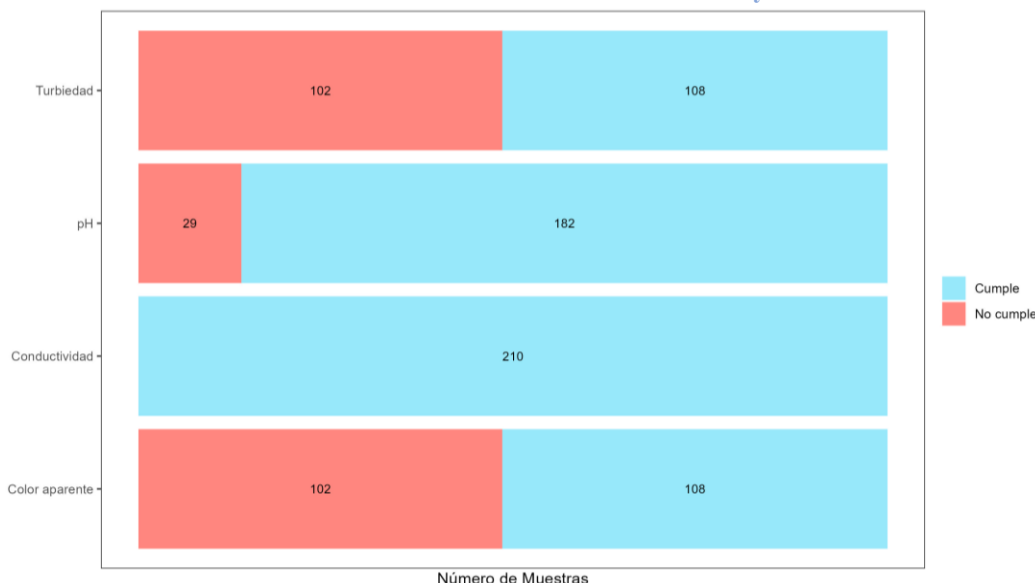
Las características físicas que se tendrán en cuenta en relación con la frecuencia son el Color, pH, Turbiedad y la Conductividad.

El Gráfico 49 representa la frecuencia de las características físicas básicas de calidad de agua, para las muestras realizadas en el marco del proyecto. De manera general, los resultados de las características de turbiedad y color se encuentran por encima del valor de referencia, situación que puede obedecer a deficiencias en los procesos de pre-sedimentación, coagulación, floculación y sedimentación en sistemas de potabilización.

El Gráfico 49 representa la frecuencia de los datos: i) aproximadamente un 51,4% (108 de 210) de los resultados de las muestras con análisis de Color se encuentran acumuladas dentro del límite aceptable (15 UPC), ii) más del 86,3% (182 de 211) de resultados de pH se encontraron dentro del límite aceptable (6.5-9), iii) el 48,6% (102 de 210) de los resultados de Turbiedad se situaron por encima del límite aceptable (2 UNT) y iv) los datos de Conductividad muestran que la totalidad de resultados (210 de 210) cumplen con el valor aceptable (1000 microsiemens/cm) por norma.

En el caso de pH, la mayoría de resultados se concentraron dentro de los rangos aceptables, así como la conductividad, demostrando así el estado neutro en que se encuentra el agua y la adecuada concentración de electrolitos en agua respectivamente.

Gráfico 49. Características físicas análisis de muestras – Proyecto de inversión

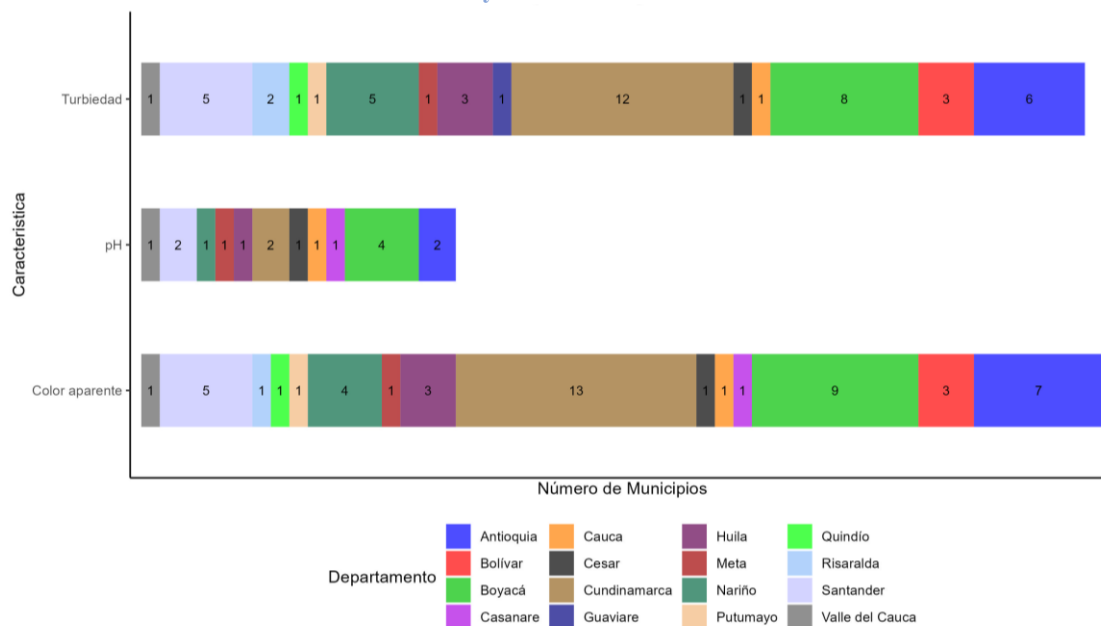


Fuente: SSPD

El Gráfico 50 muestra el comportamiento de los resultados de las características pH, Turbiedad, Color y conductividad a nivel departamental, referentes para evidenciar las condiciones y buenas prácticas en los procesos de potabilización.

La conductividad a pesar de contar con datos atípicos fue la característica con mayor número de resultados dentro de los límites regulatorios, seguido por la característica de pH.

Gráfico 50. Características físicas, que presentan incumplimiento a nivel municipal y departamental - Proyecto de inversión



Fuente: SSPD

El Color aparente, tuvo un comportamiento dinámico y sus resultados muestran incumplimiento en 52 municipios de 15 departamentos. El 48,6% de los resultados se concentran por debajo del valor de referencia (menor o igual a 15 UPC). Los departamentos que presentaron mayores incumplimientos fueron Cundinamarca (13 de 21 municipios, Albán, Cachipay, Chipaque, El Colegio, Facatativá, Guachetá, La Calera, Nocaima, Paratebuena, San Antonio del Tequendama, Subachoque, Tabio y Tena), Boyacá (9 de 11 municipios, Corrales, Cucaita, Motavita, Paipa, Ráquira, Samacá, Sutamarchán y Toca), Antioquia (7 de 14 municipios, Bello, Betulia, Copacabana, Envigado, Fredonia, Retiro y San Francisco) y Santander (5 de 9 municipios, Capitanejo, Curití, El Peñón, Guaca y Sucre).

La Turbiedad es la característica física que representa puntaje más alto dentro del cálculo del IRCA, el máximo permisible es menor o igual a 2 NTU. Los prestadores de los departamentos de Cundinamarca (12 de 21 municipios, Albán, Cachipay, Chipaque, El Colegio, Facatativá, Guachetá, La Calera, Nocaima, Paratebuena, Subachoque, Tabio y Tena), Boyacá (8 de 11 municipios, Corrales, Cucaita, Motavita, Paipa, Ráquira, Samacá, Sutamarchán y Toca), y Antioquia (6 de 14 municipios, Betulia, Copacabana, Envigado, Fredonia, Retiro y San Francisco) mostraron una concentración de resultados por encima de los niveles aceptables.

El pH, fue una de las características con la mayor cantidad de resultados aceptables. Los departamentos de Boyacá (4 de 11 municipios, Jenesano, Miraflores, Paipa y Samacá), Cundinamarca (2 de 21 municipios, Chipaque y Subachoque), Antioquia (2 de 14 municipios, Envigado y San Vicente Ferrer) y Santander (2 de 9 municipios, Aratoca y Capitanejo) presentaron valores mayores al límite aceptable, sin embargo, la mayoría de los resultados estuvieron dentro de los límites regulatorios.

En relación con la Conductividad todos los resultados estuvieron dentro del límite regulatorio.

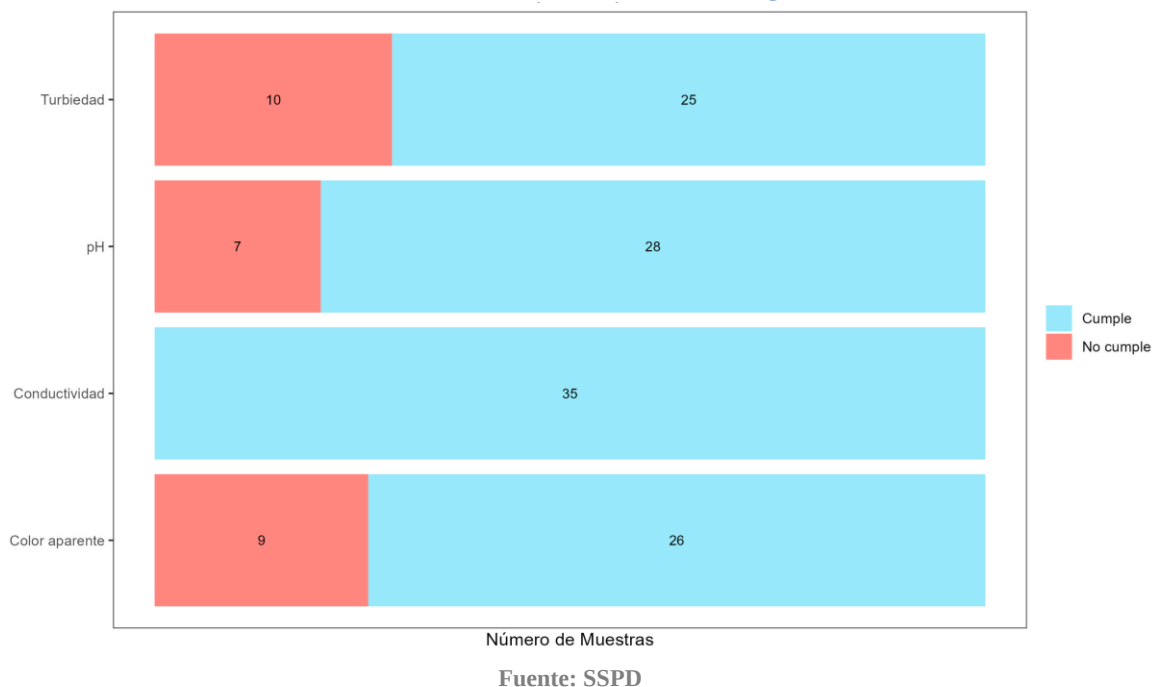
Para los prestadores priorizados por funcionamiento, el Gráfico 51 muestra que el 74,3% de los resultados de Color Aparente se concentran por debajo del valor de referencia. Los departamentos que presentaron mayores incumplimientos fueron Santander (3 de 6 municipios, Confines, Matanza y San Benito), y Cundinamarca (2 de 3 municipios, Sesquilé y Soacha).

La Turbiedad es la característica física con puntaje de riesgo más alto dentro las características definidas para el cálculo del IRCA. Los prestadores de los departamentos de Santander (3 de 6 municipios, Confines, Matanza y San Benito) y Cundinamarca (2 de 3 municipios, Sesquilé y Soacha) mostraron una concentración de resultados por encima del máximo permisible considerando que el valor de referencia máximo aceptable es menor o igual a 2 NTU.

El pH fue una de las características con la mayor cantidad de resultados aceptables. Los departamentos de Caquetá (Cartagena del Chairá), Córdoba (Montería), Magdalena (Santa Ana), Meta (Granada), Putumayo (Valle del Guamuez) y Vaupés (Mitú), presentaron incumplimientos con respecto al valor máximo permisible, sin embargo, la mayoría de los resultados estuvieron dentro de los límites regulatorios.

La Conductividad se enmarcó en los límites máximos de la normatividad.

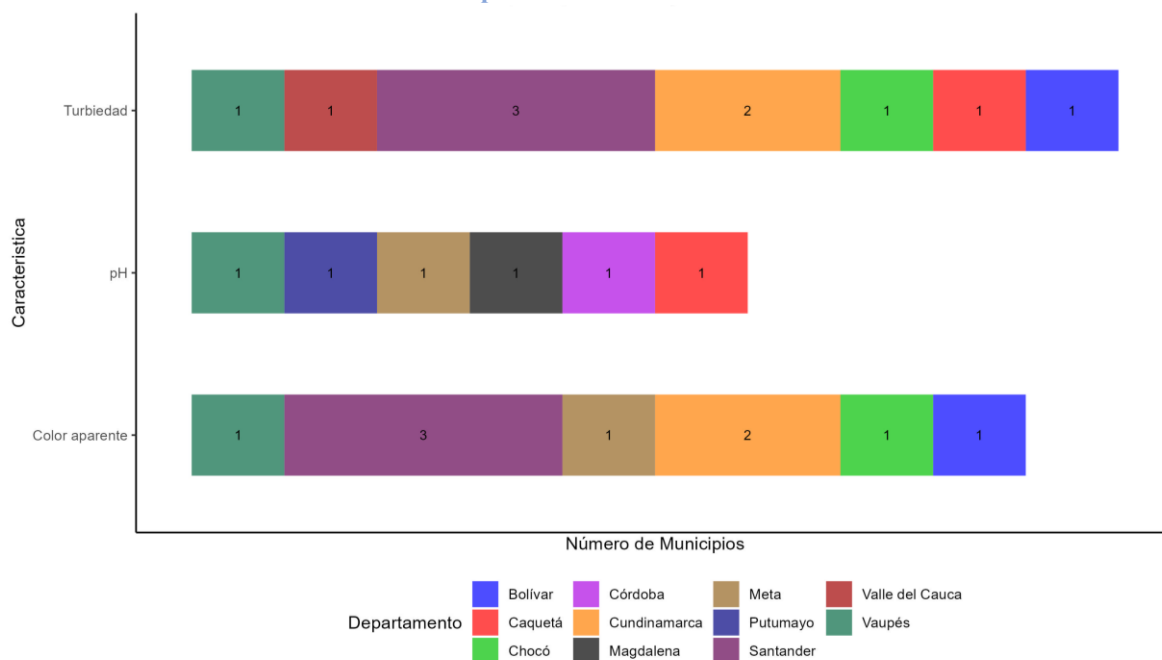
Gráfico 51. Características físicas análisis de muestras por funcionamiento



El Gráfico 52 muestra el comportamiento de los resultados de las características pH, Turbiedad, Color y conductividad a nivel departamental, de los municipios priorizados por funcionamiento y referentes para evidenciar las condiciones y buenas prácticas en los procesos de potabilización.

La conductividad fue la única característica con resultados dentro de los límites regulatorios, seguido por la característica de pH, excepto por muy pocos valores que arrojaron resultados por debajo del límite inferior en los departamentos de Caquetá, Córdoba, Magdalena, Meta, Putumayo y Vaupés.

Gráfico 52. Características físicas, que presentan incumplimiento a nivel municipal y departamental por funcionamiento



Fuente: SSPD

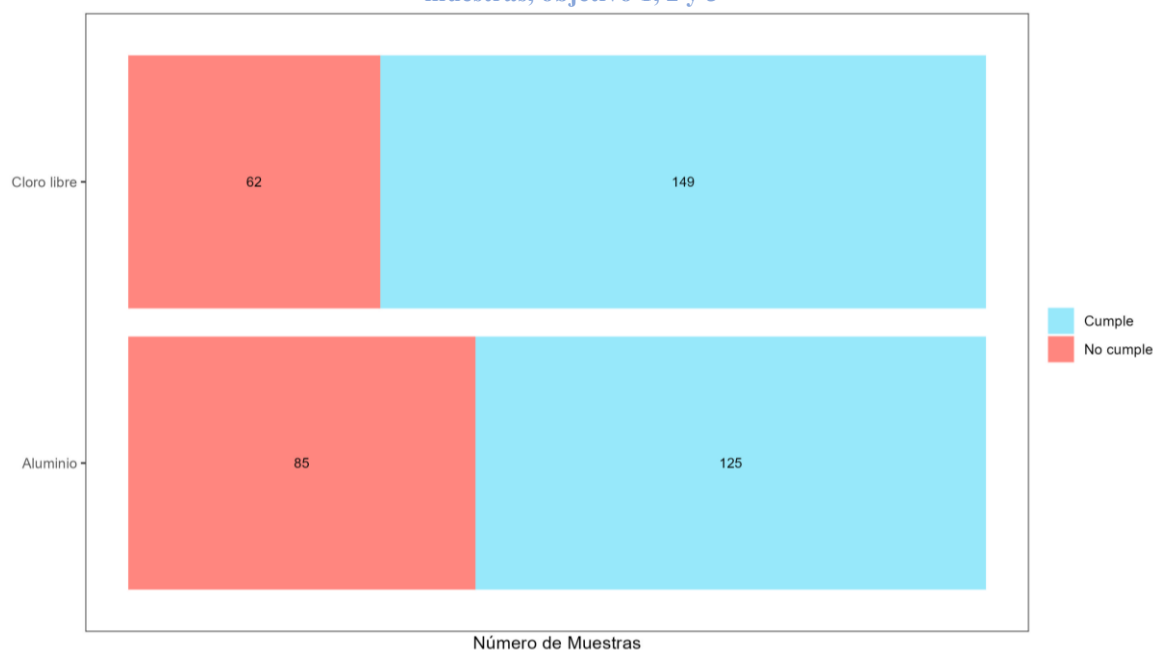
4.5.3. Características químicas de otras sustancias utilizadas en la potabilización

El Cloro Libre y el Aluminio son características derivadas de los procesos de potabilización.

Para el Cloro residual libre, el 29,4% (62 de 211 resultados) - de los valores se manifiestan por fuera de los límites establecidos (rango aceptable 0,3-2,0 Mg/L). (Gráfico 53)

Mientras que el 40,5% (85 de 210) de los valores del Aluminio, se concentra fuera de los límites menor o igual a 0,2 mg Al/L (Gráfico 53).

Gráfico 53. Características químicas de otras sustancias utilizadas en la potabilización análisis de muestras, objetivo 1, 2 y 3

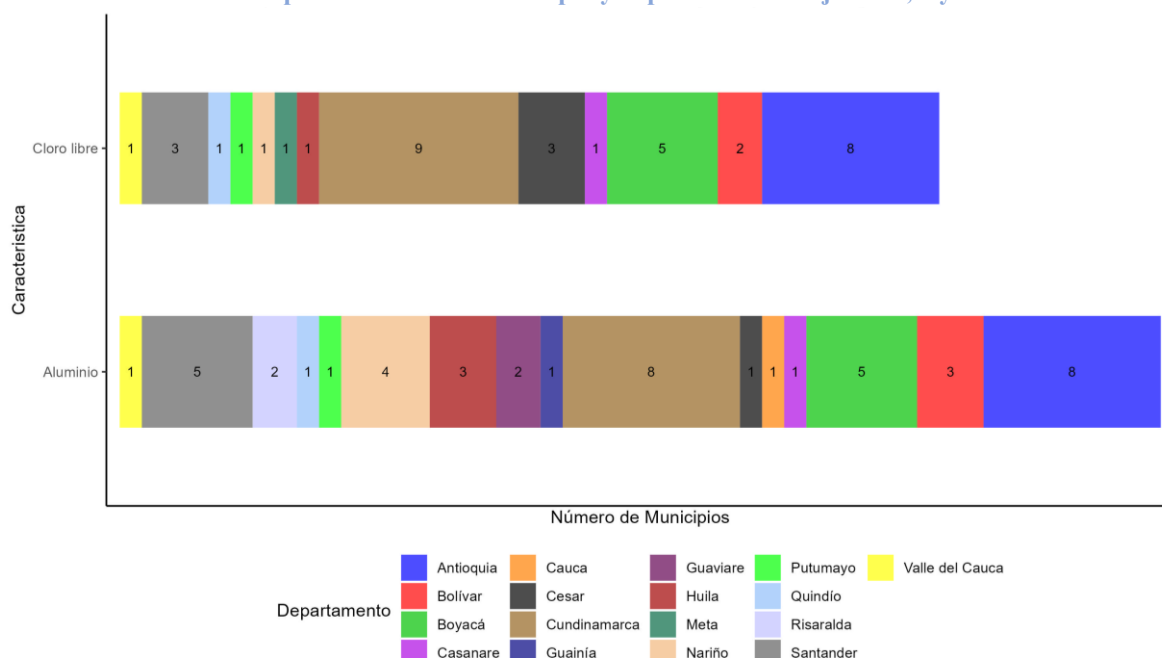


Fuente: SSPD

En cuanto a los resultados (Gráfico 54), el Cloro residual libre en los departamentos de Cauca, Guainía, Guaviare, Magdalena, Risaralda y Valle del Cauca cumplieron en su totalidad los resultados de conformidad con la norma; los resultados que arrojaron mayor incumplimiento se presentan en los departamentos de Cundinamarca (9 de 21 municipios, Bituima, El Colegio, Guachetá, La Calera, Nocaima, Paratebueno, San Antonio del Tequendama, Tabio y Tena), Antioquia (8 de 14 municipios, Bello, Betulia, Copacabana, Envigado, Fredonia, Guatapé, San Carlos y San Vicente Ferrer), y Boyacá (5 de 11 municipios, Jenesano, Paipa, Ráquira, Samacá y Sutamarchán).

Para el aluminio, los departamentos en donde hubo la mayor cantidad de municipios con incumplimientos son Cundinamarca (8 de 21 municipios, Cogua, Subachoque, Facatativá, San Antonio del Tequendama, Cachipay, El Colegio, La Calera y Guachetá), Antioquia (8 de 14 municipios, Bello, Betulia, Copacabana, Envigado, Fredonia, Guarne, Rionegro y San Vicente Ferrer), Boyacá (5 de 11 municipios, Corrales, Cucaita, Motavita, Paipa y Samacá), y Santander (5 de 9 municipios Capitanejo, Carcasí, Curití, El Peñón y Sucre). En los departamentos de Magdalena, Meta y Tolima cumplieron en su totalidad los resultados de conformidad con la norma.

Gráfico 54. Características químicas de otras sustancias utilizadas en la potabilización, que presentan incumplimiento a nivel municipal y departamental objetivo 1, 2 y 3

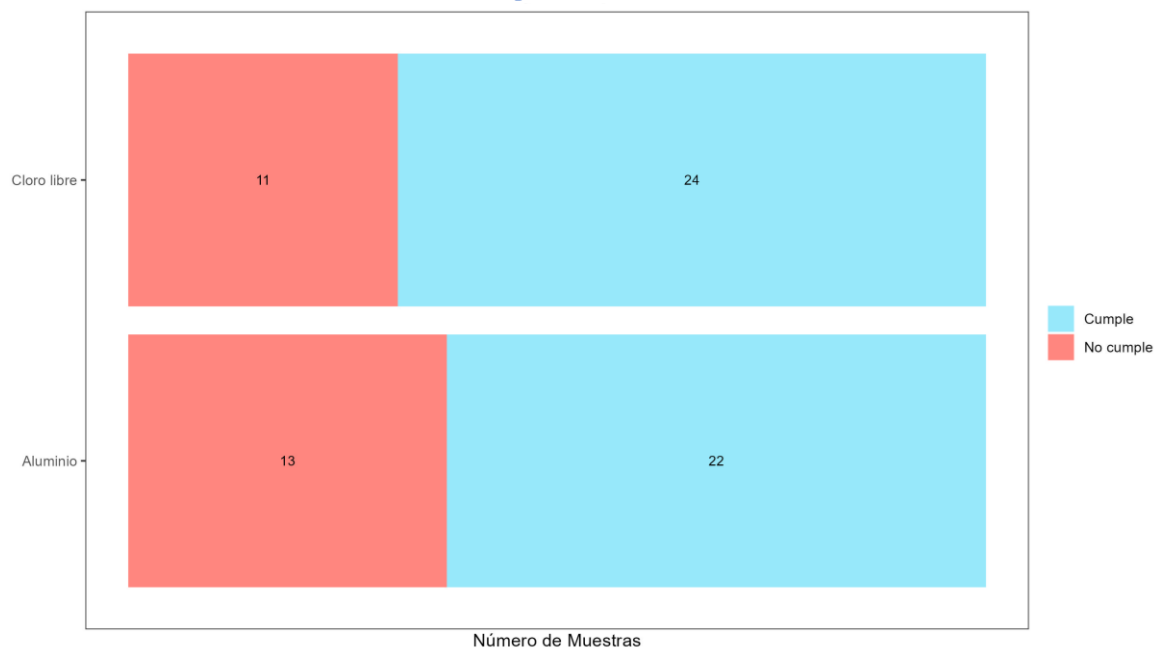


Fuente: SSPD

Para los prestadores del grupo de municipios priorizados por funcionamiento, en cuanto a los resultados (Gráfico 55 y Gráfico 56) el cloro libre, presentó incumplimiento en los departamentos de Caquetá (Cartagena del Chairá), Chocó (1 de 2 municipios, Bahía Solano), Cundinamarca (3 de 3 municipios, Sesquilé, Soacha y Zipacón), Magdalena (Santa Ana), Putumayo (Valle del Guamuez), Santander (1 de 6 municipios, San Benito), Tolima (1 de 3 municipios, Honda) y Vaupés (Mitú). Los departamentos de Bolívar, Cauca, Córdoba, Meta, Quindío y Valle del Cauca cumplieron en su totalidad los resultados de conformidad con la norma.

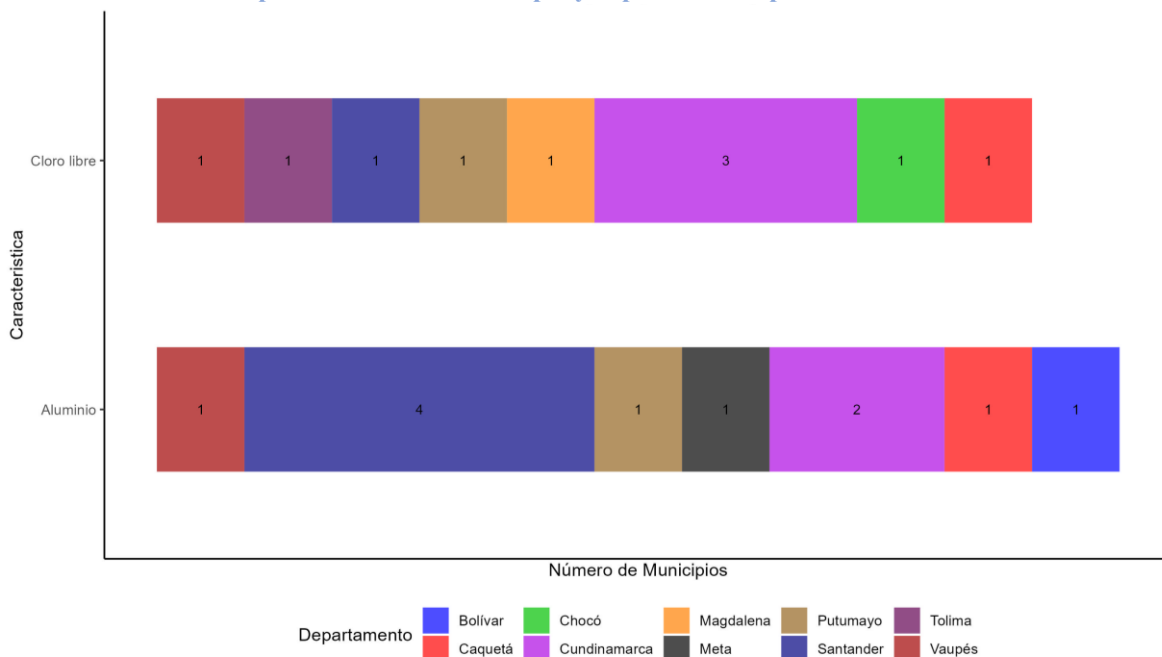
Para el aluminio, los prestadores de los departamentos de Cauca, Chocó, Córdoba, Magdalena, Quindío, Tolima y Valle del Cauca, sus resultados se enmarcan en los límites permisibles; mientras que, para los prestadores de los municipios muestreados y que arrojan resultados por encima del límite, están en los siguientes departamentos: Bolívar (Calamar), Caquetá (Cartagena del Chairá), Cundinamarca (2 de 3 municipios, Sesquilé y Soacha), Meta (Granada), Putumayo (Valle del Guamuez), Santander (4 de 6 municipios, California, Confines, Matanza y Suratá) y Vaupés (Mitú).

Gráfico 55. Características químicas de otras sustancias utilizadas en la potabilización análisis de muestras por funcionamiento



Fuente: SSPD

Gráfico 56. Características químicas de otras sustancias utilizadas en la potabilización, que presentan incumplimiento a nivel municipal y departamental por funcionamiento



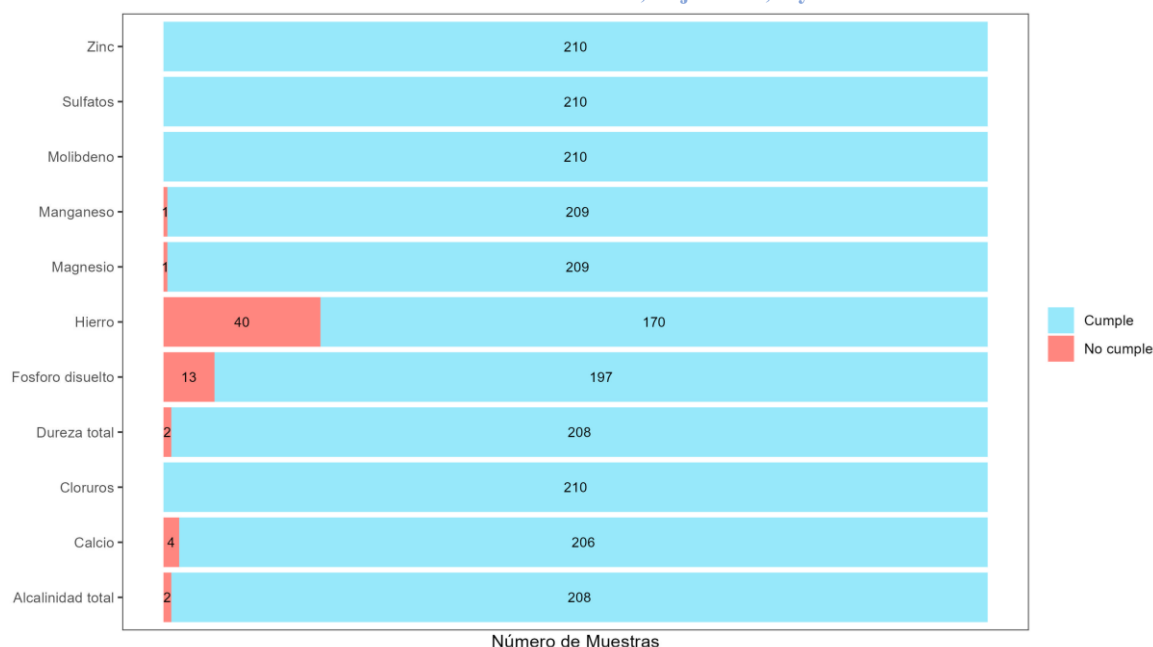
Fuente: SSPD

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

En esta categoría se presentan las gráficas de las características de Hierro, Manganeseo, Fosfatos, Dureza Total, Alcalinidad, Calcio y Magnesio. El Gráfico 57 y el Gráfico 58, representan la frecuencia de los resultados para estas. En ella se muestra que:

1. Los valores de Zinc, Sulfatos, Molibdeno y Cloruros estuvieron dentro de los límites permisibles para la totalidad de análisis realizados.
2. Se encuentra incumplimiento en los análisis de Manganeseo y Magnesio correspondientes al 0,5% del total (1 de 210 resultados).
3. Se encuentran incumplimientos en los análisis de Dureza total y Alcalinidad total correspondientes al 1% del total (2 de 210 resultados).
4. Para el parámetro Calcio, 4 de los 210 resultados analizados representaron incumplimientos. Esto corresponde al 2% del total.
5. Las características analizadas que presentaron mayor cantidad de incumplimientos son Hierro y Fósforo disuelto. El primero de estos con el 19% de valores por fuera de los límites permisibles (40 de 210 resultados), y el segundo con 6,2% de incumplimientos (13 de 210 resultados).

Gráfico 57. Características químicas que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana análisis de muestras, objetivo 1, 2 y 3



Fuente: SSPD

En cuanto a los resultados, el Gráfico 58, para la característica de hierro, los departamentos de Cundinamarca (9 de 21 municipios, Cachipay, Facatativá, Guachetá, La Calera, Nocaima, Paratebueno, Subachoque, Tabio y Tena), Boyacá (6 de 11 municipios, Corrales, Cucaita, Paipa, Ráquira, Samacá y Sutamarchán), y Nariño (3 de 5 municipios, Pasto, Pupiales y Túquerres) fueron

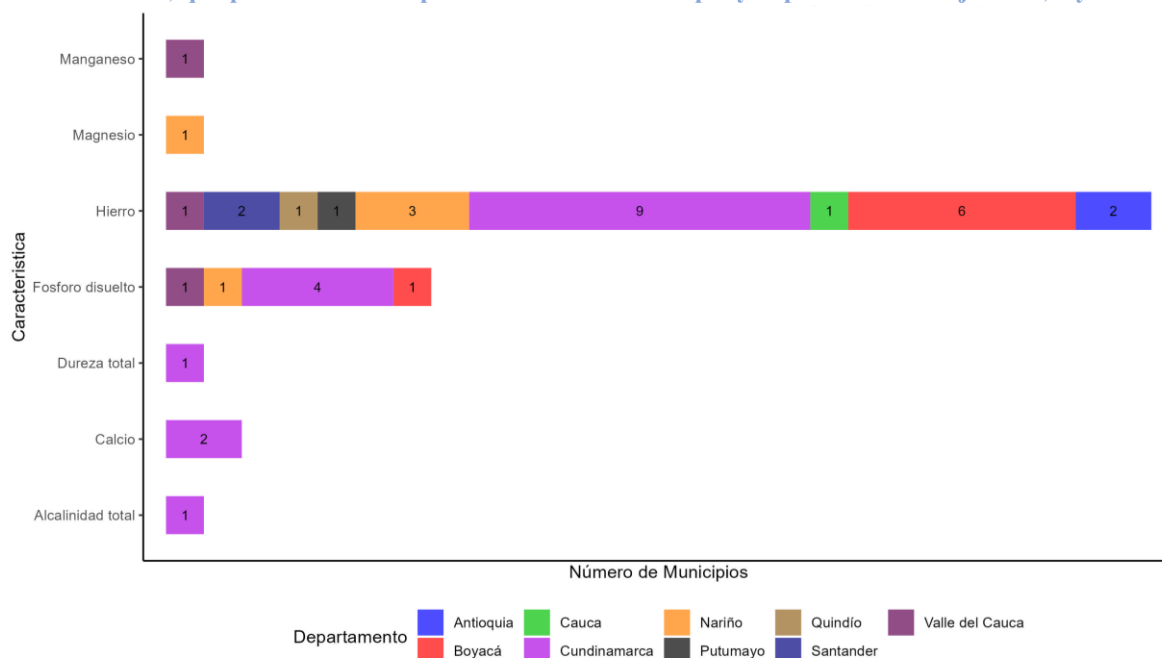
los que presentaron valores máximos al permisible de acuerdo con la norma. Los departamentos de Bolívar, Casanare, Cesar, Guainía, Guaviare, Huila, Magdalena, Meta, Risaralda y Tolima totalizaron todos sus resultados aceptables (0,3 mg/L).

En cuanto a los resultados de los fosfatos la mayoría de los departamentos obtuvieron resultados aceptables (0,5 mg/L), excepto los departamentos de Cundinamarca (4 de 21 municipios, Chipaque, San Antonio del Tequendama, Tena y Tibacuy), Boyacá (1 de 11 municipios, Jenesano), Nariño (1 de 5 municipios, Pasto) y Valle del Cauca (Cali) que superan el límite establecido por la norma en sus resultados.

El municipio de Nocaima, Cundinamarca, presentó incumplimientos por superar los valores permisibles, para las muestras analizadas, de los parámetros Dureza total (300 mg/L), Alcalinidad total (200 mg/L) y Calcio (60 mg/L), mientras que el municipio de Bituima del mismo departamento, presentó incumplimiento para el parámetro de Calcio.

Los municipios de Cali en Valle del Cauca, y de Pasto en Nariño presentan incumplimiento para los parámetros Manganeseo (resultados por encima de 0,1 mg/L) y Magnesio (resultados por encima de 36 mg/L), respectivamente.

Gráfico 58. Características químicas que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana, que presentan incumplimiento a nivel municipal y departamental objetivo 1, 2 y 3



Fuente: SSPD

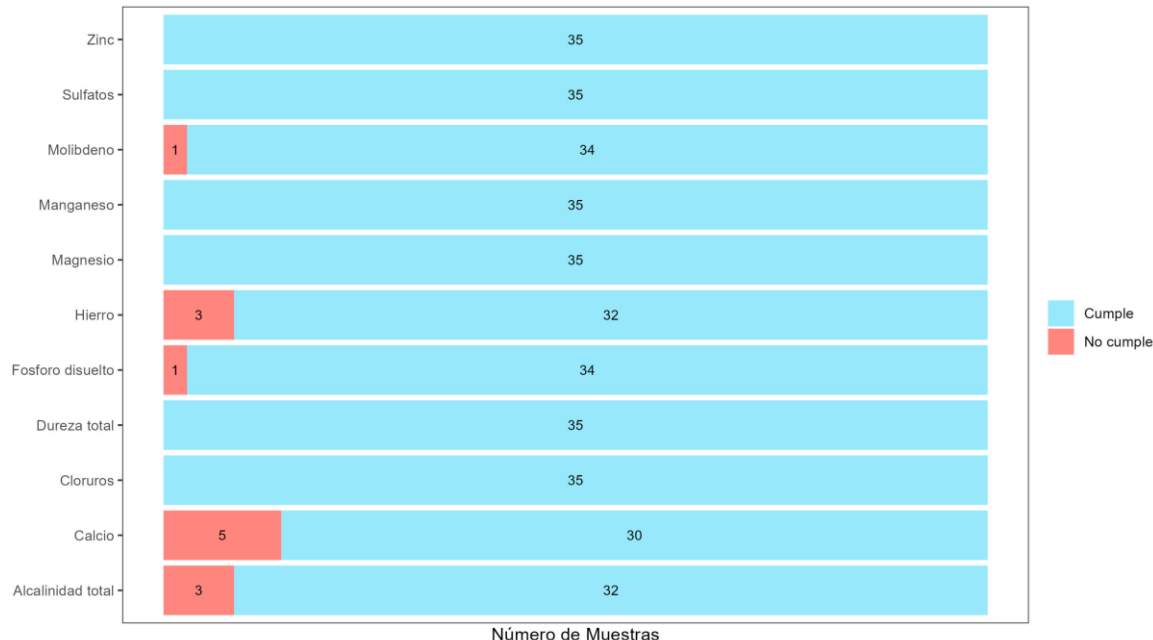
Para los prestadores del grupo priorizados por funcionamiento, en el Gráfico 59 y el

Gráfico 60 se representa los valores para la característica de Hierro, los departamentos de Santander (2 de 6 municipios, San Benito y Confines) y Vaupés (Mitú) fueron los que presentaron valores mayores a los permisibles de acuerdo con la norma. Los restantes departamentos obtuvieron resultados dentro de lo especificado por la norma.

Los parámetros Zinc, Sulfatos, Manganeseo, Magnesio, Dureza total y Cloruros fueron los únicos que presentaron los datos aceptables en todos los municipios. El municipio de Mitú, Vaupés, y el municipio de Santa Ana, Magdalena, presentaron incumplimiento en las características químicas de Molibdeno y Fosfatos, respectivamente. El resto de municipios se mantuvo en los valores máximos permisibles.

En el departamento de Santander (3 de 6 municipios, San Benito, Matanza y California) se presentaron incumplimientos en la característica química de Calcio. Por otra parte, en Matanza, Santander, y en Santa Ana, Magdalena, se presentaron incumplimientos en la característica Alcalinidad total, al obtener resultados superiores a 200 mg/L.

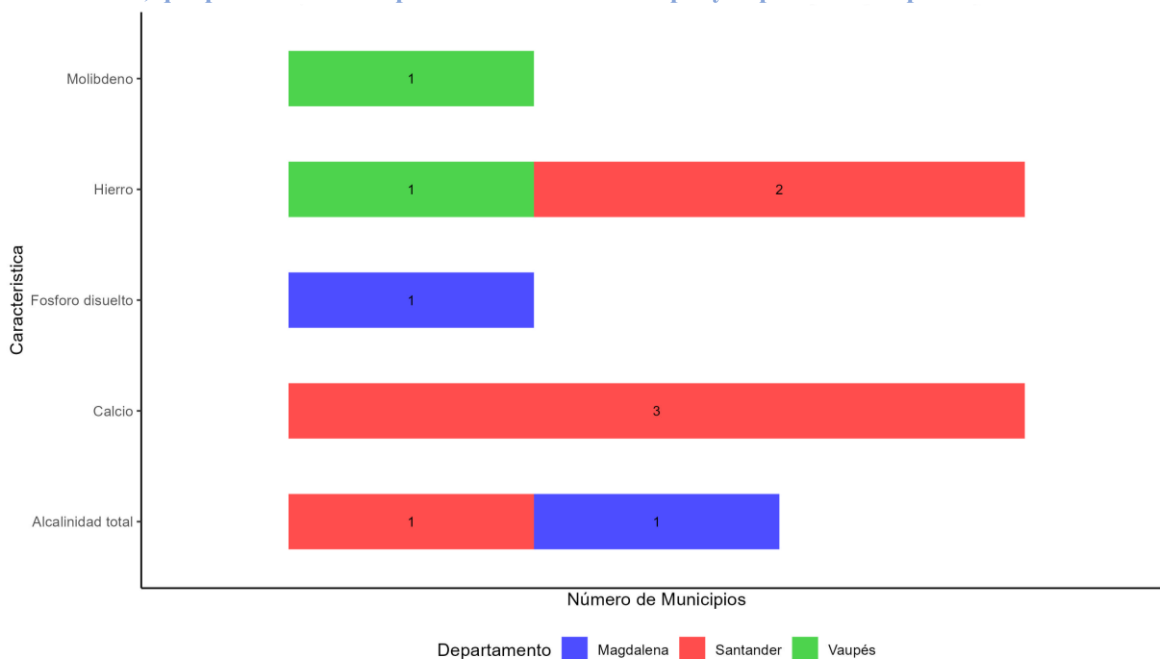
Gráfico 59. Características químicas que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana análisis de muestras, por funcionamiento



Número de Muestras

Fuente: SSPD

Gráfico 60. Características químicas que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana, que presentan incumplimiento a nivel municipal y departamental por funcionamiento



Fuente: SSPD

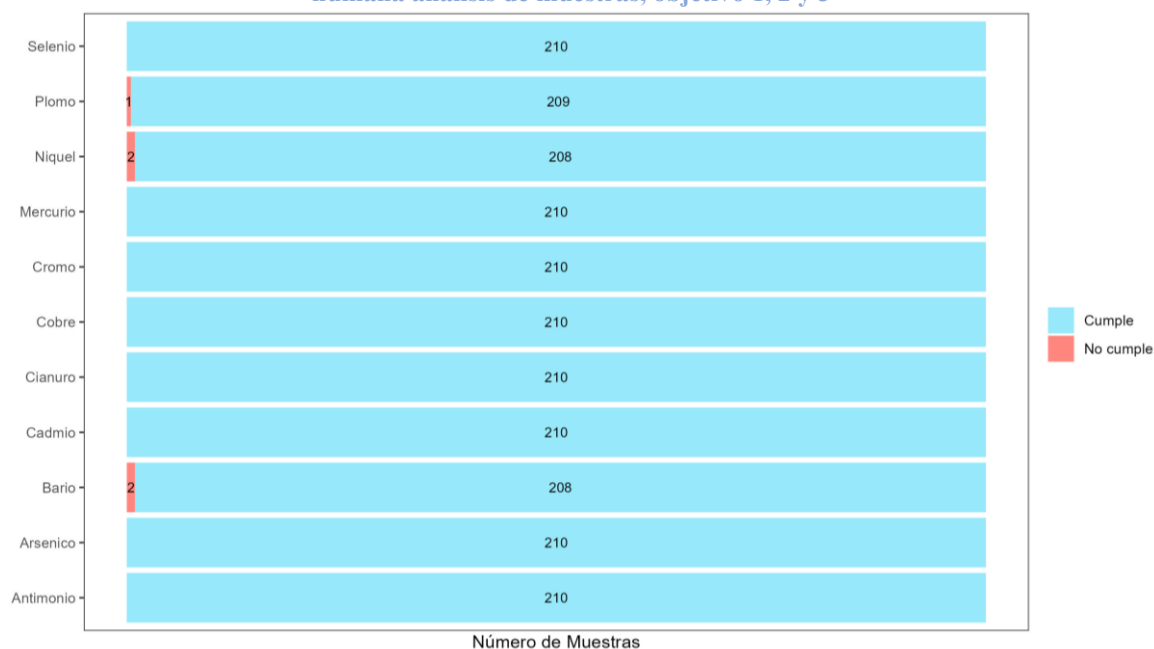
4.5.5. Características químicas de sustancias que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana

En los Gráfico 61 y Gráfico 62 se observa que los valores de Selenio (0,01 mg/L), Mercurio (0,001 mg/L), Cromo total (0,05 mg/L), Cobre (1,0 mg/L), Cianuro libre y disociable (0,05 mg/L), Cadmio (0,003 mg/L), Arsénico (0,01 mg/L) y Antimonio (0,02, mg/L), se concentran en valores aceptables. Es decir, el 100% de las muestras analizadas cumplieron con los rangos definidos en la normativa. Por otra parte, para el caso del Plomo (0,01 mg/L) el 0,5% de las muestras (1 de 210 resultados) superaron el valor máximo permitido por norma, en el departamento de Boyacá (1 de 11 municipios, Motavita). En cuanto a Níquel (0,02 mg/L) y Bario (0,7 mg/L), el 1% de las muestras (2 de 210 resultados) superaron el valor máximo permitido por la norma en los municipios de Nocaima y Tena, Cundinamarca, respectivamente.

Para las características Trihalometanos Totales (0,2 mg/L), de un total de 209 muestras, 4 no cumplen condicionalmente el valor máximo permisible, en los municipios de Cali, Valle del Cauca, y Támara,

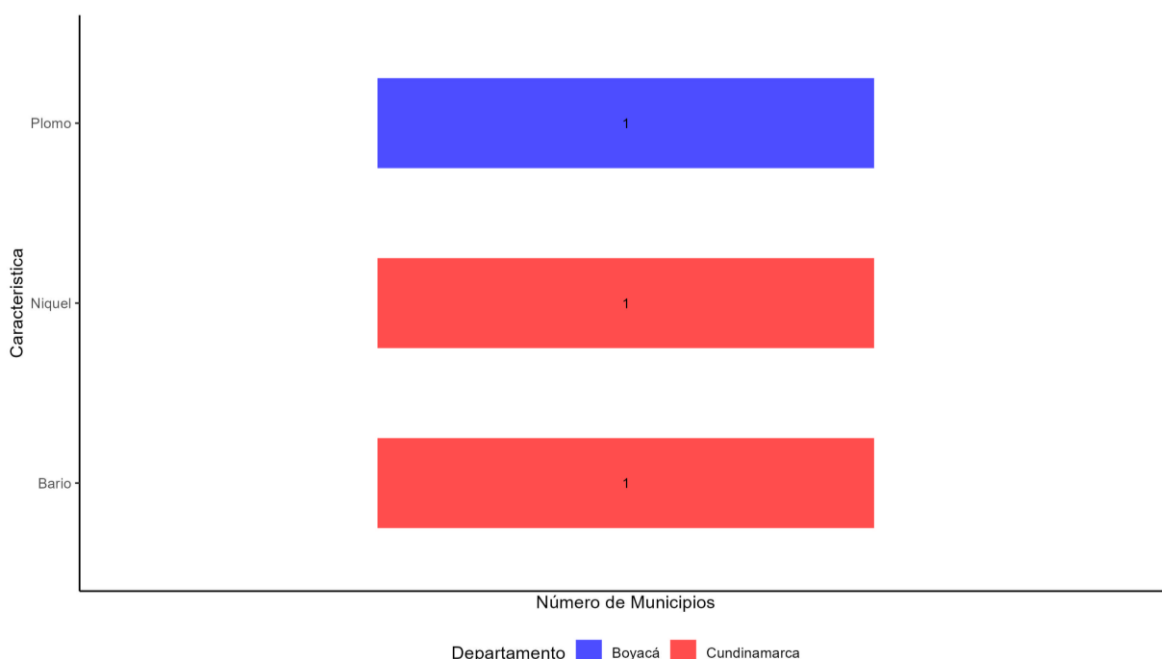
Casanare. A su vez las características Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) (0,01 mg/L) la totalidad de muestras cumplen (105).

Gráfico 61. Características químicas de sustancias que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana análisis de muestras, objetivo 1, 2 y 3



Fuente: SSPD

Gráfico 62. Características químicas de sustancias que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana, que presentan incumplimiento a nivel municipal y departamental objetivo 1, 2 y 3



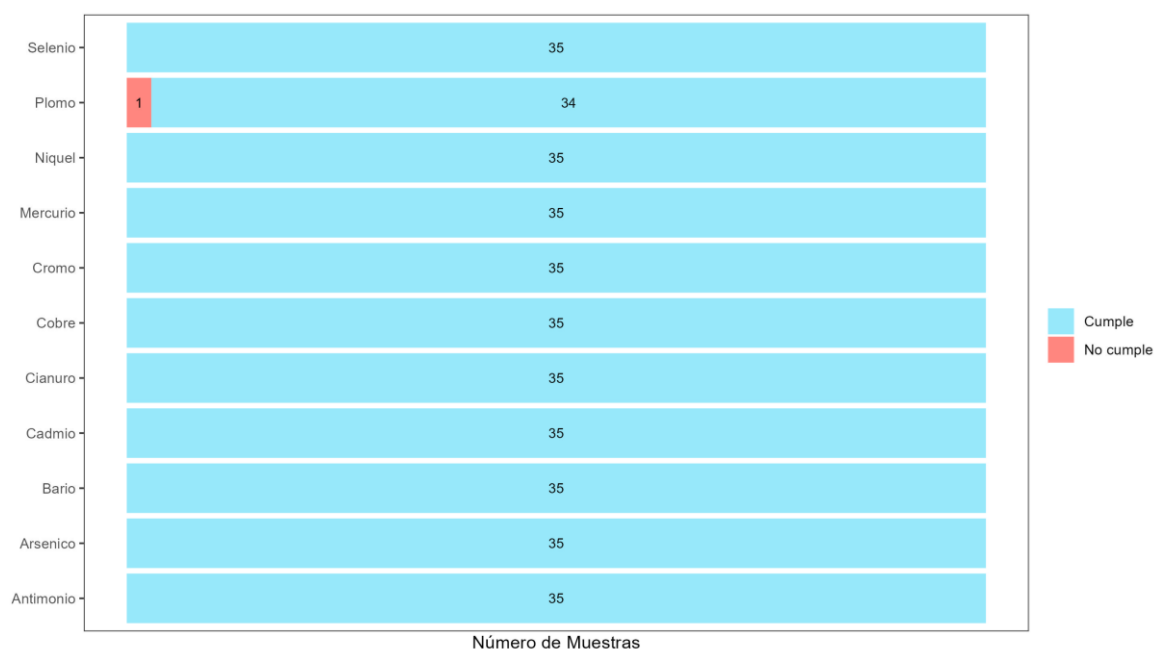
Fuente: SSPD

En relación con la frecuencia de las características químicas de sustancias que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana del grupo prestadores priorizados por funcionamiento, en los Gráfico 63 y Gráfico 64 se observa que, en lo referente a los valores de la característica de Plomo, se encuentra una muestra con valor que superan los límites máximos de la normatividad, en el municipio de San Benito, Santander.

Las características de Selenio, Níquel, Mercurio, Cromo, Cobre, Cianuro, Cadmio, Bario, Arsénico y Antimonio, todas arrojaron valores enmarcados dentro del límite establecido por la norma.

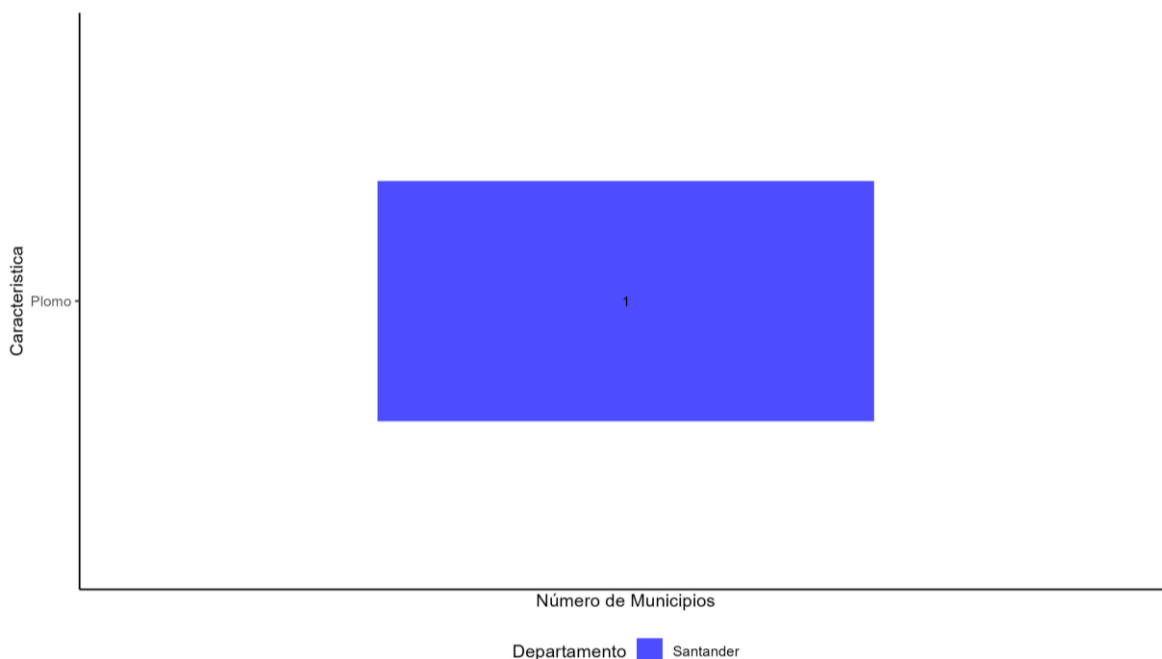
Para las características Trihalometanos Totales, de las 24 muestras, 24 cumplen con el valor máximo permisible. A su vez las características Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP), el total de las 18 muestras analizadas cumplen con los valores permisibles.

Gráfico 63. Características químicas de sustancias que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana análisis de muestras por funcionamiento



Fuente: SSPD

Gráfico 64. Características químicas de sustancias que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana, que presentan incumplimiento a nivel municipal y departamental por funcionamiento



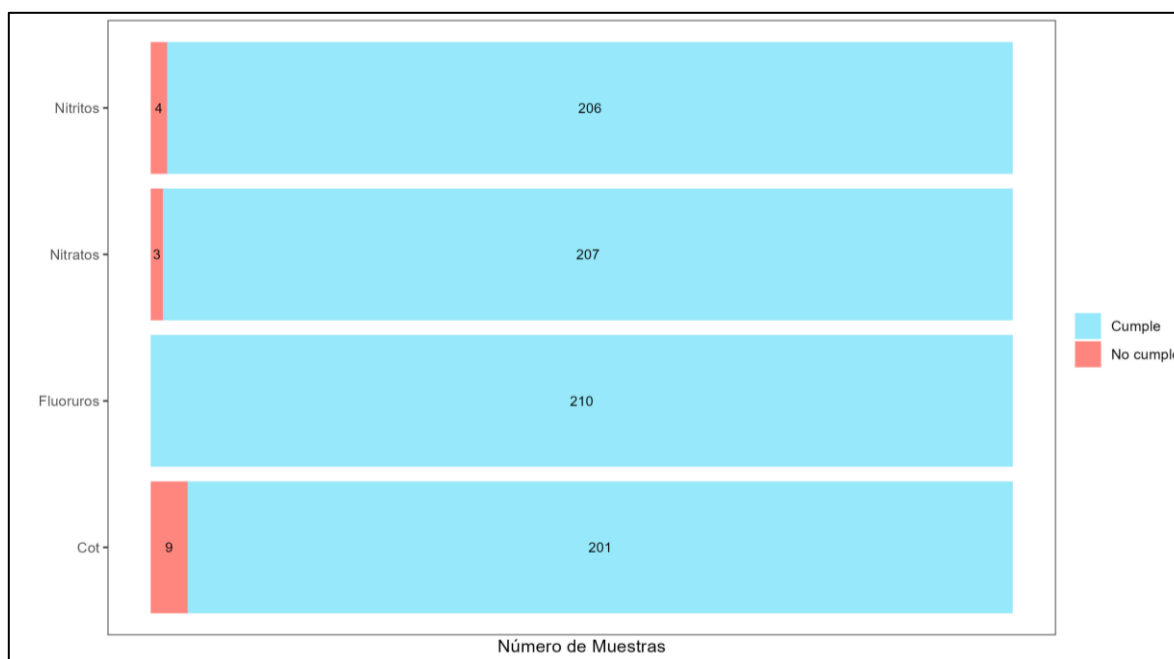
Fuente: SSPD

4.5.6. Impacto de la medición de características de especial interés sanitario en el nivel de riesgo

En los Gráfico 65 y Gráfico 66 se observa que para la característica de Carbono orgánico total (COT), los departamentos de Antioquia (1 de 14 municipios, Fredonia), Boyacá (3 de 11 municipios, Jenesano, Miraflores y Paipa), Casanare (1 de 2 municipios, Támara), Cauca (Mercaderes), Cundinamarca (1 de 21 municipios de Lejanías) y Santander (1 de 9 municipios, El Peñón), arrojaron valores superiores al máximo permitido (5,0 mg/L). Para la característica de Nitritos (0,1 mg/L) en los departamentos de Boyacá (2 de 11 municipios, Ráquira y Sutamarchán) y Cundinamarca (1 de 21 municipios, Guachetá) se encontraron valores superiores a los límites establecidos según normativa. Y, para el parámetro Nitratos (10 mg/L) se tiene que, en el municipio de Fredonia, Antioquia, 3 muestras de las 210 analizadas se encuentran por fuera de los límites normativos.

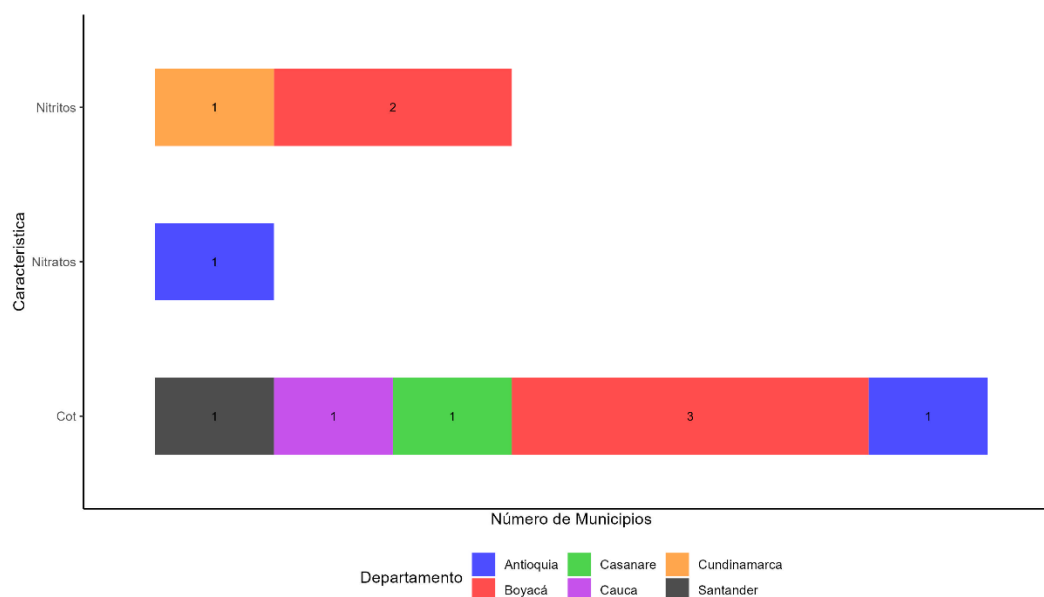
Para la característica Fluoruros (1,0 mg/L) todas las muestras analizadas están dando cumplimiento a la normatividad vigente.

Gráfico 65. Características químicas de sustancias que tienen implicaciones sobre la salud humana
análisis de muestras, objetivos 1, 2 y 3



Fuente: SSPD

Gráfico 66. Características químicas de sustancias que tienen implicaciones sobre la salud humana, que presentan incumplimiento a nivel municipal y departamental objetivo 1, 2 y 3

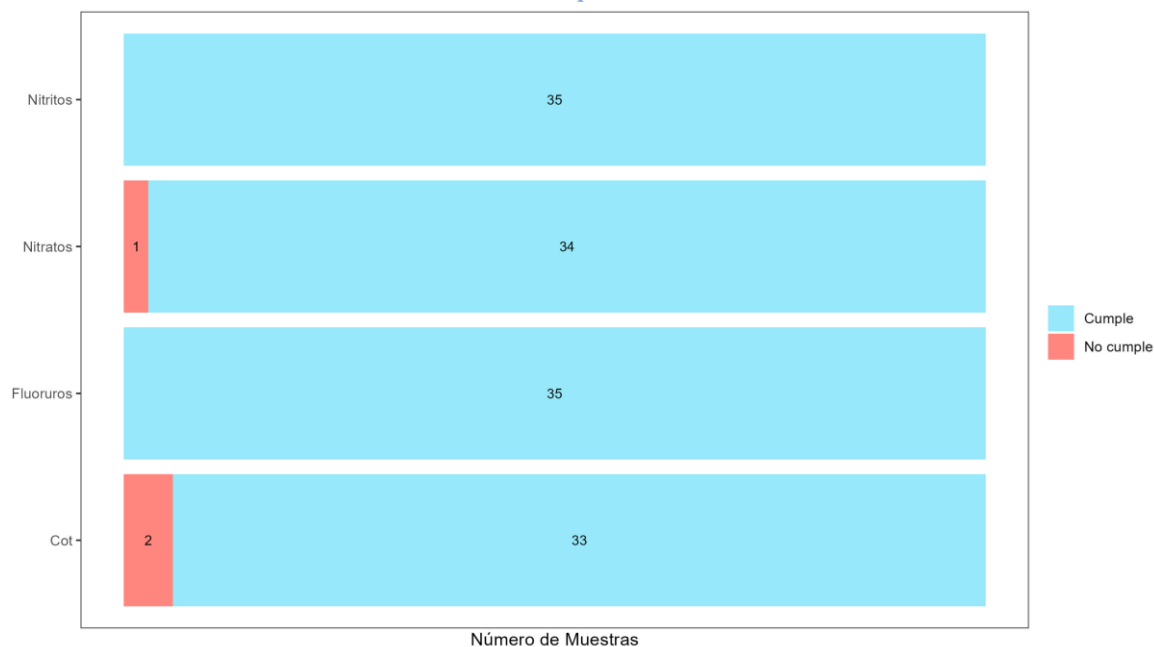


Fuente: SSPD

Para los prestadores del grupo priorizados por funcionamiento, como se muestra en los Gráfico 67 y Gráfico 68, los resultados de Nitritos y Fluoruros muestran cumplimiento de la norma en la totalidad de municipios. El Carbono orgánico total (COT) sólo presentó dos datos atípicos, cada uno en los municipios de San Benito, Santander, y de Honda, Tolima, y los demás resultados se ajustaron dando cumplimiento al límite máximo. Por otra parte, los Nitratos presentaron 1 muestra de las 35

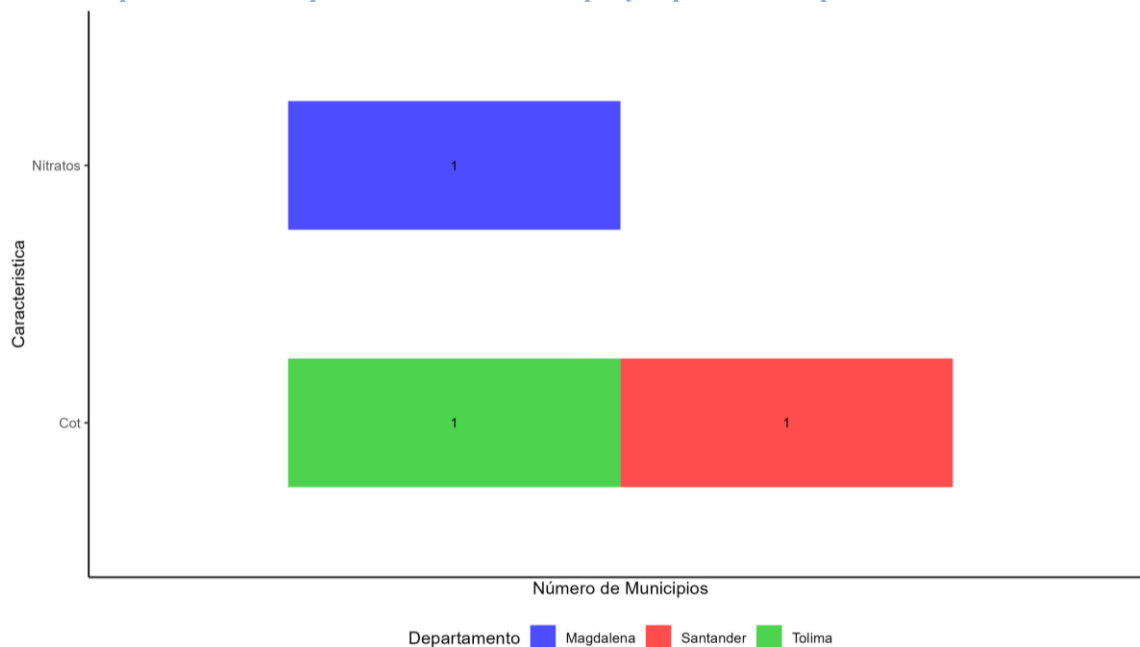
analizadas, con valores por fuera del rango normativo, y corresponde al municipio de Santa Ana, Magdalena.

Gráfico 67. Características químicas de sustancias que tienen implicaciones sobre la salud humana análisis de muestras por funcionamiento



Fuente: SSPD

Gráfico 68. Características químicas de sustancias que tienen implicaciones sobre la salud humana, que presentan incumplimiento a nivel municipal y departamental por funcionamiento



Fuente: SSPD

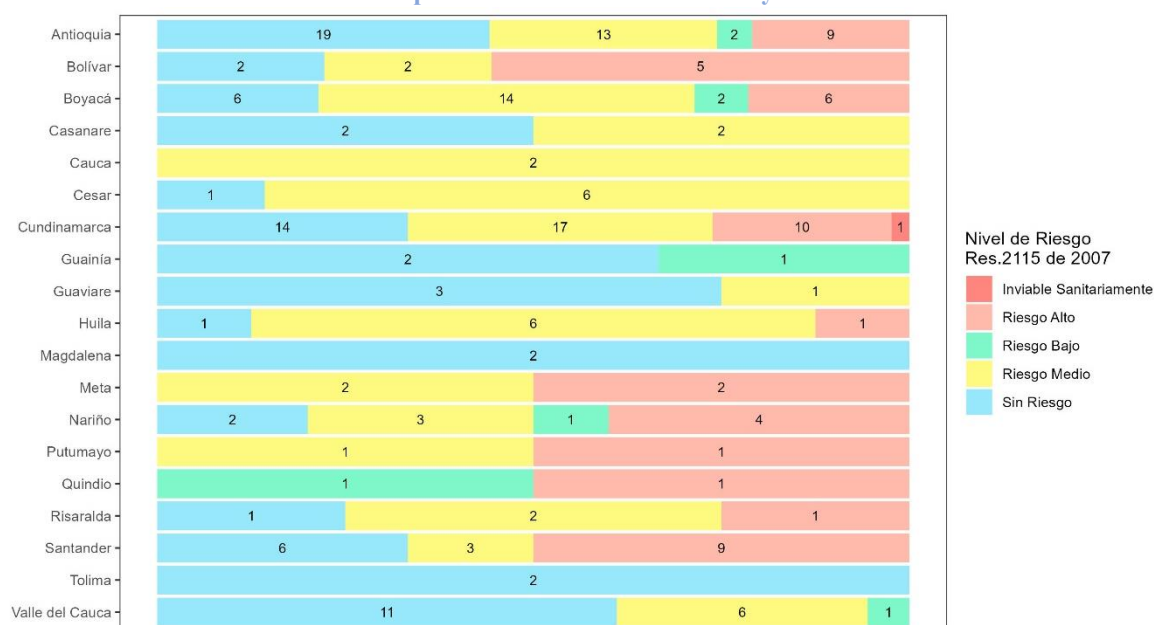
4.5.7. Impacto de la medición de características de especial interés sanitario en el nivel de riesgo

A lo largo del presente capítulo se ha presentado el incumplimiento de los diferentes grupos de parámetros que se han muestreado y analizados en el marco del proyecto de inversión y por funcionamiento. Sin embargo, en esta sección se quiere mostrar la relevancia de tomar muestras con las características que son de especial interés sanitario, es decir, que según el artículo 13 de la Resolución 2115 de 2007, su presencia o su detección por fuera de los límites permisibles generan un IRCA de 100%, es decir, un nivel de riesgo inviable sanitariamente.

A nivel proyecto, para el año 2022, se tienen 74 muestras aptas para consumo humano, 8 muestras con nivel de riesgo bajo, 80 muestras con nivel de riesgo medio, 38 muestras con nivel de riesgo alto, y 12 muestras con nivel de riesgo inviable sanitariamente; del total de 212. 11 de las 12 muestras con nivel de riesgo inviable sanitariamente estaban dadas por estos parámetros de especial interés sanitario, y si estos no se tienen en cuenta, las 11 pasarían a tener un nivel de riesgo alto.

Después de este ejercicio, la distribución de nivel de riesgo quedaría de la siguiente forma:

Gráfico 69. IRCA departamental de muestras - Proyecto de inversión



Fuente: SSPD

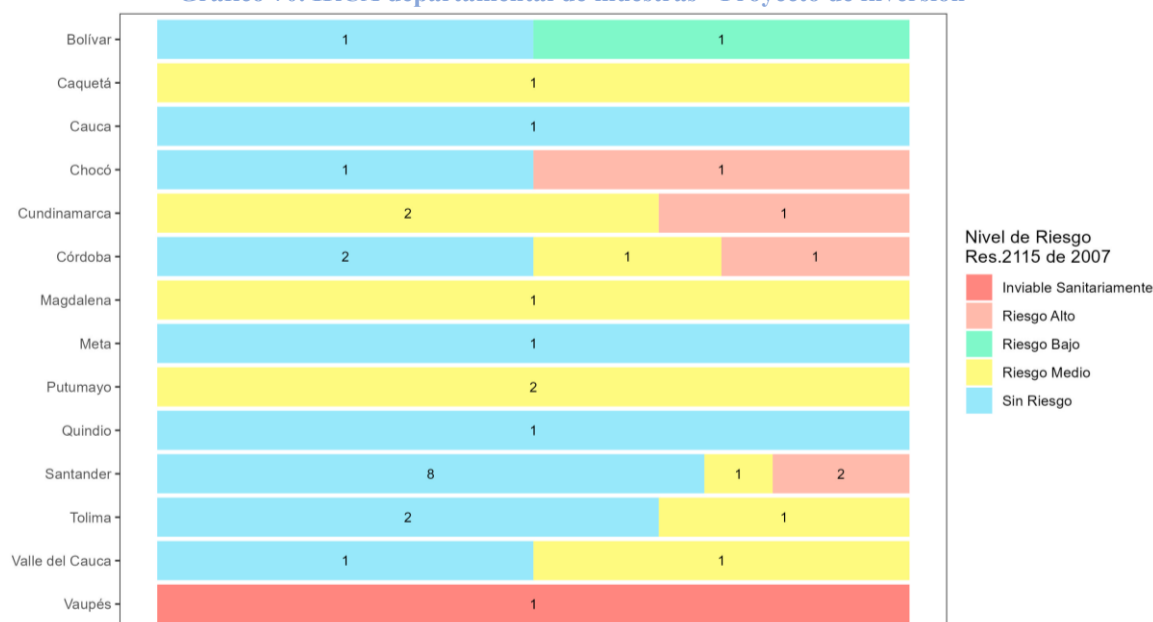
El Gráfico 69, al ser comparado con el Gráfico 43 permite visualizar cómo se ha redistribuido el nivel de riesgo, teniendo como principal hallazgo que ahora en el departamento de Antioquia no se tienen muestras con un nivel de riesgo inviable sanitariamente; y cómo en el departamento de Cundinamarca, la cantidad de muestras inviables sanitariamente se reduce a 1.

A nivel de muestras a demanda, para el año 2022, se tienen 18 muestras aptas para consumo humano, 1 muestra con nivel de riesgo bajo, 8 muestras con nivel de riesgo medio, 4 muestras con nivel de riesgo alto, y 4 muestras con nivel de riesgo inviable sanitariamente; del total de 35. 3 de las 4 muestras con nivel de riesgo inviable sanitariamente estaban dadas por estos parámetros de especial

interés sanitario, y si estos no se tienen en cuenta, 2 pasarían a tener un nivel de riesgo medio y 1 pasaría a tener un nivel de riesgo alto.

Después de este ejercicio, la distribución de nivel de riesgo quedaría de la siguiente forma:

Gráfico 70. IRCA departamental de muestras - Proyecto de inversión



Fuente: SSPD

El Gráfico 70, al ser comparado con el Gráfico 44 permite visualizar cómo se ha redistribuido el nivel de riesgo, teniendo como principal hallazgo que ahora en los departamentos de Cundinamarca y Santander no se tienen muestras con un nivel de riesgo inviable sanitariamente.

Lo presentado antes, muestra que el hecho de la cantidad limitada de parámetros de especial interés sanitario en el nivel de riesgo, que se monitorean, puede ser causante de una falsa percepción de que el agua distribuida es apta para consumo humano.

5. CAPÍTULO 5. Análisis de la calidad del agua para consumo humano a partir de los resultados del proceso de depuración del SIVICAP de la vigencia 2022 y su relación con los proyectos ejecutados de agua potable.

El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (Minvivienda)¹⁶, tiene como una de sus funciones principales la de formular, dirigir y coordinar las políticas, planes, programas y regulaciones en materia de agua potable y saneamiento básico, así como los instrumentos normativos para su implementación.

Por lo tanto, la misión de este Ministerio consiste en definir e implementar la política pública a través de programas y proyectos que articulen el acceso al agua, saneamiento básico, ordenamiento territorial, desarrollo urbano, gestión integral del recurso hídrico, soluciones de vivienda y la sostenibilidad, adaptados a las necesidades de los territorios para mejorar la calidad de vida de la población.

En lo relacionado a la calidad del agua para el consumo humano, es preciso señalar que este Ministerio emplea el IRCA¹⁷ con el fin de identificar la calidad del agua para consumo humano suministrada en los municipios del país.

En consecuencia, Minvivienda realiza anualmente un proceso de depuración en conjunto con la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios – SSPD, a partir de la información de la vigilancia de la calidad del agua reportada por las autoridades sanitarias competentes en el Sistema de Información para la Vigilancia de la Calidad del Agua Potable – SIVICAP, remitida por el Instituto Nacional de Salud – INS. De este proceso de depuración se obtiene el IRCA mensual y anual y su respectivo nivel de riesgo por prestador y por municipio, tanto para la zona urbana como la rural.

Así las cosas, en este capítulo del INCA de la vigencia 2022, se analizan los resultados de la información de la calidad del agua para consumo humano provenientes de dicho proceso de depuración, así como la relación que tiene los proyectos ejecutados con la mejora del indicador de calidad del agua.

¹⁶ Por disposición del Decreto Ley 3571 de 2011 y el artículo 1° del Decreto 1604 de 2020.

¹⁷ Este índice se define como el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano, de acuerdo con lo establecido en el artículo 12° del Decreto 1575 de 2007.

5.1. Resultados del IRCA de la vigencia 2022 a partir del proceso de depuración del SIVICAP.

Para la elaboración de este numeral del INCA, se emplearon los resultados del proceso de depuración señalado anteriormente, sobre lo cual es importante indicar que este es realizado con el fin de contar con datos homogéneos que son de uso común en el sector de APSB, y que también hacen parte del manejo interno y misional de la SSPD y del Minvivienda.

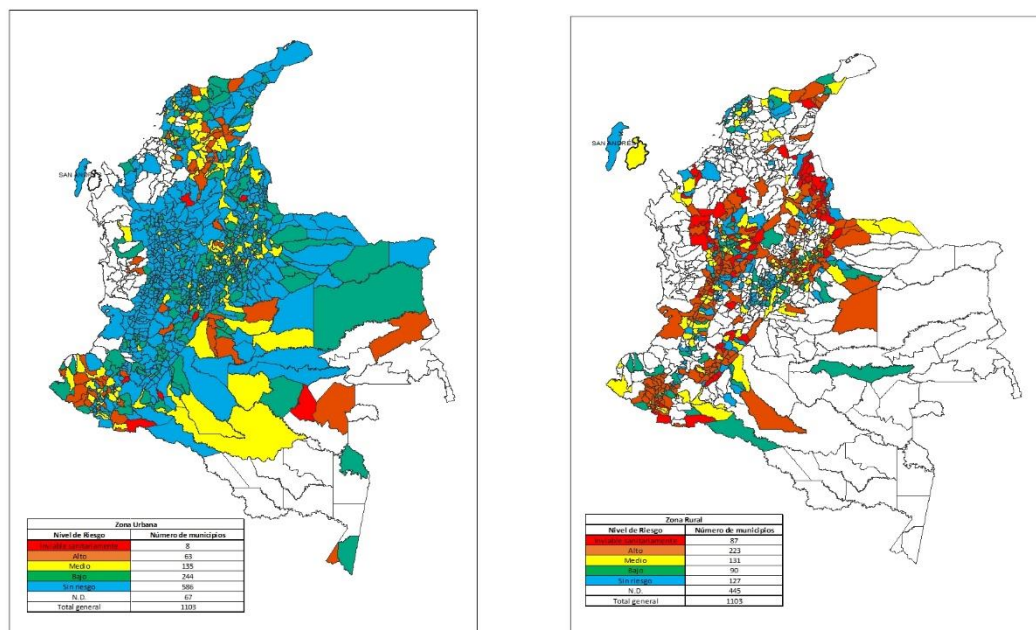
Por lo anterior, se señala a continuación un panorama general del nivel de riesgo de la calidad del agua para consumo humano presentado en la vigencia 2022 para los 1103 municipios del país, obtenido con la información de las muestras de vigilancia que fueron tomadas en red de distribución y a nivel intradomiciliario reportadas en el SIVICAP y además tenidas en cuenta en el proceso de depuración señalado.

**Tabla 22. Número de municipios por nivel de riesgo
(muestras en red de distribución e intradomiciliarias)**

Nivel de Riesgo	Número de municipios - Zona urbana	Número de municipios - Zona rural
Inviabile sanitariamente	8	87
Alto	63	223
Medio	135	131
Bajo	244	90
Sin riesgo	586	127
Sin información	67	445
Total	1103	1103

Fuente: Cálculos Minvivienda a partir de los resultados del proceso de depuración del SIVICAP realizado entre Minvivienda y la SSPD.

Gráfico 71. Número de municipios por nivel de riesgo – zona urbana y zona rural (muestras en red de distribución e intradomiciliarias)



Fuente: Cálculos Minvivienda a partir de los resultados del proceso de depuración del SIVICAP realizado entre Minvivienda y la SSPD.

Se puede observar en la Tabla 22 y en el Gráfico 71 que, para las zonas urbanas, en más de la mitad de los municipios del país (586) se suministró agua apta para consumo humano en la vigencia 2022, mientras que en el 41% de los municipios se suministró agua con algún nivel de riesgo (244 con nivel de riesgo bajo, 135 con riesgo medio, 63 con riesgo alto y 8 inviable sanitariamente). Es de anotar que en 67 municipios no hubo información de calidad del agua para consumo humano en las zonas urbanas, debido a que la autoridad sanitaria competente no realizó el cargue de esta información en el SIVICAP o no realizó muestreos de calidad del agua en estos municipios.

Para las zonas rurales, se suministró agua sin riesgo para el consumo humano en 127 municipios durante la vigencia 2022; sin embargo, en el 48% de los municipios se suministró agua con algún nivel de riesgo, presentándose en 87 de ellos la situación más crítica debido al suministro de agua con nivel de riesgo inviable sanitariamente. Se resalta la ausencia de la información reportada por las autoridades sanitarias en 40% de los municipios del país.

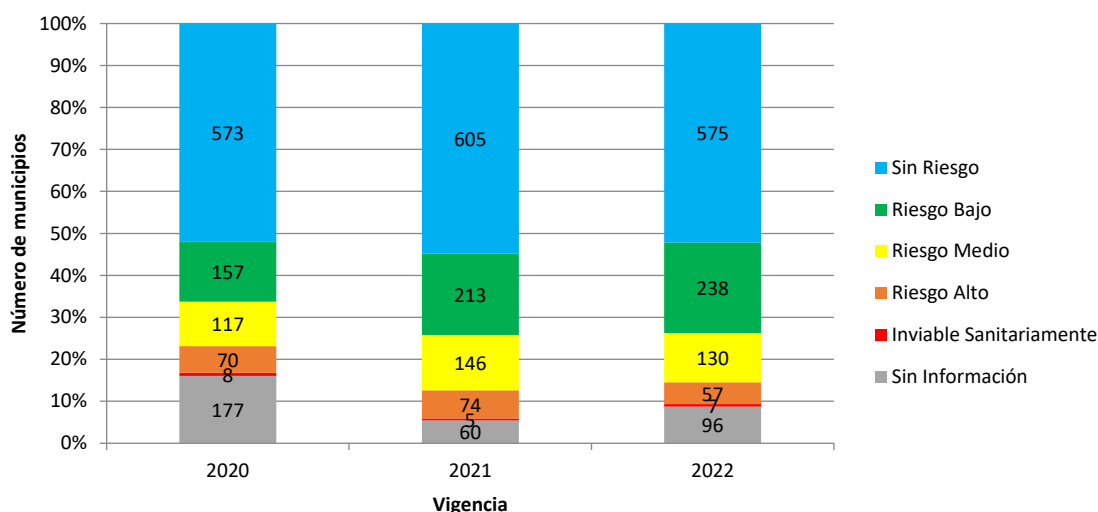
En este punto es importante mencionar que en los procesos de depuración del SIVICAP realizados hasta el año 2020 entre Minvivienda y la SSPD, se tuvieron en cuenta únicamente las muestras de vigilancia que fueron tomadas en red de distribución por la autoridad sanitaria competente. Sin embargo, para las vigencias 2021 y 2022, se emplearon también las muestras intradomiciliarias de aquellos municipios que no contaron con información en red de distribución, lo cual se realizó con el fin de que ninguno quedara sin registro de información en el SIVICAP y de esta forma se ampliara el número de municipios con información de calidad del agua para consumo humano.

En consecuencia, se realizó un análisis comparativo del indicador de calidad del agua para consumo humano a partir de las muestras de vigilancia tomadas sólo en red de distribución para las vigencias 2020 a 2022, cuyos resultados para la zona urbana se señalan en la siguiente ilustración, encontrando que el número de municipios donde se suministró agua sin riesgo oscila entre 573 a 605, lo que representa más de la mitad de los municipios del país. Mientras que, en las vigencias analizadas, en promedio el 37% de los municipios, han suministrado agua con algún nivel de riesgo.

Es importante aclarar que el dato del número de municipios de este análisis comparativo (Gráfico 72) difiere del número de municipios de la Tabla 22 debido a que en ella se tuvieron en cuenta los resultados de muestras de calidad del agua tomadas tanto en red de distribución como las intradomiciliarias, mientras que la comparación de las vigencias 2020 a 2022, se hizo con base en los resultados de las muestras tomadas únicamente en la red de distribución.

Con respecto a los municipios que no registran información de calidad del agua para consumo humano en zonas urbanas en el SIVICAP, se tiene un total de 177 en el año 2020, 60 en el 2021 y 96 en el 2022.

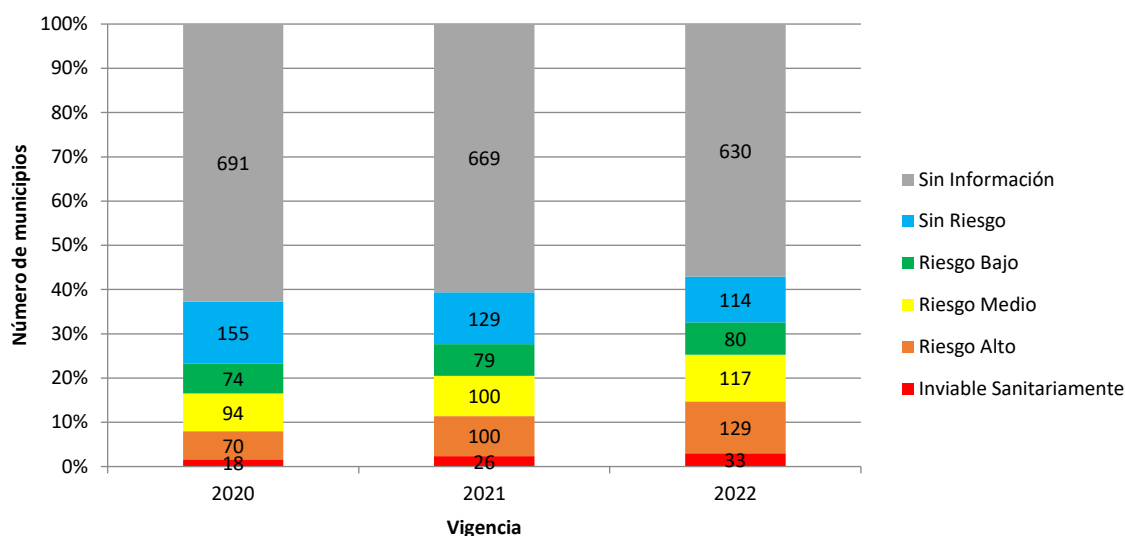
Gráfico 72. Número de municipios (zona urbana) por niveles de riesgo de la calidad del agua, vigencias 2020 a 2022 - muestras en red de distribución.



Fuente: Cálculos Minvivienda a partir de los resultados del proceso de depuración del SIVICAP realizado entre Minvivienda y la SSPD.

En contraste con las zonas urbanas, el número de municipios sin información de calidad del agua para consumo humano en zonas rurales es mucho mayor. Tal como se observa en el siguiente Gráfico 73, durante las vigencias 2020 a 2022, en promedio el 60% de los municipios no cuenta con información que permita calcular el IRCA municipal rural. A pesar de que hubo una disminución de los municipios sin información, se nota un leve aumento en el número de municipios que suministraron agua con algún nivel de riesgo.

Gráfico 73. Número de municipios (zona rural) por niveles de riesgo de la calidad del agua, vigencias 2020 a 2022 - muestras en red de distribución.



Fuente: Cálculos Minvivienda a partir de los resultados del proceso de depuración del SIVICAP realizado entre Minvivienda y la SSPD.

5.2. Proyectos de agua potable ejecutados y su relación con la mejora en la calidad del agua para consumo humano.

Para el presente análisis, se empleó la base de datos del Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico - VASB que consolida la información de los proyectos presentados ante el mecanismo de viabilización del Minvivienda, reglamentado mediante la Resolución 661 de 2019¹⁸. De esta base se seleccionaron los proyectos de inversión del servicio público de acueducto ejecutados en zonas urbanas y rurales con corte a diciembre de 2022 y avance físico del 100%, y se compararon con los resultados del IRCA, con el objetivo de determinar el impacto de estos proyectos en el mejoramiento de la calidad del agua para consumo humano.

Así las cosas, para la vigencia 2022, se ejecutó un total de 29 proyectos, de los cuales 17 de ellos se localizaron en zonas urbanas de igual número de municipios y 12 en zonas rurales de 11 municipios, encontrando un mismo proyecto que benefició las áreas rurales de dos municipios. La inversión total realizada ascendió a los \$256.280.647.934 COP.

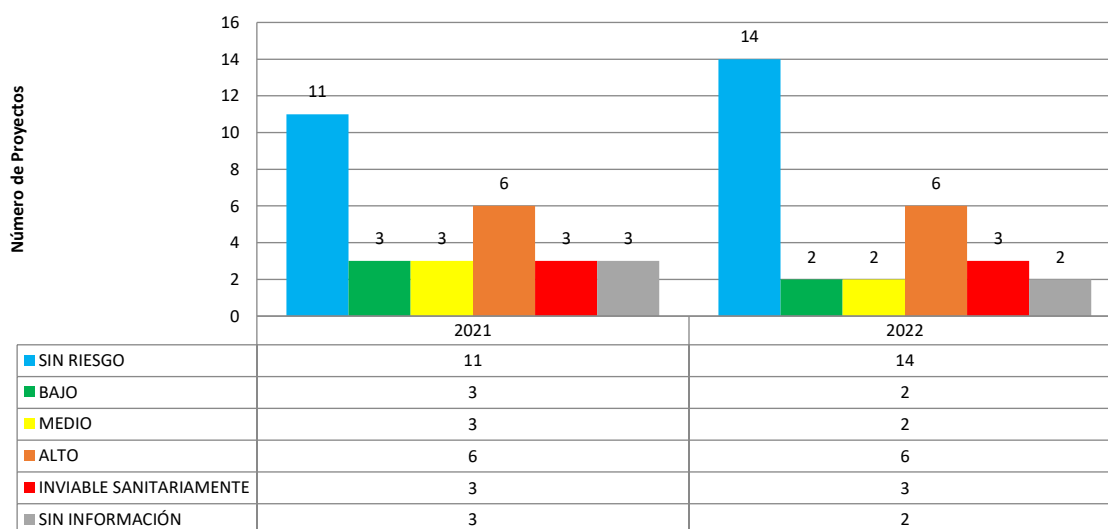
En el link: <http://superservicios.gov.co/sites/default/files/2023-11/Consolidado-de%20proyectos-APSB.xlsx>, se encuentra el anexo denominado “Consolidado de proyectos de inversión en el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – APSB, terminados en el año 2022”, y allí se presenta el detalle de esta información.

¹⁸ “Por la cual se establecen los requisitos de presentación y viabilización de proyectos del sector de agua potable y saneamiento básico que soliciten apoyo financiero de la Nación, así como de aquellos que han sido priorizados en el marco de los Planes Departamentales de Agua y de los programas que implemente el MVCT, a través del Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico, se deroga la resolución 1063 de 2016 y se dictan otras disposiciones”.

Estos proyectos consisten, entre otros temas, en: *i)* estudios y diseños, los cuales no inciden directamente en el mejoramiento de la calidad del agua, pero sí fortalecen la intervención en territorio para el cumplimiento de los indicadores de prestación; *ii)* ampliación de coberturas, *iii)* optimizaciones y construcciones de sistemas de acueducto; *iv)* proyectos que pueden incluir uno o varios componentes del servicio de acueducto, proyectos locales y regionales; entre otros.

Se compararon los niveles de riesgo de la calidad del agua de las vigencias 2021 y 2022 de los 28 municipios beneficiados con los 29 proyectos terminados en el 2022, con el fin de verificar el impacto de estos proyectos de inversión del servicio de acueducto frente a la mejora de la calidad del agua en ambas vigencias (Gráfico 74).

Gráfico 74. Niveles de riesgo de la calidad del agua de las vigencias 2021 y 2022 de los municipios beneficiados con los proyectos terminados en la vigencia 2022



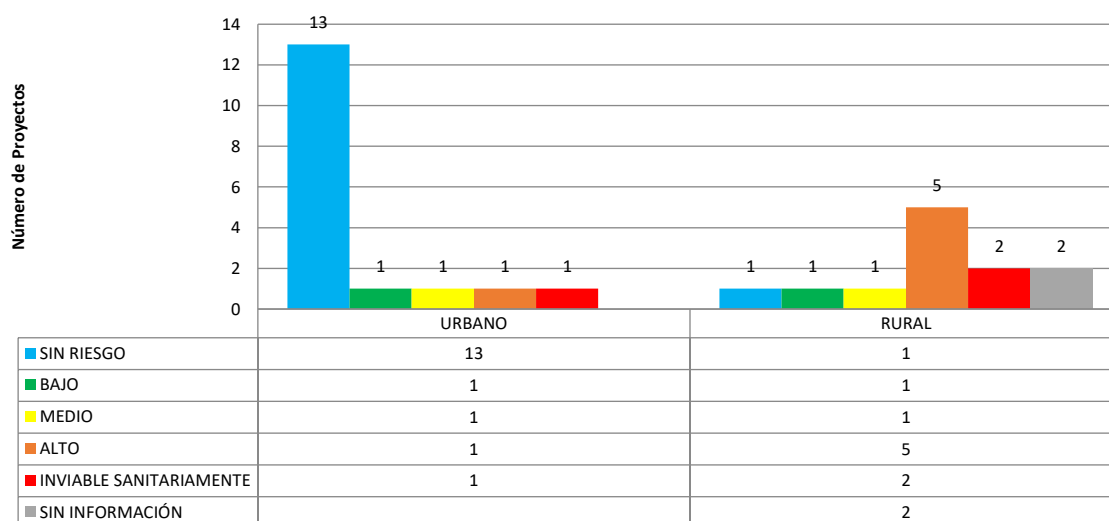
Fuente: Cálculos VASB-Minvivienda a partir de SIVICAP 2021-2022 y base de datos VASB proyectos terminados en 2022

Como se puede observar en el gráfico, de los 29 proyectos terminados en la vigencia 2022, la mitad de estos presentaron agua apta para el consumo humano, lo que significa que con la ejecución de los proyectos aumentó el número de municipios con suministro de agua sin riesgo; mientras que para el 2021, en 18 de ellos se suministró agua con algún nivel de riesgo.

Es preciso señalar que los proyectos que son presentados ante el mecanismo de viabilización del Minvivienda pretenden solucionar las necesidades puntuales que tenga el municipio que los formule, dentro de las cuales puede encontrarse la mejora de la calidad del agua para el consumo humano.

Aclarado lo anterior, para la zona urbana y rural en la vigencia 2022, los proyectos ejecutados presentan los siguientes niveles de riesgo (Gráfico 75).

Gráfico 75. Niveles de riesgo de la calidad del agua urbano y rural por proyecto terminado, 2022



Fuente: Cálculos VASB-Minvivienda a partir de SIVICAP y base de datos VASB proyectos terminados, vigencia 2022.

De la ilustración anterior se puede concluir que los proyectos que se presentan ante el mecanismo de viabilización del Minvivienda, son propuestos en su mayoría para la zona urbana (17 proyectos), mientras que en la zona rural fueron ejecutados 12 proyectos. Esto implica un mayor impacto en la población que va a ser atendida, por cuanto en la zona urbana se concentra un mayor número de población en comparación con la zona rural.

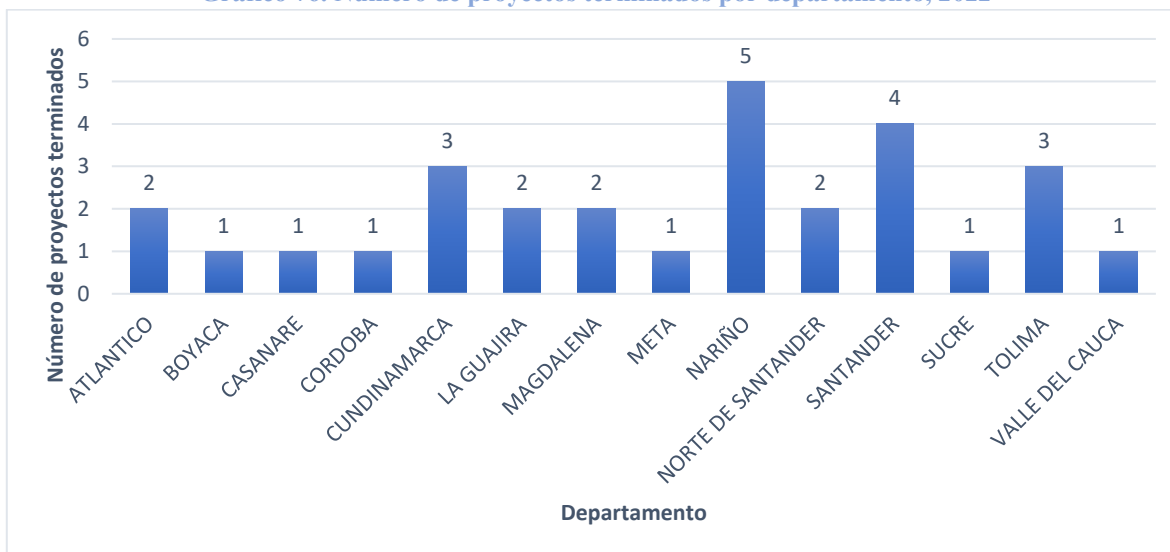
Sea del caso resaltar que la mejora en el indicador de la calidad del agua no depende únicamente de la ejecución de proyectos asociados a la prestación del servicio de acueducto, sino también de una correcta operación, mantenimiento y aseguramiento de la prestación. Las razones que conllevan a algún nivel de riesgo en la calidad del agua para consumo humano, no están necesariamente relacionadas con el estado de la infraestructura de los sistemas de acueducto, sino también a su operación y su sostenibilidad.

En consecuencia, Minvivienda en el marco de sus competencias, propende por el mejoramiento del indicador de calidad del agua de los municipios del país, para lo cual brinda asistencias técnicas a los municipios que en la vigencia 2022 obtuvieron nivel de riesgo inviable sanitariamente en las cuales se busca la participación de los actores involucrados, con el fin de estructurar esquemas de prestación de servicios públicos eficientes, sostenibles y con visión regional.

Los municipios a los que se les brindó asistencias técnicas en la vigencia señalada fueron: Bajo Baudó, El Carmen de Atrato y San Juan (Chocó), Morelia (Caquetá), San Sebastián (Cauca), Villarrica (Tolima), San Juan Nepomuceno (Bolívar) y Guaranda (Sucre).

Por otra parte, los proyectos terminados en la vigencia 2022 se encuentran distribuidos en 14 departamentos del país, los cuales se encuentran señalados a continuación (Gráfico 76).

Gráfico 76. Número de proyectos terminados por departamento, 2022



Fuente: Cálculos VASB-Minvivienda a partir de la base de datos VASB proyectos terminados, vigencia 2022.

Conclusiones y recomendaciones

Se presentan a continuación las conclusiones generales del presente Informe Nacional de Calidad del Agua – INCA de la vigencia 2022, a partir de cada uno de los capítulos que lo integran:

El Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano – IRCA, desempeña un papel fundamental al evaluar la calidad del agua en función del riesgo potencial para la población, derivado del incumplimiento de estándares físicos, químicos y microbiológicos. En el año 2022, el IRCA para los proveedores de servicios de acueducto fue clasificado como de bajo riesgo, registrando un valor del 8,1%. En contraste, los autoabastecedores presentaron un IRCA del 44,6%, indicando un nivel de riesgo alto. Durante el mismo año, se examinaron un total de 50252 muestras de agua, siendo el 76,93% de estas provenientes de prestadores de servicios, y el 23,06% de autoabastecedores. Se constató que en 64 municipios no se cumplió con el requisito de notificar las muestras al Sistema de Información de la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano (SIVICAP), lo que resultó en la imposibilidad de establecer el IRCA correspondiente a esas muestras.

En lo relacionado con los mapas de riesgo de calidad del agua para el consumo humano, como resultado del análisis del consolidado del estado de avance de los mismos por las Direcciones Territoriales de Salud – DTS en el año 2022 (Tabla 7), se evidencia que se ha avanzado en su elaboración, llegando a 1375 fuentes abastecedoras de sistemas de suministro de agua que cuentan efectivamente con mapa de riesgo y para 381 de las referidas fuentes que están en proceso de finalización. Este consolidado se constituye en la línea base para orientar acciones relacionadas con los determinantes socioambientales a intervenir que afectan las fuentes de suministro de agua para consumo humano.

El resultado general es positivo; sin embargo, se resaltan las siguientes dificultades evidenciadas por las Direcciones Territoriales de Salud para la viabilización de los Mapas de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano:

El 70% de las DTS manifiestan dificultades para la elaboración de los mapas de riesgo en cuanto la realización de los análisis de agua especializados, entrega oportuna de los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua y dificultad en el análisis de parámetros por parte de las personas prestadoras del servicio de acueducto.

Con respecto al apoyo por parte de la Autoridad Ambiental, el 48% de las DTS señalan limitada entrega de información de la caracterización de las fuentes hídricas que abastecen los sistemas de suministro de agua para consumo humano y escasa participación en el proceso de elaboración.

Por otra parte, el 52% de las DTS expresan dificultades para su elaboración en cuanto a falta de recursos económicos, talento humano calificado y continuo y limitaciones en la capacidad requerida para realizar la caracterización de los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos.

Adicionalmente, el 21% de las DTS mencionan dificultades de orden público para el desplazamiento tanto de talento humano como logístico que permita ir de forma segura a las zonas donde se encuentran las fuentes abastecedoras.

De acuerdo con la información reportada por las Direcciones Territoriales de Salud, se evidenciaron características complejas analizadas por la persona prestadora del servicio de acueducto en red de distribución no aceptables y a las cuales las Direcciones Territoriales de Salud le están realizando vigilancia sanitaria de la calidad del agua para consumo humano.

El reporte de la información de elaboración de los mapas de riesgo por parte de las Direcciones Territoriales de Salud se debe fortalecer en el SIVICAP.

Por otro lado, en el marco de la función asignada a la SSPD en la Ley 1955 de 2019 relacionada con encargar a terceros especializados la toma de muestras de calidad del agua y contratar un laboratorio para el análisis de estas, de las 212 muestras analizadas de los objetivos 1, 2 y 3 en el marco del proyecto, 12 muestras presentaron un nivel de riesgo inviable sanitariamente; 38 muestras presentaron nivel de riesgo alto; 80 muestras presentaron nivel de riesgo medio y solo 8 muestras presentaron un nivel de riesgo bajo. Es de resaltar que se obtuvo un IRCA del 0% para 74 muestras, el departamento cuya totalidad de muestras tuvieron esta condición fue Tolima (Herveo).

En el análisis para el grupo de muestras en el marco de las necesidades de la SSPD para vigilancia y control, se realizó un total de 35 muestras de calidad del agua de las cuales 4 muestras presentaron un nivel de riesgo inviable sanitariamente; 4 muestras presentaron nivel de riesgo alto; 8 muestras presentaron nivel de riesgo medio y solo 1 muestra presentó un nivel de riesgo bajo. Se destaca que 18 muestras arrojaron un resultado de agua apta para consumo humano, y estas fueron tomadas a prestadores de los departamentos de Bolívar (Calamar), Cauca (Guapí), Chocó (El Litoral del San Juan), Córdoba (Montería), Meta (Granada), Quindío (Pijao), Santander (Bucaramanga, California, Matanza, Suratá) y Tolima (Armero y Rovira).

Las características con mayor reiteración de incumplimiento en las 212 muestras realizadas en el marco de los objetivos 1, 2 y 3 fueron: *color aparente* (102 muestras), *turbiedad* (102 muestras), *aluminio* (85 muestras), *cloro residual libre* (62 muestras) y *coliformes totales* (60 muestras). En cuanto al grupo de muestras en el marco de las necesidades de la SSPD para vigilancia y control, las características con mayor reiteración de incumplimiento en las 55 muestras realizadas fueron: *cloro residual libre* (11 muestras), *color aparente* (9 muestras), *turbiedad* (10 muestras), *aluminio* (13 muestras) y *coliformes totales* (5 muestras).

En cuanto a las características microbiológicas en el marco de los objetivos 1, 2 y 3, solo 10 de las 210 muestras tomadas para la característica de *Giardia*, presentaron incumplimiento en los departamentos de Antioquia (Ciudad Bolívar y Fredonia) y Cundinamarca (Nocaima, Paratebuena, San Antonio del Tequendama, Tabio y Tena); en el marco de las necesidades de la SSPD para vigilancia y control, del total de las 24 muestras tomadas se incumplió con el valor máximo permisible (0 Quistes) de acuerdo con la Resolución 2115 de 2007, para una (1), tomada en el municipio de Confines, Santander. En cuanto a la característica *Escherichia coli* de las 210 muestras tomadas en el marco de los objetivos 1, 2 y 3, 22 muestras presentaron incumplimiento en los departamentos de Antioquia, Bolívar, Boyacá, Cundinamarca, Nariño y Santander; con respecto a las 35 muestras tomadas para las necesidades de la SSPD, esta característica solo incumplió en 3 de las muestras tomadas en los departamentos de Chocó, Córdoba y Vaupés.

Es posible percibir el impacto de la medición de características de especial interés sanitario en el nivel de riesgo. Para el caso de las 212 muestras analizadas de los objetivos 1, 2 y 3 en el marco del proyecto, se tienen 12 muestras con nivel de riesgo inviable sanitariamente, de las cuales, en caso de no analizar este tipo de características, 11 pasaría a tener un nivel de riesgo alto.

Para el caso del grupo de muestras en el marco de las necesidades de la SSPD para vigilancia y control, del total de 55 muestras, se tienen 4 muestras con nivel de riesgo inviable sanitariamente, de las cuales, en caso de no analizar características de especial interés sanitario en el nivel de riesgo, 2 pasaría a tener nivel de riesgo medio, y 1 a nivel de riesgo alto.

Por su parte, el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, con base en el resultado del proceso de depuración de la información del SIVICAP correspondiente a la vigencia 2022, pudo identificar que, en la zona urbana de 586 municipios, es decir el 53% del total de municipios del país donde se concentra la mayor parte de la población urbana, se suministró agua sin riesgo para el consumo humano. En lo relacionado al suministro de agua con algún nivel de riesgo, el 41% de los municipios del país (450 municipios) presentaron esta condición y en 67 municipios se desconoce la calidad del agua suministrada en la zona urbana en el 2022.

En cuanto a la zona rural, la situación varía drásticamente, dado que únicamente en 127 municipios la población recibió agua apta para el consumo humano; mientras que para 445 municipios (40%) no se obtuvo información de vigilancia de la calidad del agua reportada en el SIVICAP por parte de la autoridad sanitaria competente o no realizó muestras de calidad del agua en estos municipios.

La situación más desfavorable frente al nivel de riesgo inviable sanitariamente se presentó en la zona rural de 87 municipios del país.

En cuanto a la calidad del agua suministrada en red de distribución en los años 2020 al 2022, se observa un comportamiento similar en la zona urbana en el número de municipios con agua apta para el consumo humano, los cuales oscilan entre 573 a 605 municipios. En cuanto a los municipios con algún nivel de riesgo, se observa que, en promedio el 37% de los municipios del país no cuenta con agua potable.

Ahora bien, el análisis comparativo para los años 2020 a 2022 en la zona rural, se tiene que 60% de los municipios, en promedio, no cuenta con información reportada en el SIVICAP o la no realización de muestras por parte de la autoridad sanitaria competente. En cuanto a agua apta para el consumo humano, únicamente en el 12% de los municipios en promedio durante estos años presentaron agua sin nivel de riesgo.

Lo descrito anteriormente deja en evidencia que se continúan manteniendo brechas entre la zona urbana y la rural en relación con el suministro de agua para consumo humano. En cuanto a los proyectos presentados ante el mecanismo de viabilización de Minvivienda, se tiene que para la vigencia 2022 se ejecutaron un total de 29 proyectos asociados a mejoras en la infraestructura del servicio de acueducto, los cuales ascienden a una suma aproximada de \$256 mil millones de pesos, beneficiando a 28 municipios del país. Es importante mencionar que la mejora del indicador de calidad del agua no depende únicamente de la ejecución de proyectos, sino también de la correcta operación, mantenimiento y aseguramiento de la prestación del servicio de acueducto que se brinde.

Por otra parte, a continuación, se presentan las recomendaciones relacionadas con eventos vehiculizados por agua para consumo humano presentes en este Informe Nacional de Calidad del Agua – INCA, y que surgen a partir del análisis hecho por el Instituto Nacional de Salud:

En lo referente a la asociación entre la ocurrencia de situaciones ambientales y la calidad de agua para consumo humano en Colombia, los resultados presentados evidencian una correlación entre los indicadores IRCA y los niveles (cantidad e intensidad) de alertas ambientales referentes a lluvias y deslizamientos reportados por el IDEAM. Aunque no se establece que esta asociación sea causal, es posible concluir que eventos como lluvias o deslizamientos podrían afectar la calidad del agua destinada para consumo humano.

De esta forma, las autoridades locales de salud y los prestadores del servicio de agua deben considerar como una prioridad el control permanente de la calidad del agua en situaciones de lluvias y deslizamientos, así como el abastecimiento, transporte, desinfección, almacenamiento e identificación de fuentes alternas de agua. Y, se sugiere realizar un seguimiento continuo de los indicadores IRCA y los niveles de alertas ambientales reportados por el IDEAM para evaluar la relación entre ellos y la posible afectación en la calidad del agua destinada para consumo humano.

De igual forma, se recomienda repetir el ejercicio con información del año 2023 para verificar los hallazgos y validez de los análisis estadísticos y generarlos a escala municipal en los departamentos donde se encontró relación estadísticamente significativa.

En cuanto a la relación de la calidad de agua para consumo humano y la incidencia de enfermedad diarreica aguda y hepatitis A en Colombia, se recomienda a las entidades territoriales realizar un análisis de la morbilidad por enfermedad diarreica aguda y hepatitis A al menos a nivel municipal para identificar y disminuir riesgos asociado a los factores que puedan estar relacionados a la presentación de casos. Además, las Entidades Territoriales de Salud deben fortalecer las estrategias asociadas a la capacitación en manipulación adecuada de alimentos, manejo de excretas y medidas de higiene personal a la comunidad en general.

De la misma forma, se recomienda fortalecer las acciones de vigilancia en salud pública para enfermedad diarreica aguda y hepatitis A, específicamente en los municipios y departamentos que muestran una alta clasificación según la metodología utilizada, debido a las condiciones de tratamiento de agua para uso y consumo de la población. Y, por último, se recomienda a las entidades territoriales departamentales y locales priorizadas con esta metodología, focalizar la inversión de recursos en el cumplimiento de muestreos y tratamiento del agua potable; así como fortalecer las acciones de inspección, vigilancia y control sobre las redes de distribución, de acuerdo con lo establecido en el Decreto 1575 de 2007 y sus resoluciones reglamentarias.

Para finalizar, en lo relacionado al ejercicio de estimación de la incidencia de enfermedad diarreica aguda en Colombia relacionada con riesgos microbiológicos en agua para consumo dietario, a través de la aplicación de un modelo de estimación probabilística con enfoque predictivo; se tiene que, considerando los resultados, al aplicar los modelos probabilísticos con enfoque QMRA desarrollados para la predicción del riesgo de infección y de casos de EDA por consumo de agua dietaria, a partir de los datos notificados al SIVICAP en 2022, y al comparar con la notificación de EDA para el mismo año, se concluye que el modelo presenta un ajuste apropiado de la morbilidad por EDA, pues se

presentaron porcentajes de errores relativo menor al 20% de casos estimados de EDA respecto a los casos notificados al SIVIGILA, en departamentos como Santander (6%) y Cesar (19%). Además, para los departamentos donde el modelo presentó sobrestimación o subestimación en su ajuste, la razón puede estar asociada a diferentes factores como, prevalencias altas de muestras positivas para *E. coli*, subregistro de casos leves EDA, EDA generada por virus y dificultades en la notificación.

De igual forma, se encontró que la concentración de *E. coli* no presenta diferencias significativas ($p > 0,05$) al comparar el tipo desinfectante y la ubicación del punto de muestreo, con respecto a la ubicación de la muestra tomada (rural y urbana).

En el desarrollo del ejercicio, se propone una clasificación del riesgo para las muestras del país, según su resultado de concentración de *E. coli*, acorde con los criterios sugeridos por la OMS.

Para la estimación máxima de la dosis de oo(quistes) de *Giardia spp.* y *Cryptosporidium spp.*, Boyacá y Cundinamarca durante 2022, se encontró un comportamiento similar a las estimaciones de 2021 y se presentaron valores inferiores respecto a las estimaciones realizadas entre los años 2017 y 2018, donde se observa un mayor reporte y concentración de muestras positivas. Por lo anterior, es importante fortalecer las capacidades de los departamentos para la detección de estos parásitos considerando su contribución en los casos de EDA.

Para este ejercicio, se encuentra que, el modelo probabilístico de evaluación del riesgo para *Giardia spp.* y *Cryptosporidium spp.* en agua presenta estimaciones máximas de oo(quistes), así como de casos de coinfección ajustados respecto a los reportes en literatura que indican que el porcentaje de EDA atribuibles a parásitos están en el rango de 14,6 a 19,4%.

A partir de las conclusiones del ejercicio de estimación de la incidencia de enfermedad diarreica aguda en Colombia relacionada con riesgos microbiológicos en agua para consumo dietario, a través de la aplicación de un modelo de estimación probabilística con enfoque predictivo; se recomienda que para las entidades territoriales que no reportaron información a SIVICAP de manera periódica, se requiere realizar seguimiento acorde con lo ordenado en la normatividad legal vigente para las autoridades sanitarias.

Además, a las direcciones territoriales de salud se recomienda priorizar la vigilancia de *E. coli*, especialmente en áreas urbanas para los puntos con clasificación de “Sectores alto riesgo de distribución”, y vigilar detenidamente la eficacia del desinfectante empleado.

Por otra parte, a las direcciones territoriales de salud se recomienda priorizar la vigilancia de *E. coli*, especialmente en áreas urbanas para los puntos con clasificación de “No usan desinfectantes”, así como identificar alternativas que se enfoquen en estos puntos empleen la desinfección del agua.

A los prestadores del servicio vigilados, y a los responsables del tratamiento y distribución de agua potable, se recomienda realizar la validación de tratamientos aplicados al agua, y, adicionalmente, se sugiere realizar mantenimiento preventivo de equipos e instalaciones y mantener condiciones higiénicas adecuadas de manipulación y almacenamiento.

Por último, y en general, se sugiere desarrollar estudios de investigación sobre prevalencia de *E. coli* STEC y otros patotipos en agua dietaria en Colombia, y se recomienda propender por el fortalecimiento y articulación de los Laboratorios de Salud Pública y la Red Nacional de Laboratorios, para ampliar la cobertura de los análisis y garantizar el diagnóstico y la notificación de *Giardia* spp. y *Cryptosporidium* spp. en agua potable.

Referencias bibliográficas

1. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda. Geneva: World Health Organization; 2022. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
2. De Sousa y Berrocal Capdevila (2019). ¿Qué es la política?, un modelo de estado de Nueva Gales del Sur (Australia).
3. Capacidades estatales y problemas complejos de políticas públicas: cómo abordar vulnerabilidades que afectan el desarrollo humano / Edgardo Mosqueira, Martín Alessandro. Copyright © 2023 Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
4. El impacto del cambio climático en Latinoamérica [Internet]. wwfca.org. [citado el 31 de julio de 2023]. Disponible en: https://www.wwfca.org/nuestrotrabajo/clima_energia/impacto_cambio_climatico_latinoamerica/
5. Departamento Nacional de Planeación. Consejo Nacional de Política Económica y Social [Internet]. Lineamientos Para La Formulación De La Política Integral De Salud Ambiental. [citado el 25 de julio de 2023]. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Conpes-3550-de-2009.pdf>
6. Organización Panamericana De La Salud. Vigilancia epidemiológica sanitaria en situaciones de desastre. Guía para el nivel local. 2002;1–47.
7. ICLR. CAT Hotsheet. Estrategias para el manejo de las aguas pluviales. Salud Pública Mex. 2012;54(2):178–98.
8. Quitusco I. Desastres naturales Amenazas y evolución. (2016). Desastres naturales Amenazas y evolución. Numérica Notas, 1(1), 9–11. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10387.89127n>. Numérica Notas. 2016;1(1):9–11.
9. Ospina Zúñiga O, García Cobas G, Gordillo Rivera J, Tovar Hernández K. Evaluación de la turbiedad y la conductividad ocurrida en temporada seca y de lluvia en el río Combeima (Ibagué, Colombia). Ing Solidar. 2016;12(19):19–36.
10. Francisco G, Urrego P, Perea Garcés JM, Betancur CM, Beltrán DA, Browne O, et al. Plan Nacional de Negocios Verdes 2022-2030 [Internet]. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2022 [citado el 31 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/11/Actualizacion-Plan-Nacional-Negocios-verdes-2022-2030.pdf>
11. Méndez J. Los retos del acceso a agua potable y saneamiento básico de las zonas rurales en Colombia [Internet]. revistas universidad de los andes. 2020 [citado el 31 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://revistas.uniandes.edu.co/index.php/rdi/article/view/7488/7888>
12. Field CB, Barros VR, Dokken DJ, Mach KJ, Mastrandrea MD, Bilir TE, et al. Climate change 2014 impacts, adaptation and vulnerability: Part A: Global and sectoral aspects: Working group II contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Clim Chang 2014 Impacts, Adapt Vulnerability Part A Glob Sect Asp. 2014;1–1131.
13. Ríos-Tobón S, Agudelo-Cadavid RM, Gutiérrez-Builes LA. Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. Rev Fac Nac Salud Pública. 2017;35(2):236–47.
14. Instituto de Hidrología Meteorología y estudios ambientales IDEAM. Seguimientos a la segunda temporada de lluvias y a la evolución del Fenómeno La Niña en el país. 2022;2022.
15. Instituto de Hidrología Meteorología y estudios ambientales IDEAM. Boletines, Avisos y Alertas [Internet]. 2022. Disponible en: http://www.pronosticosyalertas.gov.co/boletines-avisos-y-alertas/-/document_library_display/6Pg0RBHoKj7z/view/90053519

16. Grupo de Vigilancia y Control de Factores de Riesgo Ambiental. Infografías del Comportamiento comparativo de las alertas por situaciones ambientales, semanas epidemiológicas 01 a 52 del 2020 al 2022, Colombia [Internet]. Instituto Nacional de salud. 2023 [citado el 31 de mayo de 2023]. Disponible en: <http://url.ins.gov.co/h4bx6>.
17. Samra S CJSFM. The right to water in rural Punjab: assessing equitable access to water in the context of the ongoing Punjab Rural Water Supply Proejct. Health Hum Rights. 2011 Dec 15;13(2):E36-49. PMID: 22773031. 2011;
18. Organización Mundial de la Salud. Agua para consumo humano [Internet]. 2022. 2022. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
19. Singh. SBASS. Bacterial Gastroenteritis. StatPearls [Internet]. 2021; Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK513295/>
20. Natalya Iorio SJ. Hepatitis A [Internet]. 2022. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459290/>
21. Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. Lancet. 2020; 396:1223-49. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30752-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30752-2)
22. Tanaka J. Hepatitis A shifting epdiemiology in Latin América. Vaccine. 2000; 18:S57–60.[https://doi.org/10.1016/S0264-410X\(99\)00466-1](https://doi.org/10.1016/S0264-410X(99)00466-1)
23. World Heath Organization. Drinking-water [Internet]. 2022. 2022. p. 1. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
24. Instituto Nacional de Salud. Informes de evento Enfermedfad Diarreica Aguda año 2022 [Internet] 2022. Available from: <https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/Paginas/Info-Evento.aspx>
25. Instituto Nacional de Salud. Informes de evento Hepatitits A año 2022 [Internet] 2022. Available from: <https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/Paginas/Info-Evento.aspx>
26. OMS. Enfermedades diarreicas [Internet]. 2017 [cited 2023 Jan 11]. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/diarrhoeal-disease>
27. Ugboko HU, Nwinyi OC, Oranusi SU, Oyewale JO. Childhood diarrhoeal diseases in developing countries. Vol. 6, Heliyon. Elsevier Ltd; 2020. p. e03690.
28. Tintle N, Van De Griend K, Ulrich R, Wade RD, Baar TM, Boven E, et al. Diarrhea prevalence in a randomized, controlled prospective trial of point-of-use water filters in homes and schools in the Dominican Republic. Tropical Medicine and Health 2021 49:1. 2021 Jan 4;49(1):1–14.
29. Health Organization Regional Office for Europe W. Effective approaches to drinking-water quality surveillance, meeting report. 2015.
30. Berg HHJL Van Den, Friederichs L, Versteegh JFM, Smeets PWMH, Husman AMDR. International Journal of Hygiene and How current risk assessment and risk management methods for drinking water in The Netherlands cover the WHO water safety plan approach. Int J Hyg Environ Health. 2019;(July):0–1.
31. Gómez-Duarte OG. Enfermedad diarreica aguda por Escherichia coli enteropatógenas en Colombia. Revista chilena de infectología. 2014 Oct;31(5):577–86.
32. INS. Evaluación Del Riesgo Agudo y Crónico a Partir de Datos de Vigilancia de Calidad de Agua Reportados En La Base de Datos SIVICAP en los Años 2016 y 2017. INS. Vol. 1. Bogotá; 2018.
33. Gomes TAT, Elias WP, Scaletsky ICA, Guth BEC, Rodrigues JF, Piazza RMF, et al. Diarrheagenic Escherichia coli. Vol. 47, Brazilian Journal of Microbiology. Elsevier Editora Ltda; 2016. p. 3–30.

34. INS. Evaluación de Riesgos: Giardia spp. y Cryptosporidium spp. en agua para consumo humano en Colombia. INS. Grupo de Evaluación de Riesgos en Inocuidad de Alimentos - ERIA, editor. Vol. 1. Bogotá: INS; 2022.
35. Schijven JF, Teunis PFM, Rutjes SA, Bouwknegt M, de Roda Husman AM. QMRAspot: A tool for Quantitative Microbial Risk Assessment from surface water to potable water. *Water Res* [Internet]. 2011;45(17):5564–76. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135411004611>
36. Sato MIZ, Galvani AT, Padula JA, Nardocci AC, Lauretto M de S, Razzolini MTP, et al. Assessing the infection risk of Giardia and Cryptosporidium in public drinking water delivered by surface water systems in Sao Paulo State, Brazil. *Science of the Total Environment*. 2013;442:389–96.
37. Praveena SM, Kamal Huyok NF, Burbure C de. Public health risk assessment from drinking water from vending machines in Seri Kembangan (Malaysia). *Food Control* [Internet]. 2018;91:40–6. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713518300252>
38. Machdar E, van der Steen NP, Raschid-Sally L, Lens PNL. Application of Quantitative Microbial Risk Assessment to analyze the public health risk from poor drinking water quality in a low income area in Accra, Ghana. *Science of the Total Environment*. 2013 Apr 1;449:134–42.
39. Haas CN, Thayyar-Madabusi A, Rose JB, Gerba CP. Development of a dose-response relationship for Coli, Escherichia O157 :H7. *Int J Food Microbiol*. 2000;1748:153–9.
40. INS. Reporte técnico: informe de la predicción de la incidencia de enfermedad diarreica aguda en Colombia relacionada con riesgos microbiológicos en agua para consumo dietario, a través de algoritmo de estimación probabilística, 2020. Blanco C, editor. 2021.
41. Henao-Herreño LX, López-Tamayo AM, Ramos-Bonilla JP, Haas CN, Husserl J. Risk of Illness with Salmonella due to Consumption of Raw Unwashed Vegetables Irrigated with Water from the Bogotá River. *Risk Analysis*. 2017;37(4):733–43.
42. Corredor-García D, García-Pinilla S, Blanco-Lizarazo CM. Systematic Review and Meta-analysis: Salmonella spp. prevalence in vegetables and fruits. *World J Microbiol Biotechnol*. 2021 Mar 1;37(3).
43. Carlos Rivillas J, Ivo Monañó Caicedo J, Lucía Ospina Martínez M. Guía Metodológica para Registros, Observatorios, Sistemas de Seguimiento y Salas Situacionales Nacionales en Salud de Colombia [Internet]. 2015 [cited 2020 Aug 10]. Available from: www.minsalud.gov.co
44. World Health Organization. Guidelines for Drinking-water Quality: fourth edition incorporating the first addendum. Geneva; 2017.
45. Mahmud ZH, Islam MS, Imran KM, Hakim SAI, Worth M, Ahmed A, et al. Occurrence of Escherichia coli and faecal coliforms in drinking water at source and household point-of-use in Rohingya camps, Bangladesh. *Gut Pathog*. 2019 Nov 1;11(1).

INCA

2022

Informe Nacional de Calidad del Agua para
Consumo Humano
