

**Análisis de los índices de calidad de agua potable (irca) en el departamento de Boyacá
durante el periodo 2016-2019.**

Diana Lorena Rojas Rodriguez

Universidad Nacional Abierta Y A Distancia - UNAD

Escuela de ciencias agrícolas pecuarias y del medio ambiente – ECAPMA

Ingeniería ambiental

Tunja

2020

**Análisis de los índices de calidad de agua potable (irca) en el departamento de Boyacá
durante el periodo 2016-2019.**

Diana Lorena Rojas Rodriguez

Trabajo de grado en la modalidad de monografía como requisito para optar al título de Ingeniero
de Ambiental

Director:

Ramiro Andrés Colmenares Cruz IngAmb., Esp., M.Sc(c)

Universidad Nacional Abierta Y A Distancia - Unad

Escuela de ciencias agrícolas pecuarias y del medio ambiente – ECAPMA

Ingeniería Ambiental

Tunja

2020

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Director del proyecto de grado

Tunja, diciembre de 2020

Dedicatoria

A Dios, por permitirme cumplir este logro tan importante en mi vida, el cual me da la oportunidad de empezar una nueva etapa como profesional.

A mis padres por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida.

A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando en mi formación profesional y como ser humano.

Agradecimiento

La autora expresa sus agradecimientos al ingeniero **Ramiro Andrés Colmenares Cruz** director del Proyecto de Grado, por su colaboración, tiempo, apoyo, confianza, paciencia, profesionalismo y aportes que contribuyeron al desarrollo de este trabajo de grado.

A la UNAD junto a los profesores que hacen parte del programa de Ingeniería ambiental quienes con sus conocimientos en las diferentes áreas de nuestra formación académica lograron profundizar lo aprendido.

Igualmente, a la Secretaría de Salud Departamental por permitirme acceder a la información correspondiente al IRCA, con la cual fue posible la realización de esta monografía.

A todas las personas y amigos que desde el inicio de esta opción de grado me apoyaron hasta su culminación.

Tabla de contenido

	Pág.
GLOSARIO DE TÉRMINOS	12
RESUMEN	16
ABSTRACT	17
INTRODUCCIÓN E INFORMACIÓN GENERAL	18
Planteamiento del problema	18
Justificación	19
Objetivos	21
General.	21
Específicos	21
MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO	22
Marco contextual	22
Localización geográfica.	22
Marco conceptual.	26
Marco teórico.	27
Calidad del agua para consumo humano:	31
Índice de riesgo de la calidad de agua para consumo humano-IRCA resolución No. 2115 de 2007.	32
Marco legal	33
Metodología	35
Tipo de estudio	35
Método de investigación	35
Técnicas e instrumentación para la recolección y tratamiento de datos.	35
Fuentes de información primaria.	35
Trabajo de campo:	36
Fuentes de información secundaria.	36
Procesamiento de la información 2016 al 2019.	37
Análisis información 2016	37
correlación año 2016	61
Análisis información 2017	63
Correlación año 2017	89
Análisis información 2018	91

Correlación año 2018	114
Análisis de información 2019	116
Correlación 2019	138
RECOMENDACIONES	141
CONCLUSIONES	145
Referencias	146

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. División político administrativa del Departamento de Boyacá	22
Figura 2. Cloro residual 2016	45
Figura 3. Turbiedad 2016	46
Figura 4. E. Coli 2016	47
Figura 5. Coliformes totales 2016	49
Figura 6. Color 2016	50
Figura 7. Consolidado IRCA 2016	54
Figura 8. Mapa de riesgo IRCA general 2016	55
Figura 9. Mapa de riesgo IRCA Urbano 2016	58
Figura 10. IRCA Rural 2016	60
Figura 11. Matriz de doble entrada para el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua potable en el periodo 2016 en los municipios del Departamento de Boyacá. El análisis jerárquico externo indica el agrupamiento de variables y municipios con el método de Manhattan y distanciamiento de Ward.	62
Figura 12. Cloro residual 2017	72
Figura 13. Turbiedad 2017	73
Figura 14. E. Coli. 2017	74
Figura 15. Coliformes totales 2017	75
Figura 16. Color 2017	76
Figura 17. Crypto 2017	77
Figura 18. Consolidado IRCA 2017	81
Figura 19. IRCA general 2017	84
Figura 20. IRCA urbano 2017	86
Figura 21. IRCA rural 2017	88
Figura 22. Matriz de doble entrada para el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua potable en el periodo 2017 en los municipios del Departamento de Boyacá. El análisis jerárquico externo indica el agrupamiento de variables y municipios con el método de Manhattan y distanciamiento de Ward.	90
Figura 23. Cloro residual 2018	98

Figura 24. Turbiedad 2018	99
Figura 25. E. Coli 2018	100
Figura 26. Coliformes totales 2018	101
Figura 27. Color 2018	102
Figura 28. Giardia y Crypto 2018	103
Figura 29. Consolidado IRCA 2018	107
Figura 30. IRCA municipios 2018	109
Figura 31. IRCA urbano 2018	111
Figura 32. IRCA rural 2018	113
Figura 33. Matriz de doble entrada para el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua potable en el periodo 2018 en los municipios del Departamento de Boyacá. El análisis jerárquico externo indica el agrupamiento de variables y municipios con el método de Manhattan y distanciamiento de Ward.	115
Figura 34. Cloro residual 2019	121
Figura 35. Turbiedad 2019	122
Figura 36. E. Coli 2018	123
Figura 37. Coliformes totales 2019	124
Figura 38. Color 2019	125
Figura 39. Giardia y Crypto 2019	126
Figura 40. Consolidado IRCA 2019	130
Figura 41. IRCA general 2019	133
Figura 42. IRCA urbano 2019	135
Figura 43. IRCA rural 2019	137
Figura 44. Matriz de doble entrada para el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua potable en el periodo 2019 en los municipios del Departamento de Boyacá. El análisis jerárquico externo indica el agrupamiento de variables y municipios con el método de Manhattan y distanciamiento de Ward.	139

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Listado de municipios del Departamento de Boyacá	23
Tabla 2. Puntajes de riesgo según la Resolución No. 2115 de 2007	32
Tabla 3 Clasificación del nivel de riesgo según la Resolución No. 2115 de 2007	33
Tabla 4. Análisis de calidad del agua obtenidos en el año 2016 del Departamento de Boyacá.	38
Tabla 5. Parámetros presentes durante el año 2016	44
Tabla 6. Informe IRCA 2016	51
Tabla 7. Consolidado IRCA 2016	54
Tabla 8. Índice General de riesgo de calidad del agua en 123 municipios de Boyacá, 2016	57
Tabla 9. Índice de riesgo de calidad del agua en 123 municipios de Boyacá sector urbano, 2016	59
Tabla 10. Índice de riesgo de calidad del agua en 123 municipios de Boyacá sector rural, 2016	61
Tabla 11. Análisis de calidad del agua obtenidos en el año 2017 del Departamento de Boyacá	64
Tabla 12. Parámetros que se reportaron fuera de norma en el 2017	70
Tabla 14. Informe IRCA 2017	78
Tabla 15. Consolidado IRCA 2017	81
Tabla 16. Índice de riesgo de calidad del agua en 123 municipios de Boyacá, 2017	85
Tabla 17. Índice de riesgo de calidad del agua en 123 municipios de Boyacá sector urbano, 2017	87
Tabla 18. Índice de riesgo de calidad del agua en 123 municipios de Boyacá sector rural, 2017	89
Tabla 19. Análisis de calidad del agua obtenidos en el año 2018 del Departamento de Boyacá	92
Tabla 20. Bacterias presentes durante el año 2018	97
Tabla 21. Informe IRCA 2018	104
Tabla 22. Consolidado IRCA 2018	106
Tabla 23. Índice de riesgo municipal de calidad del agua en 123 municipios de Boyacá, 2018	110
Tabla 24. Índice de riesgo municipal de calidad del agua en 123 municipios de Boyacá, 2018	112
Tabla 25. Índice de riesgo de calidad del agua en 123 municipios de Boyacá sector rural, 2018	114
Tabla 26. Datos IRCA 2019	117
Tabla 27. Bacterias presentes durante el año 2019	120
Tabla 28. Informe IRCA 2019	127
Tabla 29. Consolidado IRCA 2019	129
Tabla 30. Índice de riesgo de calidad del agua en 123 municipios de Boyacá sector municipal, 2019	134

Tabla 31. Índice de riesgo de calidad del agua en 123 municipios de Boyacá sector urbano, 2019	136
Tabla 32. Índice de riesgo de calidad del agua en 123 municipios de Boyacá sector rural, 2019	138

Glosario de términos

- Agua potable o agua para consumo humano:

Es aquella que cumple con unos parámetros físicos, químicos y microbiológicos establecidos y bajo las condiciones señaladas en la normatividad que lo reglamenten, permite ser apta para el consumo humano. (Minsalud, 2007).

- Autoridad sanitaria:

Es la entidad competente del Sistema General de Seguridad Social (S.G.S.S.), que ejerce funciones de vigilancia de los sistemas de suministro de agua en cumplimiento de las normas, disposiciones y criterios, así como los demás aspectos que tengan relación con la calidad del agua para consumo humano (Minsalud, 1998)

- Características del agua para consumo humano:

Las características físicas, químicas y microbiológicas, que puedan afectar directa o indirectamente la salud humana, así como los criterios y valores máximos aceptables que debe cumplir el agua para el consumo humano, serán determinados por los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en un plazo no mayor a un (1) mes (Minsalud, 2007).

- Fuente de abastecimiento:

Depósito o curso de agua superficial o subterránea, utilizada en un sistema de suministro a la población, bien sea de aguas atmosféricas, superficiales, subterráneas o marinas. (Minsalud, 2007).

- Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano - IRCA:

Es 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 (Minsalud, 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 (Minsalud, 2007).

- **Persona prestadora del servicio público de acueducto:**

Es toda persona natural o jurídica que tiene por objeto la prestación del servicio público de acueducto con las actividades complementarias, de acuerdo con lo establecido en el régimen de los servicios públicos domiciliarios, que cumple su objeto a través de la planeación, ejecución, operación, mantenimiento y administración del sistema o de parte de él, bajo definidos criterios de eficiencia, cobertura y calidad, establecidos en los planes de gestión y resultados (Ministerio de Salud Pública, 1998).

- **Riesgo:**

Probabilidad de que un agente o sustancia produzca o genere una alteración a la salud como consecuencia de una exposición al mismo (Minsalud, 2007).

- **Sistema de suministro de agua para consumo humano:**

Es el conjunto de estructuras, equipos, materiales, procesos, operaciones y el recurso humano

utilizado para la captación, aducción, pretratamiento, tratamiento, almacenamiento, conducción y distribución del agua para consumo humano (Minsalud, 2007).

- Sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano:

Es el conjunto de responsables, instrumentos, procesos, medidas de seguridad, recursos, características y criterios organizados entre sí para garantizar la calidad de agua para consumo humano (Minsalud, 2007).

- Usuario

Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público, bien como propietario del inmueble en donde éste se presta, o como receptor directo del servicio, a este último se denomina también consumidor (Minsalud, 1998).

- Tratamiento o potabilización:

Es el conjunto de operaciones y procesos que se realizan sobre el agua cruda, con el fin de modificar sus características físicas, químicas y microbiológicas, para hacerla apta para el consumo humano (Minsalud, 1998).

- Valor aceptable:

Es el establecido para la concentración de un componente o sustancia, que garantiza que el agua para consumo humano no representa riesgos conocidos a la salud. (Minsalud, 2007).

- Vigilancia de la calidad del agua para consumo humano:

Es el conjunto de acciones periódicas realizadas por la autoridad sanitaria o por las personas prestadoras que suministran o distribuyen agua para el consumo humano en municipios de más de cien mil (100.000) habitantes, según el caso, para comprobar y evaluar el riesgo que representa a la salud pública la calidad del agua distribuida por los sistemas de suministro de

agua para consumo humano, así como para valorar el grado de cumplimiento de las Buenas Prácticas Sanitarias y demás disposiciones establecidas en el presente decreto (Minsalud, 2007).

Resumen

La presencia de enfermedades gastrointestinales en la población de los 123 municipios del departamento de Boyacá depende de la calidad de agua que suministran las entidades prestadoras del servicio de acueducto. Existen diferentes factores que afectan la prestación de un servicio de calidad, ya sea, por falta de asesoría, acompañamiento o por la inadecuada gestión de la administración. En este sentido, el programa de calidad de agua para consumo humano y el Laboratorio Departamental de Salud Pública de la Secretaria de Salud de Boyacá, llevan a cabo el seguimiento de 522 acueductos realizando la inspección, vigilancia y control de la calidad de agua, dando como resultado el índice de riesgo de calidad de agua IRCA y representa la probabilidad de que una población presente enfermedades asociadas a su consumo. Conociendo los reportes del IRCA correspondientes al periodo comprendido entre 2016 y 2019, la finalidad del presente trabajo monográfico fue hacer un comparativo de su variación en el tiempo, así como analizar su relación con la ocurrencia de enfermedades transmitidas por el agua, lo que logró determinar que gran parte de los municipios de Boyacá, presentan problemas con el agua potable, principalmente enfocados a la presencia de *E. coli*, coliformes T, cloro residual y turbiedad, encontrándose en diferentes rangos de riesgo de consumo de agua potable apta para el consumo humano.

Palabras clave:

Agua potable, Calidad del agua, Enfermedades gastrointestinales, Riesgo.

Abstract

The presence of gastrointestinal diseases in the population of the 123 municipalities of the department of Boyacá depends on the quality of water supplied by the entities that provide the aqueduct service. There are different factors that affect the supply of a quality service, either due to lack of advice, support or inadequate management by the administration. In this sense, the water quality program for human consumption and the departmental laboratory of public health of the health department of Boyacá, carry out the monitoring of 522 aqueducts, carrying out the inspection, surveillance and control of water quality, giving as a result, the water quality risk index WQRI and represents the probability that a population has diseases associated with its consumption. Knowing the WQRI reports corresponding to the period between 2016 and 2019, the purpose of this monographic work was to make a comparison of its variation over time, as well as to analyze its relationship with the occurrence of water-borne diseases, which managed to determine that different regions of the municipalities of Boyacá have problems with drinkable water, mainly focused on the presence of *E. coli*, total colforms, residual chlorine and turbidity, being in different risk ranges of drinkable water suitable for human consumption.

Keywords: Drinking water, Water quality, Gastrointestinal diseases Risk.

Introducción e información general

Planteamiento del problema

La Organización Mundial de la Salud, considera la calidad del agua potable como un tema de interés global, por ser esencial para la salud y mejorar la calidad de vida de las personas (Cassiviet *al*,(2017).Sin embargo, de acuerdo al informe presentado a finales del 2010,el 89% de la población a nivel mundial tenía acceso a este tipo de fuentes mejoradas, a pesar de que, aún existen aproximadamente 783 millones de personas (11% restante) que no tienen acceso al agua potable, además informa que continúa acentuándose las desigualdades al seguir existiendo una gran diferencia en cuanto al acceso de agua potable relacionados con factores geográficos, socio-culturales y económicos. El acceso es significativamente mayor en zonas urbanas que en zonas rurales(OMS, 2010).

Para Lampogliaet *al*(2008),las razones de dicha inequidad pueden ser variadas tales como:

- La concentración de servicios de buena calidad se da principalmente en áreas donde vive la mayoría de la población.
- La falta de supervisión, control y apoyo técnico por parte de entes gubernamentales en zonas rurales, instituciones públicas o empresas de agua.
- La falta de recursos económicos.
- La falta de conocimiento necesario acerca de la construcción de sistemas de abastecimiento en zonas rurales.
- La baja organización y participación por parte de comunidades rurales.

De acuerdo con lo anterior, es importante resaltar que se debe tener en cuenta que existen comunidades en especial en el sector rural donde la falta de inversión es tan grande que el estado no los tiene en cuenta en los planes de ordenamiento territorial (POT) siendo nula la inversión (Dominguez-Rivera *et al.*, 2016). Por lo anterior, la comunidad se ve en la necesidad de tomar directamente el agua de la fuente (ríos o quebradas) o a través de aljibes sin realizar ningún tipo de tratamiento (Lampoglia *et al.*, 2008). Según lo anteriormente planteado, para visualizar el problema de investigación se debe realizar la siguiente pregunta:

¿Cuál es el estado de los índices de calidad de agua potable (IRCA) en el Departamento de Boyacá durante el periodo 2016 y 2019?

Justificación

El agua potable y el saneamiento son reconocidos como derechos humanos básicos, dado que son indispensables para sostener medios de vida saludables y son fundamentales para mantener la dignidad de todos los seres humanos (ONU, 2013). Las políticas centradas en las personas para proveer servicios de agua y saneamiento y una gestión sólida y sostenible de los recursos hídricos y de nuestros ecosistemas, parten del desarrollo integral sostenible y del pleno disfrute de los derechos al agua y al saneamiento, así como de una amplia variedad de otros derechos humanos, incluidos los derechos a la vida, la salud y la alimentación” (OMS, 2002).

“Desde el año 2000, miles de millones de personas han obtenido acceso a servicios básicos de agua y saneamiento, gracias a los esfuerzos mundiales concertados en el amparo de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), que favorecieron a personas que carecían del acceso al agua segura y de fácil disposición en el hogar. Sin embargo, a nivel global, 2.100 millones de personas carecen de saneamiento básico gestionado de forma segura para el 2015 lo que deja entrever enormes desigualdades entre los países, así como entre los más ricos y los más

pobres” (OMS, 2017)

Para la OMS, la calidad del agua potable es un tema de interés universal, ya que ésta hace parte esencial para las labores de la cotidianidad de todas las personas, y en este sentido todos deberían de disponer de un suministro satisfactorio. Así, en julio del 2010 a través de la Resolución 64/292, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció explícitamente el derecho humano al agua (ONU, 2010), y con ello, se consolidaron parámetros de calidad de agua potable mejorada, que se caracteriza por ser una estrategia que brinde a los pobladores una apropiada calidad de agua libre de contaminación exterior, en particular de la materia fecal (OMS, 2012). Con respecto a esto y según el informe conjunto entre el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) y la OMS sobre el agua, saneamiento y salud del año 2012, a finales del 2010 el 89% de la población a nivel mundial poseía acceso a este tipo de fuentes mejoradas (OMS, 2010). En este sentido el DNP (2018) ha evidenciado que el aumento de la población colombiana con respecto a acceso de agua potable es satisfactorio, lo que ha traído consigo, una mejora en las metas del objetivo de desarrollo sostenible 6 (ODS-6) y por consiguiente una reducción de la pobreza a pesar de que el acceso es significativamente mayor en zonas urbanas que en las zonas rurales (OMS, 2012).

El Departamento de Boyacá encabezado por la Secretaria de Salud en el programa de calidad de agua para el consumo humano, vienen desarrollando diferentes programas enfocados a mejorar la calidad de vida y el suministro de agua potable a los habitantes de los municipios y veredas que lo conforman. Este líquido es captado de diferentes fuentes hídricas tanto superficiales como subterráneas, con el fin de garantizar la distribución del producto, y ofrecer excelentes condiciones fisicoquímicas, microbiológicas y parasitológicas, que aseguren que el agua comercializada ofrece unas óptimas condiciones de consumo (Gobernación de Boyacá, 2018).

El interés de desarrollar la presente monografía, surge de la necesidad de evaluar el estado actual de la calidad del agua suministrada, por medio de las personas prestadoras del servicio en las áreas urbanas y rurales del Departamento de Boyacá, teniendo como visión poder contribuir con el desarrollo regional, al emplear los conocimientos adquiridos a través de mi formación profesional.

Objetivos

General. Analizar los índices de calidad de agua potable (IRCA) en el Departamento de Boyacá durante el periodo 2016 y 2019.

Específicos

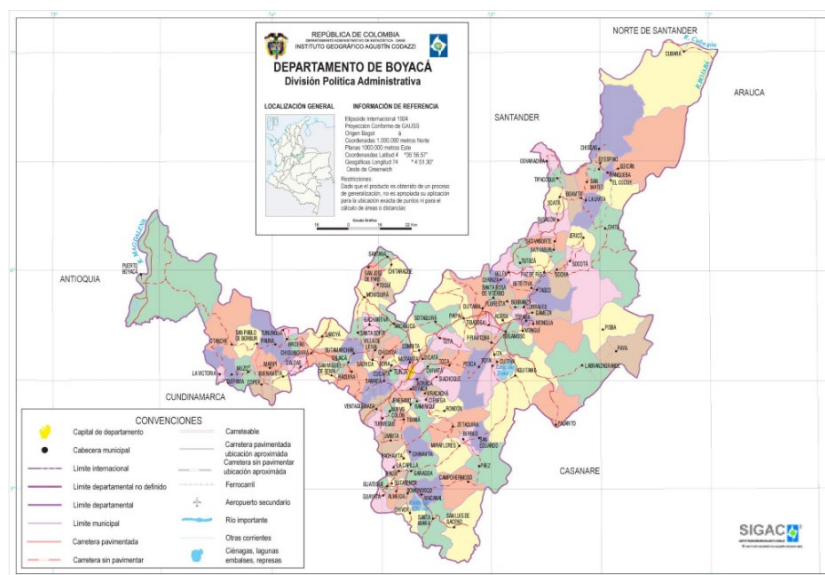
- Describir las características físicas, químicas, microbiológicas y parasitológicas del agua potable suministrada en el departamento de Boyacá en los años 2016-2019.
- Identificar el índice de riesgo de la calidad de agua- IRCA para clasificar el nivel de riesgo del agua potable suministrada por las empresas prestadoras del servicio en el área urbana y rural en el departamento de Boyacá en los años 2016 y 2019.
- Definir estrategias de recomendación para mejorar la prestación de servicio en el suministro de agua potable en el Departamento de Boyacá.

Marco conceptual y teórico

Marco contextual

Localización geográfica. El presente trabajo monográfico analizó información del departamento de Boyacá, el cual se encuentra ubicado en el centro del país y es atravesado por la Cordillera Oriental de la región Andina Colombiana, cuenta con una topografía muy diversificada y una gran variedad de climas (IGAC - DANE, 2019). El departamento de Boyacá está situado en el centro del país, localizado entre los **04°39'10"** y los **07°03'17"** de latitud norte y los **71°57'49"** y los **74°41'35"** de longitud oeste. Cuenta con una superficie de 23.189 km² lo que representa el 2.03 % del territorio nacional. Limita por el Norte con los departamentos de Santander y Norte de Santander, por el Este con los departamentos de Arauca y Casanare, por el Sur con Meta y Cundinamarca, y por el Oeste con Cundinamarca y Antioquia. Cuenta con una superficie de 23.189 km², una población de 1'210.982 Habitantes (Reina-Aranza & Rubio-Ramirez, 2016), con una densidad poblacional de 55.05 hab/Km². El Departamento de Boyacá cuya capital es Tunja (Alcaldía de Tunja, 2017); está dividido en 12 provincias y 123 municipios.

Figura 1. División político administrativa del Departamento de Boyacá



Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Colombiana, 2017)

El sistema hidrográfico de Boyacá está constituido por numerosos ríos y quebradas que nacen en la cordillera Oriental, afluentes directos o de alguno de los tributarios de los ríos Magdalena, Meta y Arauca; entre los ríos que confluyen a la cuenca del Magdalena están el Ermitaño, Negro, Minero, Suárez, Sutamanchán, Sáchica, Chiquiza, Iguaque, Arcabuco o Pómeca, Ubazá, Riachuelo, Moniquirá, Chicamocha, Chorrera, Tuta, Pesca, Tota, Saguera, Sasa, Cambas, Loblanco, Rechiminiga, Chitano, Susacón (Stiles y Bohórquez, 2000).

Por otro lado, la distribución de los municipios del Departamento de Boyacá se relaciona por medio de la siguiente tabla:

Tabla 1. Listado de municipios del Departamento de Boyacá

Código DANE	Municipio	Población DANE	Área Km²	Altitud m.s.n.m.
15001	Tunja	199.221	118	2.678
15022	Almeida	1.601	58	1.925
15047	Aquitania	14.675	828	3.030
15051	Arcabuco	5.247	155	2.575
15087	Belen	6.966	285	2.645
15090	Berbeo	1.939	123	2.570
15092	Betétiva	1.933	123	2.570
15097	Boavita	6.608	159	2.161
15104	Boyacá	4.297	48	2.411
15106	Briceño	2.530	64	1.340
15109	Buenavista	5.751	111	2.197
15114	Busnanzá	1.251	23	2.500
15131	Caldas	3.511	111	2.650
15135	Campohermoso	3.767	302	1.105
15162	Cerinza	3.601	62	2.725
15172	Chinavita	3.437	148	1.757
15176	Chiquinquirá	68.126	133	2.586
15232	Chiquiza	5.313	71	2.480
15180	Chiscas	3.999	655	2.368
15183	Chita	9.171	748	2.949
15185	Chitaraque	5.403	158	1.575
15187	Chivatá	6.579	49	2.900

Código DANE	Municipio	Población DANE	Área Km²	Altitud m.s.n.m.
15263	Chivor	1.668	103	1.850
15189	Ciénega	4.565	73	2.455
15212	Coper	3.511	202	950
15215	Covarachia	2.741	103	2.320
15223	Cubará	6.739	1.650	357
15224	Cucaita	4.691	43	2.634
15226	Cuitiva	1.862	43	2.750
15238	Duitama	113.954	186	2.532
15244	El Cocuy	5.122	253	2.700
15248	El Espino	4.221	70	2.128
15272	Firavitoba	5.774	110	2.500
15276	Floresta	4.383	85	2.500
15293	Gachantivá	2.532	66	2.375
15296	Gameza	4.622	88	2.750
15299	Garagoa	17.033	192	1.675
15317	Guacamayas	1.574	60	2.195
15322	Guateque	9.411	36	1.810
15325	Guayatá	4.779	103	1.700
15332	Güicán	6.609	917	2.880
15362	Iza	2.412	54	2.530
15367	Jenesano	7.693	59	2.075
15368	Jericó	3.814	179	3.100
15380	La Capilla	2.404	57	1.755
15403	La Uvita	2.259	176	2.367
15401	La Victoria	1.673	110	1.400
15377	Labranzagrande	5.002	625	1.100
15425	Macanal	4.838	200	1.675
15442	Maripí	7.335	160	1.245
15455	Miraflores	9.785	258	1.523
15464	Mongua	4.547	365	2.980
15466	Monguí	4.983	70	2.925
15469	Moniquirá	21.242	220	1.669
15476	Motavita	8.470	61	2.908
15480	Muzo	8.668	136	843
15491	Nobsa	16.526	53	2.495
15494	Nuevo Colón	6.680	51	2.460
15500	Oicatá	2.836	59	2.715
15507	Otanche	10.689	512	1.050
15511	Pachavita	2.344	68	1.985

Código DANE	Municipio	Población DANE	Área Km²	Altitud m.s.n.m.
15514	Páez	2.792	443	1.300
15516	Paipa	31.582	305	2.513
15522	Panqueba	1.393	42	2.240
15531	Pauna	10.820	259	1.121
15533	Paya	2.509	436	975
15537	Paz de Río	4.503	116	2.213
15542	Pesca	7.543	282	2.600
15550	Pisba	1.287	469	1.490
15572	Puerto Boyacá	56.517	1.472	145
15580	Quípama	7.579	182	1.205
15599	Ramiriquí	9.763	139	2.313
15600	Ráquira	13.907	231	2.150
15621	Rondón	2.767	258	2.075
15632	Saboyá	12.183	246	2.625
15638	Sáchica	3.758	62	2.152
15646	Samacá	20.546	160	2.604
15660	San Eduardo	1.853	106	1.705
15664	San José de Pare	5.025	74	1.525
15667	San Luis de Gaceno	4.774	459	395
15673	San Mateo	3.392	131	2.221
15676	San Miguel de Sema	4.531	90	2.615
15681	San Pablo de Borbur	10.382	194	678
15690	Santa María	3.796	326	830
15693	Santa Rosa de Viterbo	13.405	107	2.748
15696	Santa Sofía	2.585	78	2.360
15686	Santana	7.628	67	1.591
15720	Sativanorte	2.215	184	2.600
15723	Sativasur	1.038	81	2.600
15740	Siachoque	8.972	125	2.760
15753	Soatá	6.713	136	1.975
15757	Socha	6.973	264	2.667
15755	Socotá	7.549	600	2.380
15759	Sogamoso	111.799	209	2.492
15761	Somondoco	3.411	59	1.695
15762	Sora	3.029	47	2.700
15764	Soracá	5.167	57	2.799
15763	Sotaquirá	7.340	288	2.670
15774	Susacón	2.912	193	2.480
15776	Sutamarchán	5.833	102	2.093

Código DANE	Municipio	Población DANE	Área Km²	Altitud m.s.n.m.
15778	Sutatenza	3.939	41	1.895
15790	Tasco	6.175	167	2.530
15804	Tibaná	9.023	122	2.085
15806	Tibasosa	14.470	94	2.515
15808	Tinjacá	3.044	79	2.113
15810	Tipacoque	3.041	72	1.850
15814	Toca	10.007	165	2.765
15816	Togüí	4.857	118	1.655
15820	Tópaga	3.692	37	2.890
15822	Tota	5.267	314	2.870
15832	Tununguá	1.913	73	1.246
15835	Turmequé	5.787	106	2.380
15837	Tuta	9.856	165	2.600
15839	Tutazá	1.792	135	2.800
15842	Umbita	10.337	148	2.450
15861	Ventaquemada	15.729	159	2.642
15407	Villa de Leyva	18.050	128	2.146
15879	Viracachá	3.146	64	2.540
15897	Zetaquirá	4.374	226	1.665
	Total	1.282.063	23.189	

Fuente: (IGAC - DANE, 2019)

Marco conceptual.

Análisis microbiológico del agua: Son los procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para consumo humano para evaluar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos (Félix et al., 2007).

Análisis básicos: Es el procedimiento que se efectúa para determinar turbiedad, color aparente, pH, cloro residual libre o residual de desinfectante usado, coliformes totales y *Escherichiacoli* (Celis, 2013).

Análisis complementarios: Es el procedimiento que se efectúa para las determinaciones físicas, químicas y microbiológicas no contempladas en el análisis básico, que se enuncian en la

presente Resolución y todas aquellas que se identifiquen en el mapa de riesgo (García y Iannacone, 2014)

Análisis físico y químico del agua: Son aquellos procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para evaluar sus características físicas, químicas o ambas (Fajardo et al., 2017).

Cloro residual libre: Es aquella porción que queda en el agua después de un período de contacto definido, que reacciona química y biológicamente como ácido hipocloroso o como ion hipoclorito (Bendezu-Quispe et al., 2018).

Coliformes: Bacterias Gram Negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37°C, produciendo ácido y gas (CO₂) en un plazo de 24 a 48 horas. Se clasifican como aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de la β galactosidasa. Es un indicador de contaminación microbiológica del agua para consumo humano (Briñez et al., 2012).

Escherichiacoli - E-coli: Bacilo aerobio Gram Negativo no esporulado que se caracteriza por tener enzimas específicas como la β galactosidasa y β glucuronidasa. Es el indicador microbiológico preciso de contaminación fecal en el agua para consumo humano (Rojas-Higuera et al., 2010).

Marco teórico.

El agua en el mundo: un recurso cada vez más escaso. El uso del agua ha venido aumentando un 1% anual en todo el mundo desde los años 80, aspecto que se ha favorecido con el aumento de la población, desarrollo socioeconómico y cambio en los modelos de consumo. La demanda mundial de agua se espera que siga aumentando hasta el año 2050, lo que representa un incremento del 20 al 30% por encima del nivel actual de uso del agua, debido principalmente al

aumento de la demanda en los sectores industrial y doméstico. Más de 2.000 millones de personas viven en países que sufren una fuerte escasez de agua, y aproximadamente 4.000 millones de personas padecen una grave escasez de agua durante al menos un mes al año. Los niveles de escasez seguirán aumentando a medida que crezca la demanda de agua y se intensifiquen los efectos del cambio climático(ONU, 2019).

Acceso al suministro de agua y saneamiento. El acceso a agua potable segura y a servicios de saneamiento, es aún una problemática que afecta el desarrollo y la calidad de vida de las localidades. Sin embargo, estos datos globales, cambian significativamente entre y dentro de las regiones, países, comunidades e incluso barrios. Estudios globales de costos y beneficios han demostrado que los servicios de agua, saneamiento e higiene que proporcionan mejores beneficios sociales y económicos en comparación con sus costos, con una relación global media entre costos y beneficios del 5,5% para el saneamiento y del 2% para el agua potable. Es probable que los beneficios de los servicios de agua, saneamiento e higiene para los grupos vulnerables cambien el equilibrio de cualquier análisis de costos y beneficios que tenga en cuenta los cambios en la autopercepción del estatus social y la dignidad de dichos grupos(ONU, 2019).

Los derechos humanos al agua y el saneamiento y la agenda 2030 para el desarrollo sostenible. El agua potable y el saneamiento se reconocen como derechos humanos fundamentales, ya que son indispensables para asegurar el sustento saludable de los hogares y fundamentales para mantener la dignidad de todos los seres humanos. El Informe Mundial de Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019 y el derecho internacional en materia de derechos humanos apoyana los estados en pro de lograr el acceso universal al agua y saneamiento para todo el mundo sin discriminación alguna, dándoles la prioridad a los más necesitados. El cumplimiento de los derechos humanos al agua y al saneamiento requiere que los

servicios estén disponibles, que sean físicamente accesibles, equitativamente asequibles, seguros y culturalmente aceptables. Es preciso tomar precauciones para diferenciar claramente entre “derechos de agua” y los derechos humanos al agua y al saneamiento. Los derechos de agua, que normalmente están regulados por leyes nacionales, se le confieren a un individuo u organización mediante derechos de propiedad o derechos sobre la tierra, o mediante un acuerdo negociado entre el estado y los propietarios de tierras. Tales derechos son a menudo temporales y pueden ser retirados. Los derechos humanos al agua y al saneamiento no son temporales ni están sujetos a la aprobación del estado, y no pueden retirarse. (ONU, 2019).

Suministrar servicios de agua y saneamiento. La disponibilidad de agua depende de factores como la cantidad de agua disponible, de cómo se almacena, maneja y distribuye a distintos usuarios. Incluye aspectos relacionados con la gestión de las aguas superficiales y subterráneas, así como la reutilización del agua. La accesibilidad del agua se refiere a la forma en que el agua se suministra u obtiene físicamente. El agua suministrada mediante tuberías es el método más barato para abastecer de agua a las áreas densamente pobladas. Para los casos donde no se dispone de la infraestructura de ducto, las personas hacen uso, casi exclusivo de fuentes hídricas como pozos o sistemas de suministro de agua comunitarios (McDonald *et al.*, 2014). En este último caso, a menudo pagan precios varias veces más altos por agua, pero que no presenta la mejor calidad, lo que acentúa aún más las desigualdades entre los ricos y los desfavorecidos. El tratamiento del agua tiene principios como la purificación, desinfección y protección del agua contra la recontaminación. Los métodos más comunes de su tratamiento dependen de otros recursos disponibles como la energía; factor que es, en muchos casos, una limitante en la mayoría de los países en desarrollo (Larsen *et al.*, 2019).

Demanda y uso del agua. El aumento constante del uso del agua se debe principalmente a la

creciente demanda en los países en desarrollo y en las economías emergentes. Este crecimiento es impulsado por una combinación de crecimiento poblacional, desarrollo socioeconómico y patrones de consumo en evolución (Boretti & Rosa, 2019). La agricultura (incluida la irrigación, la ganadería y la acuicultura) es el mayor consumidor de agua, dado que representa el 69% de las extracciones anuales a nivel global. La industria (incluyendo la generación de energía) representa el 19% y los hogares el 12% (ONU, 2019).

Calidad del agua. Los problemas de calidad del agua se presentan en todos los países, y se manifiesta principalmente a través de la pérdida de cuerpos de agua de calidad óptima, los impactos asociados con los cambios en la hidromorfología, el aumento de contaminantes emergentes y la propagación de especies invasoras (Gerten *et al.*, 2011). La baja calidad del agua afecta directamente de manera importante a las personas que dependen de estas fuentes como su principal suministro o aquellas donde su trabajo involucran la disponibilidad hídrica, lo que deja problemáticas mayores en otras áreas del desarrollo, como las sociales y económica, y con ello, aumenta el riesgo de padecer problemáticas de seguridad alimentaria, salud y bienestar integral (Pethet *et al.*, 2017).

Muchas de las enfermedades existentes, se relacionan con la disponibilidad y la calidad del agua, dentro de ellas el cólera y la esquistosomiasis. Éstas siguen siendo frecuentes en muchos países en desarrollo, donde solo una fracción muy pequeña de las aguas residuales domésticas y urbanas se tratan antes de su liberación al medio ambiente (Barjenbruch, 2012). Las cargas de nutrientes siguen siendo una de las formas más frecuentes de contaminación del agua y la mayoría de las emisiones de nutrientes se originan en la agricultura. Para la mayoría de las regiones, se prevé que aumenten las emisiones de nutrientes a las aguas superficiales, con puntos candentes en Asia del Sur y Asia Oriental, partes de África, América Central y América Latina.

Sin embargo, se estima que las ciudades con rápido crecimiento en los países en desarrollo se conviertan en fuentes de emisiones de nutrientes, especialmente porque la mayoría de los hogares carecen de sistemas adecuados de tratamiento de aguas residuales(ONU, 2019).

Calidad del agua para consumo humano: Un factor determinante en las condiciones de la salud de las poblaciones, son sus características composicionales, que pueden favorecer tanto la prevención como la transmisión de agentes que causan enfermedades, tales como: EDA, hepatitis A, polio y parasitosis por protozoarios y helmintos; entre estas, amebiasis, giardiasis, cryptosporidiasis y helmintiasis. La diferencia entre prevenir o transmitir este tipo de enfermedades de origen hídrico depende de varios factores, los principales son: la calidad y la continuidad del servicio de suministro de agua. Sin embargo, esos riesgos no pueden eliminarse por completo porque estas enfermedades también pueden difundirse por contacto personal, aerosoles y alimentos. La importancia de la vigilancia y el control de la calidad del agua para consumo humano es aportar información que permita la toma de decisiones para el mejoramiento de su calidad y, así, proporcionar beneficios significativos para la salud, reduciendo la posibilidad de transmisión de enfermedades por agua contaminada (Briñez *et al.*, 2012).

Una inadecuada calidad microbiológica del agua, sumado a algún tipo de riesgo en el agua para consumo humano, constituyen uno de los potenciales más peligrosos para la salud humana al ser un líquido de uso permanente y necesario, en los que los resultados determinaron niveles de contaminación que hacen al agua, no apta para el consumo humano al estar contaminada con bacterias de tipo coliformes. De ahí, la importancia que tienen las medidas preventivas de higiene, relacionadas con la salubridad del agua y los alimentos, para evitar enfermedades como la hepatitis A y la diarrea(Briñez *et al.*, 2012).

Índice de riesgo de la calidad de agua para consumo humano-IRCA resolución No. 2115 de 2007. El IRCA corresponde al grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano. Este indicador es el resultado de asignar el puntaje de riesgo tabla 1 de la Resolución No. 2115 de 2007 a las características contempladas allí por no cumplimiento de los valores aceptables establecidos en dicha Resolución. (Valencia Cuesta, 2016).

Para el cálculo del IRCA al que se refiere el artículo 12 del Decreto 1575 de 2007 se asignará el puntaje de riesgo promediado en la siguiente tablade cada característica física, química y microbiológica, por el no cumplimiento de los valores aceptables establecidos en la presente Resolución (Valencia Cuesta, 2016).

Tabla 2. Puntajes de riesgo según la Resolución No. 2115 de 2007

Característica	Puntaje de riesgo		
Color Aparente	6	Dureza total	1
Turbiedad	15	Sulfatos	1
PH	1.5	Hierro total	1.5
Cloro residual libre	15	Cloruros	1
Alcalinidad Total	1	Nitratos	1
Calcio	1	Nitritos	3
Fosfatos	1	Aluminio (Al ³⁺)	3
Manganeso	1	Fluoruros	1
Molibdeno	1	COT	3
Magnesio	1	Coliformes totales	15
Zinc	1	Escherichiacoli	25
		Sumatoria de puntajes asignados	100

Fuente: Resolución No. 2115 de 2007

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

Según la Resolución No. 2115 de 2007, si los resultados de los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos, contemplados en los artículos 5° y 8° de la

presente Resolución, exceden los valores máximos aceptables, al valor del IRCA se le asignará el puntaje máximo de 100 puntos independientemente de los otros resultados. Igualmente, se le asignará el valor de 100 puntos si hay presencia de *Giardia* y *Cryptosporidium*, teniendo en cuenta los plazos estipulados en el artículo 34° de esta Resolución.

En el artículo 15 de la Resolución No. 2115 de 2007, se determinan la clasificación del nivel de riesgo. Teniendo en cuenta los resultados del IRCA por muestra y del IRCA mensual, se define la siguiente clasificación del nivel de riesgo del agua suministrada para el consumo humano por la persona prestadora y se señalan las acciones que debe realizar la autoridad sanitaria competente (Ver tabla 2).

Tabla 3 Clasificación del nivel de riesgo según la Resolución No. 2115 de 2007

Clasificación IRCA (%)	Nivel de riesgo	IRCA por muestra (Notificaciones que adelanta la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA mensual (Acciones)
80.1-100	INVIABLE SANITARIA MENTE	Informar a la persona prestadora, al COVE, alcalde, Gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT, Contraloría General y Procuraduría General	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional.
35.1-80	ALTO	Informar a la persona prestadora, COVE, alcalde, Gobernador y a la SSPD	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.
14.1-35	MEDIO	Informar a la persona prestadora, COVE, alcalde y Gobernador	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora.
5.1-14	BAJO	Informe a la persona prestadora al COVE	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento
0-5	SIN RIESGO	Continuar el control y la vigilancia	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia.

Fuente: Resolución No. 2115 de 2007

Marco legal

Ley 9 de 1979: se dictan medidas sanitarias. Art 3 al Art 21 y Titulo II (Minsalud,1979).

Decreto 1575 de 2007. Por el cual se establece el sistema para la Protección y Control de la

Calidad del Agua para Consumo Humano (Minsalud, 2007).

Resolución 330 de 2017. Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico -RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009 (MinVivienda , 2017).

Resolución 2115 de 2007: señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano (Minambiente, 2007).

Resolución 082 de 2009: se adoptan unos formularios para la práctica de visitas de inspección sanitaria a los sistemas de suministro de agua para consumo humano (Minsalud, 2007).

Documento CONPES 3550 DE 2008: Los gobernadores deben garantizar la disponibilidad técnica e idoneidad del recurso humano para la implementación y fortalecimiento de los diferentes procesos necesarios para mejorar la calidad y cobertura de agua potable y saneamiento básico en área urbana y rural. El MSPS está elaborando el perfil de tecnólogo en Salud Ambiental en la mesa sectorial de Salud Ambiental que lidera el SENA. Articulación interinstitucional para elaboración del INCA Correlaciona, SIVICAP y SIVIGILA (Ministerio de la Protección Social, 2008).

Metodología

Tipo de estudio

Para la realización de esta propuesta monográfica se implementó un tipo de estudio descriptivo. Este estudio selecciona los datos que se han realizado en el Laboratorio Departamental de Salud Pública (LDSP). Por otra parte, la descripción es una combinación entre la comparación y el contraste, significa mensuración, clasificación, interpretación y evaluación” (Sampieri *et al.*, 2014). Este tipo de investigación recurre a técnicas específicas en la recolección de la información, como la observación, la entrevista y la encuesta; así como el uso de informes y documentos elaborados por otros investigadores.

Método de investigación

El método de investigación seleccionado es de carácter inductivo, porque parte del proceso de conocimiento que se inicia con la observación de fenómenos particulares, con el propósito de llegar a conclusiones y premisas generales que pueden ser aplicadas a situaciones similares a la observada (Sampieri *et al.*, 2014).

Técnicas e instrumentación para la recolección y tratamiento de datos.

Para el desarrollo de esta propuesta monográfica se procedió a la recolección de la información primaria existente en la Secretaría de Salud Departamental a través del IRCA, y mediante información secundaria que permitirán realizar un análisis de la calidad de agua en el Departamento de Boyacá durante el periodo 2016-2019 (Sampieri *et al.*, 2014). Además, se llevó a cabo un análisis de correlación, utilizando matriz de doble entrada con análisis jerárquico de Manhattan y Ward, siguiendo la metodología propuesta por Landinez-Torres *et al.* (2019).

Fuentes de información primaria. Esta metodología fue utilizada para la obtención de los datos en el análisis de la calidad del agua durante el periodo 2016- 2019, a través de los

resultados emitidos por el Laboratorio Departamental de Salud Público (LDSP) y publicados por el Instituto Nacional de Salud (INS).

Trabajo de campo: El presente trabajo se realizó a través de la consolidación de los datos generados dentro de las actividades desarrolladas por el Grupo de Vigilancia de Salud Ambiental en el “Programa de Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano”, del Laboratorio de Salud Pública de Boyacá; para la toma de muestra se realizaron según normatividad establecida y siguiendo los lineamientos técnicos del Laboratorio Departamental de Salud Pública (LDSP) y establecidos por el Instituto Nacional de Salud.

✓ **Observación directa:** consistió en la recopilación y organización de datos del IRCA, en la Secretaría de Salud Departamental para hacerlos analizados e interpretados.

✓ **Inventarios:** presentación de los datos recopilados por medio del IRCA en la Secretaría de Salud Departamental.

Fuentes de información secundaria. Esta información se obtuvo de tesis y trabajos realizados sobre el tema, artículos y publicaciones de internet, libros y demás publicaciones que tuvieron relación al tema de estudio, lo que permitió reunir datos significativos con los que se logró el desarrollo de la propuesta.

Análisis de resultados

Análisis de información

Para el presente trabajo monográfico se tuvo en cuenta los datos suministrados por el grupo de vigilancia de Salud pública del Laboratorio de la Secretaria de Salud de Boyacá quienes obtienen los análisis de laboratorio que relacionan la información obtenida por municipio; la cual es procesada a nivel general, rural y urbana, con el ánimo de realizar un análisis de la calidad del agua que se ha suministrado y se evidencian cuáles fueron las dificultades presentes durante el periodo 2016- 2019. Con el objetivo de dar cumplimiento a las estrategias planteadas en el desarrollo del presente trabajo.

Procesamiento de la información 2016 al 2019. La información obtenida durante el periodo 2016 al 2019 se relaciona a continuación, con el ánimo de realizar un análisis de los datos obtenidos para definir la calidad del agua suministrada en todos los municipios del Departamento de Boyacá durante este lapso de tiempo. Se elaboró el consolidado para determinar el nivel de riesgo del agua suministrada por las empresas prestadoras del servicio a nivel general tanto en el área rural como urbano. Además, se evaluó si en este periodo se implementaron acciones correctivas y preventivas que han mejorado el servicio prestado por las alcaldías municipales y las juntas de acción comunal.

Análisis información 2016

La Secretaria de Salud de Boyacá realiza el análisis del agua a los 123 municipios del departamento donde se tienen en cuenta 19 parámetros (ver tabla 4), que determinan la calidad del agua suministrada en cada uno de los acueductos tanto del área rural como urbana.

Tabla 4. Análisis de calidad del agua obtenidos en el año 2016 del Departamento de Boyacá.

N°	Municipio	Alcalinidad		Cloro residual	Cloruros	Colifor mes T	Color aparente	Conductividad COT	Dureza T	E. Coli	Fluoruros	Fosfatos	Fe	Mg	Nitritos	PH	Sulfatos	Turbiedad
		Al	Ca															
1	ALMEIDA			11	11	1		2		11						5	3	
2	AQUITANIA		3	14	14					7								
3	ARCABUCO			21	20	3		1		16	1							
4	BELÉN			19	18	3				13								2
5	BERBEO			13	13	9				12								11
6	BETÉITIVA			14	15	14				8	1		3					11
7	BOAVITA		3	13	14					12								5
8	BOYACÁ	1		18	18	1				11		3						5
9	BRICEÑO		2	13	10	1				9								3
10	BUENAVISTA		3	2	6	6			1	4			1					15
11	BUSBANZÁ		1	2									1	1				3
12	CALDAS	2		11	8	3				6			1					12
13	CAMPOHERMOSO					2												2
14	CERINZA	1			2	1		3										1
15	CHINAVITA			16	17	11				16		1						14
16	CHIQUINQUIRA	1	15	14	7	3	1	8		2			1			12	1	8
17	CHISCAS		2	7	10	4				9								6
18	CHITA			8	7	2		1		7								8
19	CHITARAQUE	2	6	9	7	4				5								5
20	CHIQUIZA			6	3	3				1								
21	CHIVATA	1		1		1									1			2
22	CHIVOR	1		14	14	2				10								4
23	CIÉNEGA			15	12	17				10			3					9
24	CÓMBITA	1		9	6	5				3			4			4		8

N°	Municipio	Alcalinidad		Cloro residual	Cloruros	Colifor mes T	Color aparente	Conductividad COT	Dureza T	E. Coli	Fluoruros	Fosfatos	Fe	Mg	Nitritos	PH	Sulfatos	Turbiedad
		Al	Ca															
25	COPER	1	2	13	12	1				12								2
26	CORRALES			1	3	1				2								6
27	COVARACHÍA			6	6	1				5								1
28	CUBARÁ	2	1	16	6	1				4			1					2
29	CUCAITA	2	1	16	6	1				4			1					12
30	CUÍTIVA			2	3					2								1
31	DUITAMA	2	5	54	42	17	1			23			2					19
32	EL COCUY		1	13	11					1								
33	EL ESPINO		1		1	6	1											5
34	FIRAVITOBÁ		5	2														1
35	FLORESTA			9	8	5				6								9
36	GACHANTIVÁ		2	12	12	1				12		1				1		7
37	GAMEZA			4	1	8	3			1	1							14
38	GARAGOÁ	2		18	13	12				6			1					6
39	GUACAMAYAS	1	4	9	4	3			2	3			1					5
40	GUATEQUE	4	7	12	12	1	1			12								7
41	GUAYATÁ			8	10	4				9			1					9
42	GUICÁN			17	17	1				12								3
43	IZA				1													1
44	JENESANO			5	5	3				5								9
45	JERICÓ			7	7	2				6								1
46	LABRANZAGRANDE			6	4	1				4								3
47	LA CAPILLA			19	19	19				16								15
48	LA VICTORIA			2	2					1		1						1
49	LA UVITA			6	7	3				6								3
50	MACANAL	1	1	14	12	2				11			1					2

N°	Municipio	Alcalinidad		Cloro residual	Cloruros	Colifor mes T	Color aparente	Conductividad COT	Dureza T	E. Coli	Fluoruros	Fosfatos	Fe	Mg	Nitritos	PH	Sulfatos	Turbiedad
		Al	Ca															
51	MARIPI			4		1		2										1
52	MIRAFLORES	2		6		6	2			5			1					2
53	MONGUA			13		13	10			12								6
54	MONGUÍ			17		15	21			15								15
55	MONQUIRA	3	1	21		21	23	2		19			2			1		19
56	MOTAVITA			5		2	3			2			3					4
57	MUZO		1	10		8				8			2					7
58	NOBSA			5		4	1			4								5
59	NUEVO COLON			11		7	3			6								4
60	OICATÁ			4		2	1						1			1		5
61	OTANCHE		1	6		7		2		6								1
62	PACHAVITA			12		11	11	1		9			1					3
63	PÁEZ			10		11				11								1
64	PAIPA		1	9		6	3	4		6						3		8
65	PAJARITO			3		3				3								2
66	PANQUEBA		2	12		12	2	2		12								5
67	PAUNA			12		12	1			12								1
68	PAYA			6		6	1	1		4								1
69	PAZ DE RIO			1			3	2										3
70	PESCA			17		16	11			14			4					10
71	PISBA			6		6				6								1
72	PUERTO BOYACA		8	14		6		4		6		1		1				8
73	QUÍPAMA		1	1		4	2	1		4								7
74	RAMIRIQUI			16		11	5	4		8		4	2					6
75	RAQUIRA	1		4		13	17			11			6					20

N°	Municipio	Alcalinidad		Cloro residual	Cloruros	Colifor mes T	Color aparente	Conductividad COT	Dureza T	E. Coli	Fluoruros	Fosfatos	Fe	Mg	Nitritos	PH	Sulfatos	Turbiedad
		Al	Ca															
76	RONDÓN			7	7	5			7									3
77	SABOYÁ			8	6	9			5									8
78	SÁCHICA		8	30	27	6		1	18			2						1
79	SAMACÁ	1		23	15	7			7		1	2						11
80	SAN EDUARDO			12	12	14	2		12		2	4						13
81	SAN JOSÉ DE PARE			13	14	6			13			1			5			9
82	SAN LUIS DE GACENO			6	6	4			6		2	1		1				10
83	SAN MATEO			9	9	3	2		3			1						10
84	SAN MIGUEL DE SEMA	1	1	2		1			2									1
85	SAN PABLO DE BORBUR		3	9		8			8									4
86	SANTANA		7	12	13	5			12						1			11
87	SANTA MARIA			6	6	1			6									3
88	SANTA ROSA DE VITERBO			11	11	9	1		10			1						8
89	SANTA SOFIA		7	25	23	2			18									9
90	SATIVANORTE			11	8	2			8									1
91	SATIVASUR			5	3		1		1									3
92	SIACHOQUE			12	12	12			8		1	4						7
93	SOATÁ		1	13	12	8	2		12			2						12
94	SOCOTÁ			13	13	2			12									9
95	SOCHA			26	21	5			16			1						21
96	SOGAMOSO			27	27	4			10		2	1						4
97	SOMONDOCO			10	9	3			8									6
98	SORA	1	13	7	3		3	6				1						5
99	SORACÁ			13	7	4	1		2		5	1						8
100	SOTAQUIRÁ			52	43	11	3		31									8
101	SUSACÓN			7	6	6			6			1						4

N°	Municipio	Alcalinidad		Cloro residual	Cloruros	Colifor mes T	Color aparente	Conductividad COT	Dureza T	E. Coli	Fluoruros	Fosfatos	Fe	Mg	Nitritos	PH	Sulfatos	Turbiedad
		Al	Ca															
102	SUTAMARCHAN			10		11	16	2		11			3					18
103	SUTATENZA	1	3	6		6	2		3	4								3
104	TASCO			7		16	2	2		5								4
105	TENZA		5	15		8	3			5								5
106	TIBANA			7		7	5			7								6
107	TIBASOSA	1		8		8	4			5			2					5
108	TINJACÁ		1	6		3	2			1			1					4
109	TIPACOQUE			4		1		2		1								1
110	TOCA			18		13	13			8								14
111	TOGUI		2	18		18	15	3		17			3					9
112	TOPAGA			8		5	4			4	2	1						14
113	TOTA			18		17	10			14			2					6
114	TUNUNGÚA		10	14		14	1		1	14								4
115	TURMEQUE	1		55		49	9			36	2	2						14
116	TUTA	4		6			3	3					4					9
117	TUTAZÁ			1			2	2										
118	UMBITA			12		12	1			11	2							
119	VENTAQUEMADA			21		14	4	1		11	1							1
120	VILLA DE LEIVA			14		10	5			6								11
121	VIRACACHA			1		2	5			1			1					6
122	ZETAQUIRA			12		12	15	1		12			2					11
123	TUNJA	2	1	67		58	22	3		34	1	3						22
	total	35	142	1443	0	1264	581		26	964	32	87				36		1782

Fuente: Datos Instituto Nacional de Salud a través del IRCA 2016.

Según la resolución 2115 de 2007 y realizado el análisis de la calidad de agua para el año 2016, se pudo observar en la tabla anterior que 28 del total de los municipios de Boyacá están manejando puntajes superiores a los permitidos en la normativa; teniendo una mayor presencia de cloro residual, coliformes T, *E. Coli*, color aparente y turbiedad, esta información nos permite observar las no conformidades en cada uno de los acueductos de los diferentes municipios, por lo tanto se puede concluir que:

- Los municipios no tienen la suficiente capacidad económica, técnica y laboral para el tratamiento del agua.
- Los parametros que más se repiten son aquellos que tienen un valor más alto para el calculo del Indice de riesgo de calidad de agua para consumo humano, estos son cloro residual, coliformes T, *E. Coli*, color aparente y turbiedad.
- Se puede determinar que la presencia de *E. Coli* y coliformes totales en el Departamento de Boyacá se ve directamente relacionada con la alta cantidad de muestras que reportaron un valor no apto de cloro residual.
- Es mayor la presencia de coliformes totales en el departamento con un 94.3% a diferencia de *E. Coli* que es del 89%.
- El tiempo de reacción de los agentes químicos utilizados en los municipios no es el adecuado.

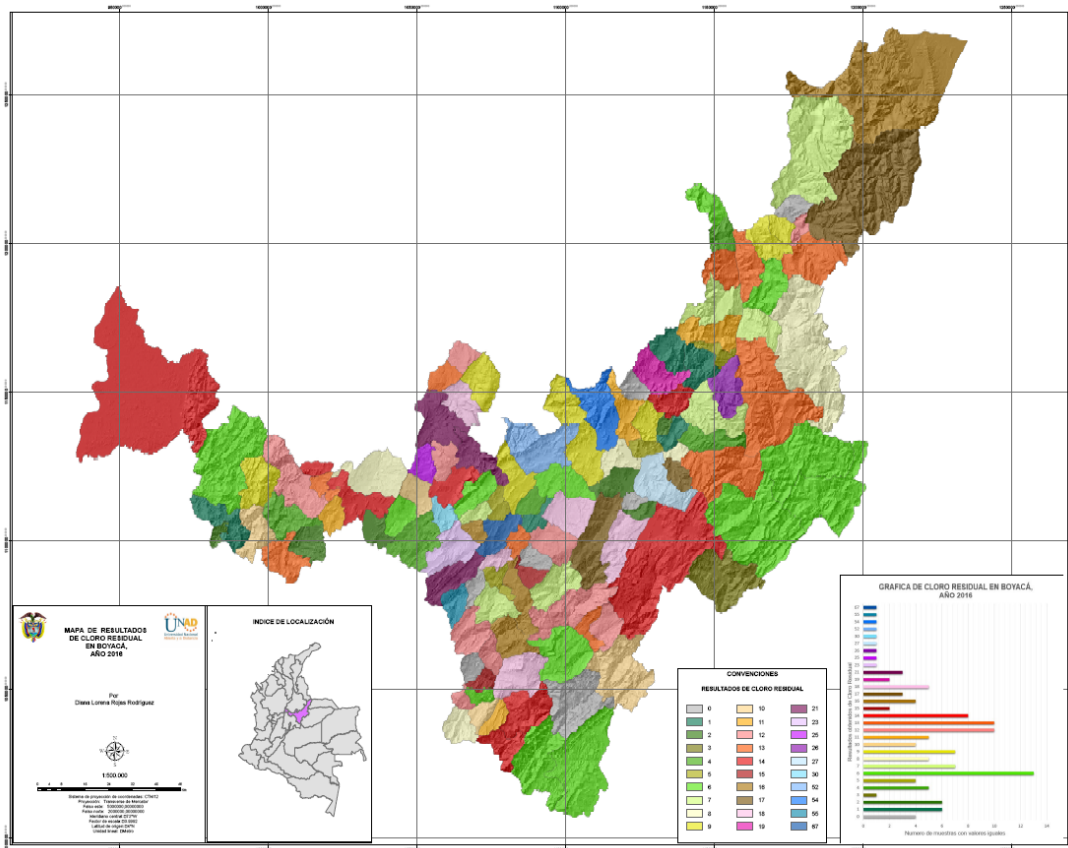
Tabla 5. Parámetros presentes durante el año 2016

Parametro	Municipios	Observación
Turbiedad	Almeida, Belen, Berbeo, Beteitiva, Boavita, Boyacá, Briceño, Buenavista, Busbanza, Caldas, Campohermoso, Cerinza, Chinavita, Chiquinquirá, Chiscas, Chita, Chitaraque, Chivata, Chivor, Cienega, Combita, Coper, Corrales, Covarachia, Cubará, Cucaita, Duitama, El Espino, Firavitoba, Floresta, Gachantiva, Gameza, Garagoa, Guacamayas, Guateque, Guayata, Guican, Iza, Jenesano, Jericó, Labranzagrande, La Capilla, La Victoria, La Uvita, Macanal, Maripí, Miraflores, Mongua, Mongui, Moniquirá, Motavita, Muzo, Nobsa, Nuevo Colon, Oicata, Otanche, Pachavita, Paez, Paipa, Pajarito, Panqueba, Pauna, Paya, Pesca, Pisba, Puerto Boyacá, Quipama, Ramiriquí, Raquirá, Rondón, Saboya, Sáchica, Samacá, San Eduardo, San Jose de Pare, San Mateo, san Miguel de Sema, San Pablo de Borbur, Santana, Santa Maria, Santa Rosa de Viterbo, santa Sofia, Sativanorte, Sativasur, Siachoque, Soata, Socotá, Socha, Sogamoso, Somondoco, Sora, Soracá, Sotaquirá, Susacón, Sutamarchan, Sutatenza, Tasco, Tenza, Tibana, Tibasosa, Tinjaca, Tipacoque, Toca, Togui, Topaga, Tota, Tunungua, Turmeque, Tuta, ventaquemada, Villa de Leyva, Viracacha, Zetaquirá, Tunja.	La turbiedad puede ser generada por una gran diversidad de materiales en suspensión que varían en tamaño, desde dispersiones coloidales, hasta partículas gruesas, entre otros, tales como, arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y microorganismos. Teniendo en cuenta la información suministrada en la tabla 4 con relación al análisis de calidad del agua se puede determinar que el 95,122% del total de los municipios no cumplen con este parámetro y los más críticos son Raquirá, Socha y Tunja con índices superiores a 20 repeticiones. Además, los municipios como Aquitania, Arcabuco, Chiquiza, Cubara, El Cocuy, Tutaza y Ubita no presentaron valores fuera de norma.
Cloro residual	Almeida, Aquitania, Arcabuco, Belén, Berbeo, Beteitiva, Boavita, Boyacá, Briceño, Caldas, Chinavita, Chiquinquirá, Chiscas, Chitaraque, Chiquiza, Chivor, Cienega, Combita, Coper, Covarachia, Cubará, Cucaita, Duitama, El cocuy, Floresta, Gachantiva, Garagoa, guacamayas, Guateque, guayata, Guican, La Capilla, Macanal, Mongua, Mongui, Moniquira, Muzo, Nuevo Colon, Pachavita, Paez, Paipa, Panqueba, Pauna, Pesca, Puerto Boyacá, Ramiriquí, Sachica, Samaca,, San Eduardo, San José de Pare, Santana, Santa Rosa de Viterbo, Santa Sofia, Sativanorte, Siachoque, Soata, Socotá, Socha, Sogamoso, Somondoco, Soracá, Sotaquirá, Sutamarchan, Tenza, Toca, Togui, Tota, Tunungua, Turmeque, Umbita, Ventaquemada, Villa de Leiva, zetaquirá y Tunja	De acuerdo a la puntuación suministrada en la Resolución 2115 de 2007 y teniendo como referencia la tabla 4, se puede observar que el 97.6% de los municipios del Departamento de Boyacá a quienes se les realizó este análisis no cumplen con los valores máximos permitidos que se encuentran en el rango de 0,3 a 2,0 mg/litro.
Coliformes T	Almeida, Aquitania, Arcabuco, Belén, Berbeo, Beteitiva, Boavita, Boyacá, Briceño, Caldas, Chinavita, Chiquinquirá, Chiscas, Chita, Chitaraque, Chivor, Cienega, Combita, Coper, Covarachia, Cubará, Cucaita, Duitama, El Cocuy, Floresta, Gachantiva, Garagoa, Guateque, Guayata, Guican, La capilla, Mongua, Mongui, Monquiria, Muzo, Nuevo Colon, Otanche, Pachavita, Paez, Paipa, Panqueba, Pauna, Paya, Pesca, Pisba, Puerto Boyacá, Ramiriquí, Raquirá, Rondón, Saboya, Sachicá, Samacá, San Eduardo, San José de Pare, San Luis de Gaceno, San Mateo, San Pablo de Borbur, Santana, Santa Maria, Santa Rosa de Viterbo, Santa Sofia, SATivanorte, Siachoque, Soatá, Socotá, Socha, Sogamoso, Somondoco, Socará, Sotaquirá, Susacon, Sutamarchan, Sutatenza, Tasco, Tenza, Tibana, Tibasosa, Toca, Togüi, Tota, Tunungua, Turmeque, Umbita, Ventaquemada, Villa de Leyva, Zetaquirá, Tunja.	Con relación a los Coliformes T, el 94.3% de los municipios reportaron la presencia de este parámetro, de acuerdo a lo establecido por la norma en 100 cm ³ debe haber 0 UFC (Unidad Formadora de Colonias), teniendo una mayor frecuencia en Arcabuco, Duitama, Moniquira, Sachica, Santa Sofia, Socha, Sogamoso, Sotaquirá, Turmeque y Tunja con índices superiores a 20 veces. Se debe resaltar que los municipios que no presentaron la presencia de Coliformes T son Busbanza, Campohermoso, Chivata, Cubará, Firavitoba, Paz del Río, San Miguel de Sema, Tuta y Tutaza.
E. Coli	Cucaita, Cuitiva, Duitama, El Cocuy, Floresta, Gachantiva, Gameza, Garagoa, Guacamayas, Guateque, Guayata, Guican, Jenesano, Jerico, Labranzagrande, La Capilla, La Victoria, La Uvita, Macanal, Miraflores, Mongua, Moniquirá, Motavita, Muzo, Nobsa, Nuevo Colon, Otanche, Pachavita, Páez, Paipa, Pajarito, Panqueba, Pauna, Paya, Pesca, Pisba, Puerto Boyacá, Quipama, Ramiriquí, Raquirá, Rondón, Saboyá, Sachica, Samaca, San Eduardo, San José de Pare, San Luis de Gaceno, San Mateo, San Pablo de Borbur, Santana, Santa Maria, Santa Rosa de Viterbo, Santa Sofia, Sativanorte, Sativasur, Siachoque, Soata, Socotá, Socha, Sogamoso, Somondoco, Soracá, Sotaquirá, Susacón, Sutamarchan, Sutatenza, Tasco, Tensa, Tibana, Tibasosa, Tinjaca, Tipacoque, Toca, Togui, Topaga, Tota, Tunungua, Turmeque, Umbita, Ventaquemada, Villa de Leiva, Viracacha, Zetaquirá, Tunja.	Teniendo en cuenta el parámetro microbiológico del <i>E. Coli</i> se observa que el 89% del total de los 123 municipios del departamento de Boyacá registran su presencia, lo que indica que no se han implementado las medidas necesarias para eliminar esta bacteria. Se debe resaltar que los municipios que no presentaron la presencia de <i>E. Coli</i> son Busbanza, Campohermoso, Cerinza, Chivata, Cubará, El Espino, Firavitoba, Iza, Maripí, Oicatá, Paz del Río, San Miguel de Sema, Sora, Tuta y Tutaza.

Fuente: Datos extractados del informe IRCA Departamental 2016

Teniendo en cuenta la información obtenida en las tablas 4 y 5 se puede graficar a través del programa ArcGIS los parámetros que más influencia generaron durante el 2016 en la calidad del agua suministrada a los usuarios de los diferentes acueductos tanto urbanos como rurales lo que se puede evidenciar en las graficas relacionadas con el mapa de los párametros de cloro residual, Coliformes T, *E. Coli*, Turbiedad que se plasman a continuación:

Figura 2. Cloro residual 2016

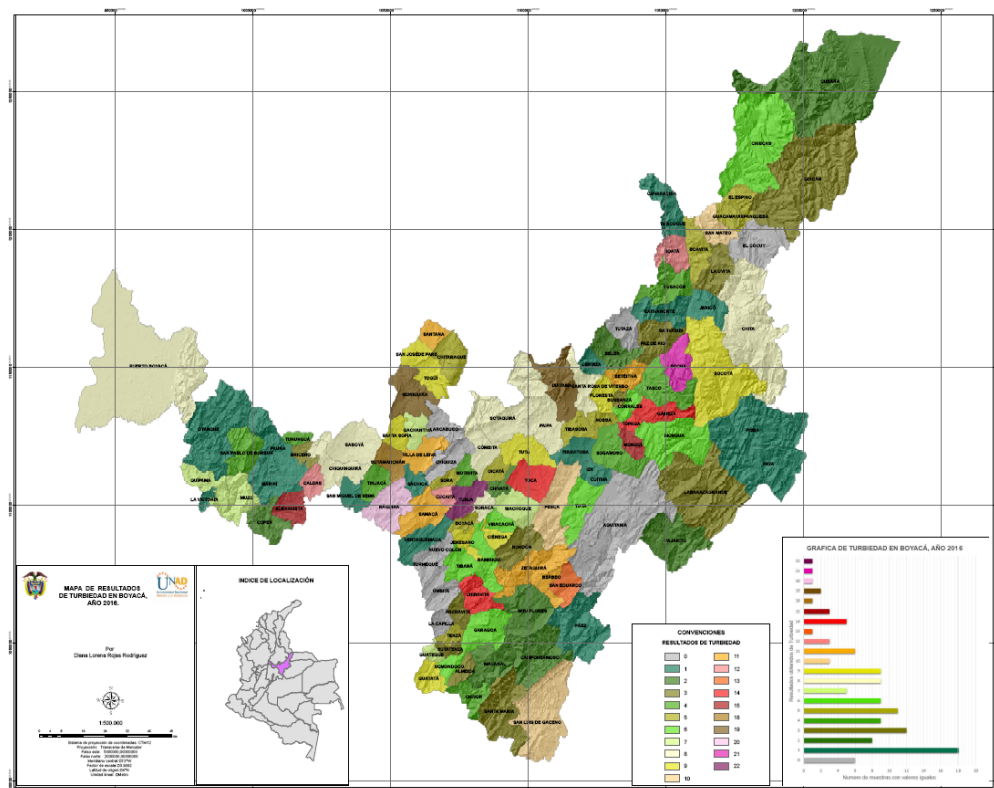


Fuente. Datos obtenidos a partir de los datos IRCA 2016 por cuenta del autor

La figura 2 es el resultado del análisis de las muestras de los diferentes municipios de Boyacá, para conocer la calidad del servicio suministrado por parte de los diferentes acueductos tanto del área rural como urbana, y determinar si es viable sanitariamente su consumo: teniendo en cuenta

la información anteriormente descrita se puede observar que los municipios de Campohermoso, Cerinza, Cubara, El Espino e Iza no se encuentran dentro de los parámetros permitidos para cloro residual, de igual forma la ciudad de Tunja presenta el valor más elevado en el Departamento con 67 muestras que no cumplen con lo establecido en la Resolución 2115 de 2007. Es importante resaltar que en diferentes oportunidades estos valores son obtenidos de manera apropiada al realizar la toma de muestras de los sistemas de tratamiento. Por otro lado, la insuficiencia de curvas de demanda de cloro que se tienen por cuenta de las empresas de servicios públicos y juntas de acción comunal. Es necesario garantizar la presencia de cloro residual libre dentro de los valores de 0.3 a 2.0 mg en la red de acueducto.

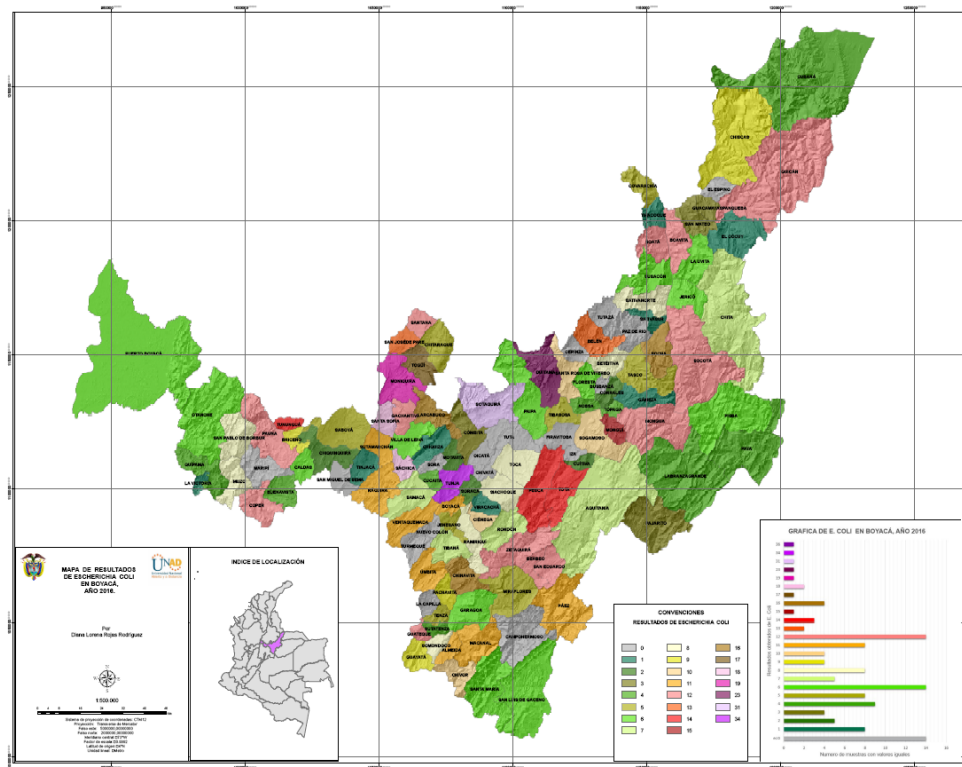
Figura 3. Turbiedad 2016



Fuente. Autor

Se tomaron 780 muestras en el año 2016, superando lo establecido en la Resolución 2115 de 2007, lo cual indica que el valor máximo aceptable es de 2 UNT (Unidades Nefelométricas de Turbiedad). De acuerdo a la información obtenida anteriormente se puede determinar que los municipios exentos de reportar este parámetro son Almeida, Arcabuco, Chíquiza, Cubara, el Cocuy, Tutazá y Umbita; según la figura 3, el municipio que presenta una mayor frecuencia es la Ciudad de Tunja reportando 22 repeticiones. Es importante indicar que la presencia de turbiedad en el agua, puede incrementar la temperatura, disminuye la efectividad de los desinfectantes y reduce la cantidad de oxígeno presente; además ayuda a la adición de sustancias contaminantes como metales pesados, compuestos tóxicos, pesticidas, virus y bacterias. Un elevado valor de turbiedad obliga a incrementar la cantidad de cloro requerido. Los valores de las muestras presentes en el departamento reportan municipios que superan los niveles permitidos tanto a nivel nacional como internacional.

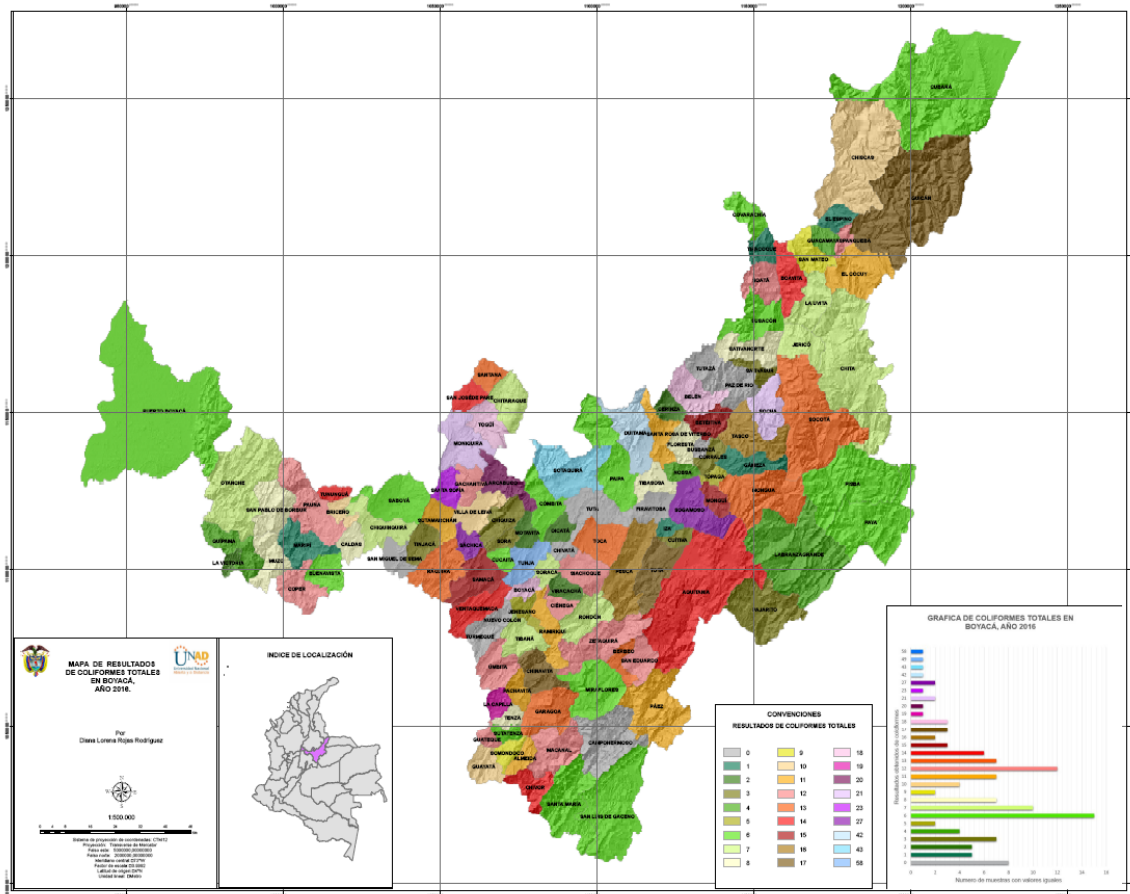
Figura 4. E. Coli 2016



Fuente. Autor

Con un total de 960 muestras reportadas en el año 2016 por fuera de lo establecido por la Resolución 2115 de 2007 la cual nos indica que por cada 100cm^3 deben existir cero (0) presencias de estos microorganismos, es importante indicar que su valor representativo para el puntaje de IRCA es de 25 puntos. Los municipios que presentaron ausencia fueron Busbanza, Campohermoso, Cerinza, Chivata, Cubara, El Espino, Firavitoba, Iza, Maripi, Oicatá, Paz del Río, San Miguel de Sema, Sora, Tuta y Tutaza, por otro lado, Turmeque reporta 36 veces este parámetro en el año. Estos microorganismos son resistentes al cambio de las temperaturas, pero son fáciles de eliminar con una adecuada desinfección y su presencia se debe a contaminación de heces humanas y de animales, además si es reportada puede indicar que también se encuentran diferentes virus bacterias o protozoos. El nivel de contaminación que se tiene para contacto directo con el cuerpo humano es de 235 UFC en 100 ml y para contacto corporal parcial es de 575 UFC en 100 ml.

Figura 5. Coliformes totales 2016

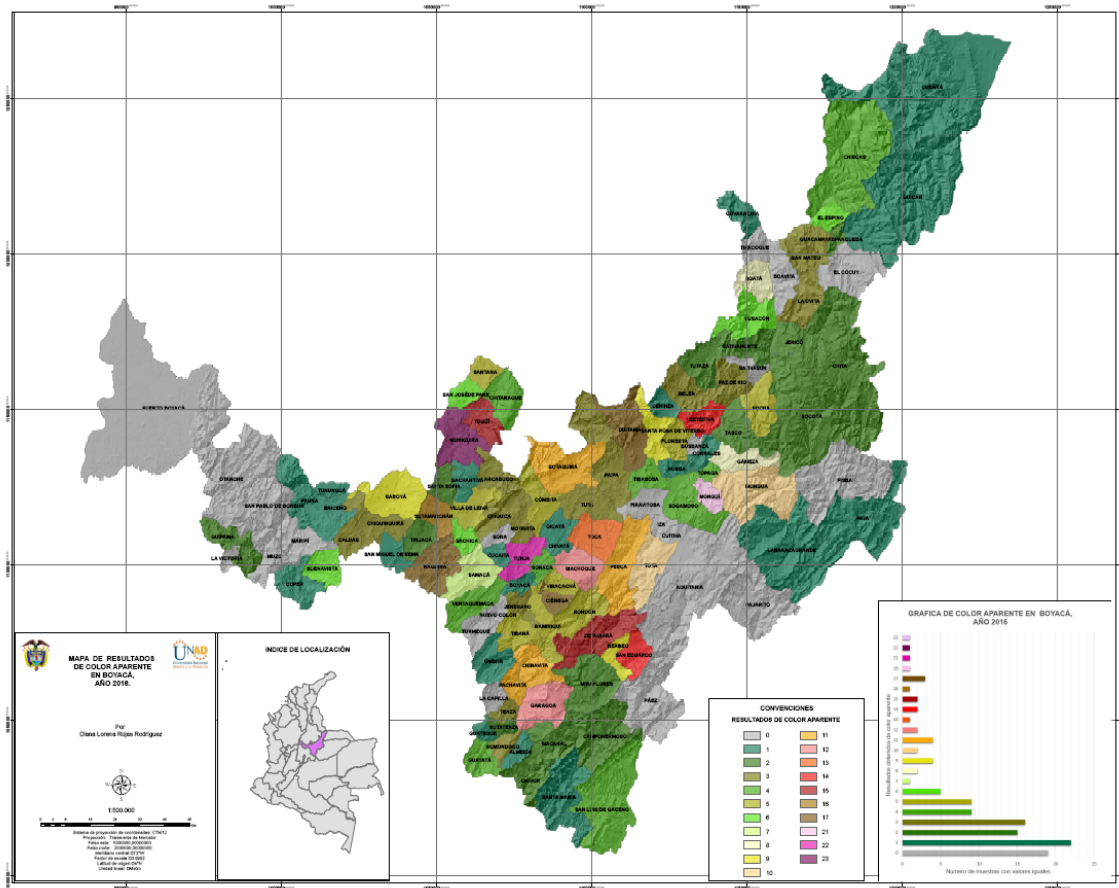


Fuente. Autor

Con un total de 1258 muestras reportadas en el año 2016 por fuera de lo establecido por la Resolución 2115 de 2007 la cual indican que por cada 100cm³ se deben presentar cero (0) presencias de estos microorganismos así mismo es importante indicar que su valor representativo para el puntaje de IRCA es de 15 puntos. Los municipios que presentaron ausencia fueron Busbanza, Campohermoso, Chivata, Cubara, Firavitoba, Paz del río, San Miguel de Sema, Tuta y Tutaza, la ciudad de Tunja reporta 58 veces este parámetro en el año. A pesar de que estos microorganismos son sensibles a su desaparición con una adecuada desinfección, el valor reportado por la Secretaria de Salud de Boyacá demuestra los deficientes sistemas de tratamiento de agua potable que se tienen en el departamento y

sus precarios sistemas de conducción, ya que también pueden permitir la entrada de material extraño como tierra y plantas. La guía para la calidad del agua de la OMS, establece que toda agua para consumo humano en ninguna muestra de 100 ml debe detectar la presencia de *E. Coli* o Coliformes, por lo tanto, el agua que se está suministrando en la mayoría de los municipios no cumple con los estándares tanto nacionales como internacionales.

Figura 6. Color 2016



Fuente. Autor

La presencia de color para el año 2016 tuvo una repetición 580 muestras que reportaron un valor fuera de lo establecido por la Resolución 2115 de 2007, cuyo valor máximo aceptable es de 15 UPC (Unidades de Platino Cobalto), con un puntaje de 6 para el cálculo del IRCA. Los diecinueve municipios que presentaron ausencia fueron Aquitania, Boavita, Busbanza, Cubara,

Cúitva, El Cocuy, Firavitoba, Iza, La Victoria, Muzo, Otanche, Paéz, Pajarito, Pisba, Puerto Boyacá, San Pablo de Borbur, Sativasur, Sora y Tipacoque. Es importante señalar que este parametro aparece debido al contenido de materia orgánica en el agua; por lo tanto, se recomienda un adecuado tratamiento con el ánimo de contrarestarlo, debido que, al combinarse con cloro, puede generar la aparición de Trihalometanos el cual es undeterminante para que los usuarios sufran de cáncer de vejiga (Higieneambiental.com, 2020).

Tabla 6. Informe IRCA 2016

No.	Municipio	Por municipio 2016	Por procedencia 2016	
			Urbano	Rural
1	ALMEIDA	41.24	0.4	74.57
2	AQUITANIA	21.79	0	35.28
3	ARCABUCO	40.09	1.91	62.75
4	BELEN	36.5	1.42	59.96
5	BERBEO	51.58	4.95	84.04
6	BETEITIVA	50.71	22.99	71.55
7	BOAVITA	38.95	1.61	73.71
8	BOYACA	41.6	0.52	62.14
9	BRICEÑO	44.96	24.74	61.33
10	BUENAVISTA	26.17	0	59.82
11	BUSBANZA	6.06	4.49	8.09
12	CALDAS	28.28	17.16	34.51
13	CAMPOHERMOSO	2.93	3.36	2.38
14	CERINZA	2.97	0.4	4.25
15	CHINAVITA	54.27	0	81.42
16	CHIQUINQUIRA	11.51	3.27	22.12
17	CHIQUIZA	16.91	14.6	22.08
18	CHISCAS	35.35	14.12	51.28
19	CHITA	37.29	10.52	70.75
20	CHITARAQUE	27.91	9.26	41.9
21	CHIVATA	3.37	0	5.93
22	CHIVOR	42.34	10.27	63.52
23	CIENEGA	38.22	6.64	47.84
24	COMBITA	12.47	0	13.89
25	COPER	42.23	2.57	39.97
26	CORRALES	13.03	7.09	17.42
27	COVARACHIA	27.25	2.93	63.73
28	CUBARA	0	0	-
29	CUCAITA	33.24	23.27	40.53
30	CUITIVA	14.55	9.4	21.75
31	DUITAMA	15.97	0.29	29.5

No.	Municipio	Por municipio 2016	Por procedencia 2016	
			Urbano	Rural
32	EL COCUY	20.25	2.23	38.27
33	EL ESPINO	7.64	3.18	10.99
34	FIRAVITوبا	2.62	0	5.25
35	FLORESTA	26.94	2.08	50.92
36	GACHANTIVA	46.48	0.21	81.18
37	GAMEZA	20.59	16.62	22.72
38	GARAGOA	20.84	2.56	41.89
39	GUACAMAYAS	20.07	21.9	18.91
40	GUATEQUE	27.79	5.7	70.13
41	GUAYATA	37.88	1.69	78.29
42	GUICAN	39.82	0	62.67
43	IZA	2.15	0	3.4
44	JENESANO	16.62	1.43	25.48
45	JERICO	28.39	0	68.96
46	LA CAPILLA	58.57	6.75	83
47	LA UVITA	25.68	6.52	38.22
48	LA VICTORIA	7.89	4.1	12.77
49	LABRANZAGRANDE	36.85	0	58.89
50	MACANAL	39.53	2.15	65.89
51	MARIPI	5.3	0.36	9.11
52	MIRAFLORES	8.84	0.51	14.16
53	MONGUA	39.28	0.59	77.81
54	MONGUI	56.2	28.26	80.15
55	MONQUIRA	40.44	5.19	84.1
56	MOTAVITA	13.37	6.19	19.1
57	MUZO	28.32	7.89	50.45
58	NOBSA	7.85	0	14.31
59	NUEVO COLON	23.02	8.27	30.4
60	OICATA	10.36	6.12	13.54
61	OTANCHE	34.15	7.01	62.42
62	PACHAVITA	40.91	7.24	66.14
63	PAEZ	38.87	5.66	70.67
64	PAIPA	11.11	1.5	28.87
65	PAJARITO	25.78	0	58.02
66	PANQUEBA	45.9	0.46	76.19
67	PAUNA	37.53	0.7	70.84
68	PAYA	27.25	0.46	62.97
69	PAZ DE RIO	4.79	0.7	9.71
70	PESCA	41.75	8.83	63.77
71	PISBA	30.84	0	71.96
72	PUERTO BOYACA	8.71	0.44	30.15
73	QUIPAMA	19.26	0	33.84
74	RAMIRQUI	23.4	15.65	28.13
75	RAQUIRA	43.96	15.65	64.74
76	RONDON	33.56	0.77	80.41
77	SABOYA	34.95	2.3	61.08
78	SACHICA	43.15	2.25	60.84
79	SAMACA	23.96	1.4	30.98
80	SAN EDUARDO	55.89	4.1	94.73
81	SAN JOSE DE PARE	56.91	9.57	81.36

No.	Municipio	Por municipio 2016	Por procedencia 2016	
			Urbano	Rural
82	SAN LUIS DE GACENO	27.38	5.68	46.34
83	SAN MATEO	28.33	25.33	30.27
84	SAN MIGUEL DE SEMA	5.09	0.43	11.3
85	SAN PABLO DE BORBUR	39.89	0.51	71.43
86	SANTA MARIA	25.04	1.36	76.35
87	SANTA ROSA DE VITERBO	21.26	6	31.16
88	SANTA SOFIA	49.72	3.08	66.81
89	SANTANA	40.28	8.46	55.24
90	SATIVANORTE	39.26	15.31	70.05
91	SATIVASUR	17.4	7.56	30.51
92	SIACHOQUE	33.99	2.17	49.9
93	SOATA	36.61	3.22	60.5
94	SOCHA	57.98	30.75	74.76
95	SOCOTA	47.42	0	80.02
96	SOGAMOSO	11.44	0.21	37.33
97	SOMONDOCO	47.21	10.56	72.91
98	SORA	14.98	6.08	24.58
99	SORACA	18.77	1.49	18.77
100	SOTAQUIRA	45.37	14.23	49.73
101	SUSACON	24.7	7.42	39.6
102	SUTAMARCHAN	44.46	14.92	73.37
103	SUTATENZA	34.09	14.14	53.44
104	TASCO	20.78	8.91	27.44
105	TENZA	33.29	6.86	56.56
106	TIBANA	23.46	0.42	44.86
107	TIBASOSA	20.99	1.69	33.16
108	TINJACA	27.79	8.57	54.78
109	TIPACOQUE	9.98	2.45	21.27
110	TOCA	38.17	6.93	57.09
111	TOGUI	55.93	1.91	82.94
112	TOPAGA	24.84	12.86	37.48
113	TOTA	50.82	2.15	75.76
114	TUNJA	19.81	0.62	39.71
115	TUNUNGUA	40.74	7.97	73.51
116	TURMEQUE	49.73	0	60.7
117	TUTA	10.67	7.29	16.06
118	TUTAZA	2.51	1.23	4.17
119	UMBITA	38.35	0.13	67.02
120	VENTAQUEMADA	26.12	0	38.85
121	VILLA DE LEYVA	11.98	0	18.38
122	VIRACACHA	11.93	3.71	20.22
123	ZETAQUIRA	49.4	11.6	84.06
BOYACA		3539.91	687.58	5805.18

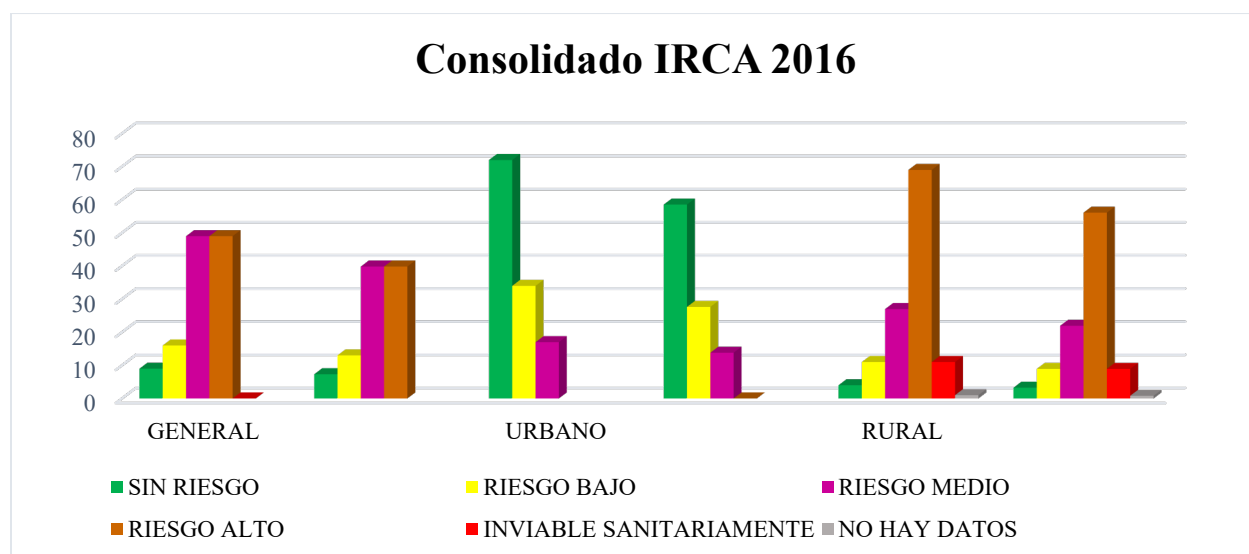
Fuente: Datos Laboratorio de Salud Pública de Boyacá a través del IRCA

Tabla 7. Consolidado IRCA 2016

	GENERAL		URBANO		RURAL	
SIN RIESGO	9	7,32	72	58,54	4	3,25
RIESGO BAJO	16	13,01	34	27,64	11	8,94
RIESGO MEDIO	49	39,84	17	13,82	27	21,95
RIESGO ALTO	49	39,84		0,00	69	56,10
INVIABLE SANITARIAMENTE	0				11	8,94
NO HAY DATOS					1	0,81
TOTAL MUNICIPIOS	123	100%	123	100	123	100%

Fuente: Datos Laboratorio de Salud Pública de Boyacá a través del IRCA

Figura 7. Consolidado IRCA 2016



Fuente: Autor

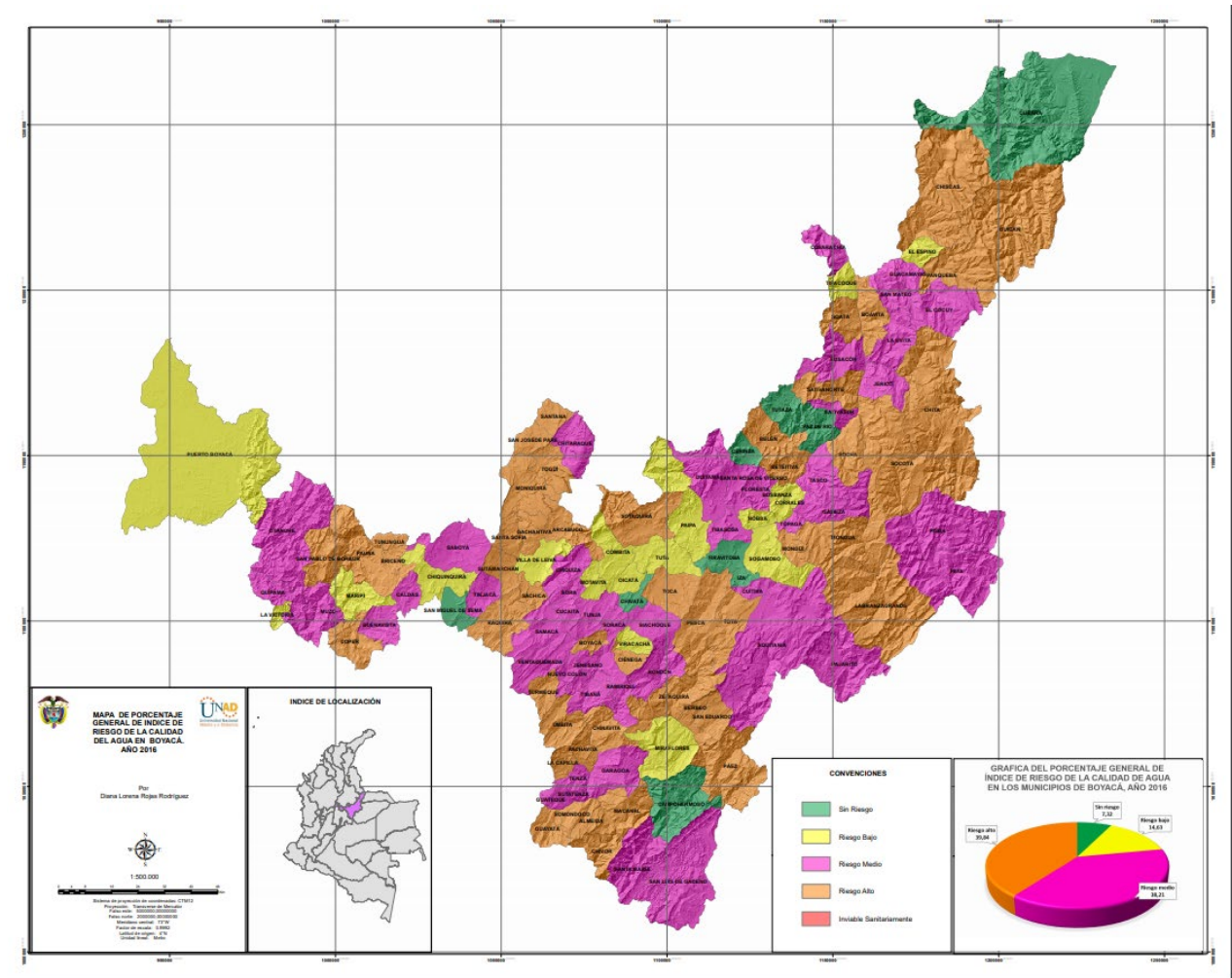
Realizado el consolidado de la información IRCA general 2016 podemos observar que de acuerdo a la tabla 5; 49 municipios presentaron riesgo alto, lo que significa que la población que está consumiendo este tipo de agua viene siendo expuesta a diferentes enfermedades gastrointestinales afectando su calidad de vida. Por otro lado, 49 tienen un riesgo medio por lo tanto deben implementar las estrategias necesarias que permitan brindar las condiciones físico-químicas y microbiológicas adecuadas para el consumo humano. Se encuentran 16 en riesgo bajo los cuales han venido trabajando con el ánimo de mejorar el

servicio ofrecido por parte de los acueductos que se encuentran en estos sectores. Algo alarmante es que tan solo 9 se encuentran cumpliendo con lo establecido según la resolución 2115 del 2007, al suministrar agua sin ningún tipo de riesgo.

En el consolidado del IRCA urbano 2016 se puede determinar que 72 municipios cumplen con lo establecido por la resolución 2115 del 2007, 34 se encuentran en riesgo bajo lo que implica que a pesar de las estrategias desarrolladas por los diferentes acueductos aún no cumplen con los requerimientos necesarios; por otra parte 17 se encuentran en riesgo medio y deben mejorar los procesos que se están implementando con el ánimo de ofrecer un servicio que mejore la calidad de agua suministrada a los usuarios. Además, se observa que solo el municipio de Betétiva se encuentra en riesgo alto por su elevado contenido de cloro residual, coliformes totales, color aparente y *E. Coli*.

En el consolidado IRCA rural 2016 de la tabla 7; 11 de los municipios son inviables sanitariamente debido a la falta de gestión realizada por parte de las alcaldías y por la falta de capacitación e interés de las administraciones de los acueductos, 69 se encuentran en riesgo alto afectando la salud de los usuarios y desmejorando su calidad de vida, 27 riesgo medio, 11 riesgo bajo; 4 sin riesgo; por otro lado, fue imposible realizar la toma de muestras respectivas en Cubará.

Figura 8. Mapa de riesgo IRCA general 2016



Fuente: Autor

Tabla 8. Índice General de riesgo de calidad del agua en 123 municipios de Boyacá, 2016

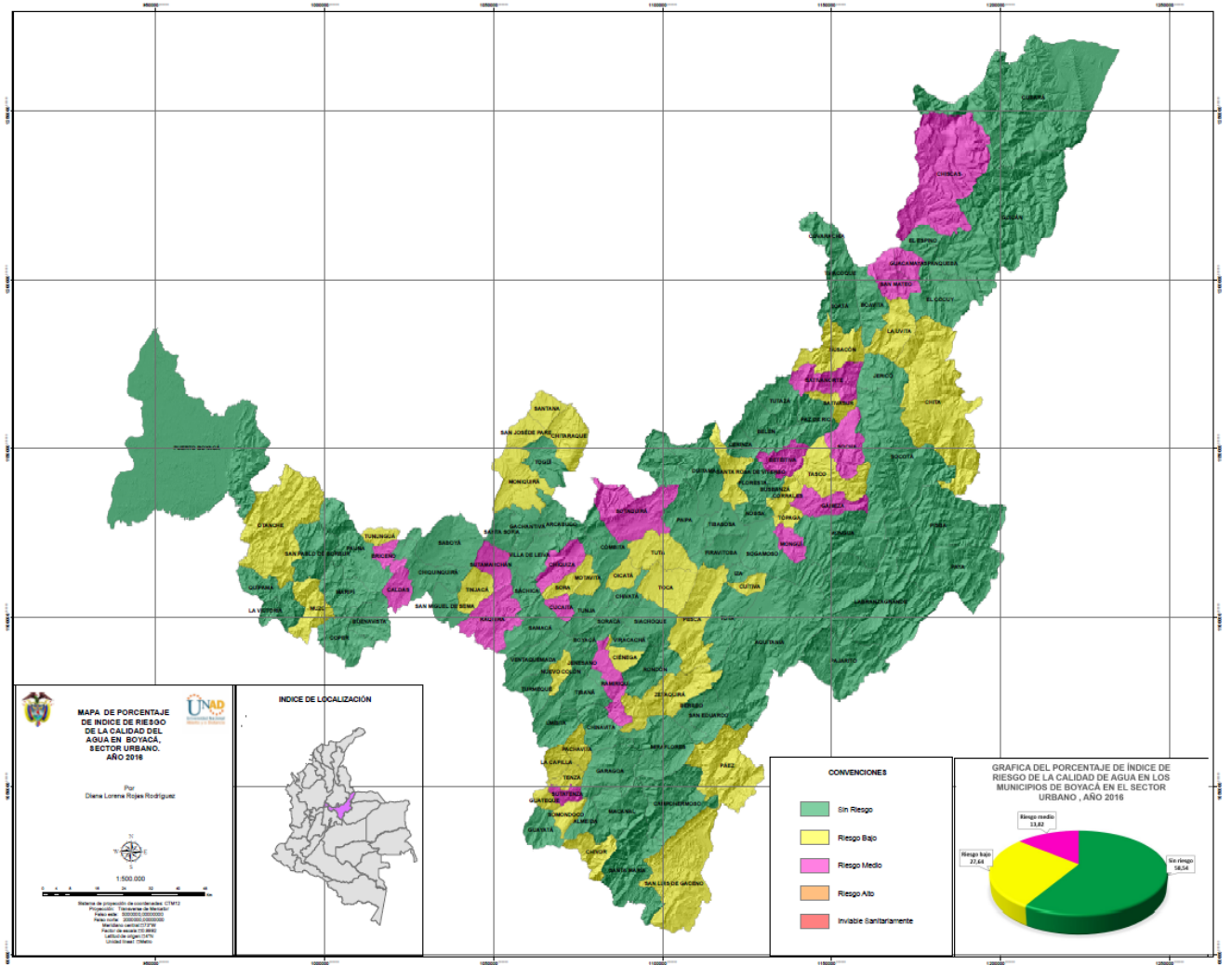
Categoría de índice de calidad del agua para consumo humano	Municipios de Boyacá IRCA Municipal 2016
<i>Inviabile sanitariamente</i>	
80,1 a 100%	
<i>Riesgo alto</i>	Almeida, Arcabuco, Belén, Berbeo, Beteitiva, Boavita, Boyacá, Briceño, Chinavita, Chiscas, Chita, Chivor Ciénega, Coper, Gachantivá, Guayatá, Güican, La Capilla, Labranzagrande, Macanal, Mongua, Monguí, Moniquirá, Pachavita, Páez, Panqueba, Pauna, Pesca, Ráquira, Sáchica, San Eduardo, San José de Pare, San Pablo de Borbur, Santa Sofía, Santana, Sativanorte, Soatá, Socha, Socotá, Somondoco, Sotaquira, Sutamarchan, Toca, Togui, Tota, Tunungua, Turmeque, Umbita, Zetaquira.
35,1 a 80%	
<i>Riesgo medio</i>	Aquitania, Buenavista, Caldas, Chíquiza, Chitaraque, Covarachía, Cucaita, Cuítiva, Duitama, El Cocuy, Floresta, Gámeza, Garagoa, Guacamayas, Guateque, Jenesano, Jericó, La Uvita, Muzo, -Nuevo Colón, Otanche, Pajarito, Paya, Pisba, Quípama, Ramiriquí, Rondón, Saboya, Samacá, San Luis de Gaceno, San Mateo, Santa María, Santa Rosa de Viterbo, Sativasur, Siachoque, Sora, Soracá, Susacón, Sutatenza, Tasco, Tenza, Tibana, Tibasosa, Tinjacá, Topaga, Tunja, Ventaquemada,
14,1 a 35%	
<i>Riesgo bajo</i>	Busbanza, Chiquinquirá, Combita, Corrales, El Espino, La Victoria, Maripí, Miraflores, Nobsa, Oicatá, Paipa, Puerto Boyacá, Sogamoso, Tipacoque, Tuta, Villa de Leyva, Viracacha, Campohermoso, Cerinza, Chivata, Cubará, Firavitoba, Iza, Paz del Río, San Miguel de Sema, Tutazá.
5.1 a 14%	
<i>Sin riesgo</i>	
0 a 5%	

Fuente: Autor

De acuerdo a la información obtenida en el IRCA municipal 2016 el comportamiento es el relacionado en la tabla 8.

La elaboración del mapa del IRCA municipal, sirve de guía para establecer las estrategias que permitan minimizar el nivel de riesgo y mejorar la calidad de vida de los habitantes del departamento de Boyacá; además obliga a los diferentes entes en la toma de decisiones a mejorar el estado de los acueductos y optimizar el servicio suministrado.

Figura 9. Mapa de riesgo IRCA Urbano 2016



Fuente: Autor

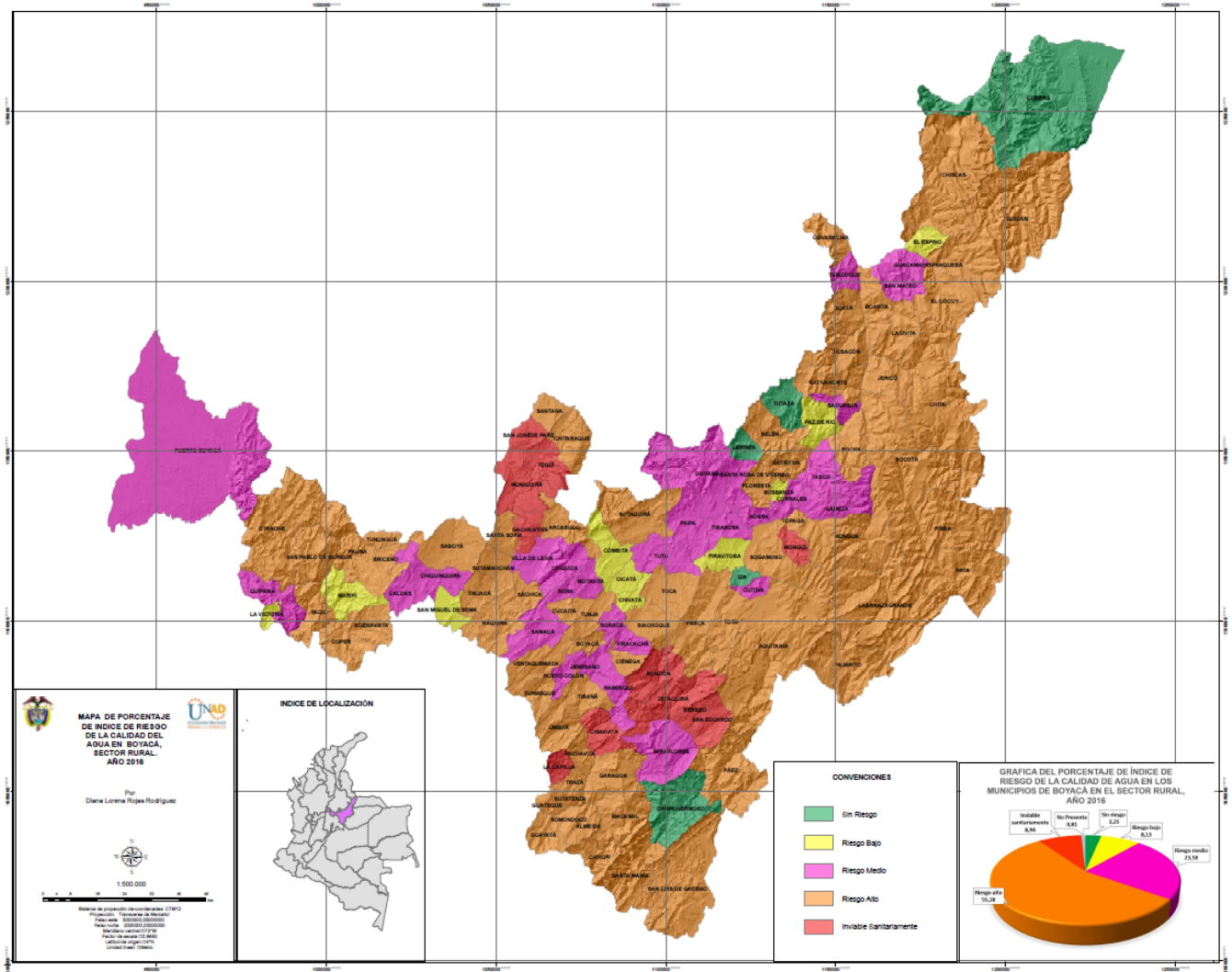
En el mapa IRCA urbano se puede apreciar que la mayoría de los municipios están cumpliendo con la normativa exigida dentro de la resolución 2115 del 2007 y existen pocos municipios que se encuentran con un nivel de riesgo medio el cual es el más alarmante.

Tabla 9. Índice de riesgo de calidad del agua en 123 municipios de Boyacá sector urbano, 2016

Categoría de índice de calidad del agua para consumo humano	Municipios de Boyacá IRCA Urbano 2016
<i>Inviabile sanitariamente</i> 80,1 a 100%	
<i>Riesgo alto</i> 35,1 a 80%	
<i>Riesgo medio</i> 14,1 a 35%	Beteitiva, Caldas, Chíquiza, Chiscas, Cucaita, Gámeza, Guacamayas, Monguít, Ramiriquí, Ráquira, San Mateo, Sativanorte, Socha, Sotaquira, Sutamarchan, Sutatenza.
<i>Riesgo bajo</i> 14,1 a 35%	Chita, Chitaraque, Chivor, Ciénega, Corrales, Cútiva, Guateque, La Capilla, La Uvita, Moniquirá, Motavita, Muzo, Nuevo Colón, Oicatá, Otanche, Pachavita, Páez, Pesca, San José de Pare, San Luis de Gaceno, Santa rosa de Viterbo, Santana, Sativasur, Somondoco, Sora, Susacón, Tasco, Tenza, Tinjacá, Toca, Topaga, Tunungua, Tuta, Zetaquira.
<i>Sin riesgo</i> 0 a 5%	Almeida, Aquitania, Arcabuco, Belén, Berbeo, Boavita, Boyacá, Buenavista, Busbanza, Campohermoso, Cerinza, Chinavita, Chiquinquirá, Chivata, Combita, Coper, Covarachía, Cubará, Duitama, El cocuy, El espino, Firavitoba, Floresta, Garagoa, Guayatá, Güican, iza, Jenesano, Jericó, La Victoria, Labranzagrande, Macanal, Maripí, Miraflores, Mongua, Paipa, Pajarito, Panqueba, Pauna, Paya, Paz del Río, Pisba, Puerto Boyacá, Quípama, Rondón, Saboya, Sáchica, Samacá, San Eduardo, San Miguel de Sema, San Pablo de Borbur, Santa María, Santa Sofía, Siachoque, Soatá, Socotá, Sogamoso, Soracá, Tibana, Tibasosa, Tipacoque, Togüi, Tota, Tunja, Turmeque, Tutazá, Umbita, Ventaquemada, Villa de Leiva, Viracacha.

Fuente: Autor

Figura 10. IRCA Rural 2016



Fuente: Mapa elaborado por el autor con relación a información obtenida del IRCA rural 2016

En la elaboración del mapa del IRCA rural; se puede observar que son muy pocos los acueductos rurales que tienen agua apta para consumo humano, y la mayoría se encuentra en riesgo alto, dentro de un rango del 35.1 a 80% e incluso existen 11 municipios inviables sanitariamente, por lo tanto, es importante la implementación de estrategias necesarias para mitigar esta situación por parte de Secretaria de Salud Departamental, administración municipal, y juntas de acueductos veredales.

Tabla 10. Índice de riesgo de calidad del agua en 123 municipios de Boyacá sector rural, 2016

Categoría de índice de calidad del agua para consumo humano	Municipios de Boyacá IRCA Rural 2016
<i>Inviabile sanitariamente</i>	Berbeo, Chinavita, Gachantivá, La Capilla, Monguí, Moniquirá, Pesca, Piba, Rondón, San Eduardo, San José de Pare, Togüi, Zetaquirá.
80,1 a 100%	
<i>Riesgo alto</i>	Almeida, Arcabuco, Belén, Betéitiva, Boavita, Boyacá, Buenavista, Chiscas, Chita Chitaraque, Chivor, Ciénega, Coper, Covarachía, Cucaita, El Cocuy, Floresta, Garagoa, Guateque, Guayatá, Güican, Jericó, La Uvita, Labranzagrande, Macanal, Mongua, Muzo, Otanche, Pachavita, Páez, Otanche, Pachavita, Páez, Pajarito, Panqueba, Pauna, Paya, Ráquira, Saboyá, Sáchica, San Luis de Gaceno, San Pablo de Borbur, Santa María, Santa Sofía, Santana, Sativanorte, Siachoque, Soatá, Socha, Socotá, Somondoco, Sotaquirá, Susacón, Sutamarchan, Sutatenza, Tenza, Tibana, Tinjacá, Toca, Topaga, Tota, Tunja, Tunungua, Turmeque, Umbita, Ventaquemada.
35,1 a 80%	
<i>Riesgo medio</i>	Caldas, Chiquinquirá, Chíquiza, Corrales, Cuítiva, Duitama, Gámeza, Guacamayas, Jenesano, Miraflores, Motavita, Nobsa, Nuevo Colón, Paipa, Oicatá, Puerto Boyacá, Quipama, Ramiriquí, Samacá, San Mateo, Santa Rosa de Viterbo, Sativasur, Sora, Soracá, Tasco, Tibasosa, Tipacoque, Villa de Leyva, Viracacha
14,1 a 35%	Busbanza, Chivata, El Espino, Firavitoba, La victoria, Maripí, Oicatá, Paz del Río, San Miguel de Sema, Tuta,
<i>Riesgo bajo</i>	
14,1 a 35%	
<i>Sin riesgo</i>	Campohermoso, Cerinza, Cómbita, Iza, Tutazá,
0 a 5%	

Fuente: Autor

Correlación año 2016

De acuerdo con el análisis jerárquico del costado izquierdo, se logra identificar que las variables se aglomeran en dos grandes grupos. Uno, y quizás el más importante recoge las variables Coliformes totales, Cloro Residual, *E. Coli*, Turbiedad y Color aparente; aspecto que se resalta debido a que es la problemática mas recurrente en el análisis fisicoquímico y microbiológico en las muestras de agua. Así de acuerdo con el análisis jerárquico superior se identificaron cinco grandes grupos en los que se conjugan todos los municipios del Departamento de Boyacá. Para el primer grupo correspondiente al primer aglomerado de izquierda a derecha se resalta a Tunja, Duitama, Sotaquira y Turmequé como los de mayor relación positiva con el primer aglomeramiento del análisis jerárquico izquierdo; aspecto que puede atribuirse a que el número de muestreos durante el año 2016 fue mayor en estas dos grandes ciudades (Tunja y Duitama) en comparación a los demás Municipios, por lo que la probabilidad de que las muestras salieran con inconsistencias fisicoquímicas y microbiológicas. Por el contrario, el conglomerado número dos, muestra una gran homogeneidad de cumplimiento en los parámetros de calidad de agua. Mientras que en el aglomerado número tres, se agrupan municipios que en su mayoría presentan problemas con cloro residual, turbiedad y en menor proporción con *E. Coli* y coliformes totales. A su vez, el grupo cuatro quien reúne los municipios con una leve recurrencia en los problemas del grupo tres, pero además en color aparente y turbiedad. Finalmente, el último grupo en el que predominan problemáticas de coliformes totales, cloro residual y *E. coli*.

Analisis información 2017

N°	Municipio	Alcalinidad		Cloro residual	Cloruros	Coliformes T	Color	Conductividad	Cryp to	COT	Dureza T	E. Coli	Fluoruros	Fosfatos	Giardia	Fe	Mg	Mesofilos	Mo	Nitritos	Plaguicidas	pH	Turbiedad
		Al	Ca																				
22	CHIVOR			15		15	4					14											2
23	CIÉNEGA	6		12		7	13					7				2							6
24	CÓMBITA	7	1	17		8	5					5		1		5						1	6
25	COPER			11		9						9											
26	CORRALES			6		2	5					2								1			4
27	COVARACHÍA	1		6		5	4					5											1
28	CUBARÁ			9		9						8				1						9	
29	CUCAITA	3		6		2	5					2		2		9							14
30	CUÍTIVA			4		4																	1
31	DUITAMA	5	2	25		39	28					22	1	2		2				1			23
32	EL COCUY		0	14		11						5											1
33	EL ESPINO					2	8							4		2							7
34	FIRAVITIBA	1		6	1																	1	
35	FLORESTA			5		4	2					3				1				1			4
36	GACHANTIVÁ	2	4	6	14	14	2					14		1		2				1	1	1	8
37	GAMEZA			5		5	10					5				4							9
39	GUACAMAYAS	1	6	4			1									2							1
40	GUATEQUE	1	6	9	14	12						11				3							3
41	GUAYATÁ			8		4	7					3				5							9
42	GUICAN			20		20	2					19											7
43	IZA								1														
44	JENESANO	4		8		7	6					6		2		4				1			9

N°	Municipio	Alcalinidad		Cloro residual	Cloruros	Coliformes T	Color	Conductividad	Crypto	COT	Dureza T	E. Coli	Fluoruros	Fosfatos	Giardia	Fe	Mg	Mesofilos	Mo	Nitritos	Plaguicidas	pH	Turbiedad
		Al	Ca																				
91	SATIVASUR			9		4	3																1
92	SIACHOQUE			15		9	17					6		5		5					1		8
93	SOATÁ	1		15		15	10					15				8					1		19
94	SOCOTÁ			12		12	6					12		1		1							11
95	SOCHA			24		23	1					19											8
96	SOGAMOSO	1		28		23	8					13		11		2					1		8
97	SOMONDOCO			14		14	8		1			11				3							9
98	SORA	3	3	6		3	1	3				2									1		
99	SORACÁ			8		6	6					3		7		4					1		9
100	SOTAQUIRÁ	2		33		32	8					23				4							8
101	SUSACÓN	1		12		7	14					7				2							8
102	SUTAMARCHAN			1		12	17					9				8							16
103	SUTATENZA	1	3	6		6		1				2											
104	TASCO	1		10		7	4					4				2							3
105	TENZA		4	10		9	4					6				2							2
106	TIBANA			2		1	4					1				4							3
107	TIBASOSA	1		13		7	1					5											3
108	TINJACÁ	1		4		4	3					4				4							4
110	TOCA			15		11	17	1				10			1	10			1				16
111	TOGUI		2	18		18	15					18				5							6
112	TOPAGA	3		13		11	12					8		9		5							17
113	TOTA			20		20	13					19		1		8							7

N°	Municipio	Alcalinidad		Cloro residual	Cloruros	Coliformes T	Color	Conductividad	Crip to	COT	Dureza T	E. Coli	Fluoruros	Fosfatos	Giardia	Fe	Mg	Mesofilos	Mo	Nitritos	Plaguicidas	pH	Turbiedad
		Al	Ca																				
114	TUNUNGÚA		4	15		14						14				3						1	4
115	TURMEQUE	4		55		51	7					36		14		2			1			1	8
116	TUTA	6					1									5							3
117	TUTAZÁ			1		2	3																
118	UMBITA			18		17	1					17		9									1
119	VENTAQUEMADA			22		17	3					14		3		1							2
120	VILLA DE LEIVA	2		11		2	1					1				2						2	6
121	VIRACACHA	1		1		3	8					2				2							5
122	ZETAQUIRA	1		8		6	6					5				6						1	2
123	TUNJA	14	2	53		46	21					25		10		24							25
	Total	13		145			73				1												
		1	153	1	0	1293	0	8		3	1063			162	7	437						35	805

Datos Instituto Nacional de Salud a través del IRCA 2017.

Para el año 2017 realizado el análisis de la calidad de agua se puede observar en la tabla 11 que frente a los datos obtenidos en el año inmediatamente anterior están manejando porcentajes muy elevados de parámetros como: cloro residual, coliformes T, color aparente, Crypto, *E. coli*, Giargia y turbiedad; lo que indica que las estrategias establecidas para minimizar la problemática generada son escasas o inadecuadas, afectando la calidad de vida de la población beneficiaria:

Tabla 12. Parámetros que se reportaron fuera de norma en el 2017

Parámetro	Municipios	Observación
Turbiedad	Almeida, Aquitania, Arcabuco, Belén, Berbeo, Beteitiva, Boavita, Boyacá, Briceño, Buenavista, Busbanza, Campohermoso, Cerinza, Chinavita, Chiquinquirá, Chiscas, Chita,, Chitaraque, Chivata, Chivor, Cienaga, Combita, Corrales, Covarachia, Cucaita, Cuitiva, Duitama, El Cocuy, El Espino, Floresta, Gachantiva, Gameza, Garagoa, Guacamayas, Guateque, Guayata, Guican, Jenesano, Jericó, Labranzagrande, La Capilla, La Uvita,, Macanal, Miraflores, Mongua, Mongui, Moniquirá, Motavita, Muzo, Nuevo Colon, Oicata, Otanche, Pachavita, Páez, Paipa, Panqueba, Pauna, Paz del Rio, Pesca, Puerto Boyacá, Quipama, Ramiriqui, Raquira, Rondón, Saboya, Sáchica, Samacá, San Eduardo, San José de Pare, San Luis de gaceno, San Mateo, San Miguel de Sema, San Pablo de Borbur, Santana, Santa Rosa de Viterbo, Santa Sofia, Sativanorte, Sativasur, Siachoque, Soata, Socotá, Socha, Sogamoso, Somondoco, Soracá, Sotaquirá, Susacón, Sutamarchan, Tasco, Tenza, Tibana, Tibasosa, Tinjaca, Toca, Togui, Topaga, Tota, Tunungua, Turmeque, Tuta, Umbita, Ventaquemada, Villa de Leyva, Viracacha, Zetaquirá, Tunja.	<p>Teniendo en cuenta la información suministrada en la tabla 11 con relación al análisis de calidad del agua se puede determinar que el 86.18% del total de los municipios no cumplen con este parámetro de turbiedad siendo los más críticos, Duitama, Moniquira, Santa Sofia y Tunja con índices superiores a 20 muestras reportadas fuera de norma en el año.</p> <p>Lo que muestra que, en relación con el año anterior, la turbiedad disminuyo su presencia en 18 municipios representando una mejora de 8.94%.</p>
	Almeida, Aquitania, Arcabuco, Belén, Berbeo, Beteitiva, Boavita, Boyacá, Briceño, Buzbanza, Caldas, Cerinza, Chinavita, Chiquinquirá, Chiscas, Chita, Chiquiza, Chiquiza, Chivor, Cienega, Combita, Coper, Corrales, Covarachia, Cubará, Cucaita, Duitama, El cocuy, Floresta, Gachantiva, Garagoa, Guacamayas, Guateque, Guayata, Guican, Jenesano, Jerico, Labranzagrande, La Capilla, La Victoria, La Uvita, Macanal, Maripi, Mongua, Mongui, Moniquira, Motavita, Muzo, Nobsa, Nuevo Colon, Otanche, Pachavita, Paez, Paipa, Panqueba, Pauna, Paya, Paz de Rio, Pesca, Pisba, Puerto Boyacá, Ramiriqui, Raquira, Rondon, Saboya, Sachica, Samacá, San Eduardo, San José de Pare, San Luis de Gaceno, San Mateo, San Pablo de Borbur, Santana, Santa Maria, Santa Rosa de Viterbo, Santa Sofia, Sativanorte, Sativasur, Siachoque, Soata, Socotá, Socha, Sogamoso, Somondoco, Sora, Soracá, Sotaquira, Susacón, Sutamarchan, Sutatenza, Tasco, Tenza, Tibana, Tibasosa, Tinjaca, Tipacoque, Toca, Togui, Topaga, Tota, Tunungua, Turmeque, Tutaza, Umbita, Ventaquemada, Villa de Leiva, Viracacha, Zetaquira y Tunja.	<p>De acuerdo a la puntuación sumnistrada en la Resolución 2115 de 2007 y teniendo como referencia la tabla 11, se puede observar que el 92.68 % de los municipios del Departamento de Boyacá a quienes se les realizo el análisis de cloro residual no cumplen, siendo más reiterativos en Arcabuco, Belén, Chiquinquirá, Duitama, Güican, La Capilla, Monguí, Moniquira, Sachicá, Santa Sofia, Sachica, Sogamoso, Sotaquira, Tota, Turmeque, Ventaquemada y Tunja.</p> <p>Además, los municipios como Campohermoso, Chitaraque, El Espino, Iza, Otanche, Pajarito, Quipama, San Miguel de Sema y Tuta no presentaron valores fuera de lo que establece la norma.</p> <p>Lo que muestra que, en relación con el año anterior, el cloro disminuyo su presencia en 9 municipios representando una mejora de 4,92%.</p>
Cloro residual		

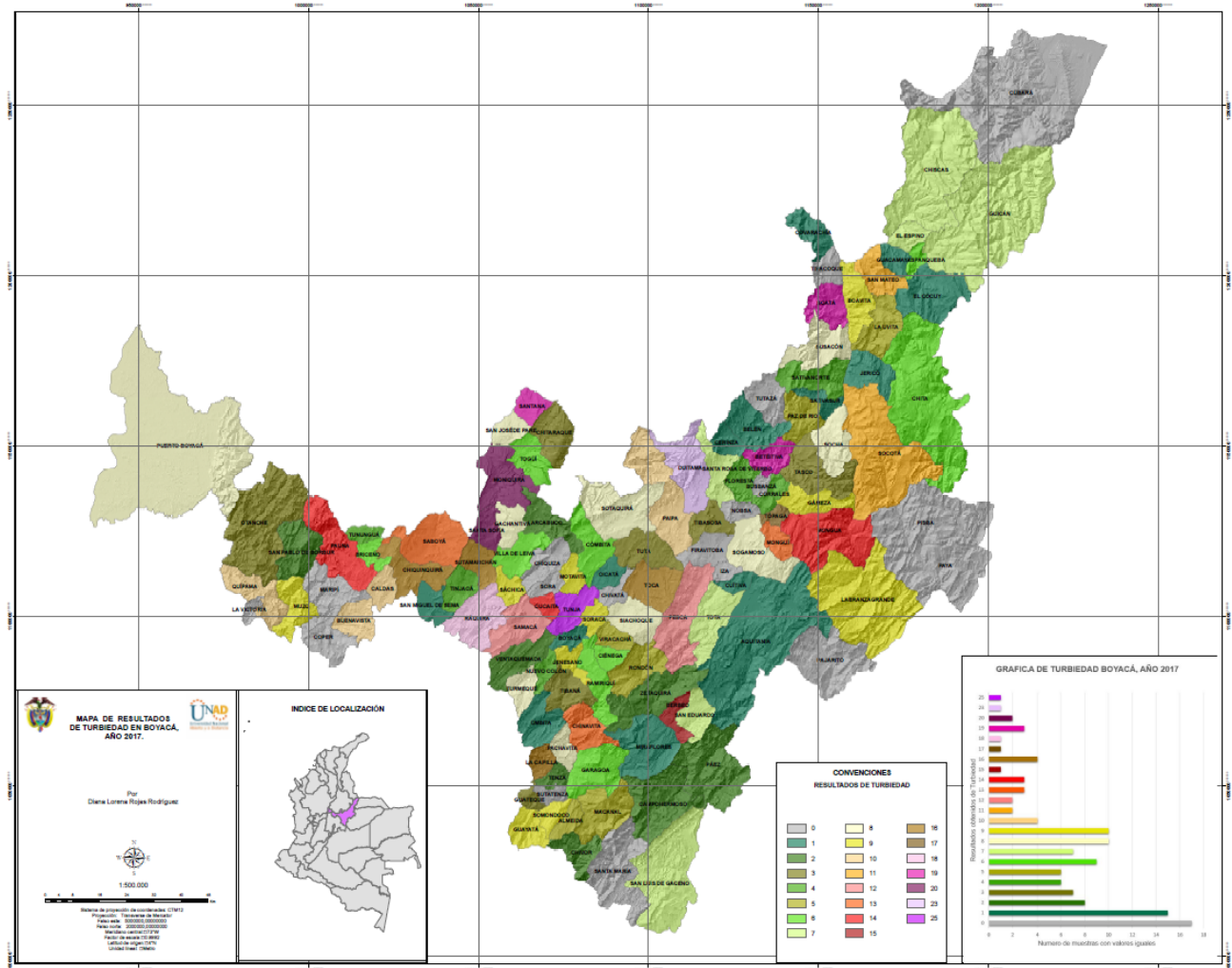
Parámetro	Municipios	Observación
Coliformes T	Almeida, Aquitania, Arcabuco, Belén, Berbeo, Beteitiva, Boavita, Boyacá, Briceño, Caldas, Campohermoso, Cerinza, Chinavita, Chinavita, Chiquinquirá, Chiscas, Chita, Chiquiza, Chivor, Cienega, Combita, Coper, Corrales, Covarachia, Cubará, Cucaita, Duitama, El Cocuy, El Espino, Floresta, Gachantiva, Gameza, Garagoa, Guateque, Guayatá, Guican, Jenezano, Jericó, Labranzagrande, La Capilla, La Victoria, La Uvita, macanal, Miraflores, Mongua, Mongui, Monquiria, Motavita, Muzo, Nobsa, Nuevo Colon, Oicata, Otanche, Pachavita, Paez, Paipa, Pajarito, Panqueba, Pauna, Paya, Pesca, Pisba, Puerto Boyacá, Quipama, Ramiriquí, Raquirá, Rondón, Saboya, Sachicá, Samacá, San Eduardo, San José de Pare, San Luis de Gaceno, San Mateo, San Pablo de Borbur, Santana, Santa María, Santa Rosa de Viterbo, Santa Sofía, Sativanorte, Sativasur, Siachoque, Soatá, Socotá, Socha, Sogamoso, Somondoco, Sora, Soracá, Sotaquirá, Susacon, Sutamarchan, Sutatenza, Tasco, Tenza, Tibana, Tibasosa, Tinjaca, Tipacoque, Toca, Togüi, Topaga, Tota, Tunungua, Turmeque, Tutaza, Umbita, Ventaquemada, Villa de Leyva, Viracacha, Zetaquirá, Tunja.	<p>Con relación a los Coliformes T, el 91.06% de los municipios reportaron la presencia de este parametro, teniendo una mayor frecuencia en el año en Arcabuco, Duitama, Guican, Labranzagrande, Mongui, Monquirá, Sachica, Santa Sofía, Socha, Sogamoso, Sotaquirá, Tota y Tunja.</p> <p>Se debe resaltar que los municipios que no presentaron la presencia de coliformes T son Busbanza, Chitaraque, Chivata, Firavitoba, Guacamayas, Iza, Maripí, Pajarito, Paz del Río, San Miguel de Sema y Tuta.</p> <p>Lo que muestra que, en relación con el año anterior, los Coliformes Totales disminuyeron su presencia en 11 municipios, representando una mejora de 3.24%.</p>
<i>E. Coli</i>	Almeida, Aquitania, Arcabuco, Belén, Berbeo, Beteitiva, Boavita, Boyacá, Briceño, Caldas, Cerinza, Chinavita, Chiquinquirá, Chiscas, Chita, Chiquiza, Chivor, Cienega, Combita, Coper, Corrales, Covarachia, Cubará, Cucaita, Duitama, El Cocuy, Floresta, Gachantiva, Gameza, Garagoa, Guateque, Guayata, Guican, Jenesano, Jerico, Labranzagrande, La Capilla, La Victoria, La Uvita, Macanal, Miraflores, Mongua, Mongui, Monquirá, Motavita, Muzo, Nobsa, Nuevo Colon, Oicata, Otanche, Pachavita, Paez, Paipa, Pajarito, Panqueba, Pauna, Paya, Pesca, Pisba, Puerto Boyacá, Quipama, Ramiriquí, Raquirá, Rondon, Saboyá, Sachica, Samaca, San Eduardo, San José de Pare, San Luis de Gaceno, San Mateo, San Pablo de Borbur, Santana, Santa María, Santa Rosa de Viterbo, Santa Sofía, Sativanorte, Siachoque, Soata, Socotá, Socha, Sogamoso, Somondoco, Sora, Soracá, Sotaquirá, Susacón, Sutamarchan, Sutatenza, Tasco, Tensa, Tibana, Tibasosa, Tinjaca, Tipacoque, Toca, Togui, Topaga, Tota, Tunungua, Turmeque, Umbita, Ventaquemada, Villa de Leiva, Viracacha, Zetaquirá, Tunja.	<p>Teniendo en cuenta el parámetro microbiológico del E. Coli se observa que el 86.99% de los municipios del departamento de Boyacá registran su presencia, teniendo una mayor frecuencia en Duitama, Sotaquirá, Turmeque y Tunja.</p> <p>Se debe resaltar que los municipios que no presentaron la presencia de E. Coli son Busbanza, Campohermoso, Chitaraque, Chivatá, Cúitiva, El Espino, Firavitoba, Guacamayas, Iza, Maripí, Pajarito, Paz del Río, San Miguel de Sema, Sativasur, Tuta y Tutaza.</p> <p>Lo que muestra que, en relación con el año anterior, el E. Coli disminuyeron su presencia en 16 municipios, representando una mejora de 0.81 %.</p>
<i>Giardia</i>	Chiquinquirá, Toca.	<p>Los municipios de Chiquinquirá y Toca son los únicos con presencia de <i>Giardia</i>, lo que indica que por el nivel de riesgo que representa esta muestra su IRCA se desmejoro.</p>
Cryptosporidium	Chiquinquirá, Somondoco Toca	<p>La presencia de <i>Cryptosporidium</i> se dio únicamente en dos municipios del Departamento, es importante indicar que Chiquinquirá fue muestreado en seis oportunidades dando como resultado en todas positivo. Además se deberá aclarar que únicamente se realizaron 25 pruebas en el transcurso del 2017.</p>

Fuente: Autor

Con en base a la información obtenida a través de las tablas 11 y 12 se grafica mediante el programa Arcgis los parámetros que mayor afectación generaron en el momento de realizar el análisis de calidad del agua de los diferentes acueductos tanto del área rural como urbana, lo que

se puede evidenciar mediante los mapas generados de Cloro residual, coliformes T, E. Coli, turbiedad y color como se puede observar en las siguientes figuras:

Figura 12. Cloro residual 2017

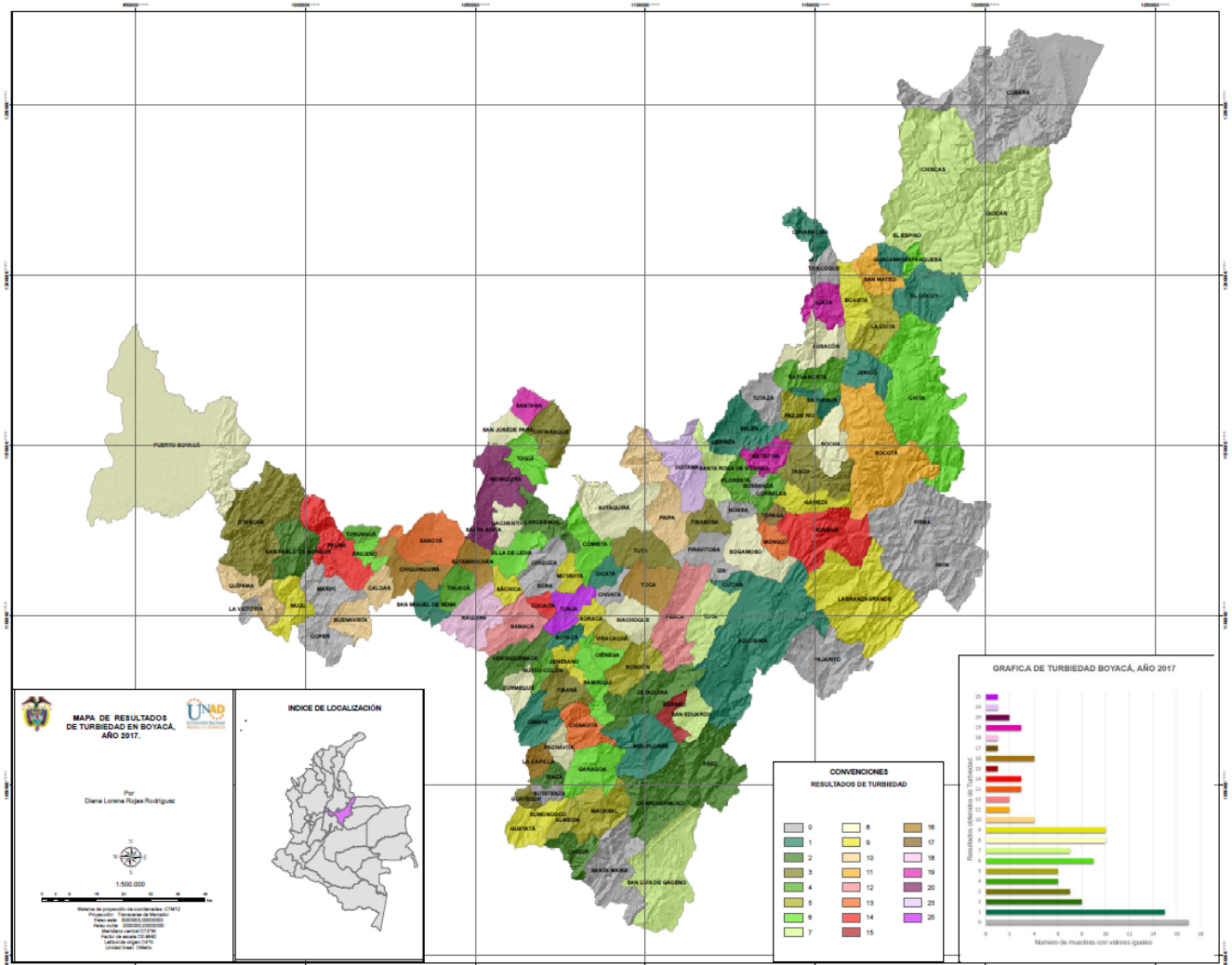


Fuente. Autor

De acuerdo a esta figura se puede evidenciar que los municipios con valor 0 no entregaron información; los municipios que reportaron mayor cantidad de repeticiones de cloro residual son Tunja, Turmeque, Chiquinquirá, Sachica; lo que indica que ante la elevada presencia de otros parámetros se incurren en el uso inadecuado de este tipo de desinfectantes, elevando la probabilidad de formaciones de trihalometano (Mejora tu vida, 2015), además se puede observar que frente al año inmediatamente anterior bajo el promedio que se venía presentando lo que

indica que han realizado algunas medidas correctivas para contrarrestar la problemática que se tiene.

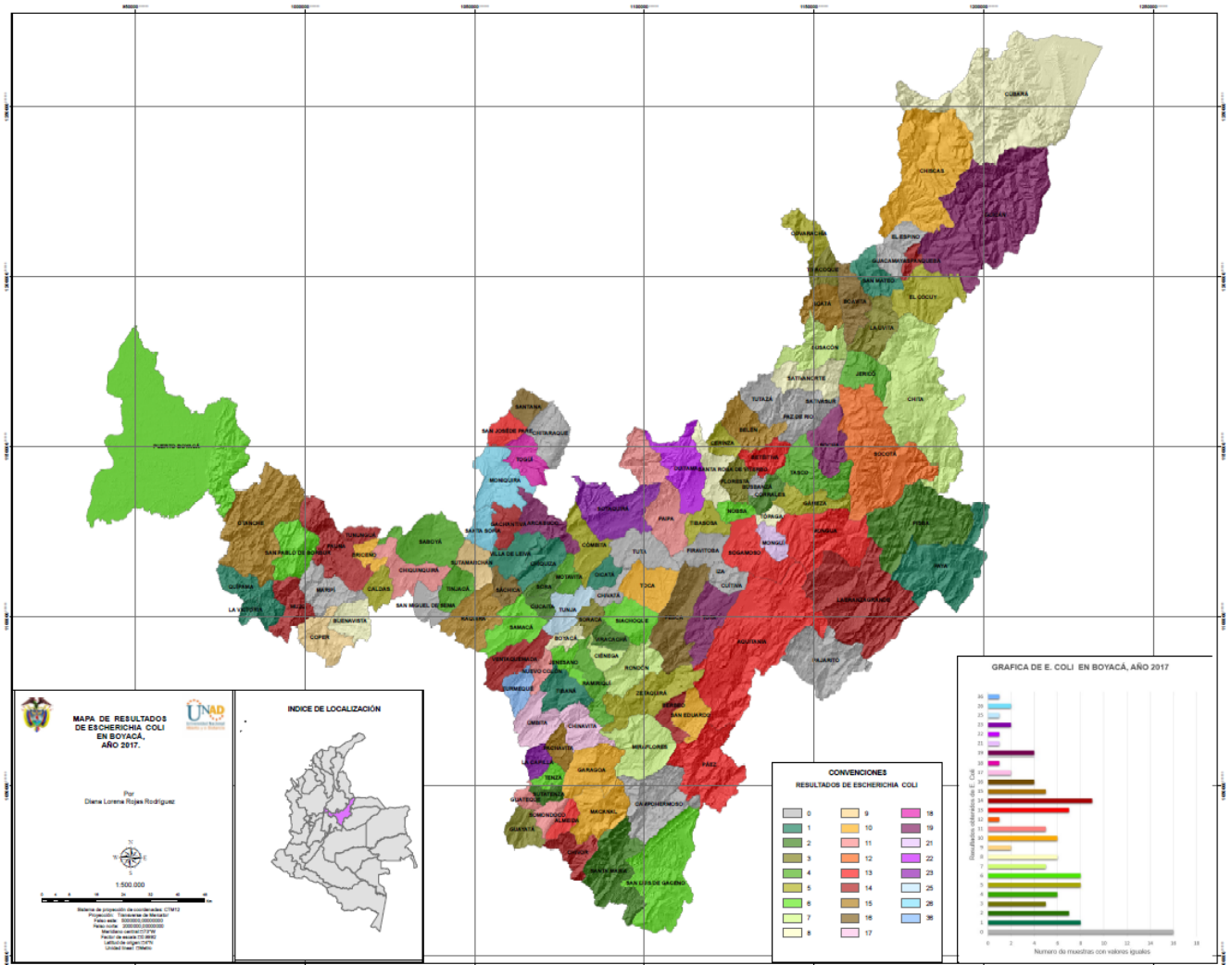
Figura 13. Turbiedad 2017



Fuente. Autor

De acuerdo a la información obtenida en la figura 12 se puede observar que los municipios de Buzbanza, Chiquiza, Coper, Cubará, Firavitoba, Iza, La Victoria, Maripi, Nobsa, Pajarito, Paya, Santa Maria, Sora, Sutatenza, Tipacoque y Tutazá; no reportan la presencia de turbiedad, lo que indica que se implementaron estrategias para mejoraron la calidad del agua ofrecida, beneficiando a la población que viene utilizando el servicio de estos acueductos.

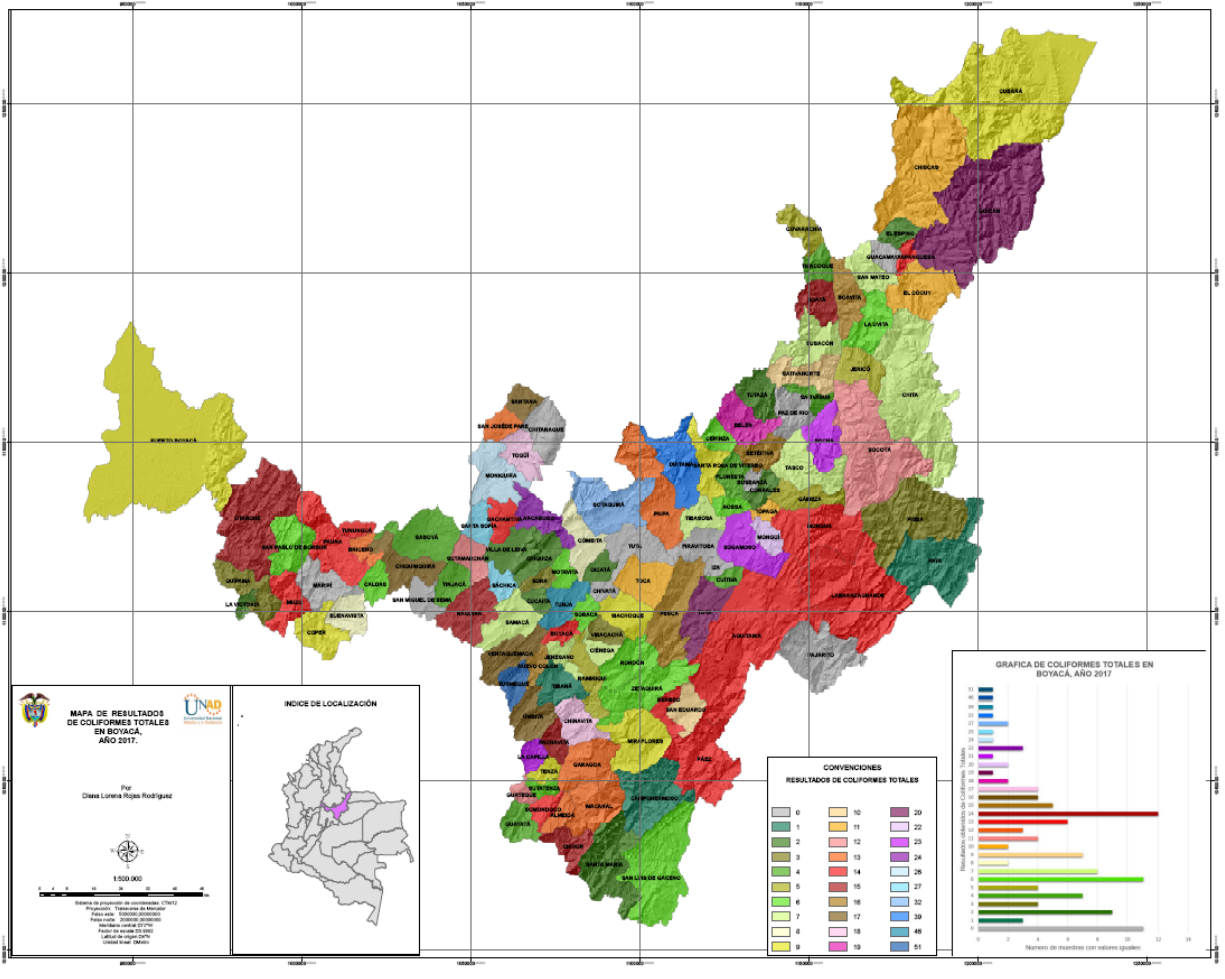
Figura 14. E. Coli. 2017



Fuente. Autor

De acuerdo a la información registrada en las tablas 11 y 12 y en la figura 13 podemos determinar que los municipios de Buzbanza, Campohermoso, Chitarauque, Chivata, Cuitica, El Espino, Firavitoba, Guacamayas, Iza, Maripi, Pajarito, Paz del Rio, San Miguel de Sema, Sativasur, Tuta y Tutaza; no registran presencia de E. Coli, por otro lado se observa que frente al año inmediatamente anterior hubo una reducción de los 0.81%.

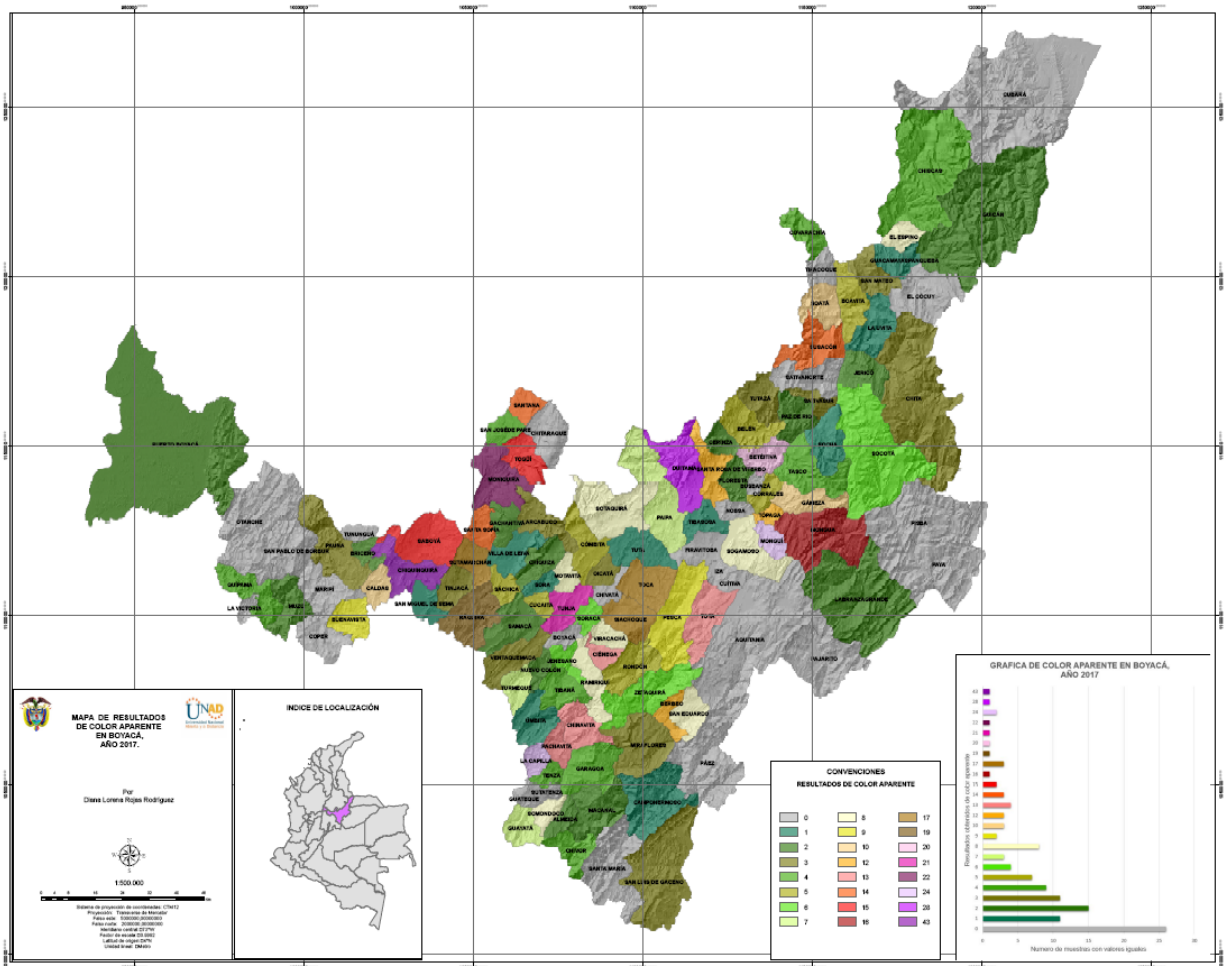
Figura 15. Coliformes totales 2017



Fuente. Autor

Para este año únicamente los municipios de Buzbanza, Chitaraque, Chivata, Cuitiva, Firavitoba, Iza, Maripi, Pajarito, Paz del Rio, San Miguel de Sema y Tuta no reportaron la presencia de Coliformes totales, evidenciando que existe algunos municipios que han venido implementando las estrategias necesarias en sus acueductos para ofrecer el mejor servicio con el ánimo de mejorar la calidad de vida de los usuarios.

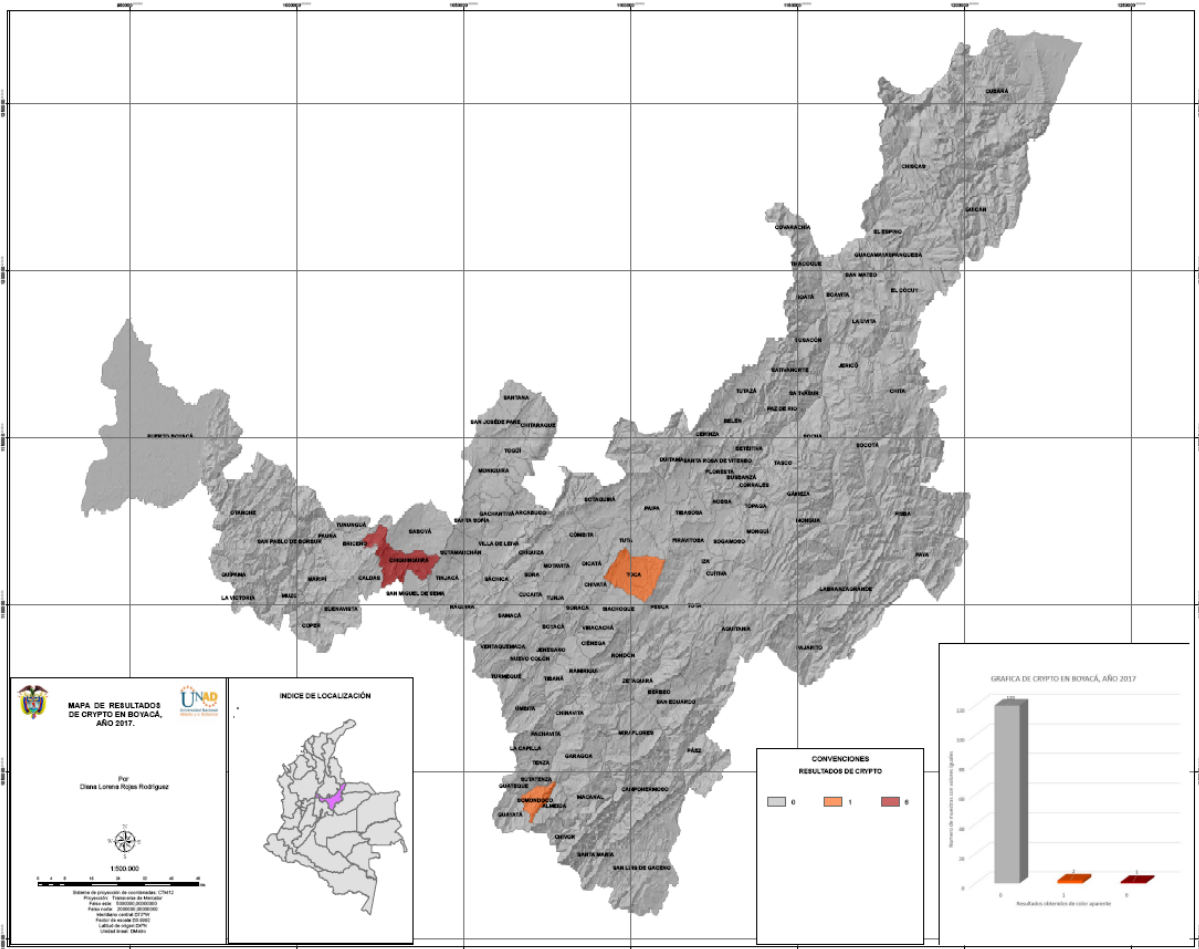
Figura 16. Color 2017



Fuente. Autor

La presencia de color indica que se deben implementar estrategias más eficientes por parte de los acueductos que están prestando este servicio; debido a la afectación de la salud en la población que se supe de este tipo de agua, tiende a sufrir problemas tan preocupantes como es el cáncer de vejiga (Higieneambiental.com, 2020).

Figura 17. Crypto 2017



Fuente. Autor

Aunque el Crypto no puede ser medido para todos los municipios del Departamento, la Secretaria de Salud de Boyacá inicio sus estudios para el año 2017. Es importante resaltar que, aunque se tomaron 20 muestras su presencia únicamente estuvo reflejada en los municipios de Chiquinquirá con seis valores positivos y Toca con un valor positivo. Por lo que se iniciaron las acciones preventivas necesarias por parte de la Procuraduría Ambiental y Agraria en compañía de un equipo multidisciplinario en la búsqueda del mejoramiento de estos acueductos desde su captación, sistemas de tratamiento y redes de conducción. Es de aclarar que este protozoo al

tener un tamaño significativo, puede ser más fácil su eliminación mediante procesos convencionales como coagulación y filtración. Igualmente, la giardiasis cuenta con un tratamiento médico para las personas que se encuentran infectadas con esta bacteria. Debido a su riesgo en la salud de la población el porcentaje de riesgo es de 100%.

Cryptosporidium: Aunque este parámetro no puede ser medido para todos los municipios del Departamento, la Secretaria de Salud de Boyacá inicio sus estudios para el año 2017. Es importante resaltar que, aunque se tomaron 20 muestras su presencia únicamente estuvo reflejada en los municipios de Chiquinquirá con seis valores, Toca y Somondoco con un valor. Por lo que se inició una acción preventiva por parte de la Procuraduría Ambiental y Agraria quienes, con un equipo multidisciplinario para el mejoramiento de estos acueductos desde su captación, sistemas de tratamiento y redes de conducción.

Debido al pequeño tamaño del *Cryptosporidium* es más complicado de eliminarse por lo que se requiere de sistemas más complejos como ozono y filtros ultravioleta, además aun no existe un tratamiento médico que elimine la sintomatología que produce en el cuerpo humano.

El agua cruda que presenta una alta turbidez tiene una mayor probabilidad de tener presencia de *Cryptosporidium*, por lo que se podría decir que este es un indicador para su estudio.

Tabla 13. Informe IRCA 2017

Nº	Municipio	2017		
		General	Urbano	Rural
1	ALMEIDA	44.99	2.04	74.72
2	AQUITANIA	26.76	0	32.73
3	ARCABUCO	38.4	1.72	53.8
4	BELEN	36.78	4.25	57.84
5	BERBEO	53.12	9.69	85.17
6	BETEITIVA	55.12	14.59	80.88
7	BOAVITA	44.41	0	71.47
8	BOYACA	26.97	0.31	42.25
9	BRICEÑO	48.75	17.21	72.29
10	BUENAVISTA	34.83	0.19	63.71

N°	Municipio	2017		
		General	Urbano	Rural
11	BUSBANZA	3.97	2.47	5.91
12	CALDAS	23.64	6.37	33.25
13	CAMPOHERMOSO	3.94	4.25	3.57
14	CERINZA	18.96	0	27.08
15	CHINAVITA	50.11	0.41	78.18
16	CHIQUINQUIRA	24.02	16.23	40.57
17	CHIQUIZA	9.42	6.72	11.88
18	CHISCAS	33.69	1.03	53.58
19	CHITA	31.36	2.04	81.62
20	CHITARAQUE	4.43	0.99	7.5
21	CHIVATA	1.69	0	2.79
22	CHIVOR	44.37	5.19	65.72
23	CIENEGA	25.5	3.21	31.41
24	COMBITA	16.04	4.54	17.54
25	COPER	39.96	5.68	62.92
26	CORRALES	13.34	1.73	24.09
27	COVARACHIA	27.72	12.14	55.79
28	CUBARA	30.78	0	62.38
29	CUCAITA	15.7	28.89	9.27
30	CUITIVA	9.34	4.81	17.68
31	DUITAMA	12.53	0.12	24.07
32	EL COCUY	23.48	0.47	43.21
33	EL ESPINO	9.45	2.9	11.99
34	FIRAVITOBA	0.97	0.13	1.76
35	FLORESTA	13.26	1.52	23.33
36	GACHANTIVA	47.49	1.1	77.8
37	GAMEZA	25.67	19.07	29.44
38	GARAGOA	24.29	6.22	24.19
39	GUACAMAYAS	4.82	0.6	7.55
40	GUATEQUE	29.03	3.22	69.9
41	GUAYATA	27.78	2.65	54.13
42	GUICAN	45.8	0	70.96
43	IZA	0	0	0
44	JENESANO	21.71	3.28	30.68
45	JERICO	25.79	0	67.06
46	LA CAPILLA	60.71	0.81	83.18
47	LA UVITA	17.74	3.99	26.59
48	LA VICTORIA	7.35	7.88	6.75
49	LABRANZAGRANDE	48.23	0	79.24
50	MACANAL	39.27	0	64.52
51	MARIPI	1.43	0	2.88
52	MIRAFLORES	11.32	0	15.54
53	MONGUA	53.74	11.94	86.2
54	MONGUI	52.53	8.71	79.7
55	MONIQUIRA	44.86	0.71	81.13
56	MOTAVITA	21.76	32.27	15.97
57	MUZO	38.49	1.68	66.11
58	NOBSA	11.18	0	17.24
59	NUEVO COLON	33.6	6.3	33.6
60	OICATA	11.4	4.37	20.74
61	OTANCHE	41.89	0	69.92

N°	Municipio	2017		
		General	Urbano	Rural
62	PACHAVITA	42.37	10.91	56.53
63	PAEZ	39.79	0	65.38
64	PAIPA	16.62	0.21	33.61
65	PAJARITO	0	0	0
66	PANQUEBA	46.75	0	73.48
67	PAUNA	51.49	0.19	84.48
68	PAYA	4.55	0	11.39
69	PAZ DE RIO	4.71	1.5	7.46
70	PESCA	38.36	0.69	57.81
71	PISBA	11.38	0	23.4
72	PUERTO BOYACA	11.31	0.03	31.35
73	QUIPAMA	12.28	2.9	18.3
74	RAMIRIQUI	11.9	2.53	16.8
75	RAQUIRA	46.96	20.19	67.6
76	RONDON	35.92	0.8	81.07
77	SABOYA	26.9	20.53	31
78	SACHICA	37.19	6.96	44.75
79	SAMACA	13.98	0	16.97
80	SAN EDUARDO	0	42.06	71.89
81	SAN JOSE DE PARE	47.21	0	74.2
82	SAN LUIS DE GACENO	21.3	1.78	42.39
83	SAN MATEO	24.71	23.16	26.35
84	SAN MIGUEL DE SEMA	2.2	1.27	3.42
85	SAN PABLO DE BORBUR	39.89	0.51	71.43
86	SANTA MARIA	6.73	4.04	11.68
87	SANTA ROSA DE VITERBO	18.26	11.93	21.4
88	SANTA SOFIA	60.49	3.08	78.96
89	SANTANA	42.96	6.03	57.84
90	SATIVANORTE	35.17	2.33	61.45
91	SATIVASUR	18.35	10.03	27.88
92	SIACHOQUE	31.3	0.71	40.63
93	SOATA	40.5	0.31	60.65
94	SOCHA	47.53	11.79	67.06
95	SOCOTA	47.25	0	86.64
96	SOGAMOSO	11.83	0.28	31
97	SOMONDOCO	49.73	17.99	74.45
98	SORA	13.9	1.52	29.31
99	SORACA	18.46	0.49	24.76
100	SOTAQUIRA	28.43	1.59	32.74
101	SUSACON	35.79	21.77	44.8
102	SUTAMARCHAN	51.15	17.04	73.93
103	SUTATENZA	21.04	2.33	42.88
104	TASCO	16.35	0	23.89
105	TENZA	28.19	0	51.78
106	TIBANA	7.64	0	14.65
107	TIBASOSA	17.82	3.94	27.91
108	TINJACA	33.33	3.68	85.23
109	TIPACOQUE	16.33	6.45	38.09
110	TOCA	43.13	19	60.56
111	TOGUI	55.99	3.13	79.34

N°	Municipio	2017		
		General	Urbano	Rural
112	TOPAGA	41.06	17.41	48.87
113	TOTA	51.59	0	74.09
114	TUNJA	15.28	0.57	26.31
115	TUNUNGUA	47.96	10.9	71.24
116	TURMEQUE	47.41	1.15	56.45
117	TUTA	2.92	2.34	3.08
118	TUTAZA	5.25	7.46	2.73
119	UMBITA	46.05	0.47	63.78
120	VENTAQUEMADA	25.2	1.6	31.91
121	VILLA DE LEYVA	5.91	0.1	8
122	VIRACACHA	14.29	3.12	25.62
123	ZETAQUIRA	23.77	0	39.94
Total		3357.79	607.44	5325.555

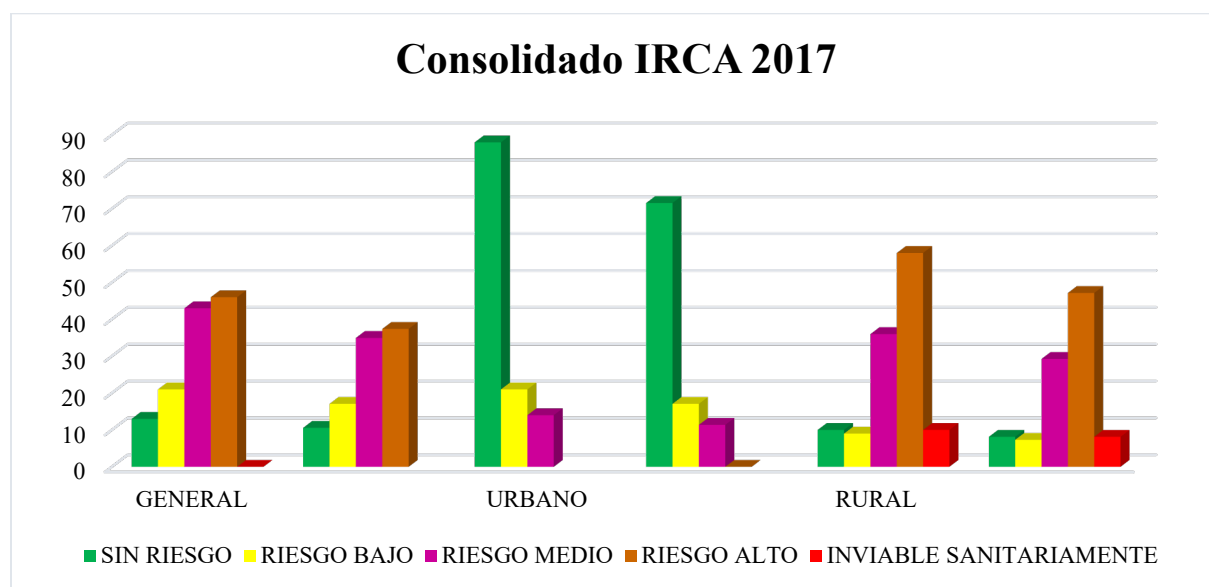
Fuente: Datos Laboratorio de Salud Pública de Boyacá a través del IRCA

Tabla 14. Consolidado IRCA 2017

	GENERAL		URBANO		RURAL	
SIN RIESGO	13	10,57	88	71,54	10	8,13
RIESGO BAJO	21	17,07	21	17,07	9	7,32
RIESGO MEDIO	43	34,96	14	11,38	36	29,27
RIESGO ALTO	46	37,40		0,00	58	47,15
INVIAIBLE SANITARIAMENTE	0				10	8,13
TOTAL MUNICIPIOS	123	100%	123	100	123	100%

Fuente: Datos Laboratorio de Salud Pública de Boyacá a través del IRCA

Figura 18. Consolidado IRCA 2017



Fuente: Autor

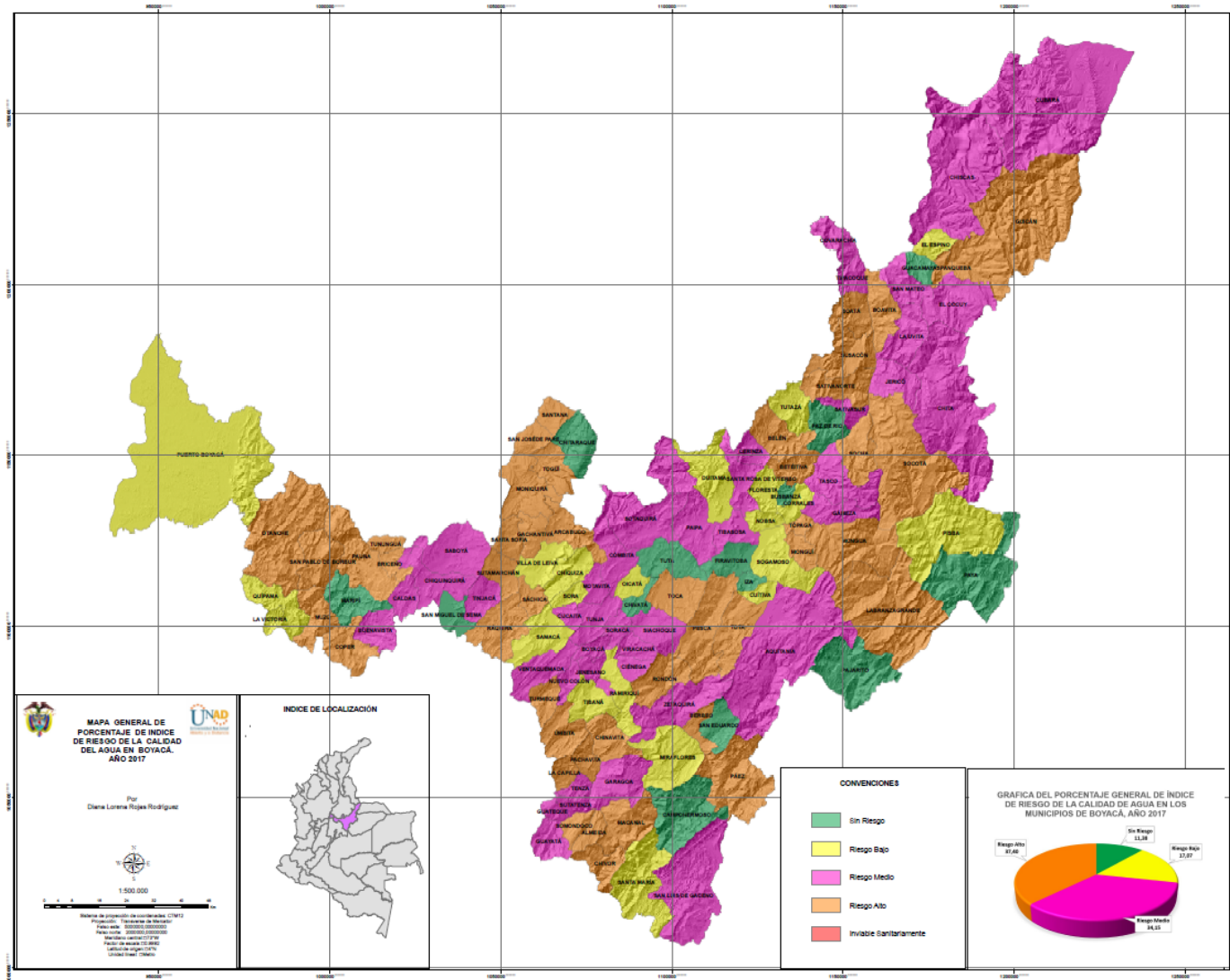
En el consolidado de la información IRCA municipal 2017 podemos observar que de acuerdo a la tabla 14 a nivel general 46 se encuentran en riesgo alto lo que significa que la calidad del agua suministrada a la población en general no es la adecuada y viene siendo expuesta a diferentes enfermedades gastrointestinales afectando su salud. Por otro lado, 43 tienen un riesgo medio y deben implementar las estrategias necesarias que permitan ofrecer las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas adecuadas para el consumo humano. Con relación al riesgo bajo 20 cuentan con mala calidad del agua, pero en una menor proporción comparada con el resto de municipios. 14 del total se encuentran cumpliendo con lo establecido según la resolución 2115 del 2007.

En el consolidado del IRCA urbano 2017 se puede determinar que 89 municipios cumplen con lo establecido por la Resolución 2115 del 2007, 19 se encuentran en riesgo bajo lo que implica que a pesar de las estrategias desarrolladas por los diferentes acueductos aún no cumplen

con los requerimientos necesarios; por otra parte 19 se encuentran en riesgo medio y deben mejorar los procesos que se están implementando con el ánimo de ofrecer un servicio que mejore la calidad de vida de los usuarios. Se observa que solo el municipio de San Eduardo se encuentra en riesgo alto por su elevado contenido de cloro residual, coliformes totales, color aparente, *E. Coli*. El municipio de Beteitiva mejoro sus condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del agua con relación al año anterior.

En la tabla 14, el consolidado IRCA rural 2017; 10 de los municipios son inviables sanitariamente debido a la falta de gestión realizada por parte de la Empresa Departamental de Servicios Públicos de Boyacá (ESPB), las administraciones municipales, y por la falta de capacitación e interés de las administraciones de los acueductos, 54 se encuentran en riesgo alto comprometiendo la salud de los usuarios y desmejorando su calidad de vida, 40 están en riesgo medio, 10 riesgo bajo; 9 sin riesgo. Con relación al año 2016 se obtuvieron mejores resultados en los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, este resultado se obtiene debido a la intervención que la Procuraduría Ambiental y Agraria viene realizando a la Secretaria de Salud Departamental para el cumplimiento del reglamento en la resolución 2115 del 2007 (Secretaria de Salud de Boyaca, 2017).

Figura 19. IRCA general 2017



Fuente: Autor con relación a información obtenida del IRCA Urbano 2017

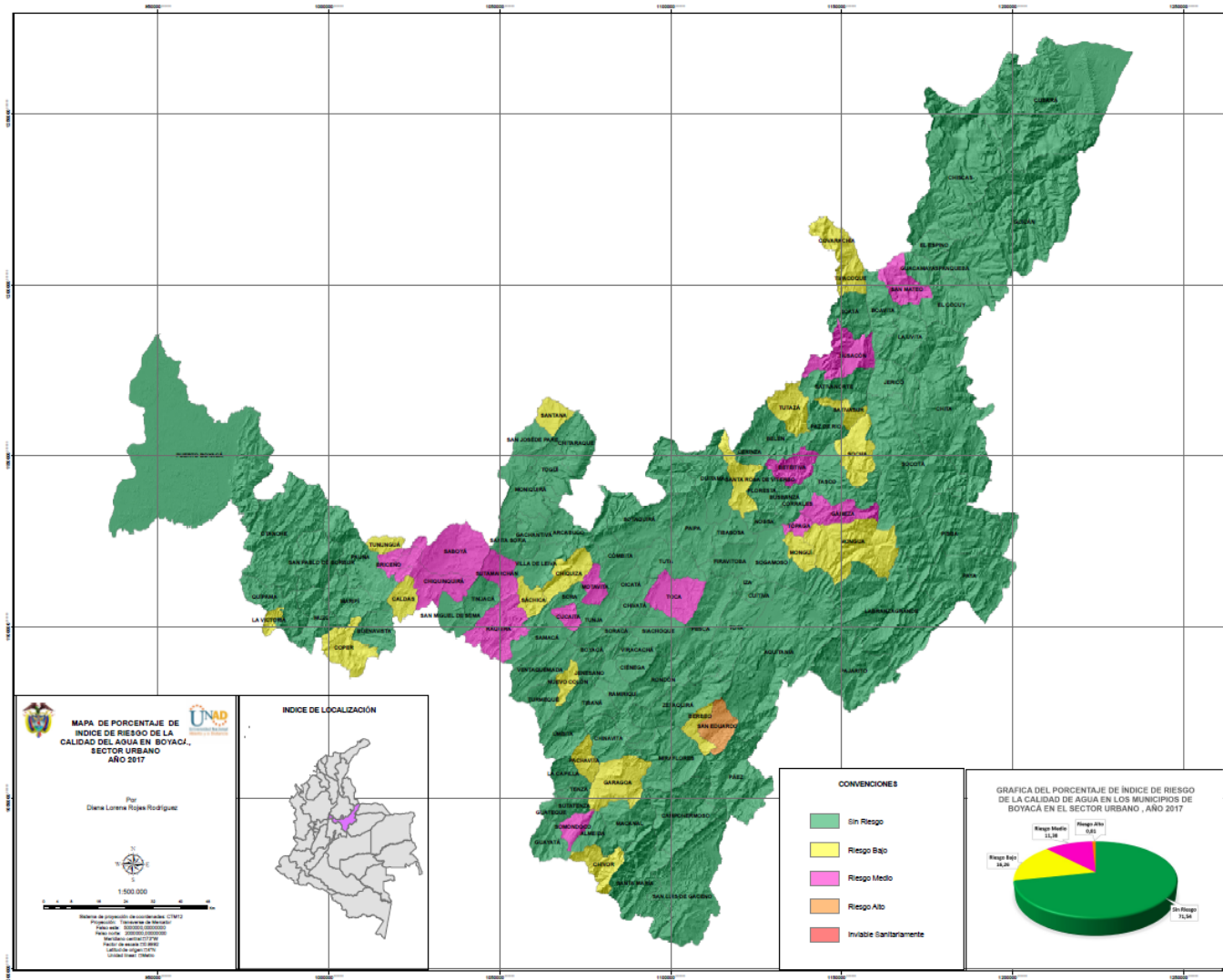
En el mapa generado con los datos del IRCA municipal 2017 se puede observar que son muy pocos los municipios que cumplen los requerimientos planteados de acuerdo a la resolución 2115 del 2007 y el mayor porcentaje de municipios se encuentran entre riesgo alto y riesgo medio, por esta razón se requiere la implementación de estrategias que mejoren el suministro de la calidad del agua en el departamento de Boyacá.

Tabla 15. Índice de riesgo de calidad del agua en 123 municipios de Boyacá, 2017

Categoría de índice de calidad del agua para consumo humano	Municipios de Boyacá IRCA Municipal 2017
<i>Inviabile sanitariamente</i>	
80,1 a 100%	
<i>Riesgo alto</i> 35,1 a 80%	Almeida, Arcabuco, Belén, Berbeo, Beteitiva, Boavita, Briceño, Chinavita, Chivor, Coper, Gachantivá, Güican, La capilla, Labranzagrande, Macanal, Mongua, Monguú, Moniquirá, Muzo, Otanche, Pachavita, Páez, Panqueba, Pauna, Pesca, Ráquira, Rondón, Sáchica, San Eduardo, San José de Pare, Santa Sofía, Santana, Sativanorte, Soatá, Socha, Socotá, Somondoco, Susacón, Sutamarchan, Toca, Toguú, Topaga, Tota, Tunungua, Turmeque, Umbita.
<i>Riesgo medio</i> 14,1 a 35%	Aquitania, Boyacá, Buenavista, Caldas, Cerinza, Chiquinquirá, Chiscas, Chita, Ciénega, combita, Covarachía, Cubará, Cucaita, Gámeza, Garagoa, Guateque, Guayatá, Jenesano, Jerico, La Uvita, Motavita, Nuevo Colón, Paipa, Saboya, San Luis de Gaceno, San Mateo, San Pablo de Borbur, Santa rosa de Viterbo, Sativasur, Siachoque, Soracá, Sotaquira, Sutatenza, Tasco, Tenza, Tibasosa, Tinjacá, Tipacoque, Tunja, Ventaquemada, Viracacha, Zetaquira.
<i>Riesgo bajo</i> 14,1 a 35%	Chíquiza, Corrales, Cuítiva, Duitama, El Espino, Floresta, La Victoria, Miraflores, Nobsa, Oicatá, Pisba, Puerto Boyacá, Quipama, Ramiriquí, Samacá, Santa María, Sogamoso, Sora, Tibana, Tutaza, Villa de Leyva.
<i>Sin riesgo</i> 0 a 5%	Busbanza, Campohermoso, Chitaraque, Chivata, Firavitoba, Guacamayas, Iza, Pajarito, Paya, Paz del Río, San Miguel de Sema, Tuta.

Fuente: Autor

Figura 20. IRCA urbano 2017



Fuente: Autor con relación a información obtenida del IRCA Urbano 2017

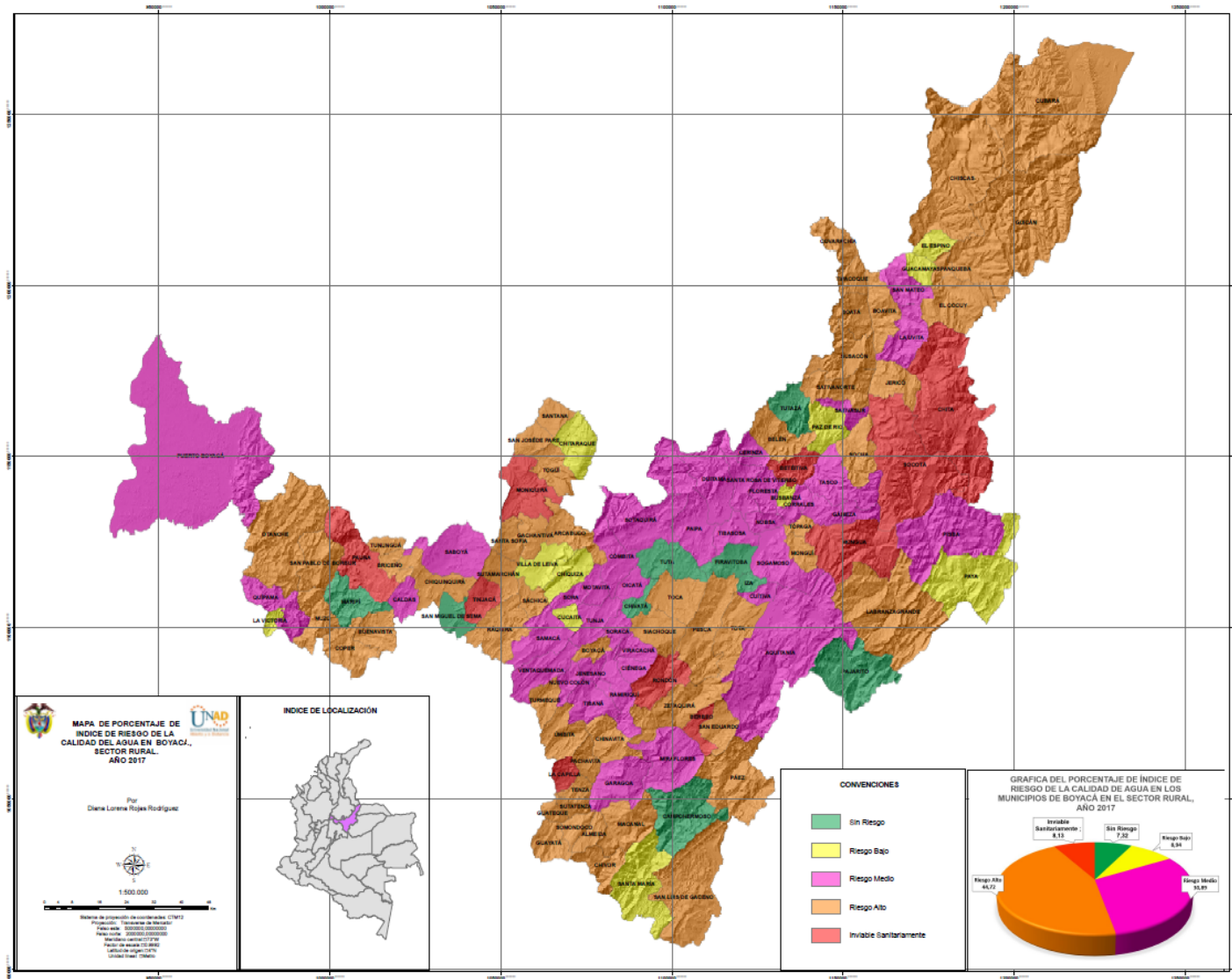
Con relación al IRCA urbano 2017; 89 municipios que representan el 72.36% del total, lo que indica que las estrategias establecidas en este año mejoraron la calidad en el suministro del agua potable y por lo tanto se minimizó el riesgo fisicoquímico, microbiológico y parasitológico. Es importante resaltar que a partir de este año la secretaria de salud Departamental implemento el análisis de muestras de *Giardia* y *Cryptosporidium*, razón por la cual se observa el incremento en municipios en riesgo medio ya que la norma dice “así exista una sepa de estos parásitos el resultado de la muestra reportará un IRCA inviable sanitariamente” (Minambiente, 2007).

Tabla 16. Índice de riesgo de calidad del agua en 123 municipios de Boyacá sector urbano, 2017

Categoría de índice de calidad del agua para consumo humano	Municipios de Boyacá IRCA Urbano 2017
<i>Inviabile sanitariamente</i>	
80,1 a 100%	
<i>Riesgo alto</i>	
35,1 a 80%	
<i>Riesgo medio</i>	Beteitiva, Briceño, Chiquinquirá, Cucaita, Gámeza. Motavita, Ráquira, Sáchica, San Mateo, Somondoco, Susacón, Sutamarchan, Toca, Topaga,
14,1 a 35%	Berbeo, Caldas, Chiquiza, Chitaraque, Chivor, Coper, Covarachía, Garagoa, La Victoria, Mongua, Monguí, Nuevo Colón, Pachavita, Saboya, Santa rosa Viterbo, Santana, Sativasur, Socha, Tipacoque, Tunungua, Tutaza.
<i>Riesgo bajo</i>	
14,1 a 35%	
<i>Sin riesgo</i>	Almeida, Aquitania, Arcabuco, Belén, Boavita, Boyacá, Buenavista, Busbanza, Campohermoso, Cerinza, Chinavita, Chiscas, Chita, Chivata, Ciénega, Combita, Corrales, Cubará, Cuítiva, Duitama, El cocuy, El espino, Firavitoba, Floresta, Guacamayas, Guateque, Guayatá, Güican, Iza, Jenesano, Jericó, La capilla, La Uvita, Labranzagrande, Macanal, Maripi, Miraflores, Moniquirá, Muzo, Nobsa, Oicatá, Otanche, Páez, Paipa, Pajarito, Panqueba, Pauna, Paya, Paz del Río, Pesca, Pisba, Puerto Boyacá, Quípama, Ramiriquí, Rondón, Samacá, San Eduardo, San José de Pare, San Luis de Gaceno, San Miguel de Sema, San Pablo de Borbur, Santa María, Santa Sofía, Sativanorte, Siachoque, Soatá, Socotá, Sogamoso, Sora, Soracá, Sotaquira, Sutatenza, Tasco, Tenza, Tibana, Tibasosa, Tinjacá, Togüi, Tota, Tunja, Turmeque, Tuta, Umbita, Ventaquemada, Villa de Leiva, Viracacha, Zetaquira.

Fuente: Autor

Figura 21. IRCA rural 2017



Fuente: Autor con relación a información obtenida del IRCA rural 2017

Respecto al mapa IRCA rural 2017 se observa que únicamente 10 de los 123 municipios cuentan con agua apta para consumo humano; por lo que es alarmante que 113 tengan una mayor probabilidad de sufrir enfermedades gastrointestinales debido a la presencia de microorganismos como *Ecoli* y coliformes totales.

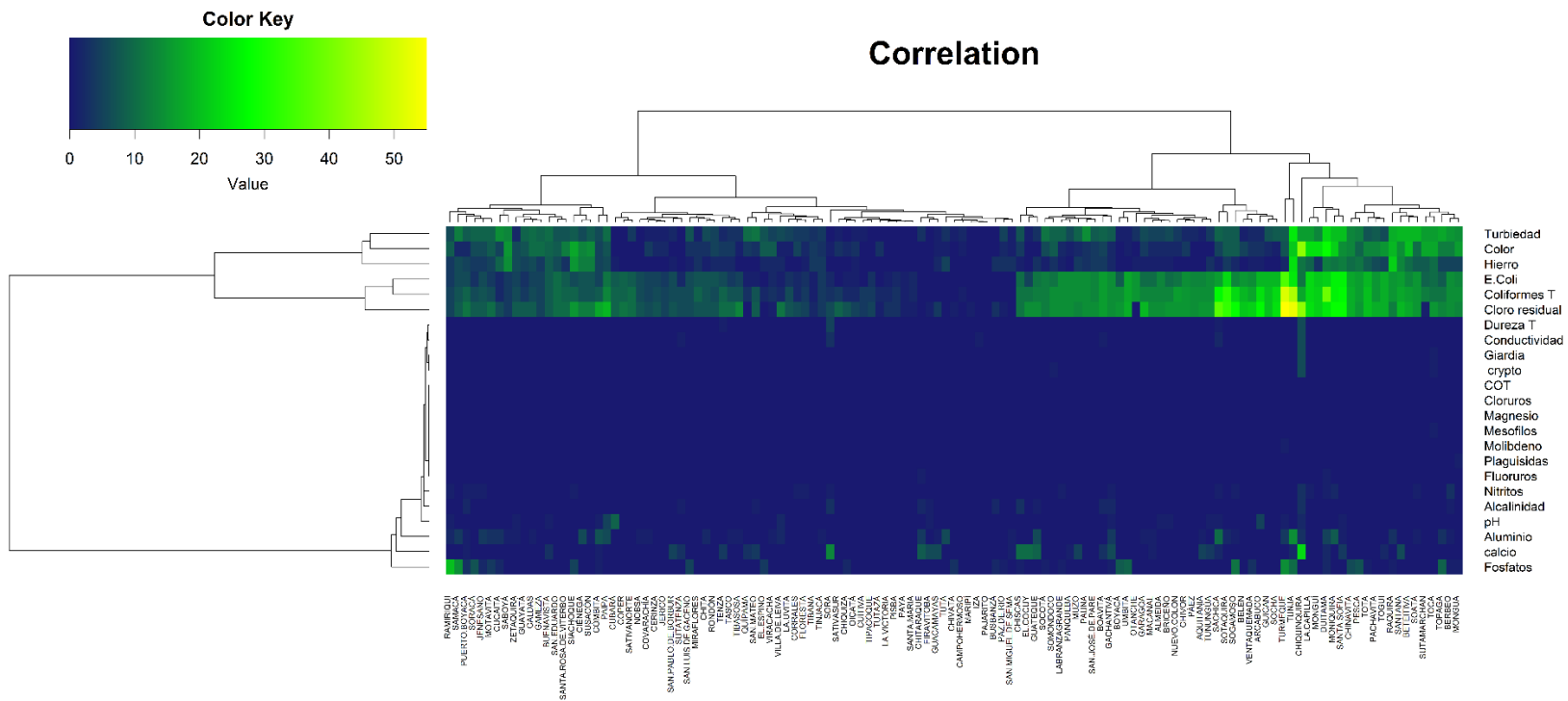
Tabla 17. Índice de riesgo de calidad del agua en 123 municipios de Boyacá sector rural, 2017

Categoría de índice de calidad del agua para consumo humano	Municipios de Boyacá IRCA Rural 2017
<i>Inviabile sanitariamente</i> 80,1 a 100%	Berbeo, Beteitiva, Chita, La Capilla, Mongua, Moniquirá, Pauna, Rondón, Socotá, Tinjacá,
<i>Riesgo alto</i> 35,1 a 80%	Almeida, Arcabuco, Belén, Boavita, Boyacá, Briceño, Buenavista, Chinavita, Chiquinquirá, Chiscas, Chivor, Coper, Covarachía, Cubara, El Cocuy, Gachantivá, Garagoa, guateque, Guayatá, Güican, Jericó, Labranzagrande, Macanal, Monguít, Muzo, Nuevo Colón, Otanche, Pachavita, Páez, Panqueba, Pesca, Ráquira, Sáchica, San Eduardo, San José de Pare, San Luis de Gaceno, San Pablo de Borbur, Santa María, Santa Sofía, Santana Sativanorte, Siachoque, Soatá, Socha, Somondoco, Susacón, Sutamarchan, Sutatenza, Tenza, Tipacoque, Toca, Togui, Topaga, Tota, Tunungua, Turmeque, Umbita, Zetaquirá.
<i>Riesgo medio</i> 14,1 a 35%	Aquitania, Caldas, Cerinza, Ciénega, Combita, Corrales, Cuítiva, Duitama, Floresta, Gámeza, Jenesano, Miraflores, Motavita, Nobsa, Oicatá, Paipa, Piba, Puerto Boyacá, Quípama, Ramiriquí, Saboyá, Samacá, San Mateo, Santa Rosa de Viterbo, Sativasur, Sogamoso, Sora, Soracá, Sotaquirá, Tasco, Tibana, Tibasosa, Tunja, Ventaquemada, Viracacha.
<i>Riesgo bajo</i> 14,1 a 35%	Busbanza, Chíquiza, Cucaita, El Espino, Guacamayas, La Victoria, Paya, Paz de Río, Villa de Leyva.
<i>Sin riesgo</i> 0 a 5%	Campohermoso, Chitaraque, Chivata, Firavitoba, Iza, Maripi, Pajarito, san Miguel de Sema, Tuta, Tutaza,

Fuente: Autor

Correlación año 2017

Figura 22. Matriz de doble entrada para el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua potable en el periodo 2017 en los municipios del Departamento de Boyacá. El análisis jerárquico externo indica el agrupamiento de variables y municipios con el método de Manhattan y distanciamiento de Ward.



Fuente: Autor

Para el caso del periodo 2017, Tunja, Turmequé y Duitama, presentan los más altos índices de irregularidad en coliformes totales, mientras que los dos primeros más el municipio de Monquirá, manifiestan problemas en cloro residual. Es así como en el análisis jerárquico muestra un aumento significativo en la intensidad de la clave colorimétrica en las variables del primer grupo del análisis jerárquico del costado izquierdo, lo que evidencia una mayor problemática en la calidad física química y microbiológica del agua potable, principalmente en los municipios que se encuentran en los grupos 1 y 2, mientras que una fuerte amenaza en los municipios del grupo 4. Conjuntamente, se identificaron leves irregularidades con fosfatos, calcio y aluminio en todos los grupos, pero principal, ente los grupos 3 y 4

Analisis información 2018

N°	Municipio	Alcalinidad		Cloro residual	Cloruros	Coliformes T	Color aparente	Conductivida	Crypto	COT	Dureza T	E.Coli	Fluoruros	Fosfatos	Giardia	Fe	Mg	Nitritos	pH	Turbiedad
		Al	Ca																	
26	CORRALES			3		1	4				1				2					8
27	COVARACHÍA			4		2	1				2							1		
28	CUBARÁ			17		17	5				17				1			7		4
29	CUCAITA		2	10		3	4	1			1			1	9		1			12
30	CUÍTIVA			1		1														
31	DUITAMA	14	1	15		14	20				10		1		4			1		21
32	EL COCUY		6	13		13	1				8						1			2
33	EL ESPINO			3		4	7				3		1							7
34	FIRAVITIBA		3	1		4	1				1									1
35	FLORESTA			8		7	2	1			4				2					6
36	GACHANTIVÁ	2	3	12		12	2				12									9
37	GAMEZA	1		4		2	7				1				1					9
38	GARAGOA	4		14		11	4				7				2					7
39	GUACAMAYAS	1	2	7		1	1				1									6
40	GUATEQUE	4	1	12		12	6				12		1		3	1				10
41	GUAYATÁ			10		6	8				5				4					13
42	GUICAN			20		19					19									10
43	IZA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	JENESANO	4		4		3	5				1		3		2					6
45	JERICÓ			6		5					5									3
46	LABRANZAGRANDE			12		12					12									4
47	LA CAPILLA	1		18		18	18				16		1		5					13
48	LA VICTORIA			2		2					1									2
49	LA UVITA			7		6	4				6				1					7
50	MACANAL	1		11		11	1				8			1	1					3
51	MARIPÍ	2		3		2					2				1			1		1
52	MIRAFLORES			4		4	2				2				6					2
53	MONGUA			13		10	11								7					12

N°	Municipio	Alcalinidad		Cloro residual	Cloruros	Coliformes T	Color aparente	Conductivida	Crypto	COT	Dureza T	E.Coli	Fluoruros	Fosfatos	Giardia	Fe	Mg	Nitritos	pH	Turbiedad	
		Al	Ca																		
54	MONGUÍ	1	16		16	24					16		1		5						23
55	MONIQUIRA	3	20		20	19					20				4						12
56	MOTAVITA	1	11		7	9					7			3	4						8
57	MUZO	1	2	10	8	2					8				4			1			5
58	NOBSA	1		11	10	5					10				3						7
59	NUEVO COLON			15	14	4					13			2	3						5
60	OICATÁ			4		1									3						1
61	OTANCHE		1	8	8						8			1							
62	PACHAVITA			14	10	11					10				1						5
63	PÁEZ			12	11						11										1
64	PAIPA		4	12	10	8					6			1	5				6		9
65	PAJARITO				2	1					1										
66	PANQUEBA			13	13	4					13										10
67	PAUNA		3		9	9	6				9			3	6			1			8
68	PAYA		1																		
69	PAZ DE RIO			2		5									3						9
70	PESCA			15	12	13					12			3	5						18
71	PISBA				1						1										1
72	PUERTO BOYACA	2		19	11	3					8			2	2						10
73	QUÍPAMA			1	4	3	1				2				1						8
74	RAMIRIQUI		3	12	7	8					7			6	2						11
75	RAQUIRA			19	20	21					18			1	10						21
76	RONDÓN			5	5	4					4										3
77	SABOYÁ	1		10	7	10					6				8				1		8
78	SÁCHICA		3	27	21	7					13			1	2						13
79	SAMACÁ		3	8	8	3					6			4	1						9
80	SAN EDUARDO			13	13	9					13			1	6						11

N°	Municipio	Alcalinidad		Cloro residual	Cloruros	Coliformes T	Color aparente	Conductivida	Crypto	COT	Dureza T	E.Coli	Fluoruros	Fosfatos	Giardia	Fe	Mg	Nitritos	pH	Turbiedad
		Al	Ca																	
81	SAN JOSÉ DE PARE			8	7		5				7			1	1					6
82	SAN LUIS DE GACENO			7	7		2				7			3						4
83	SAN MATEO		2	7		6	6		1		5				1					13
84	SAN MIGUEL DE SEMA			1			2									1				2
85	SAN PABLO DE BORBUR		3	8		8	3				8					2				5
86	SANTANA	1	4	8		18	9				17					5				15
87	SANTA MARIA						1													3
88	SANTA ROSA DE VITERBO			15		10	9				8					4				14
89	SANTA SOFIA	1	1	23		21	13				18					12				15
90	SATIVANORTE			11		11	1				11									1
91	SATIVASUR			5		4	4				2									3
92	SIACHOQUE	1		22		17	18				14		4			1				8
93	SOATÁ		1	10		11	8				9									14
94	SOCOTÁ		1	14		14	7				14									12
95	SOCHA			19		18	2				15									11
96	SOGAMOSO	2		25		20	6				10	1	7		1					3
97	SOMONDOCO			13		11	3		1		9			1	2			1		3
98	SORA		8	11		4	2				1						1			4
99	SORACÁ			4		3	2				1		10		2			1		4
100	SOTAQUIRÁ	3	1	27		27	12				22					5				15
101	SUSACÓN	3		7		6	7				6					4				8
102	SUTAMARCHAN			16		16	19				13				6		1			18
103	SUTATENZA	1		2			1													2
104	TASCO			7		7	5				7									4
105	TENZA		1	9		6	5				5					2				4
106	TIBANA			7		3	5				1					1				4
107	TIBASOSA	3	3	16		11	6				11					3				10

N°	Municipio	Alcalinidad	Al	Ca	Cloro residual	Cloruros	Coliformes T	Color aparente	Conductividad	Crypto	COT	Dureza T	E.Coli	Fluoruros	Fosfatos	Giardia	Fe	Mg	Nitritos	pH	Turbiedad
108	TINJACÁ	1	2	1	13	13	10					12				6					12
109	TIPACOQUE				4	2						2									
110	TOCA				18	16	14		1			13				8					16
111	TOGUI		4		16	16	15					14				5					5
112	TOPAGA		1		14	8	11		1			7		3	1	1					16
113	TOTA				19	20	10					17				4					11
114	TUNUNGÚA			1	9	8	2					8				1					5
115	TURMEQUE				51	50	13					40		12		7					16
116	TUTA		3		3	2	1					2				1					1
117	TUTAZÁ				2	1	5														
118	UMBITA				17	17	1					10		11		1					2
119	VENTAQUEMADA		4		19	20	10					19		1	3	2					4
120	VILLA DE LEIVA		4		9	1	1					1				3					6
121	VIRACACHA		1		8	6	1					5									2
122	ZETAQUIRA				5	5						4				3					8
123	TUNJA		25		26	30	14					14		4		11					19
	Total	0	135	72	1307	0	1133	692	8		6	940		111		8	291			22	878

Datos Instituto Nacional de Salud a través del IRCA 2018.

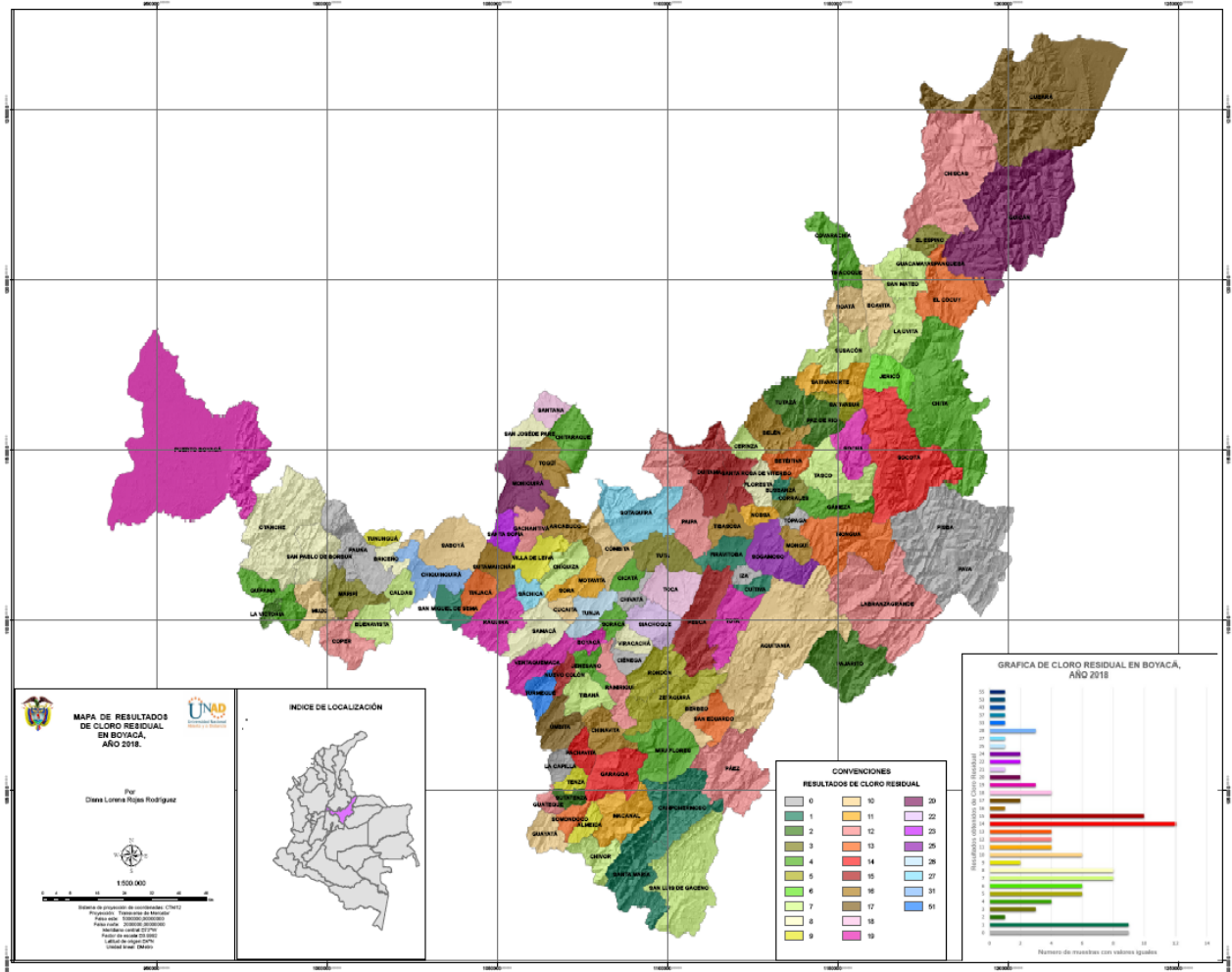
Tabla 19. Bacterias presentes durante el año 2018

Parámetro	Municipios	Observación
Turbiedad	Almeida, Aquitania, Arcabuco, Belén, Berbeo, Beteitiva, Boavita, Boyacá, Briceño, Buenavista, Caldas, Campohermoso, Cerinza, Chinavita, Chiquinquirá, Chiscas, Chita, Chitaraque, Chivata, Chivor, Cienaga, Combita, Corrales, Covarachia, Cubará, Cucaita, Cuitiva, Duitama, El Cocuy, El Espino, Floresta, Gachantiva, Gameza, Garagoa, Guacamayas, Guateque, Guayata, Guican, Jenesano, Jericó, Labranzagrande, La Capilla, La Uvita., Macanal, Miraflores, Mongua, Mongui, Moniquirá, Motavita, Muzo, Nuevo Colon, Oicata, Otanche, Pachavita, Paez, Paipa, Panqueba, Pauna, Paz del Río, Pesca, Puerto Boyacá, Quipama, Ramiriquí, Raquira, Rondón, Saboya, Sáchica, Samacá, San Eduardo, San José de Pare, San Luis de Gaceno, San Mateo, San Miguel de Sema, San Pablo de Borbur, Santana, Santa Rosa de Viterbo, Santa Sofía, Sativanorte, Sativasur, Siachoque, Soata, Socotá, Socha, Sogamoso, Somondoco, Soracá, Sotaquirá, Susacón, Sutamarchan, Tasco, Tenza, Tibana, Tibasosa, Tinjaca, Toca, Togui, Topaga, Tota, Tunungua, Turmeque, Tuta, Umbita, Ventaquemada, Villa de Leyva, Viracacha, Zetaquirá, Tunja.	<p>Teniendo en cuenta la información suministrada en la tabla 19 con relación al análisis de calidad del agua se puede determinar que el 89.43% del total de los municipios no cumplen con la presencia de Turbiedad y los más críticos son Duitama, Tunja y Raquirá con índices superiores a 20 repeticiones.</p> <p>Además, los municipios como Aquitania, Arcabuco, Chiquiza, Chivatá, Ciénega, Covarachia, Cuitiva, Iza, Otanche, Pajarito, Paya, Tipacoque y Tutaza no presentaron valores fuera de norma.</p> <p>Lo que muestra que, en relación con el año anterior, la turbiedad aumento en 3.25%.</p>
Cloro residual	Almeida, Aquitania, Arcabuco, Belén, Berbeo, Beteitiva, Boavita, Boyacá, Boavita, , Boyacá, Briceño, Buenavista, Buzbanza, Caldas, Campohermoso, Cerinza, Chinavita, Chiquinquirá, Chiscas, Chita, Chitaraque, Chiquiza, Chiquiza, Chivor, Combita, Coper, Corrales, Covarachia, Cubará, Cucaita, Duitama, El Cocuy, El Espino, Firavitoba, Floresta, Gachantiva, Gameza, Garagoa, Guacamayas, Guateque, Guayata, Guican, Jenesano, Jerico, Labranzagrande, La Capilla, La Victoria, La Uvita, Macanal, Maripi, Miraflores, Mongua, Mongui, Moniquira, Motavita, Muzo, Nobsa, Nuevo Colon, Pachavita, Paez, Paipa, Panqueba, Pesca, Pisba, Puerto Boyacá, Ramiriquí, Raquira, Saboya, Sachica, Samacá, San Eduardo, San Mateo, San Pablo de Borbur, Santana, Santa Rosa de Viterbo, Santa Sofía, Sativanorte, Sativasur, Siachoque, Soata, Socotá, Socha, Sogamoso, Somondoco, Sora, Soracá, Sotaquirá, Susacón, Sutamarchan, Sutatenza, Tasco, Tenza, Tibana, Tibasosa, Tinjaca, Tipacoque, Toca, Togui, Topaga, Tota, Tunungua, Turmeque, Tuta, Tutaza, Umbita, Ventaquemada, Villa de Leiva, Viracacha, Zetaquirá y Tunja.	<p>De acuerdo a la puntuación suministrada en la Resolución 2115 de 2007 y teniendo como referencia la tabla 19, se puede observar que el 95,12% de los municipios del Departamento de Boyacá a quienes se les realizo este analisis no cumplen con valores preestablecidos, siendo más significativo en Chiquinquirá, Moniquira,</p> <p>Sáchica, Santa Sofía, Siachoque, Sogamoso, Sotaquirá, Turmeque y Tunja que presentan repeticiones superiores a 20.</p> <p>Además, los municipios como Chivatá, Cienega, Iza, Paya, Pisba y Santa Maria no presentaron valores fuera de lo que establece la norma.</p> <p>Lo que muestra que, en relación con el año anterior, el cloro aumento su presencia en 2.44%.</p>
Coliformes T	Almeida, Aquitania, Arcabuco, Belén, Berbeo, Beteitiva, Boavita, Boyacá, Briceño, Buenavista, Busnanza, Caldas, Campohermoso, Cerinza, Chinavita, Chinavita, Chiquinquirá, Chiscas, Chita, Chivor, Combita, Coper, Corrales, Covarachia, Cubará, Cucaita, Duitama, El Cocuy, El Espino, Firavitoba, Floresta, Gachantiva, Gameza, Garagoa, Guacamayas, Guateque, Guayata, Guican, Jenezano, Jericó, Labranzagrande, La Capilla, La Victoria, La Uvita, Macanal, Maripi, Miraflores, Mongua, Mongui, Monquirá, Motavita, Muzo, Nobsa, Nuevo Colon, Otanche, Pachavita, Paez, Paipa, Pajarito, Panqueba, Pauna, Pesca, Pisba, Puerto Boyacá, Quipama, Ramiriquí, Raquirá, Rondón, Saboya, Sachica, Samacá, San Eduardo, San José de Pare, San Luis de Gaceno, San Mateo, San Pablo de Borbur, Santana, Santa Rosa de Viterbo, Santa Sofía, Sativanorte, Sativasur, Siachoque, Soatá, Socotá, Socha, Sogamoso, Somondoco, Sora, Soracá, Sotaquirá, Susacon, Sutamarchan, Tasco, Tenza, Tibana, Tibasosa, Tinjaca, Tipacoque, Toca, Togui, Topaga, Tota, Tunungua, Turmeque, Tuta, Tutaza, Umbita, Ventaquemada, Villa de Leyva, Viracacha, Zetaquirá, Tunja.	<p>Con relación a los Coliformes T, el 91.06% de los municipios reportaron la presencia de este parámetro, teniendo una mayor frecuencia en Chiquinquirá, Moniquira, Raquira, Sácica, Santa Sofía, Sogamoso, Sotaquirá, Tota, Turmeque, Ventaquemada y Tunja con índices superiores a 20.</p> <p>Se debe resaltar que los municipios que no presentaron la presencia de Coliformes T son Chitaraque, Chiquiza, Chivata, Ciénega, Iza, Oicatá, Paya, Paz del Río, San Miguel de Sema, Santa Maria y Sutatenza.</p> <p>Lo que muestra que, en relación con el año anterior, los Coliformes Totales se continúan con el mismo porcentaje de 91,06%.</p>
E. Coli	Almeida, Aquitania, Arcabuco, Belén, Berbeo, Beteitiva, Boavita, Boyacá, Briceño, Buenavista, Caldas, Cerinza, Chinavita, Chiquinquirá, Chiscas, Chita, Chivor, Combita, Coper, Corrales, Covarachia, Cubará, Cucaita, Duitama, El Cocuy, El Espino, Firavitoba, Floresta, Gachantiva, Gameza, Garagoa, Guacamayas, Guateque, Guayata, Guican, Jenesano, Jerico, Labranzagrande, La Capilla, La Victoria, La Uvita, Macanal, Maripi, Miraflores, Mongui, Moniquirá, Motavita, Muzo, Nobsa, Nuevo Colon, Otanche, Pachavita, Paez, Paipa, Pajarito, Panqueba, Pauna, Pesca, Pisba, Puerto Boyacá, Quipama, Ramiriquí, Raquira, Rondón, Saboyá, Sachica, Samaca, San Eduardo, San José de Pare, San Luis de Gaceno, San Mateo, San Pablo de Borbur, Santana, Santa María, Santa Rosa de Viterbo, Santa Sofía, Sativanorte, Sativasur, Siachoque, Soata, Socotá, Socha, Sogamoso, Somondoco, Sora, Soracá, Sotaquirá, Susacón, Sutamarchan, Tasco, Tenza, Tibana, Tibasosa, Tinjaca, Tipacoque, Toca, Togui, Topaga, Tota, Tunungua, Turmeque, Tuta, Umbita, Ventaquemada, Villa de Leiva, Viracacha, Zetaquirá, Tunja.	<p>Teniendo en cuenta el parámetro microbiológico del E. Coli se observa que el 86.99% de los municipios del departamento de Boyacá registran su presencia, teniendo una mayor frecuencia en Moniquira, Raquira, Sáchica, Sotaquirá y Turmeque con índices superiores a 20.</p> <p>Se debe resaltar que los municipios que no presentaron la presencia de <i>E. Coli</i> son Busbanza, Campohermoso, Chitaraque, Chiquiza, Chivata, Ciénega, Cuitiva, Iza, Mongua, Oicata, Paya, Paz del Río, San Miguel de Sema, Santa Maria, Sutatenza y Tutaza.</p> <p>Lo que muestra que, en relación con el año anterior, el E. Coli continua constante con 86.99%</p>
Giardia	Briceño, Chinavita, Cucaita, Macanal, Sachica, San Mateo, Somondoco, Topaga.	<p>La presencia de estas bacterias se dio en ocho municipios del Departamento. Además, se deberá aclarar que únicamente se realizaron 40 pruebas en el transcurso del 2018, continuando su muestreo en Chiquinquirá y toca.</p>
Cryptosporidium	Briceño, Chinavita, Cucaita, Floresta, San Mateo, Somondoco, Toca y Topaga.	<p>La presencia de <i>Cryptosporidium</i> se dio en ocho municipios del Departamento. Además, se deberá aclarar que únicamente se realizaron 40 pruebas en el transcurso del 2018, continuando su muestreo en Chiquinquirá y toca.</p>

Fuente: Autor

Teniendo como base la información obtenida en las tablas 19 y 20 y mediante la grafica obtenida en Arcgis los parámetros más elevados son: Cloro residual, coliformes T, *E. Coli*, turbiedad y color. Por otra parte, el Ministerio de Salud considero importante a partir de este año realizar pruebas de Giardia y Crypto los caules se toman como críticos así sea minimo el valor presentado y se puede evidenciar en las siguientes figuras:

Figura 23. Cloro residual 2018

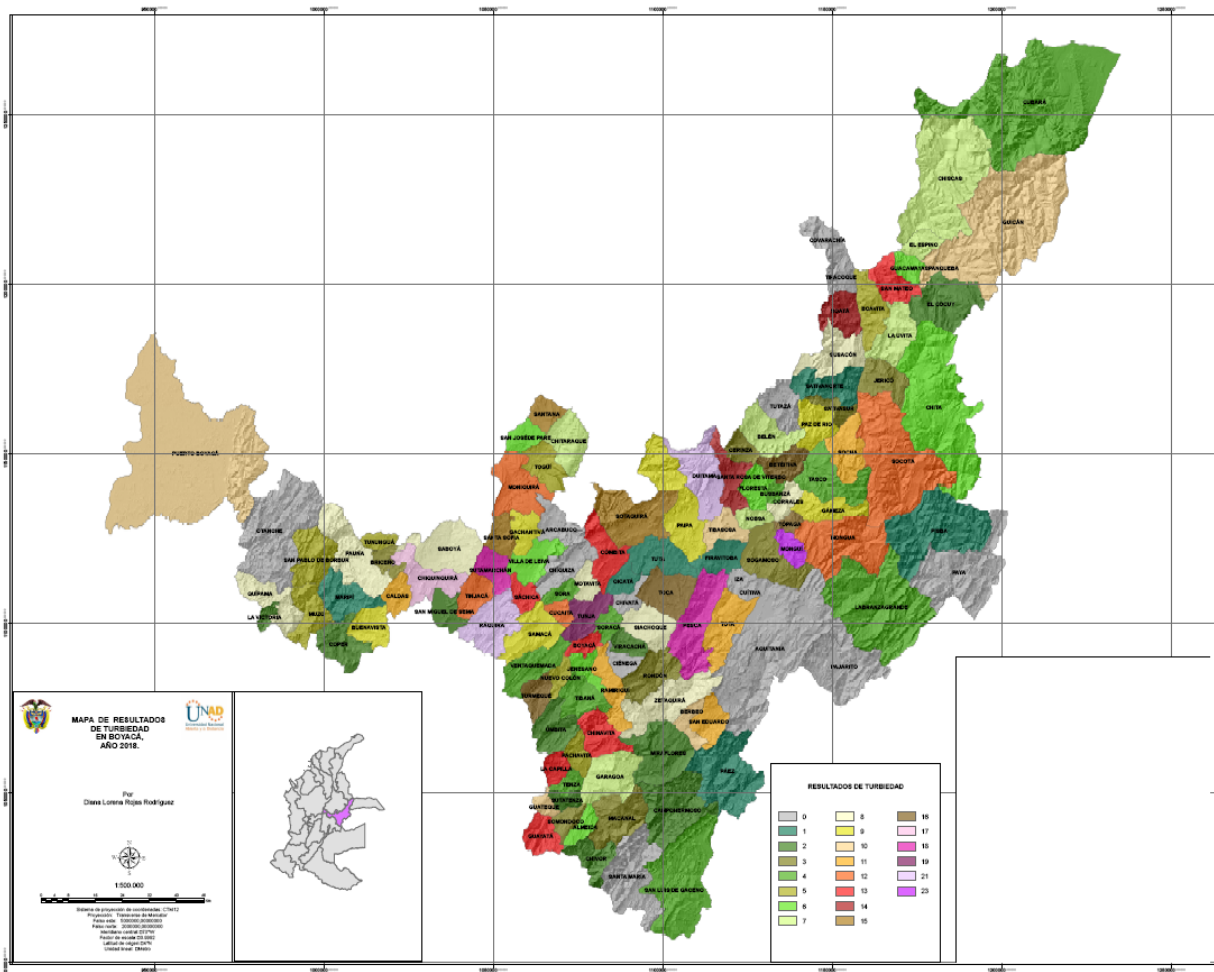


Fuente. Autor

El municipio con más elevada presencia de cloro residual es Turmeque con un valor muy alto frente a los demás, seguido de municipios como Tunja, Sotaquira, Sogamoso, Siachoque, Santa Sofia, Sachica, Raquirá, Moniquirá y Chiquinquirá; por otra parte se puede analizar que frente

alos anteriores años se han venido implementando estrategias que minimicen la presencia de los diferentes parámetros, lo que indica que la calidad del agua a pesar de no cumplir con lo requerido en la Resolución 2115 de 2007 a mejorado.

Figura 24. Turbiedad 2018

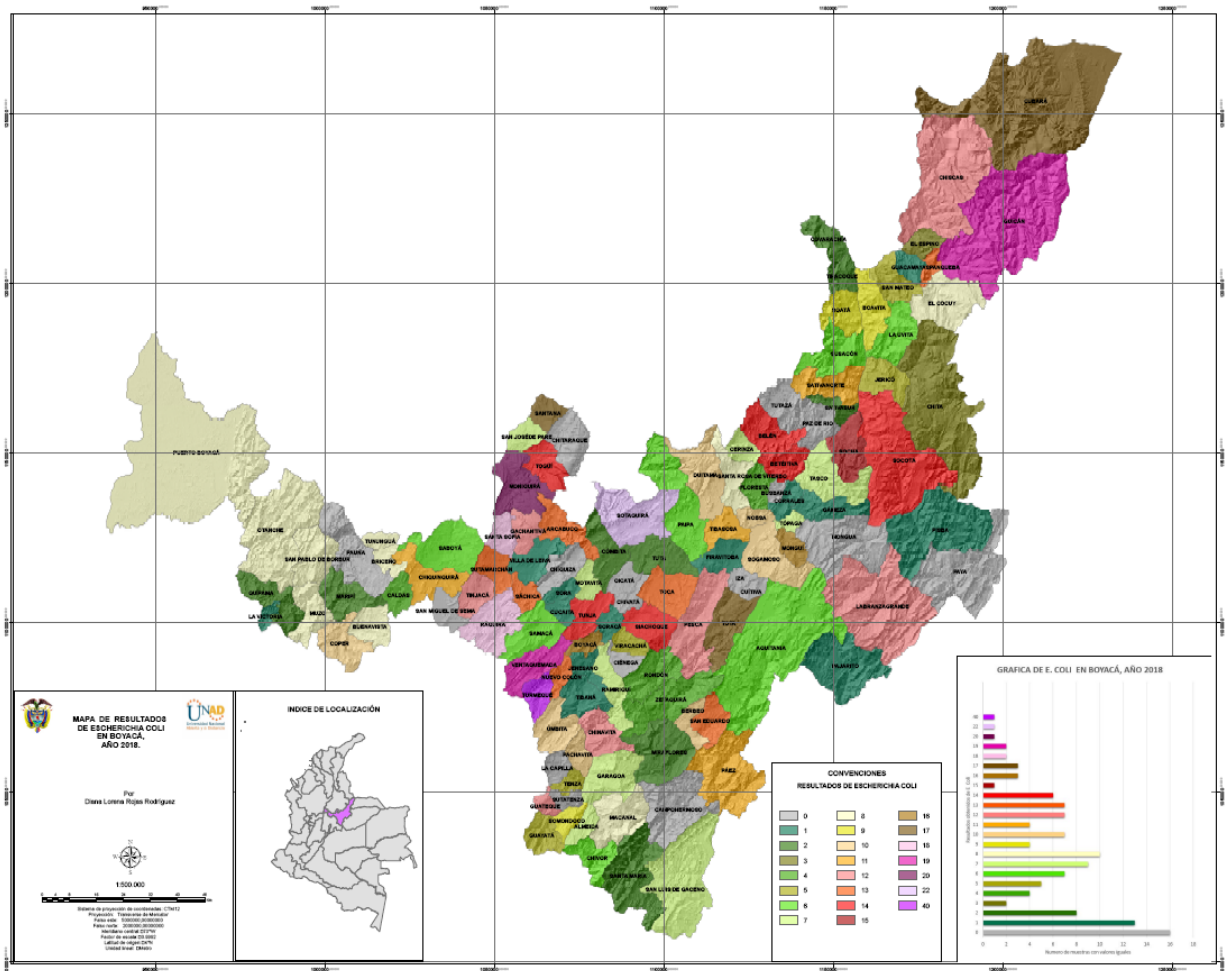


Fuente. Autor

Municipios como Aquitania, Arcabuco, Chiquiza, Chivata, Cienega, Covarachia, Iza, Otanche, Pajarito, Paya, Tipacoque y Tutaza son los únicos que no tienen presencia de este parámetro; por otra parte se evidencia que los acueductos del resto de municipios a pesar de estar implementando una serie de estrategias con el ánimo de mejorar su calidad en el servicio,

no son las adecuadas y necesarias (Secretaria de Salud de Boyaca, 2017); además se necesita que las administraciones municipales junto con los acueductos realicen un mayor control dentro de los procesos de captación y entrega del agua suministrada.

Figura 25. E. Coli 2018

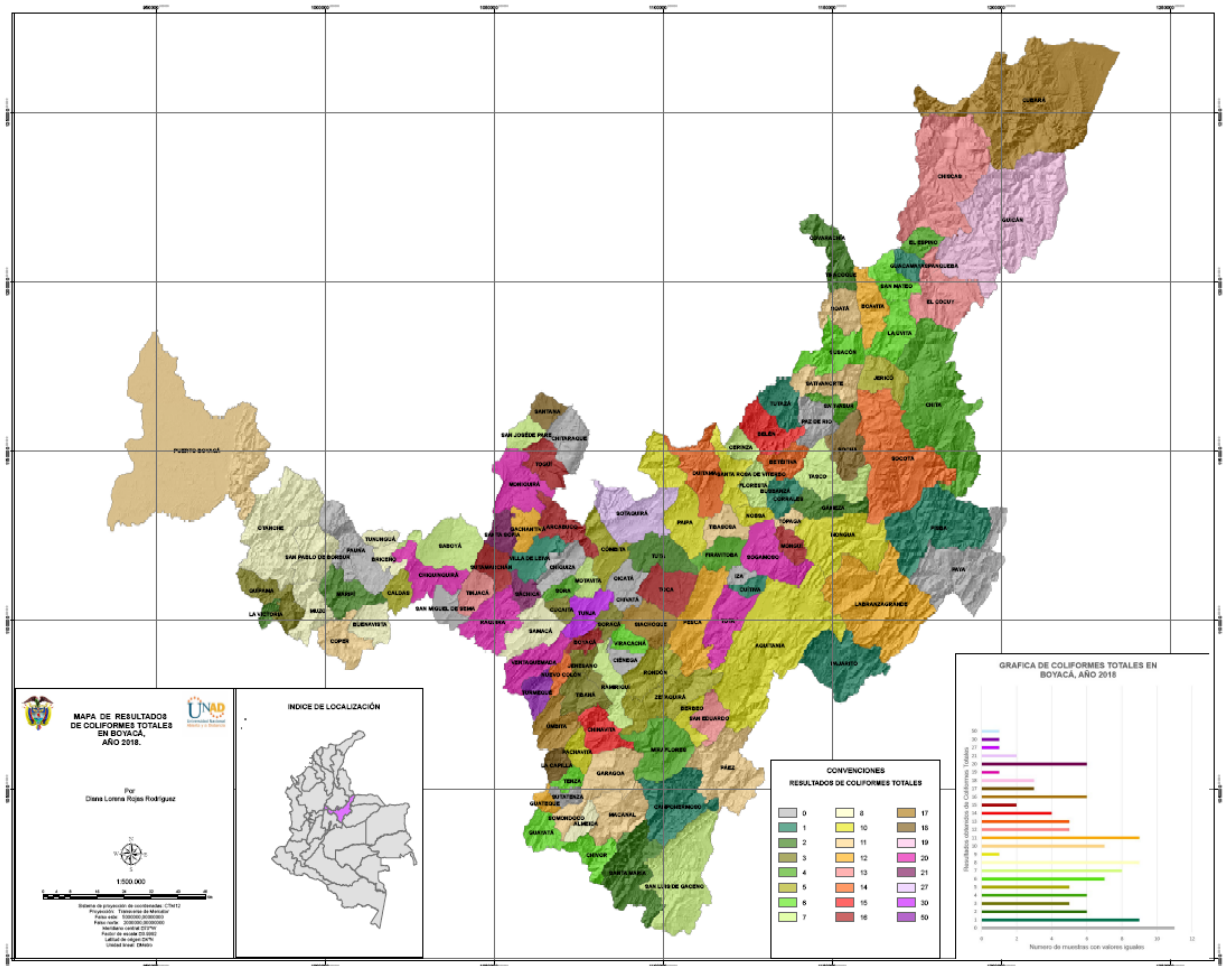


Fuente. Autor

Respecto a la presencia de *E. Coli* en el departamento solo 16 municipios no presenta este parámetro evidenciando que han venido implementando estrategias que buscan mejorar la calidad de vida de sus usuarios; por otra parte municipios como: Turmeque, Sotaquirá y Moniquira presentan unos valores muy críticos al respecto. Lo más preocupante es que en estos

tres últimos años Turmeque siempre ha mostrado unos índices muy elevados, mostrando que el servicio ofrecido es muy malo y son pocas las estrategias aplicadas (Secretaria de Salud de Boyaca, 2017).

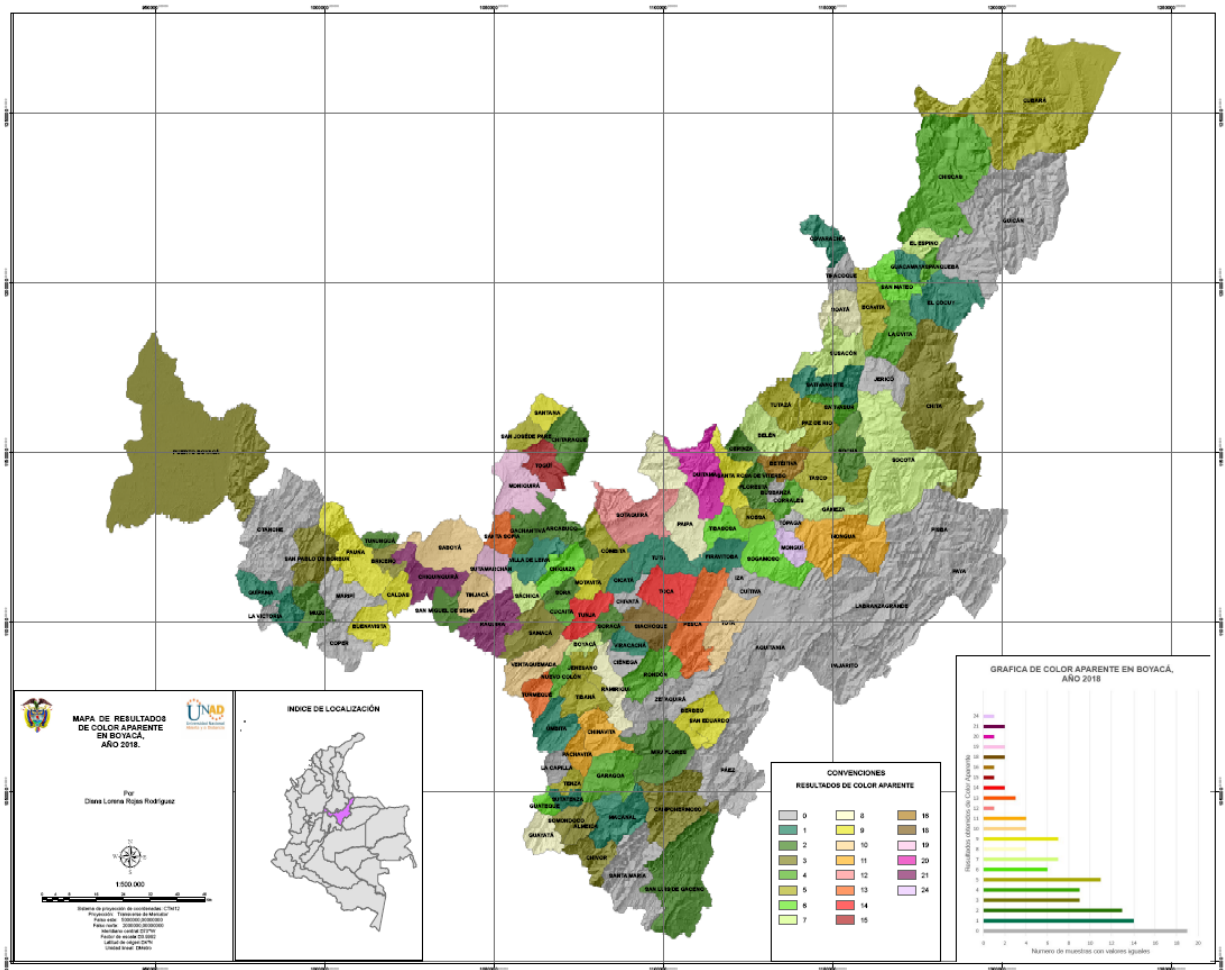
Figura 26. Coliformes totales 2018



Fuente. Autor

Respecto a Coliformes totales solamente 11 del total de los municipios no reportaron su presencia, además frente a los años anteriormente analizados, en el 2018 se implementaron estrategias que bajaron el valor total en las muestras tomadas; pero estas no son suficientes que permitan reunir los requisitos exigidos en la Resolución 2115 de 2007 (Minsalud, 2007).

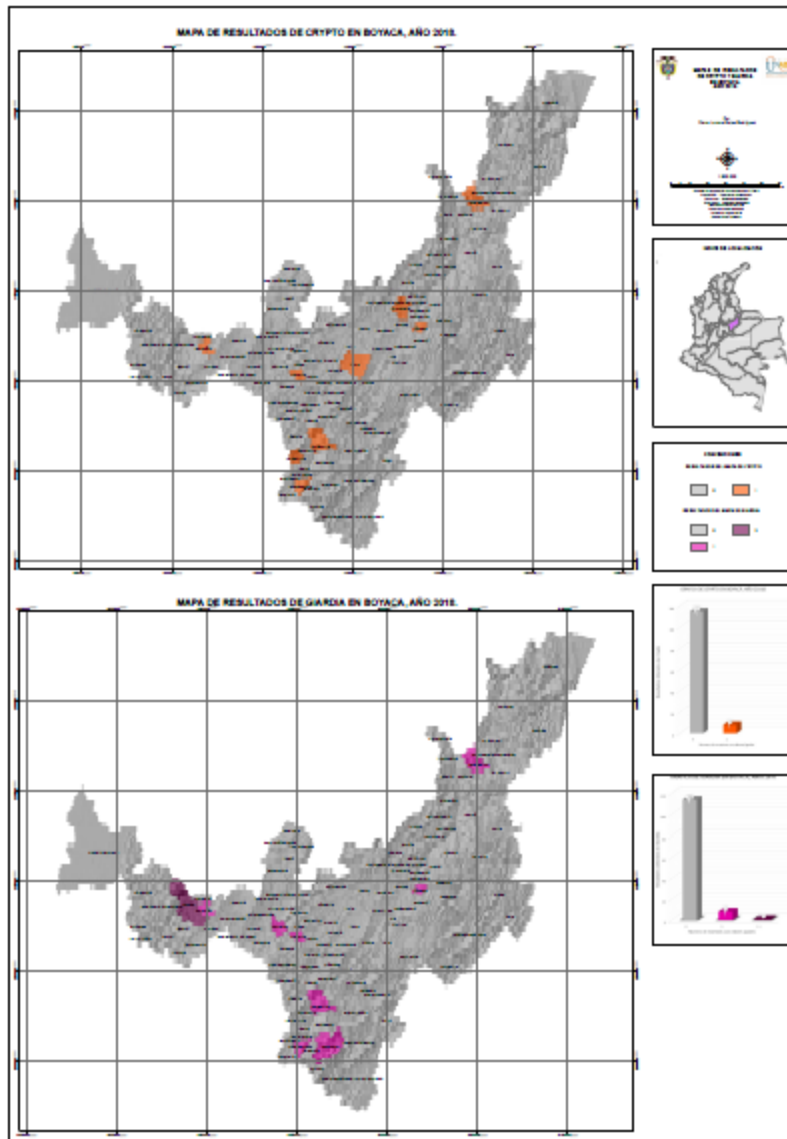
Figura 27. Color 2018



Fuente. Autor

De los 123 municipios del departamento de Boyacá, únicamente 19 no reportan la presencia de Color; a pesar de existir una disminución de los valores obtenidos para este año, no son lo suficientemente representativos para determinar que las acciones que se vienen implementando sean las adecuadas y por lo tanto el servicio suministrado no cumple con lo estipulado dentro de la Resolución 2115 de 2007.

Figura 28. Giardia y Cryptosporidium 2018



Fuente. Autor

Este tipo de análisis se empieza a realizar a partir del año 2017, parámetros como Giardia y Crypto determina que la calidad del agua suministrada no reúne los requisitos exigidos en la resolución 2115 de 2007. Con relación a la presencia de Crypto se evidencio en los municipios de Topaga, Somondoco, San Mateo, Sachica, Macanal, Cucaita, Chinavita y Briceño. El Giardia fue localizado en Briceño, Chinavita, Cucaita, Floresta, San Mateo, Somondoco, Toca y Topaga.

Tabla 20. Informe IRCA 2018

N°	Municipio	General	Urbano	Rural
1	ALMEIDA	40.37	0	82.28
2	AQUITANIA	43.85	0	43.85
3	ARCABUCO	34.88	0	54.61
4	BELEN	31.62	6.38	71.09
5	BERBEO	48.36	9.46	85.91
6	BETEITIVA	50.54	17.09	91.13
7	BOAVITA	28.14	0	72.01
8	BOYACA	39.95	0.47	63.32
9	BRICEÑO	40.37	13.75	73.65
10	BUENAVISTA	37.62	9.52	72.74
11	BUSBANZA	37.62	0.37	25.5
12	CALDAS	31.45	13.46	35.67
13	CAMPOHERMOSO	6.18	2.75	11.9
14	CERINZA	25.71	9.3	26.25
15	CHINAVITA	52.56	30.82	77.92
16	CHIQUINQUIRA	19.11	5.6	32.67
17	CHIQUIZA	7.92	2.3	77.72
18	CHISCAS	37.27	1.17	58.74
19	CHITA	37.85	0	88.89
20	CHITARAQUE	40.08	16.4	60.84
21	CHIVATA	0.785	0.7	0.71
22	CHIVOR	34.487	4.52	72.47
23	CIENEGA	44.526	6.64	61.37
24	COMBITA	21.43	20.54	19.51
25	COPER	10.746	13.43	68.9
26	CORRALES	6.31	3.45	8.32
27	COVARACHIA	12.21	2.13	29
28	CUBARA	43.08	0	75.04
29	CUCAITA	21.97	36.78	11.24
30	CUITIVA	6.17	4.6	6.21
31	DUITAMA	5.32	0	18.11
32	EL COCUY	39.045	10.49	53.46
33	EL ESPINO	12.365	0	21.57
34	FIRAVITOBA	6.02	0	9.04
35	FLORESTA	31.72	0	47.58
36	GACHANTIVA	38.43	0.69	77.28
37	GAMEZA	26.73	6.4	35.83
38	GARAGOA	18.56	0	46.58
39	GUACAMAYAS	11.76	0	21.57
40	GUATEQUE	27.04	1.55	80.62
41	GUAYATA	26.07	12.55	37.34
42	GUICAN	45.03	0	73.3
43	IZA	0	0	0
44	JENESANO	3.868	0	8.54
45	JERICO	33.69	3.7	65.77
46	LA CAPILLA	50.44	0	82.15
47	LA UVITA	29.01	3.41	46.88
48	LA VICTORIA	9.04	9.04	33.13
49	LABRANZAGRANDE	41.6	0	72.81

Nº	Municipio	General	Urbano	Rural
50	MACANAL	39.88	0	66.47
51	MARIPI	10.17	0	18.64
52	MIRAFLORES	5.72	0.6	10.91
53	MONGUA	40.58	11.66	78.3
54	MONGUI	56.109	12.14	87.36
55	MONQUIRA	45.029	0.34	91.74
56	MOTAVITA	21.86	12.59	25.73
57	MUZO	38.48	0	72.39
58	NOBSA	18.83	0	32.08
59	NUEVO COLON	30.52	0	47.66
60	OICATA	11.14	0	22.21
61	OTANCHE	22.81	0	68.71
62	PACHAVITA	29.99	11.23	39.57
63	PAEZ	32.6	0	65.24
64	PAIPA	12.66	1.2	33.95
65	PAJARITO	0	0	0
66	PANQUEBA	44.17	0	76.92
67	PAUNA	51.29	0.82	91.37
68	PAYA	0	0	0
69	PAZ DE RIO	12.25	7.4	19.49
70	PESCA	36.59	6.46	53.07
71	PISBA	9.76	16.26	0
72	PUERTO BOYACA	17.96	9.03	35.21
73	QUIPAMA	13.32	4.51	16.97
74	RAMIRIQUI	17.44	0.72	30.11
75	RAQUIRA	66.24	37.45	83.03
76	RONDON	24.99	6.27	71.78
77	SABOYA	41.9	26.36	57.24
78	SACHICA	40.2	10.67	57.47
79	SAMACA	10.69	0.66	19.08
80	SAN EDUARDO	46.84	0	85.86
81	SAN JOSE DE PARE	36.31	0	60.51
82	SAN LUIS DE GACENO	20.4	0.22	37.22
83	SAN MATEO	34.73	10.76	56.73
84	SAN MIGUEL DE SEMA	6.47	0	13.09
85	SAN PABLO DE BORBUR	29.94	3.93	41.64
86	SANTA MARIA	3.24	0	8.64
87	SANTA ROSA DE VITERBO	16.67	7.34	22.57
88	SANTA SOFIA	54.87	2.54	76.81
89	SANTANA	53.59	3.7	77.5
90	SATIVANORTE	37.93	0	69.54
91	SATIVASUR	16.75	12.48	23.95
92	SIACHOQUE	42.41	1.2	49.17
93	SOATA	25.58	0	57.29
94	SOCHA	35.63	0	61.53
95	SOCOTA	43.1	0.24	85.52
96	SOGAMOSO	5.49	0.08	26.98
97	SOMONDOCO	33.22	18.13	52.09
98	SORA	14.657	0.94	29.95
99	SORACA	13.496	8.9	16.39
100	SOTAQUIRA	40.023	37.45	41.2

Nº	Municipio	General	Urbano	Rural
101	SUSACON	28.776	1.77	46.8
102	SUTAMARCHAN	68.807	28.9	84.99
103	SUTATENZA	2.84	0	8.52
104	TASCO	19.53	0	27.41
105	TENZA	25.96	0	51.92
106	TIBANA	12.63	0	28.43
107	TIBASOSA	34.515	4.28	43.88
108	TINJACA	50.05	10.97	82.62
109	TIPACOQUE	10.59	0	28.24
110	TOCA	55.47	21.29	78.81
111	TOGUI	42.35	4.16	79.23
112	TOPAGA	41.21	31.25	51.17
113	TOTA	51.076	13.41	74.62
114	TUNJA	11.6	0.33	26.45
115	TUNUNGUA	45.25	6.17	86.7
116	TURMEQUE	50.73	0.73	63.72
117	TUTA	11.619	0	13.7
118	TUTAZA	6.45	8.61	0
119	UMBITA	38.13	1.18	55.36
120	VENTAQUEMADA	29.04	0.2	37.5
121	VILLA DE LEYVA	6.11	3.2	8.88
122	VIRACACHA	19.04	0	31.3
123	ZETAQUIRA	25.24	1.48	36.74
	Total	3450.439	701.67	5804.89

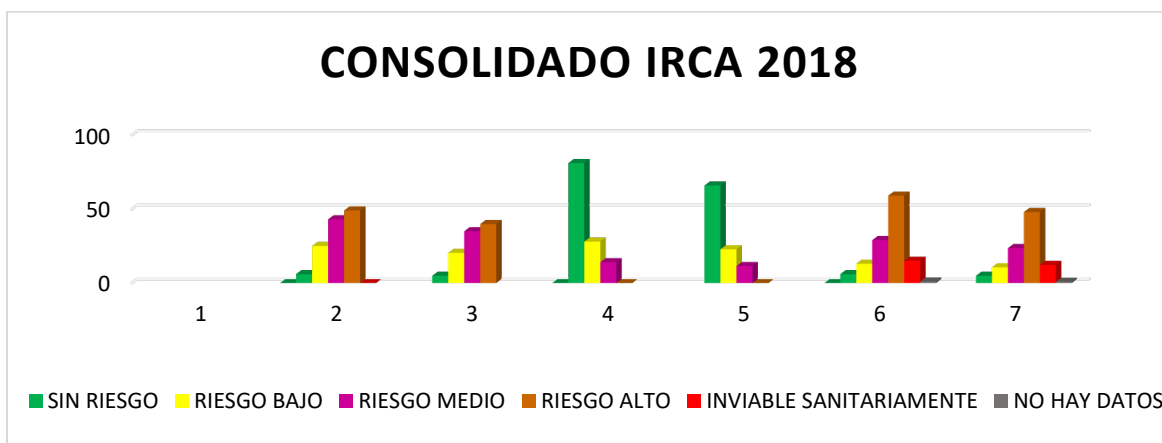
Fuente: Datos Laboratorio de Salud Pública de Boyacá a través del IRCA

Tabla 21. Consolidado IRCA 2018

IRCA	GENERAL		URBANO		RURAL	
SIN RIESGO	6	4,88	81	65,85	6	4,88
RIESGO BAJO	25	20,33	28	22,76	13	10,57
RIESGO MEDIO	43	34,96	14	11,38	29	23,58
RIESGO ALTO	49	39,84	0	0,00	59	47,97
INVIABLE SANITARIAMENTE	0				15	12,20
NO HAY DATOS					1	0,81
TOTAL MUNICIPIOS	123	100%	123	100	123	100%

Fuente: Datos Laboratorio de Salud Pública de Boyacá a través del IRCA

Figura 29. Consolidado IRCA 2018



Fuente: Autor

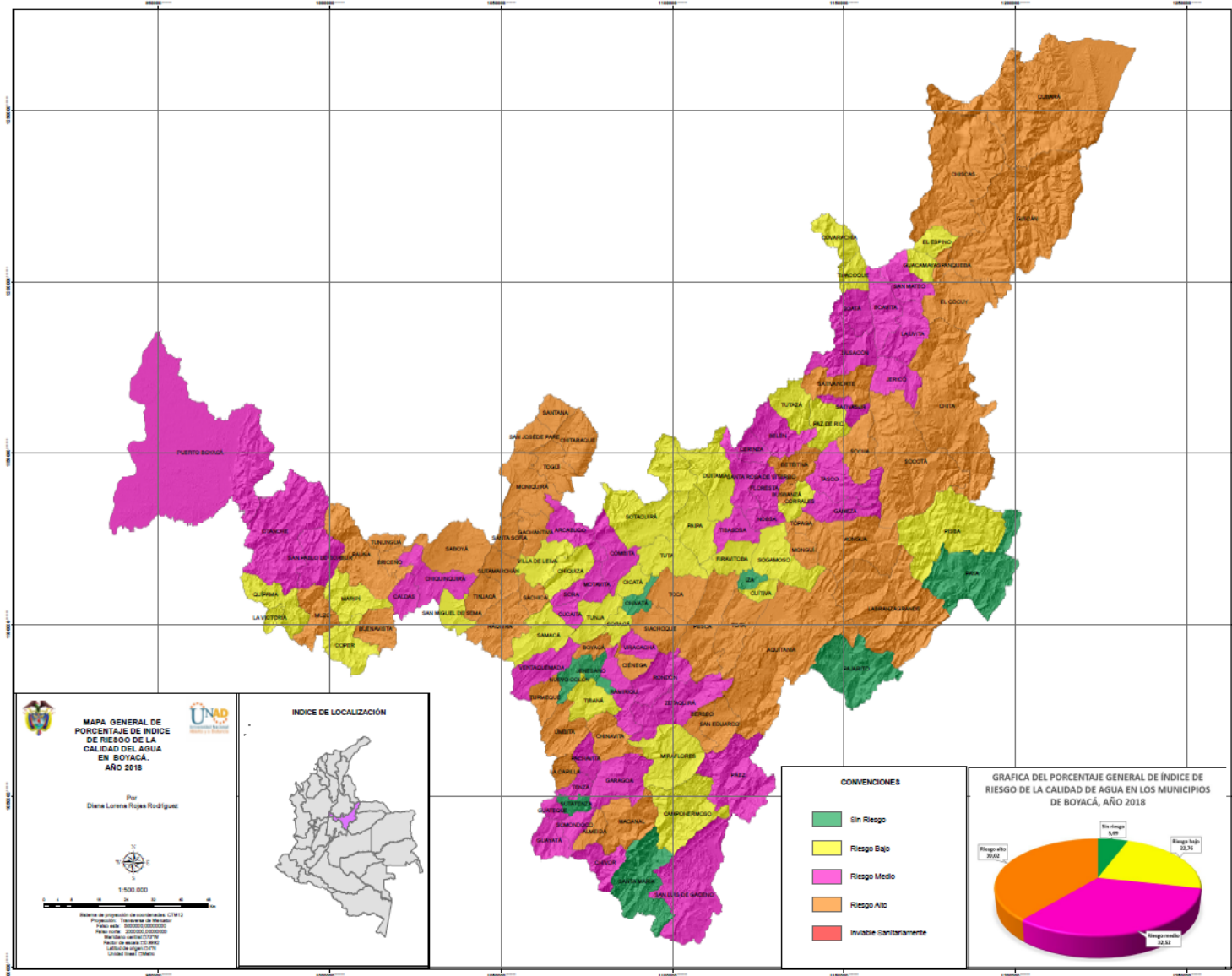
Realizado el consolidado de la información del IRCA municipal 2018 se puede observar que de acuerdo a la tabla 17 a nivel general 49 se encuentran en riesgo alto lo que significa que la calidad del agua suministrada a la población en general viene siendo expuesta a diferentes enfermedades gastrointestinales afectando la salud de la población. Por otro lado, en 43 tienen un riesgo medio, lo que significa que a pesar de no ofrecer el mejor servicio se deben implementar las estrategias necesarias que permitan ofrecer las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas adecuadas para el consumo humano. Con relación al riesgo bajo el 25 siguen contando con mala calidad del agua, pero en una menor proporción comparada con el resto. Algo alarmante es de anotar que solo 6 se encuentran cumpliendo con lo establecido según la resolución 2115 del 2007.

En el consolidado del IRCA urbano 2018 se puede determinar que 81 municipios cumplen con lo establecido por la resolución 2115 del 2007, 28 se encuentran en riesgo bajo lo que implica que a pesar de las estrategias desarrolladas por los diferentes acueductos aún no cumplen con los requerimientos necesarios; por otra parte 14 municipios se encuentran en riesgo medio y

deben mejorar los procesos que se están implementando con el ánimo de ofrecer un servicio que mejore la calidad de vida de los usuarios.

En el consolidado IRCA rural 2018 tabla 22; solamente 6 cumplen con todos los requisitos exigidos de acuerdo a la resolución 2115 del 2007; 13 se encuentran en riesgo bajo, 29 en riesgo medio, 59 en riesgo alto y 15 son inviables sanitariamente, Iza no realizó ninguna muestra ya que Cooservicios le vende el agua en bloque. Hay que resaltar el hecho que empeoró la calidad del servicio por lo cual se refleja la falta de gestión de las administraciones municipales y juntas de acción comunal (Secretaria de Salud Departamental, 2018).

Figura 30. IRCA municipios 2018



Fuente: Autor con relación a información obtenida del IRCA general 2018

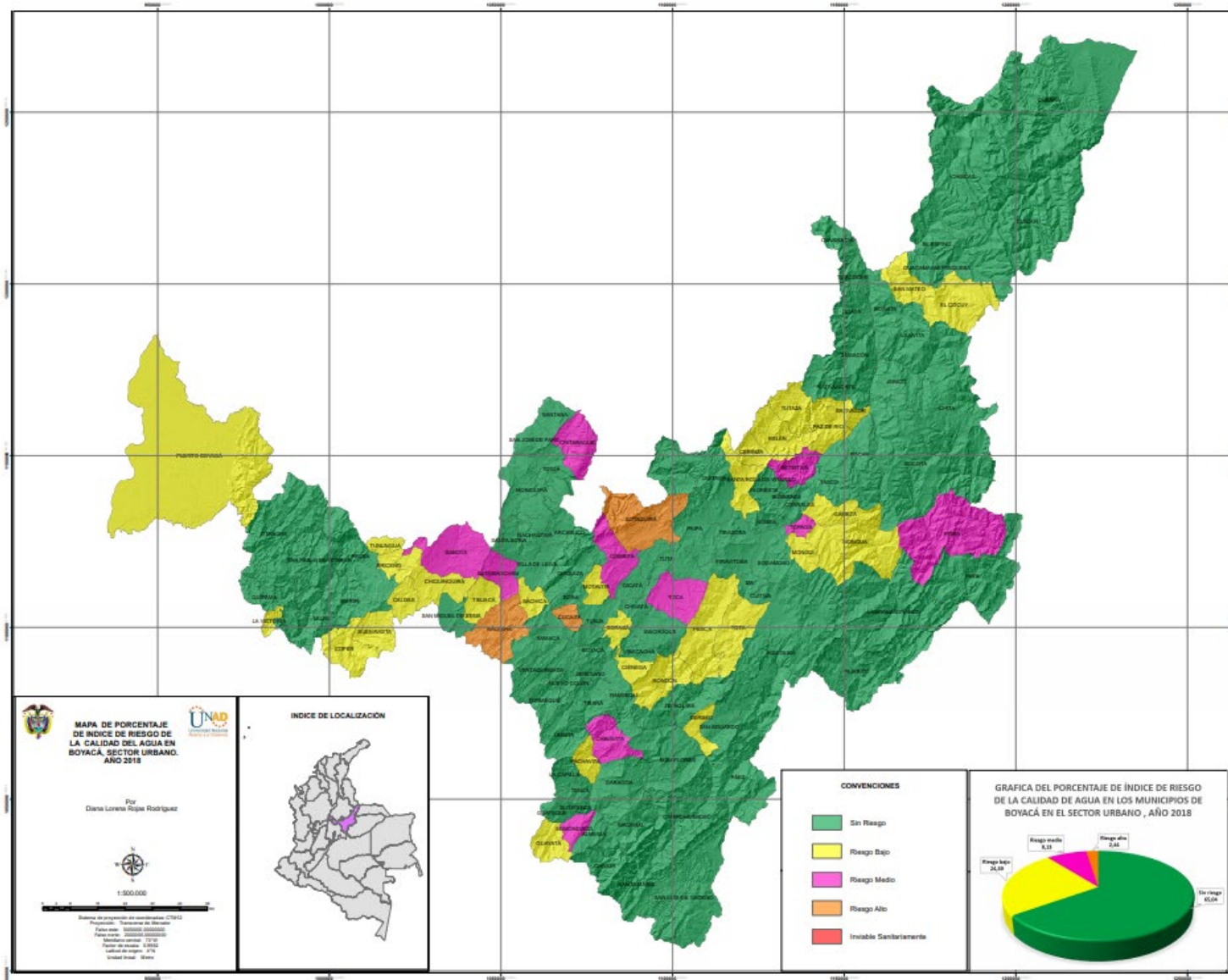
A nivel general se puede observar que frente al año inmediatamente anterior el IRCA municipal empeoró en sus condiciones sanitarias porque únicamente seis municipios se encuentran sin riesgo por lo tanto se observa la falta de compromiso por parte de las administraciones municipales en ofrecer un servicio de buena calidad (*Secretaría de Salud Departamental, 2018*).

Tabla 22. Índice de riesgo municipal de calidad del agua en 123 municipios de Boyacá, 2018

Categoría de índice de calidad del agua para consumo humano	Municipios de Boyacá IRCA Municipal 2018
<i>Inviabile sanitariamente</i>	
80,1 a 100%	
<i>Riesgo alto</i>	Almeida, Arcabuco, Belén, Berbeo, Betétiva, Boavita, Boyacá, Buenavista, Chinavita, Chivor, Ciénega, Coper, Cubará, Gachantivá, Guateque, Güican, La Capilla, Labranzagrando, Macanal, Mongua, Monguít, Moniquirá, Muzo, Páez, Panqueba, Pauna, Pesca, Ráquira, Saboyá, Sáchica, San Eduardo, Santa Sofía, Santana, Sativanorte, Siachoque, Soata, Socha, Socotá, Somondoco, Sutamarchan, Tinjacá, Toca, Toguí, Topaga, Tota, Tunungua, Turmeque.
35,1 a 80%	
<i>Riesgo medio</i>	Aquitania, Briceño, Cerinza, Chiquinquirá, Chiscas, Chita, Chitaraque, Combita, Cucaita, El Cocuy, El Espino, Floresta, Gámeza, Garagoa, Guacamayas, Guayatá, Jericó, La Uvita, Motavita, Nobsa, Nuevo Colón, Otanche, Pachavita, Puerto Boyacá, Quipama, Ramiriquí, Rondón, San José de Pare, San Luis de Gaceno, San Mateo, San Pablo de Borbur, Santa Rosa de Viterbo, Sativasur, Sora, Sotaquira, Susacón, Tasco, Tenza, Tibana, Tibasosa, Umbita, Ventaquemada, Viracacha, Zetaquira.
14,1 a 35%	
<i>Riesgo bajo</i>	Busbanza, Campohermoso, Chíquiza, Corrales, Covarachía, Duitama, Firavitoba, Jenesano, La victoria, Maripí, Miraflores, Oicatá, Paipa, Pajarito, Paz del Río, Pisba, Samacá, San Miguel de Sema, Sogamoso, Soracá, Sutatenza, Tipacoque, Tunja, Tuta, Tutazá.
5,1 a 14%	
<i>Sin riesgo</i>	Chivata, Cucaita, Iza, Paya, Santa María, Villa de Leiva.
0 a 5%	

Fuente: Autor

Figura 31. IRCA urbano 2018



Fuente: Autor con relación a información obtenida del IRCA Urbano 2018

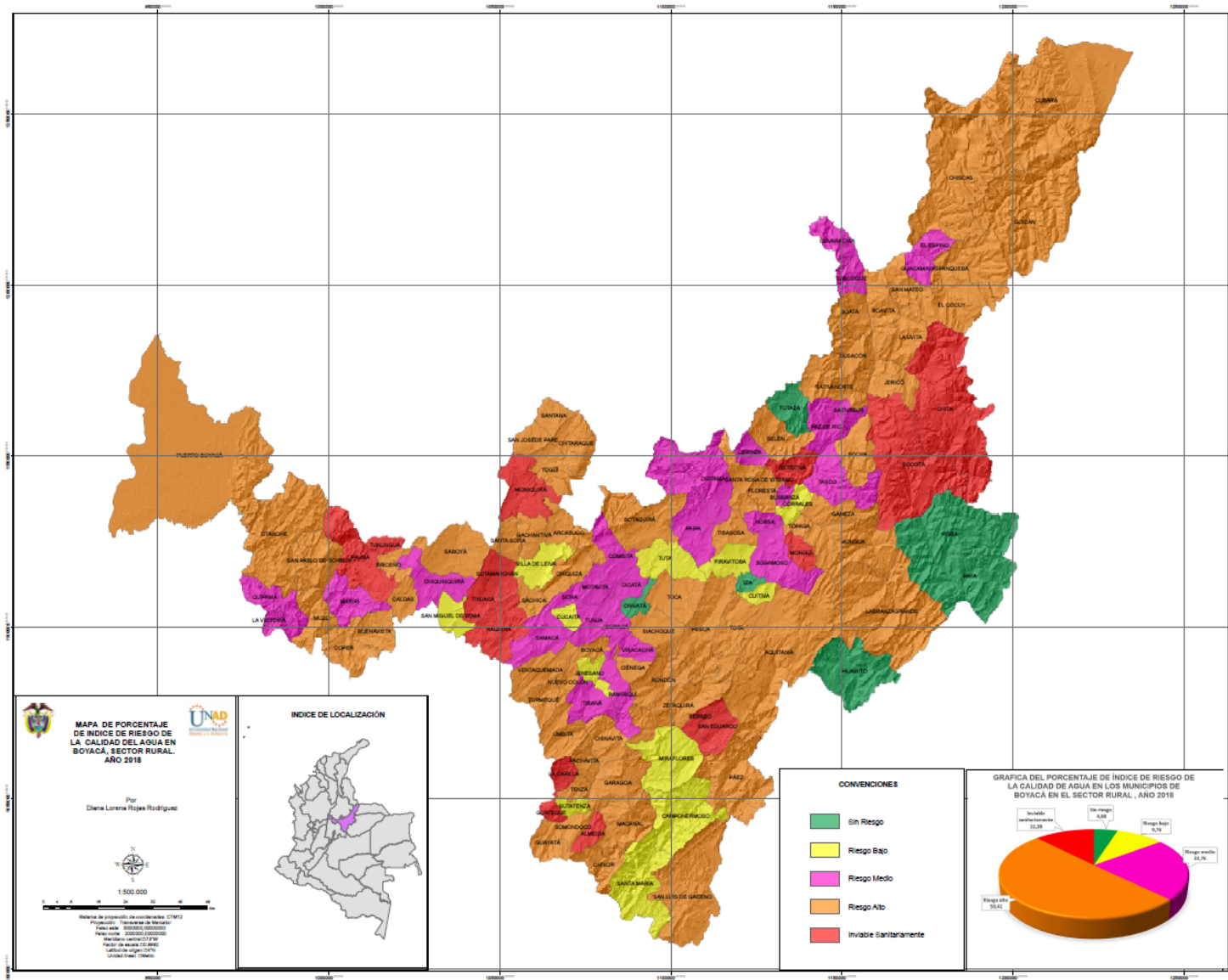
En el mapa de IRCA urbano 2018 se puede apreciar que frente al año inmediatamente anterior los resultados obtenidos en la toma de muestras de los diferentes municipios estos desmejoraron, poniendo en riesgo la calidad de vida de los consumidores. Cabe anotar que municipios como San Mateo, Somondoco, Cucaita, Briceño, Chinavita, Floresta, Macanal, Toca y Topaga presentaron valores positivos de Giardía y Cryptosporidium siendo su valor IRCA reportado entre bajo y medio riesgo.

Tabla 23. Índice de riesgo municipal de calidad del agua en 123 municipios de Boyacá, 2018

Categoría de índice de calidad del agua para consumo humano	Municipios de Boyacá IRCA Urbano 2018
<i>Inviabile sanitariamente</i>	
80,1 a 100%	
<i>Riesgo alto</i>	
35,1 a 80%	
<i>Riesgo medio</i>	Briceño, Caldas, Combita, Cucaita, Monguít, Ráquira, Saboya, Sáchica, San Mateo, Socotá, Somondoco, Sutamarchan. Toca, Topaga,
14,1 a 35%	
<i>Riesgo bajo</i>	Belén, Berbeo, Beteitiva, Cerinza, Chinavita, Chíquiza, Chita, Chitaraque, Ciénega, Floresta, Gámeza, Guayatá, La Victoria, Macanal, Mongua, Motavita, Pachavita, Paz del Río, Pisba, Santa Rosa de Viterbo, Sativasur, Susacón, Tinjacá, Tota, Tutazá,
14,1 a 35%	
<i>Sin riesgo</i>	Almeida, Aquitania, Arcabuco, Boavita, Boyacá, Buenavista, Busbanza, Campohermoso, Chiquinquirá, Chiscas, Chivata, Chivor, Corrales, Cubará, Cuítiva, Duitama, El cocuy, El espino, Firavitoba, Gachantivá, Guacamayas, Guateque, Güican, Iza, Jenesano, Jericó, La capilla, La Uvita, Labranzagrando, Maripí, Miraflores, Moniquirá, Muzo, Nobsa, Oicatá, Otanche, Páez, Paipa, Pajarito, Panqueba, Pauna, Paya, Pesca, Puerto Boyacá, Quípama, Ramiriquí, Rondón, Samacá, San Eduardo, San José de Pare, San Luis de Gaceno, San Miguel de Sema, San Pablo de Borbur, Santa María, Santa Sofía, Santana, Sativanorte, Siachoque, Soatá, Socha, Sogamoso, Sora, Soracá, Sotaquirá, Sutatenza, Tasco, Tenza, Tibana, Tibasosa, Tipacoque, Togui, Tunja, Turmeque, Tuta, Umbita, Ventaquemada, Villa de Leiva, Viracacha, Zetaquirá.

Fuente: Autor

Figura 32. IRCA rural 2018



Fuente: Autor con relación a información obtenida del IRCA rural 2018

La información obtenida para el año 2018 y con relación a los años 2016 y 2017; la calidad del agua en el sector rural del departamento de Boyacá y frente a las características fisicoquímicas y microbiológicas empeoraron afectando las condiciones sanitarias de los usuarios de este sector.

Tabla 24. Índice de riesgo de calidad del agua en 123 municipios de Boyacá sector rural, 2018

Categoría de índice de calidad del agua para consumo humano	Municipios de Boyacá IRCA Rural 2018
<i>Inviabile sanitariamente</i> 80,1 a 100%	Berbeo, Beteitiva, Chita, Gachantivá, Guateque, La Capilla, Mongua, Monguí, Moniquirá, Panqueba, Pauna, San Eduardo, Socotá, Tinjacá, Tunungua,
<i>Riesgo alto</i> 35,1 a 80%	Almeida, Aquitania, Arcabuco, Belén, Boavita, Boyacá, Briceño, Buenavista, Caldas, Chinavita, Chiquinquirá, Chiscas, Chivor, Ciénega, Coper, Cubará, El Cocuy, Floresta, Garagoa, Guayatá, Güican, Jericó, La Uvita, Labranzagrande, Macanal, Muzo, Nuevo Colón, Otanche, Pachavita, Páez, Pesca, Puerto Boyacá, Ráquira, Rondón, Saboya, Sáchica, San José de Pare, San Luis de Gaceno, San Mateo, San Pablo de Borbur, Santa Sofía, Santana, Sativanorte, Siachoque, Soata, Socha, Somondoco, Tenza, Tibasosa, Toca, Togui, Topaga, Tota, Turmeque, Umbita, Ventaquemada,
<i>Riesgo medio</i> 14,1 a 35%	Cerinza, Chitaraque, Corrales, Covarachía, Cucaita, Duitama, El espino, Gámeza, Guacamayas, Jenesano, La Victoria, Maripí, Motavita, Nobsa, Oicatá, Paipa, Pajarito, Quipama, Ramiriquí, Samacá, Santa Rosa de Viterbo, Sativasur, Sogamoso, Sora, Sotaquirá, Susacón, Sutamarchan, Tasco, Tibana, Tipacoque, Tunja, Villa de Leyva, Viracacha, Zetaquirá.
<i>Riesgo bajo</i> 14,1 a 35%	Campohermoso, Chíquiza, Combita, Firavitoba, Miraflores, Paz del Río, San Miguel de Sema, Soracá, Sutatenza, Tuta
<i>Sin riesgo</i> 0 a 5%	Chivata, Cuítiva, Paya, Pisba, Santa María, Tutazá,

Fuente: Autor

Correlación año 2018

Para el caso de 2018, se presenta un comportamiento muy similar al obtenido en el periodo 2017, aspecto que se puede evidenciar en las muestras de agua potable en los municipios de Turmequé y Tunja, pero, además, para todos los municipios del grupo 1, de acuerdo con el análisis jerárquico del costado superior, en relación con las variables del primer conglomerado del análisis jerárquico izquierdo. En este mismo sentido, se presenta una problemática marcada en los municipios agrupados en el conglomerado 3, principalmente para *E. coli*, coliformes T. y cloro residual, mientras que una leve incidencia en los municipios de los conglomerados 4 y 5. Conjuntamente, se evidencia anomalías en la presencia de hierro, aluminio, fosfatos y calcio en los grupos 1, 3 y 4.

Analisis de información 2019

Tabla 25. Datos IRCA 2019

N°	Municipio													
		Al	Calcio	Cloro residual	Cloruros	Coliformes T	Color aparente	Dureza T	E.Coli	Fosfatos	Hierro	pH	Turbiedad	Crypto
1	ALMEIDA			9		9	4	9		4		5		
2	AQUITANIA			13	1	12		10				1		
3	ARCABUCO			20		19	2	15		1	1	1		
4	BELÉN			19		18	3	13						
5	BERBEO			12	1	12	12	12		9		11		
6	BETÉITIVA			10		10	11	10		11		13		
7	BOAVITA	1		10		10	2	10		1		3		
8	BOYACÁ			17		13	3	13	12	1		8	1	
9	BRICEÑO			12		13	2	13		4		4		
10	BUENAVISTA		1	8		9	13	9		9		10		
11	BUSBANZÁ									1		1		
12	CALDAS			19		16	19	14		14		22		
13	CAMPOHERMOSO			4		1		1						
14	CERINZA			12		5	3	5		1		3		
15	CHINAVITA			21		18	11	17	3	11		11		
16	CHIQUINQUIRA			23		7	23	6	1	10	1	9		
17	CHISCAS		1	12		12	4	12	1			7		
18	CHITA			8		8	3	7		2		4		
19	CHITARAQUE	2		8		7	6	7		4		5		
20	CHIQUIZA			3			2		2	1	1			
21	CHIVATA						1		3	4		3		
22	CHIVOR			13		14	1	14				1		
23	CIÉNEGA	1		17		14	16	14		9	1	12		
24	CÓMBITA	3		11		2	7	2		2	2	7		
25	COPER			12		12	2	12		2		3		
26	CORRALES			1		2	8	2	1	5		11		
27	COVARACHÍA					6	2	6				2		
28	CUBARÁ			19		19	8	19		4	16	1		
29	CUCAITA			7		2	9			15		13	2	
30	CUÍTIVA			4		2	1							
31	DUITAMA	14		15		24	22	19		9		23		
32	EL COCUY		1	12		8		8						
33	EL ESPINO			4		4	8	3		2		4		
34	FIRAVITOBA			1			2		1			2		
35	FLORESTA			6		3	1	1		2		4	2	
36	GACHANTIVÁ	1	1	13		13	2	13		2	1	6		
37	GAMEZA	2		2		4	8	4		5		11		
38	GARAGOA	2		14		12	3	8	1	3		3		
39	GUACAMAYAS	1	1	5		2	2	1	2	1		2		
40	GUATEQUE	2		16		13	4	12		4		7		

Nº	Municipio													
		Al	Calcio	Cloro residual	Cloruros	Coliformes T	Color aparente	Dureza T	E.Coli	Fosfatos	Hierro	pH	Turbiedad	Crypto
41	GUAYATÁ			6		9	6	8	1	7		7		
42	GUICAN			17		16	2	15		1		2		
43	IZA													
44	JENESANO	4		5		1			3	3		3		
45	JERICÓ			12		12	7	12		3		6		
46	LABRANZAGRANDE													
47	LA CAPILLA			17		17	14	15	1	6		9		
48	LA VICTORIA													
49	LA UVITA			11		10	3	10		1		3		
50	MACANAL			14		12		11		3		1		
51	MARIPÍ	1		6		1		1				1		
52	MIRAFLORES	1					4			6		2		
53	MONGUA			12		12	8	12		3		6		
54	MONGUÍ	1		19		19	23	19	2	9		17		
55	MONQUIRA	4	1	22		22	18	21		5		10		
56	MOTAVITA	1		13		7	8	5	6	3		7		
57	MUZO			11		11	5	11		4		3		
58	NOBSA			9		7	5	7		2		7		
59	NUEVO COLON			11		10	4	9	2	3		5		
60	OICATÁ			4			1			1		1		
61	OTANCHE			13		13		13	4			1		
62	PACHAVITA			15		8	7	7		4		2		
63	PÁEZ			18		16	1	14				1		
64	PAIPA	3		10		7	10	5		5		8		
65	PAJARITO													
66	PANQUEBA	1		10		10	1	10	1	1		4		
67	PAUNA			12		12	7	12		7		11		
68	PAYA					3	2	2		1		2		
69	PAZ DE RIO			1			4					6		
70	PESCA	1		18		14	17	14	2	12		7		
71	PISBA					1								
72	PUERTO BOYACA			21		17	5	16	4	3		9		
73	QUÍPAMA		1	6								5		
74	RAMIRIQUI			9		9	9	7	12	6		5		
75	RAQUIRA	2		21	1	19	5	16		4		5		
76	RONDÓN			6		6	5	5	2	4		4		1
77	SABOYÁ	1		9		8	8	8		6		8		
78	SÁCHICA		2	30		24	10	17		7		13	2	1
79	SAMACÁ			6		6	2	6	6	2		3		
80	SAN EDUARDO			12		12	5	11		4		7		
81	SAN JOSÉ DE PARE			9		6	6	6		4		7		
82	SAN LUIS DE GACENO	1		8		6	2	6	5	1		3		
83	SAN MATEO		2	4		6	3	5		1		12	1	
84	SAN MIGUEL DE SEMA			6		6	2	6		1		1		

N°	Municipio													
		Al	Calcio	Cloro residual	Cloruros	Coliformes T	Color aparente	Dureza T	E. Coli	Fosfatos	Hierro	pH	Turbiedad	Crypto
85	SAN PABLO DE BORBUR			11		10	3	10	1			3		
86	SANTANA			19		17	10	17		9		9		
87	SANTA MARIA			1		1	1		2	1		1		
88	SANTA ROSA DE VITERBO			15	1	10	10	7	1	6	5	8		
89	SANTA SOFIA			24		21	8	18		9		10		
90	SATIVANORTE			18		17	4	15		2		6		
91	SATIVASUR	1		5		2	2	1				2		
92	SIACHOQUE			14		14	19	12	3	13		5		
93	SOATÁ			13		11	6	11		3		9		
94	SOCOTÁ			9		11	7	11		4		9		
95	SOCHA			17		17	3	14		1		4		
96	SOGAMOSO			14		7	6	2	3	1		1		
97	SOMONDOCO			15		14	12	14		6		8	1	
98	SORA		2	7		1	1	1		1		3		
99	SORACÁ			1		1	4		11	7	1	8		
100	SOTAQUIRÁ			31		26	11	21		7		7		
101	SUSACÓN			9		6	8	5		8		4	1	
102	SUTAMARCHAN	1		18		19	25	16	1	15		22		
103	SUTATENZA			4		2		1						
104	TASCO			6		6	3	6				2		
105	TENZA			10		8	5	1 6		5		5		
106	TIBANA			8		5	8	5		5		7		
107	TIBASOSA	1		12		5	8	5		6		8		
108	TINJACÁ	1		12		12	3	8		1		7		
109	TIPACOQUE			4		9	2	9		1		2		
110	TOCA			11		13	21	13		17		14	1	
111	TOGUI	4		15		16	18	15		11		9		
112	TOPAGA	2		8		4	12	4	3	10	2	18	2	
113	TOTA			1		3	5	2		3		3		
114	TUNUNGÚA			13		13	1	12	1			5		
115	TURMEQUE			45	1	45	7	37	13	6		11		
116	TUTA	5		1			5			6		7		
117	TUTAZÁ						2					1		
118	UMBITA			18		18	1	12	9	1		1		
119	VENTAQUEMADA			19		16	5	9	1			1		
120	VILLA DE LEIVA	1		6		3		3		1		1		
121	VIRACACHA	1		12	1	8	7	7	1	5		3	1	
122	ZETAQUIRA	3		1		2	7	1		5		6		
123	TUNJA	2		27	1	23	7	14	10	17		9		
Total		72	13	1319	7	1146	716	5	1007	137	478	32	685	14

Datos Instituto Nacional de Salud a través del IRCA 2019.

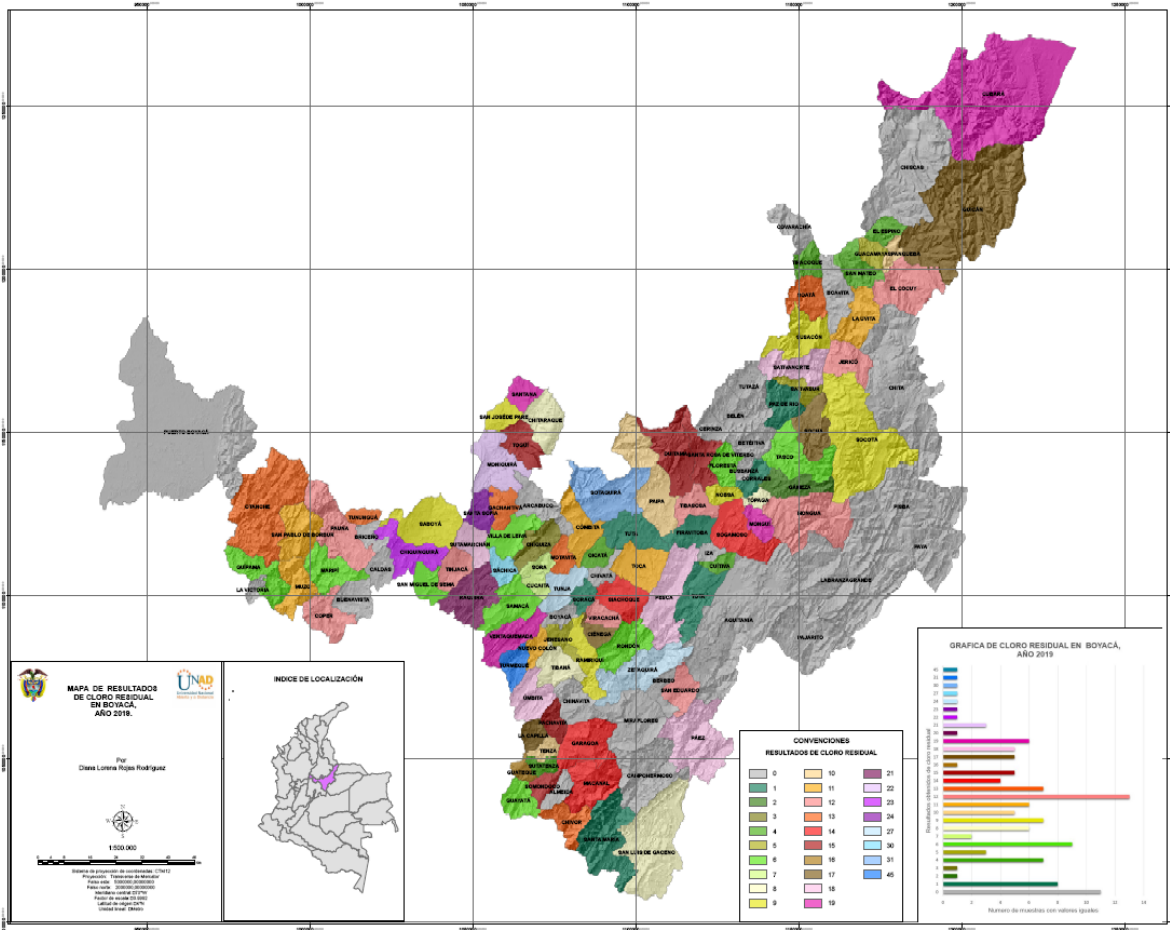
Tabla 26. Bacterias presentes durante el año 2019

Parametro	Municipios	Observación
Turbiedad	Almeida, Aquitania, Arcabuco, Berbeo, Beteitiva, Boavita, Boyacá, Briceño, Buenavista, Busbanzá, Caldas, Cerinza, Chinavita, Chiquinquirá, Chiscas, Chita, Chitaraque, Chivata, Chivor, Cienaga, Combita, Coper, Corrales, Covarachia, Cubará, Cucaita, Duitama, El Espino, Firavitoba, Floresta, Gachantiva, Gameza, Garagoa, Guacamayas, Guateque, Guayata, Guican, Jenesano, Jericó, La Capilla, La Uvita, Macanal, Maripi, Miraflores, Mongua, Mongui, Moniquirá, Motavita, Muzo, Nobsa, Nuevo Colon, Oicata, Otanche, Pachavita, Paez, Paipa, Panqueba, Pauna, Paya, Paz del Río, Pesca, Puerto Boyacá, Quipama, Ramiriquí, Raquira, Rondón, Saboya, Sáchica, Samacá, San Eduardo, San José de Pare, San Luis de Gaceno, San Mateo, San Miguel de Sema, San Pablo de Borbur, Santana, Santa María, Santa Rosa de Viterbo, Santa Sofía, Sativanorte, Sativasur, Siachoque, Soata, Socotá, Socha, Sogamoso, Somondoco, Sora, Soracá, Sotaquirá, Susacón, Sutamarchan, Tasco, Tenza, Tibana, Tibasosa, Tinjaca, Tipacoque, Toca, Togui, Topaga, Tota, Tunungua, Turmeque, Tuta, Umbita, Ventaquemada, Villa de Leyva, Viracacha, Zetaquirá, Tunja.	Teniendo en cuenta la información suministrada en la tabla 26 con relación al análisis de calidad del agua se puede determinar que el parámetro turbiedad el 90.24% del total de los municipios no cumplen y los más críticos son Caldas, Duitama y Sutamarchan con índices superiores a 20 repeticiones. Además, los municipios como Belén, Campohermoso, Chiquiza, Cuitiva, El Cocuy, Iza, Labranzagrande, La Victoria, Pajarito, Pisba, Sutatenza y Tutaza no presentaron valores fuera de norma. Lo que significa que, en relación con el año anterior, la turbiedad aumento en 0,84%.
Cloro residual	Almeida, Aquitania, Arcabuco, Belén, Berbeo, Beteitiva, Boavita, Boyacá, Briceño, Buenavista, Caldas, Campohermoso, Cerinza, Chinavita, Chiquinquirá, Chiscas, Chita, Chitaraque, Chiquiza, Chivor, Cienega, Combita, Coper, Corrales, Cubará, Cucaita, Cuitiva, Duitama, El Cocuy, El Espino, Firavitoba, Floresta, Gachantiva, Gameza, Garagoa, Guacamayas, Guateque, Guayata, Guican, Jenesano, Jerico, La Capilla, La Uvita, Macanal, Maripi, Mongua, Mongui, Moniquira, Motavita, Muzo, Nobsa, Nuevo Colon, Oicata, Otanche, Pachavita, Páez, Paipa, Panqueba, Pauna, Paz del Río, Pesca, Puerto Boyacá, Quipama, Ramiriquí, Raquira, Rondón, Saboya, Sachica, Samacá, San Eduardo, San José de Pare, San Luis de Gaceno, San Mateo, San Miguel de Sema, San Pablo de Borbur, Santana, Santa María, Santa Rosa de Viterbo, Santa Sofía, Sativanorte, Sativasur, Siachoque, Soata, Socotá, Socha, Sogamoso, Somondoco, Sora, Soracá, Sotaquira, Susacón, Sutamarchan, Sutatenza, Tasco, Tenza, Tibana, Tibasosa, Tinjaca, Tipacoque, Toca, Togui, Topaga, Tota, Tunungua, Turmeque, Tuta, Umbita, Ventaquemada, Villa de Leiva, Viracacha, Zetaquira y Tunja.	De acuerdo a la puntuación sumnistrada en la Resolución 2115 de 2007 y teniendo como referencia la tabla 26, se puede observar que el 91,06% de los municipios del Departamento de Boyacá a quienes se les realizo este analisis no cumplen con los parámetros de Cloro residual preestablecidos, siendo más alarmante en Arcabuco, Chivata, Chiquinquirá, Moniquira, Puerto Boyacá, Raquira, Sáhica, Santa Sofía, Sotaquirá, Turmeque y Tunja. Además, los municipios como Busbanza, Chivata, Covarachia, Iza, Labranzagrande, La Victoria, Miraflores, Pajarito, Paya, Pisba y Tutaza, no presentaron valores fuera de lo que establece la norma. Lo que muestra que, en relación con el año anterior, el cloro disminuyo su presencia en 4.06%.
Coliformes T	Almeida, Aquitania, Arcabuco, Belén, Berbeo, Beteitiva, Boavita, Boyacá, Briceño, Buenavista, Caldas, Campohermoso, Cerinza, Chinavita, Chinavita, Chiquinquirá, Chiscas, Chita, Chitaraque, Chivor, Cienega, Combita, Coper, Corrales, Covarachia, Cubará, Cucaita, Cuitiva, Duitama, El Cocuy, El Espino, Firavitoba, Floresta, Gachantiva, Gameza, Garagoa, Guacamayas, Guateque, Guayata, Guican, Jenezano, Jericó, La Capilla, La Uvita, Macanal, Maripi, Mongua, Mongui, Monquiria, Motavita, Muzo, Nobsa, Nuevo Colon, Otanche, Pachavita, Paez, Paipa, Panqueba, Pauna, Paya, Paz del Río, Pesca, Pisba, Puerto Boyacá, Ramiriquí, Raquirá, Rondón, Saboya, Sachicá, Samacá, San Eduardo, San José de Pare, San Luis de Gaceno, San Mateo, San Miguel de Sema, San Pablo de Borbur, Santana, Santa Rosa de Viterbo, Santa Sofía, Sativanorte, Sativasur, Siachoque, Soatá, Socotá, Socha, Sogamoso, Somondoco, Sora, Soracá, Sotaquirá, Susacon, Sutamarchan, Sutatenza, Tasco, Tenza, Tibana, Tibasosa, Tinjaca, Tipacoque, Toca, Togüi, Topaga, Tota, Tunungua, Turmeque, Umbita, Ventaquemada, Villa de Leyva, Viracacha, Zetaquirá, Tunja.	Con relación a los Coliformes T, el 88,62% de los municipios reportaron la presencia de este parámetro, teniendo una mayor presencia en Duitama, Moniquira, Sachicá, Santa Sofía, Sotaquira, Turmeque y Tunja con índices superiores a 20 repeticiones. Se debe resaltar que los municipios que no presentaron la presencia de estas bacterias son Busbanza, Chiquiza, Chivata, Firavitoba, Iza, Labranzagrande, La Victoria, Miraflores, Oicatá, Pajarito, Paz del Río, Quipama, Tuta y Tutaza. Lo que muestra que, en relación con el año anterior, los Coliformes Totales bajaron su porcentaje en 2,44%
E. Coli	Almeida, Aquitania, Arcabuco, Belén, Berbeo, Beteitiva, Boavita, Boyacá, Briceño, Buenavista, Caldas, CAmphermoso, Cerinza, Chinavita, Chiquinquirá, Chiscas, Chita, Chitaraque, Chivor, Cienega, Combita, Coper, Corrales, Covarachia, Cubará, Duitama, El Cocuy, El Espino, Floresta, Gachantiva, Gameza, Garagoa, Guacamayas, Guateque, Guayata, Guican, Jerico, La Capilla, La Uvita, Macanal, Maripi, Mongua, Mongui, Moniquirá, Motavita, Muzo, Nobsa, Nuevo Colon, Otanche, Pachavita, Paez, Paipa, Panqueba, Pauna, Paya, Pesca, Puerto Boyacá, Ramiriquí, Raquira, Rondón, Saboyá, Sachica, Samaca, San Eduardo, San José de Pare, San Luis de Gaceno, San Mateo, San Miguel de Sema, San Pablo de Borbur, Santana, Santa María, Santa Rosa de Viterbo, Santa Sofía, Sativanorte, Sativasur, Siachoque, Soata, Socotá, Socha, Sogamoso, Somondoco, Sotaquirá, Susacón, Sutamarchan, Sutatenza, Tasco, Tenza, Tibana, Tibasosa, Tinjaca, Tipacoque, Toca, Togui, Topaga, Tota, Tunungua, Turmeque, Umbita, Ventaquemada, Villa de Leiva, Viracacha, Zetaquira, Tunja.	Teniendo en cuenta el parámetro microbiológico del E. Coli se observa que el 88,62% de los municipios del departamento de Boyacá registran su presencia, teniendo una mayor frecuencia en Duitama, Moniquira, Sachicá, Santa Sofía, Sotaquira, Turmeque y Tunja con índices superiores a 20 repeticiones. Se debe resaltar que Busbanza, Chiquiza, Chivata, Firavitoba, Iza, Labranzagrande, La Victoria, Miraflores, Oicatá, Pajarito, Paz del Río, Quipama, Tuta y Tutaza no lo registraron. Lo que muestra que, en relación con el año anterior, el E. Coli aumento en 1.63%.
Giardia	Rondón, Sachica.	La presencia de <i>Giardia</i> y estas bacterias se dio en dos municipios del Departamento. Además, se deberá aclarar que únicamente se realizaron 40 pruebas en el trascurso del 2019.
<i>Cryptosporidium</i>	Boyacá, Cucaita, Floresta, Sáchica, San Mateo, Somondoco, Susacón, Toca, Topaga y Viracacha.	La presencia de <i>Cryptosporidium</i> se dio en diez municipios del Departamento, siendo repetido en Cucaita, Floresta, Sáchica y Topaga. Además, se deberá aclarar que únicamente se realizaron 40 pruebas en el trascurso del 2019.

Fuente: Autor

De acuerdo a la información consolidada en las tablas 26 y 27 y utilizando el programa Arcgis se van a relacionar los parámetros más significativos de acuerdo a la resolución 2115 de 2007, los cuales son: Cloro residual, coliformes T, E. Coli, turbiedad, color, Giardia y Crypto y se puede evidenciar en la siguiente figura:

Figura 34. Cloro residual 2019

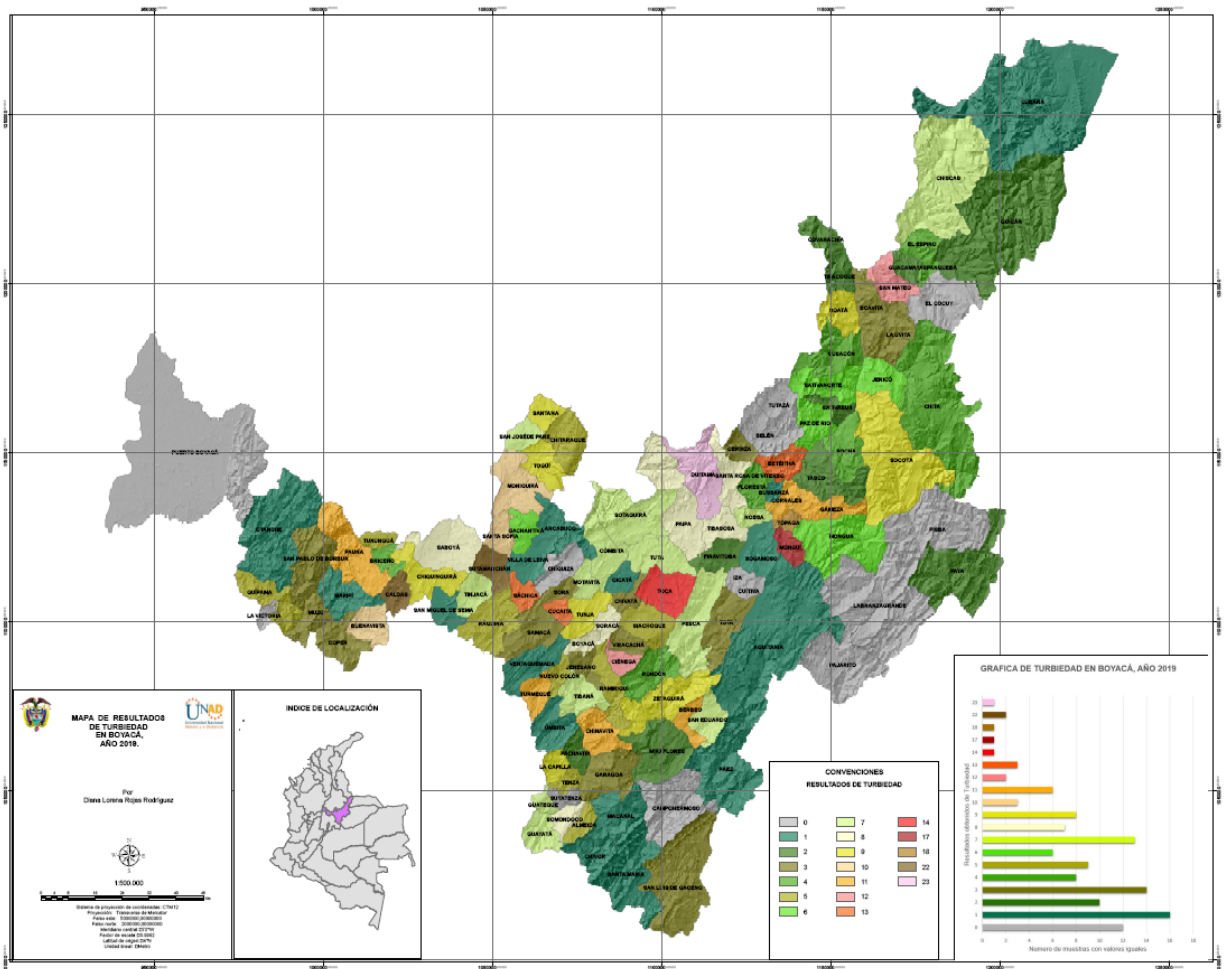


Fuente. Autor

Los municipios de Chinavita, Chiquinquirá, Moniquira, Puerto Boyacá, Raquirá, Sachica, Sotaquirá y Turmeque; registran los valores más elevados con presencia de cloro residual; por otra parte se puede determinar que a pesar de las acciones correctivas realizadas por parte de los diferentes entes tanto gubernamentales como municipales, no han sido suficientes y el suministro

de este servicio sigue sin cumplir con los requerimientos exigidos en la resolución 2115 de 2007 (Secretaria de Salud De Boyaca, 2019).

Figura 35. Turbiedad 2019

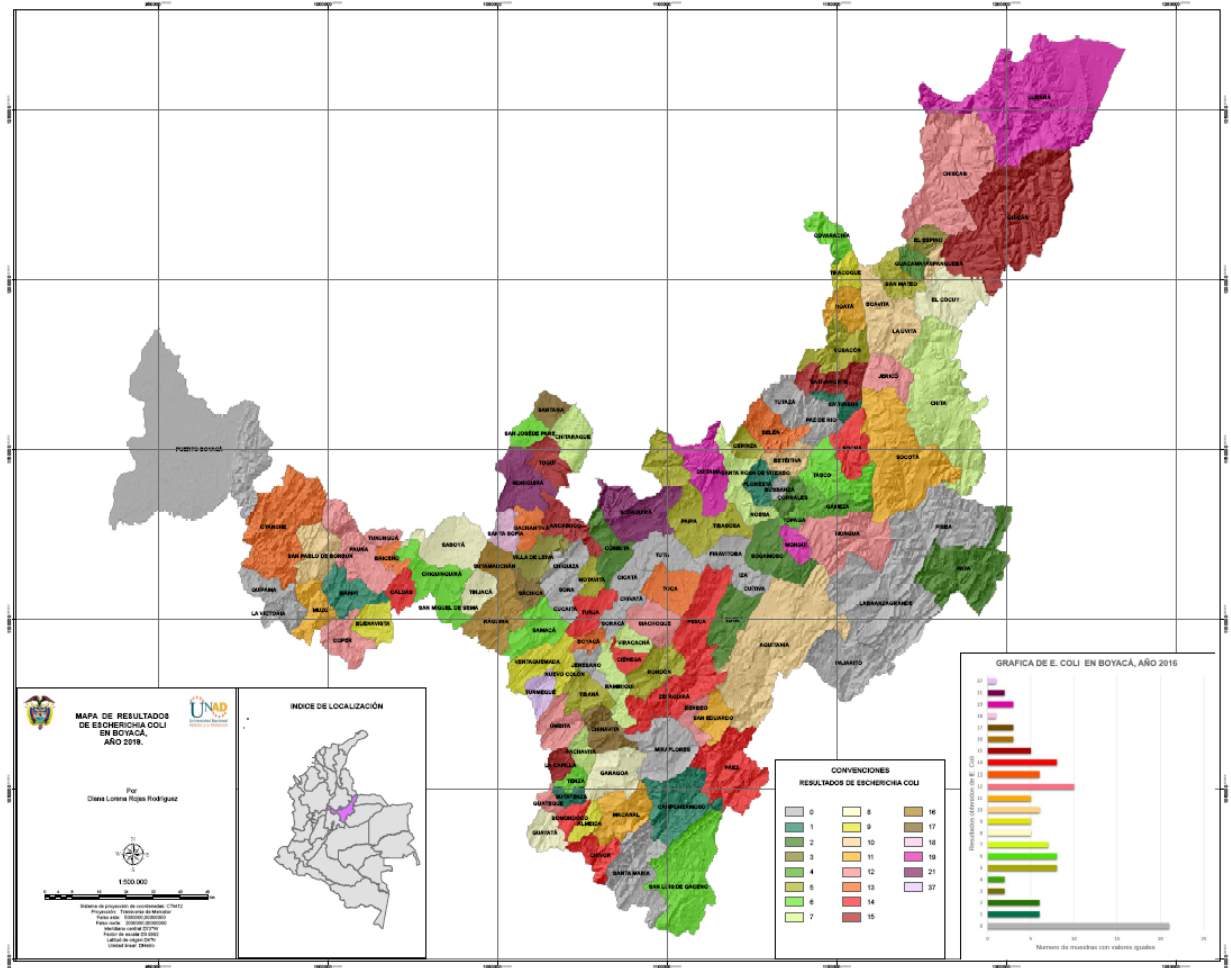


Fuente. Autor

Unicamente 12 de los 123 municipios del departamento no tienen presencia de turbiedad dentro de los análisis realizados por parte de Secretaria de Salud Departamental; por otro lado se refleja en los resultados obtenidos que la presencia de este parámetro ha disminuido con relación a los años 2016 al 2018; lo que indica que se han venido implementando estrategias con el ánimo

de mejorar la calidad del agua suministrada por parte de los diferentes acueductos (Secretaria de Salud De Boyaca, 2019).

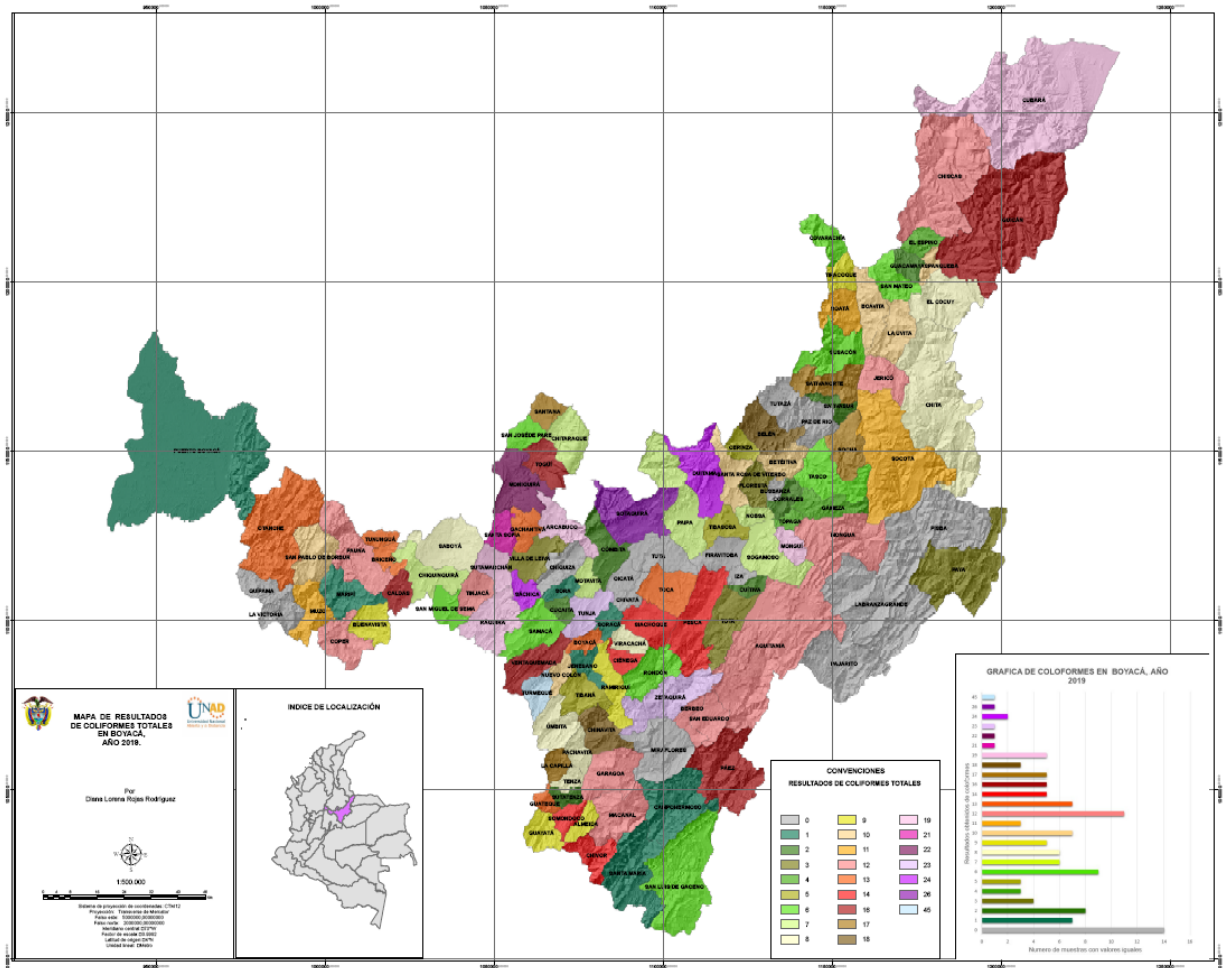
Figura 36. E. Coli 2018



Fuente. Autor

21 municipios de los 123 registraron que no tienen presencia de *E. Coli*, lo que indica que se vienen realizando gestiones para mejorar la calidad del agua suministrada en el departamento y que especialmente algunos acueductos han implementado estrategias para mejorar el agua (Secretaria de Salud De Boyaca, 2019), por otra parte cabe anotar que aun persisten municipios con parámetro muy elevados como son: Moniquirá, Sotaquirá y Turmeque quienes en este periodo de tiempo analizado mantuvieron valores críticos.

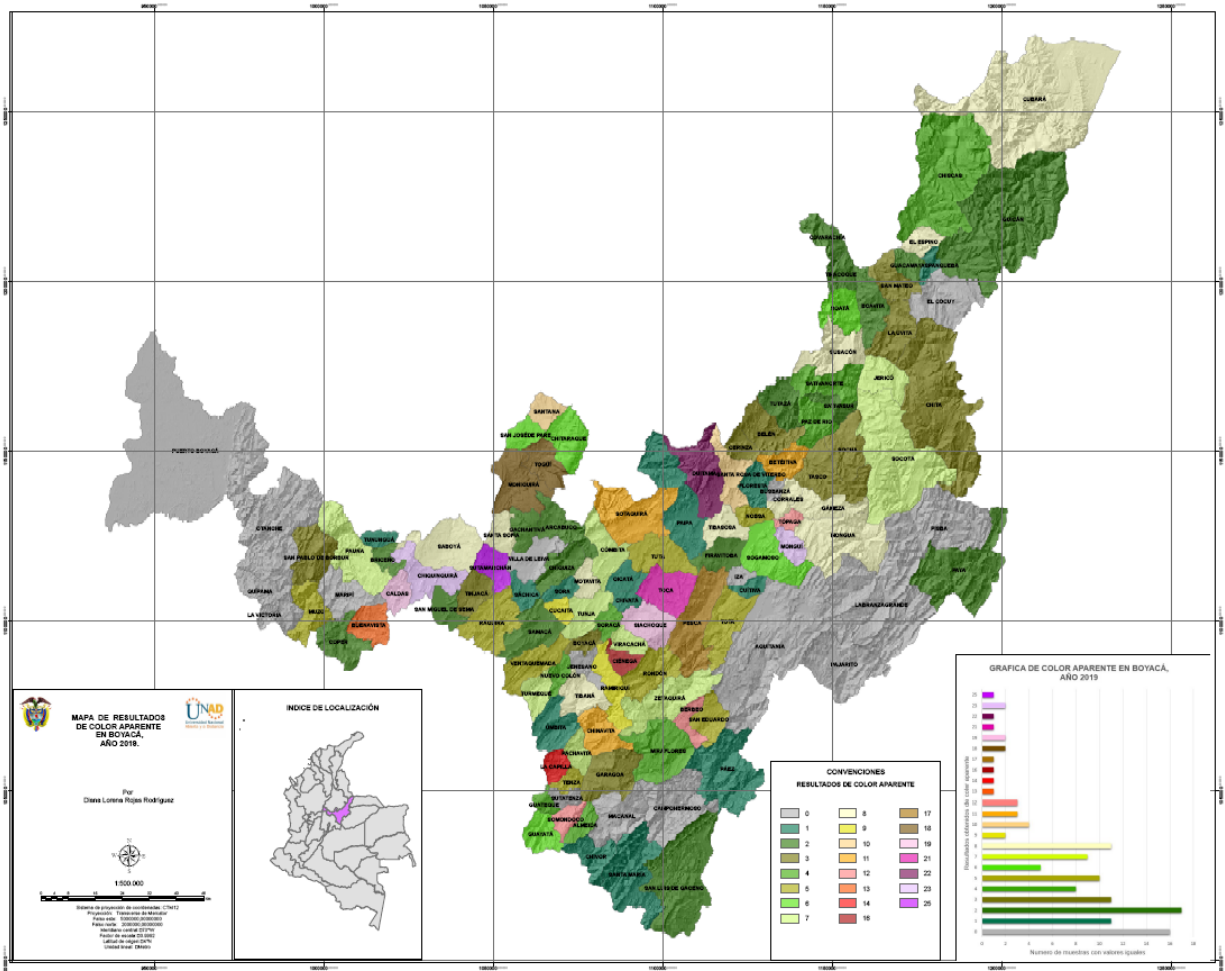
Figura 37. Coliformes totales 2019



Fuente. Autor

De los 123 municipios del departamento solamente 14 están libres de la presencia de coliformes totales lo que indica que estos acueductos vienen realizando las estrategias necesarias con el ánimo de mejorar la calidad del servicio que se viene suministrando. Por otra parte, es de anotar que frente a los años 2016, 2017 y 2018 no fueron suficientes las acciones implementadas por parte de los acueductos y por lo tanto aún no se cumple con lo reglamentado dentro de la resolución 2115 de 2007 (Secretaría de Salud De Boyaca, 2019).

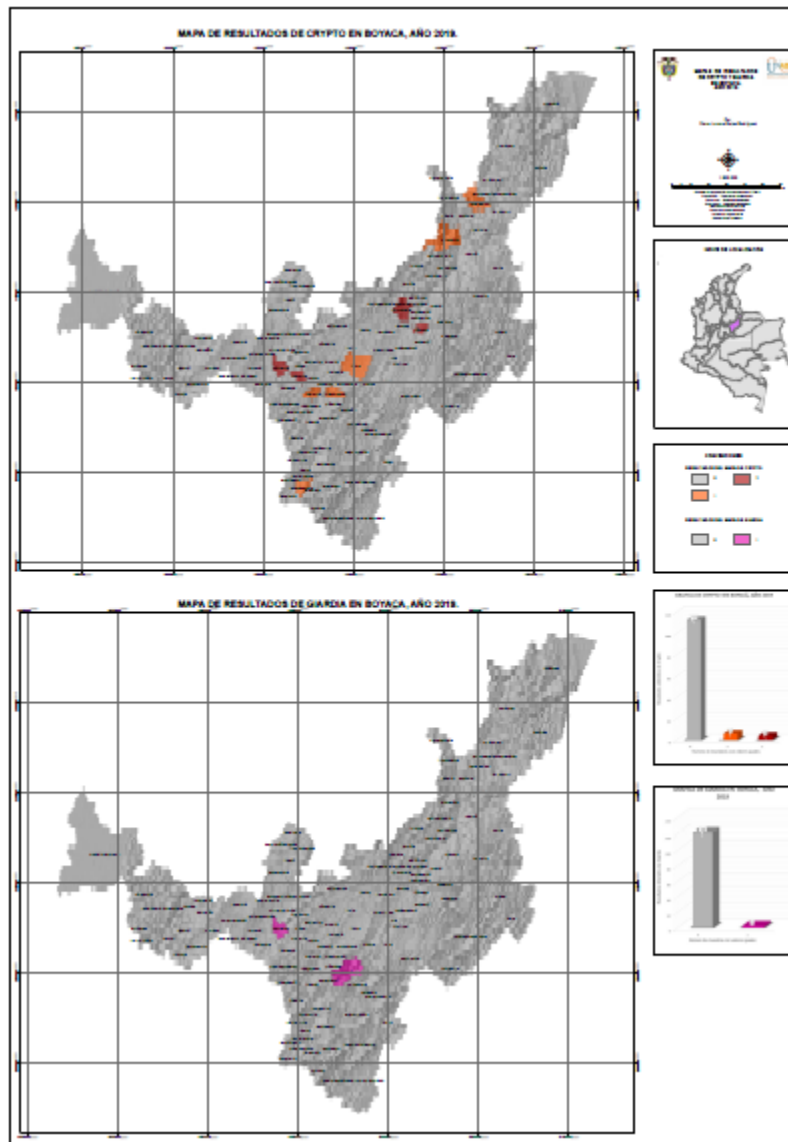
Figura 38. Color 2019



Fuente. Autor

De los 123 municipios del departamento solamente 16 reportaron que se encontraban libres de la presencia de Color, por otro lado, a pesar de existir una disminución de los valores obtenidos para este año, no son lo suficientemente representativos para determinar que las acciones que se vienen implementando sean las necesarias y por lo tanto el servicio que se vienen suminsitrando no cumple con lo estipulado dentro de la Resolución 2115 de 2007.

Figura 39. Giardia y Cryptosporidium 2019



Fuente. Autor

Con relación al año inmediatamente anterior se puede observar que las acciones realizadas para eliminar la presencia del Giardia fueron positivas porque solamente se presentaron en Rondon y Sachica; respecto a la presencia de crypto este se registro en 10 municipios, lo que obliga a los diferentes entes de control a realizar medidas correctivas que permitan contrarestar

su presencia, porque la afectación en la calidad de vida de los consumidores de estas aguas es muy considerable (Chaves, Fernandez, Isabel, Consuleo, & Moncada Ligia, 2007).

Tabla 27. Informe IRCA 2019

N ^a	Municipio	2019		
		General	Urbano	Rural
1	ALMEIDA	36.19	0.00	63.33
2	AQUITANIA	26.85	0.00	44.75
3	ARCABUCO	35.58	1.46	54.76
4	BELEN	38.93	6.29	58.88
5	BERBEO	54.21	8.90	88.19
6	BETEITIVA	54.11	18.13	78.50
7	BOAVITA	34.58	0.00	70.30
8	BOYACA	36.79	10.38	47.79
9	BRICEÑO	42.19	4.55	76.69
10	BUENAVISTA	39.04	0.00	64.14
11	BUSBANZA	2.07	2.30	0.00
12	CALDAS	61.93	24.54	75.06
13	CAMPOHERMOSO	8.92	7.08	11.39
14	CERINZA	19.83	3.72	28.79
15	CHINAVITA	48.92	5.49	82.70
16	CHIQUINQUIRA	12.09	4.32	23.05
17	CHIQUIZA	3.89	0.92	5.60
18	CHISCAS	35.06	0.00	54.53
19	CHITA	29.79	2.12	50.54
20	CHITARAQUE	27.17	6.71	45.88
21	CHIVATA	3.59	4.60	2.86
22	CHIVOR	46.57	17.92	68.06
23	CIENEGA	42.01	9.18	57.03
24	COMBITA	11.11	6.69	11.39
25	COPER	45.43	0.00	75.72
26	CORRALES	18.08	10.26	24.72
27	COVARACHIA	16.68	2.92	27.01
28	CUBARA	52.59	0.00	74.50
29	CUCAITA	20.11	27.73	15.64
30	CUITIVA	5.55	6.32	4.66
31	DUITAMA	8.34	0.29	20.28
32	EL COCUY	26.28	0.10	52.46
33	EL ESPINO	14.03	2.08	20.01
34	FIRAVITOBA	2.56	1.55	4.42
35	FLORESTA	17.31	14.29	20.83
36	GACHANTIVA	44.47	1.99	77.32
37	GAMEZA	25.72	22.39	27.93
38	GARAGOA	19.37	1.74	40.05
39	GUACAMAYAS	11.06	1.23	17.37
40	GUATEQUE	33.35	11.75	75.44
41	GUAYATA	27.87	3.43	52.69
42	GUICAN	42.26	0.00	67.11
43	IZA	0.00	0.00	-
44	JENESANO	5.03	4.20	5.37

Nº	Municipio	2019		
		General	Urbano	Rural
45	JERICO	47.45	0.00	82.59
46	LA CAPILLA	55.10	0.39	75.01
47	LA UVITA	39.16	11.16	67.15
48	LA VICTORIA	0.00	0.00	0
49	LABRANZAGRANDE	44.19	2.03	73.16
50	MACANAL	37.48	9.49	63.12
51	MARIPI	10.09	3.77	20.03
52	MIRAFLORES	2.20	2.42	2.42
53	MONGUA	42.11	0.16	84.07
54	MONGUI	58.78	9.11	90.42
55	MONQUIRA	39.08	0.29	83.31
56	MOTAVITA	24.64	34.55	20.93
57	MUZO	35.54	2.08	75.52
58	NOBSA	13.61	0.00	23.78
59	NUEVO COLON	27.76	2.34	39.52
60	OICATA	4.71	0.00	8.41
61	OTANCHE	36.42	0.00	70.15
62	PACHAVITA	26.75	4.86	26.26
63	PAEZ	45.77	4.70	63.86
64	PAIPA	10.78	0.64	20.53
65	PAJARITO	0.00	0.00	0
66	PANQUEBA	40.55	0.00	79.05
67	PAUNA	47.62	4.21	87.41
68	PAYA	8.26	2.25	12.76
69	PAZ DE RIO	6.31	4.90	6.87
70	PESCA	35.55	2.62	52.06
71	PISBA	0.90	2.10	0
72	PUERTO BOYACA	17.98	1.05	59.73
73	QUIPAMA	10.97	4.21	19.7
74	RAMIRIQUI	20.52	2.28	29.63
75	RAQUIRA	42.32	4.65	64.02
76	RONDON	35.92	3.52	79.13
77	SABOYA	46.53	6.04	82.52
78	SACHICA	44.27	23.82	55.98
79	SAMACA	9.39	0.17	41.16
80	SAN EDUARDO	46.08	4.36	77.37
81	SAN JOSE DE PARE	30.96	2.21	58.68
82	SAN LUIS DE GACENO	24.22	2.88	41.77
83	SAN MATEO	21.29	24.36	29.97
84	SAN MIGUEL DE SEMA	36.04	0.94	38.06
85	SAN PABLO DE BORBUR	2.97	0.00	58.96
86	SANTA MARIA	19.14	2.64	3.28
87	SANTA ROSA DE VITERBO	50.79	3.23	25.84
88	SANTA SOFIA	50.79	10.32	65.97
89	SANTANA	45.96	2.07	64.39
90	SATIVANORTE	46.90	5.58	70.75
91	SATIVASUR	11.68	5.70	14.69
92	SIACHOQUE	30.38	2.75	37.75
93	SOATA	33.56	2.83	60.05
94	SOCHA	40.51	1.55	68.22

Nº	Municipio	2019		
		General	Urbano	Rural
95	SOCOTA	49.57	9.87	85.29
96	SOGAMOSO	3.00	0.27	13.76
97	SOMONDOCO	57.46	25.70	86.56
98	SORA	9.94	0.27	19.02
99	SORACA	7.43	0.69	9.22
100	SOTAQUIRA	30.97	0.00	36.66
101	SUSACON	37.78	27.89	50.01
102	SUTAMARCHAN	62.63	23.06	86.8
103	SUTATENZA	17.93	17.81	18.75
104	TASCO	14.28	0.00	19.63
105	TENZA	26.79	0.14	55.66
106	TIBANA	20.70	0.00	33.35
107	TIBASOSA	19.95	1.87	28.85
108	TINJACA	35.48	6.62	60.43
109	TIPACOQUE	27.37	12.48	30.54
110	TOCA	39.98	14.10	59.29
111	TOGUI	49.60	4.51	71.93
112	TOPAGA	32.90	25.15	39.44
113	TOTA	8.34	0.00	12.87
114	TUNJA	5.70	0.03	15.03
115	TUNUNGUA	43.76	0.00	73.53
116	TURMEQUE	54.08	7.63	65.36
117	TUTA	6.17	2.92	8.36
118	TUTAZA	1.07	0.96	1.19
119	UMBITA	40.62	2.52	60.34
120	VENTAQUEMADA	21.58	0.00	27.42
121	VILLA DE LEYVA	4.42	0.00	6.82
122	VIRACACHA	27.52	15.25	33.29
123	ZETAQUIRA	10.40	2.88	5.91
BOYACA		3414.9155	681.42	5359.06

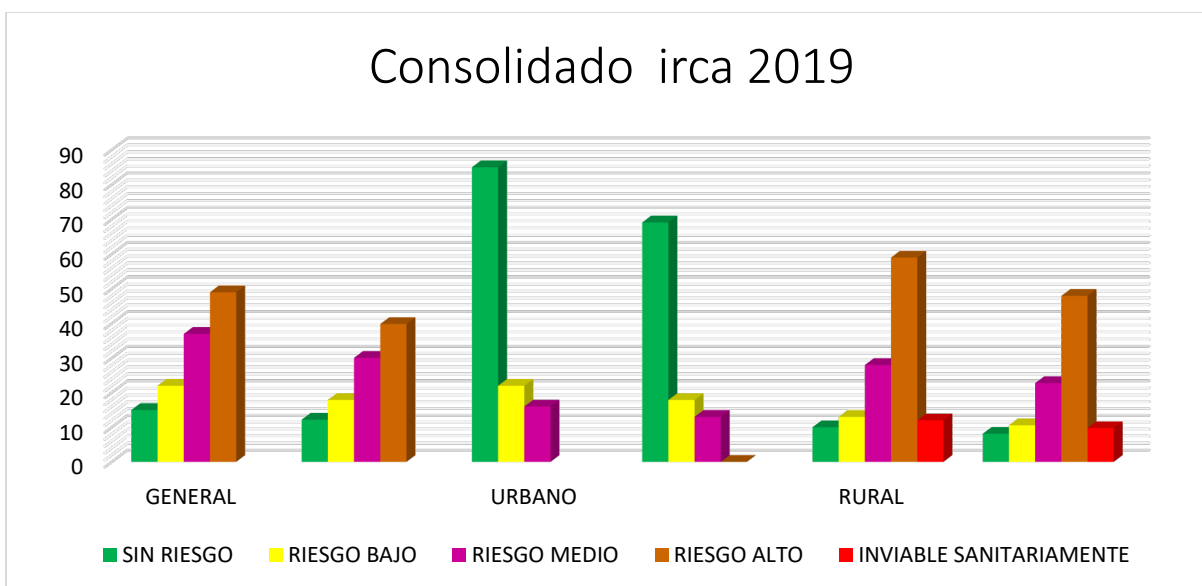
Fuente: Datos Laboratorio de Salud Pública de Boyacá a través del IRCA

Tabla 28. Consolidado IRCA 2019

	GENERAL		URBANO		RURAL	
SIN RIESGO	15	12,20	85	69,11	10	8,13
RIESGO BAJO	22	17,89	22	17,89	13	10,57
RIESGO MEDIO	37	30,08	16	13,01	28	22,76
RIESGO ALTO	49	39,84		0,00	59	47,97
INVIABLE SANITARIAMENTE					12	9,76
NO HAY DATOS					1	0,81
TOTAL MUNICIPIOS	123	100%	123	100	123	100%

Fuente: Datos Laboratorio de Salud Pública de Boyacá a través del IRCA

Figura 40. Consolidado IRCA 2019



Fuente. Autor

Realizado el consolidado de la información del IRCA municipal 2019 se puede observar que de acuerdo a la tabla 23 a nivel general 49 municipios se encuentran en riesgo alto lo que significa que la calidad del agua suministrada a la población en general viene siendo expuesta a diferentes enfermedades gastrointestinales afectando la salud de la población. Por otro lado, el 37% de los municipios tienen un riesgo medio significa que a pesar de no ofrecer el mejor

servicio se deben implementar las estrategias necesarias que permitan ofrecer las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas adecuadas para el consumo humano. Con relación al riesgo bajo el 22% siguen contando con mala calidad del agua, pero en una menor proporción comparada con el resto de municipios. Algo alarmante es de anotar que solo 15 del total de los municipios del departamento se encuentran cumpliendo con lo establecido según la resolución 2115 del 2007.

Los sistemas de tratamiento que conforman los acueductos vigilados por parte de la Secretaria de Salud Departamental son 524, y están compuestos de la siguiente manera:

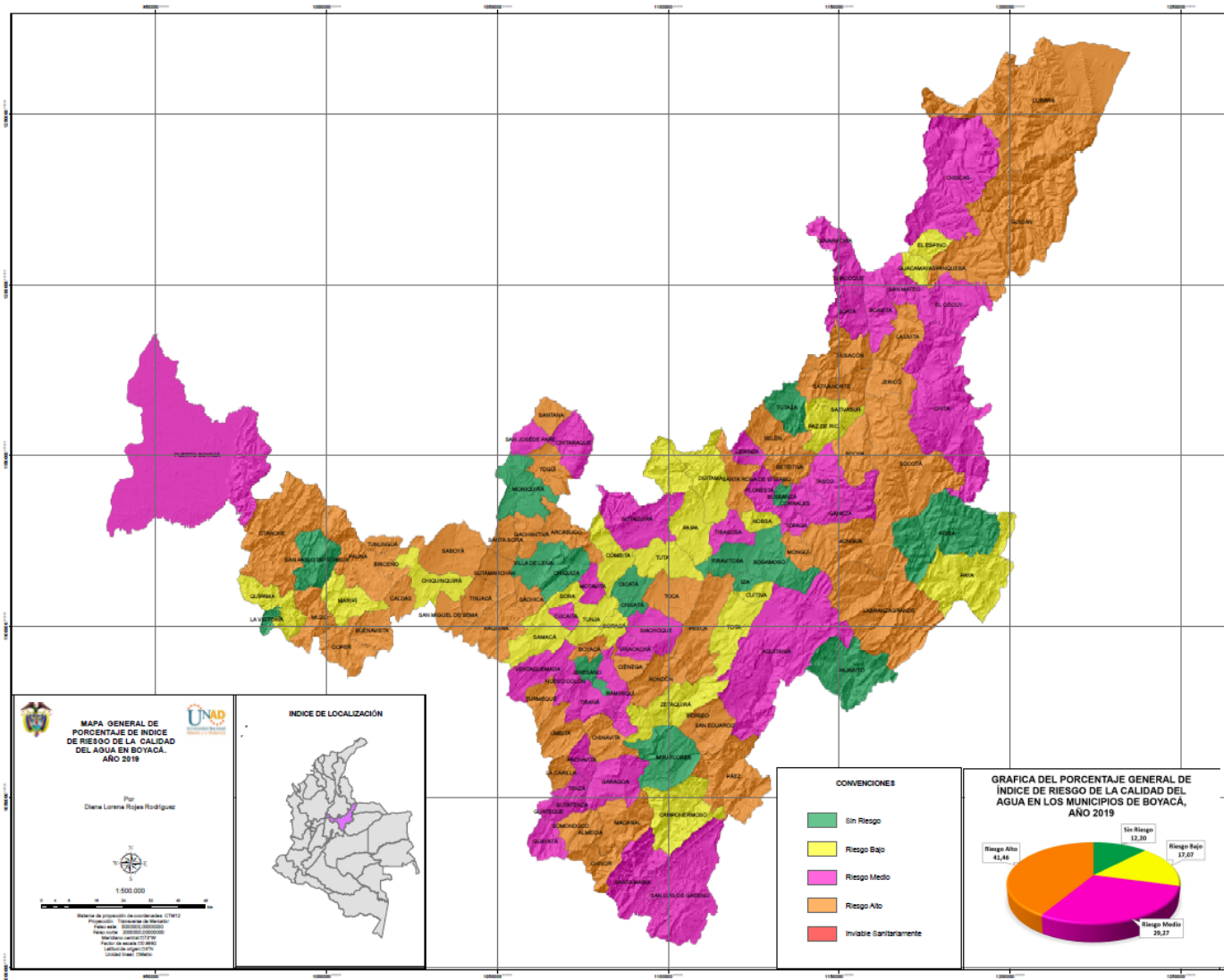
- Compacta 190 (Ciento noventa)
- Convencional 101 (Ciento uno)
- FiME (Filtración en Múltiples Etapas) 96 (noventa y seis)
- Sin PTAT 89
- Inopereables 31 (treinta y uno)
- Únicamente con sistema de desinfección 16 (dieciséis)

En el consolidado del IRCA urbano 2019 se puede determinar que 85 municipios cumplen con lo establecido por la resolución 2115 del 2007, 22 se encuentran en riesgo bajo lo que implica que a pesar de las estrategias desarrolladas por los diferentes acueductos aún no cumplen con los requerimientos necesarios. Por otra parte, 16 se encuentran en riesgo medio y deben mejorar los procesos que se están implementando con el ánimo de ofrecer un servicio que mejore la calidad de vida de los usuarios.

En el consolidado IRCA rural 2019; solamente 10 municipios cumplen con todos los requisitos exigidos de acuerdo a la resolución 2115 del 2007; 13 se encuentran en riesgo bajo, 28

en riesgo medio, 59 en riesgo alto y 12 son inviables sanitariamente. Hay que resaltar el hecho que empeora la calidad del servicio por lo cual se refleja la falta de gestión de las administraciones municipales y juntas de acción comunal.

Figura 41. IRCA general 2019



Fuente: Autor con relación a información obtenida del IRCA municipal 2019

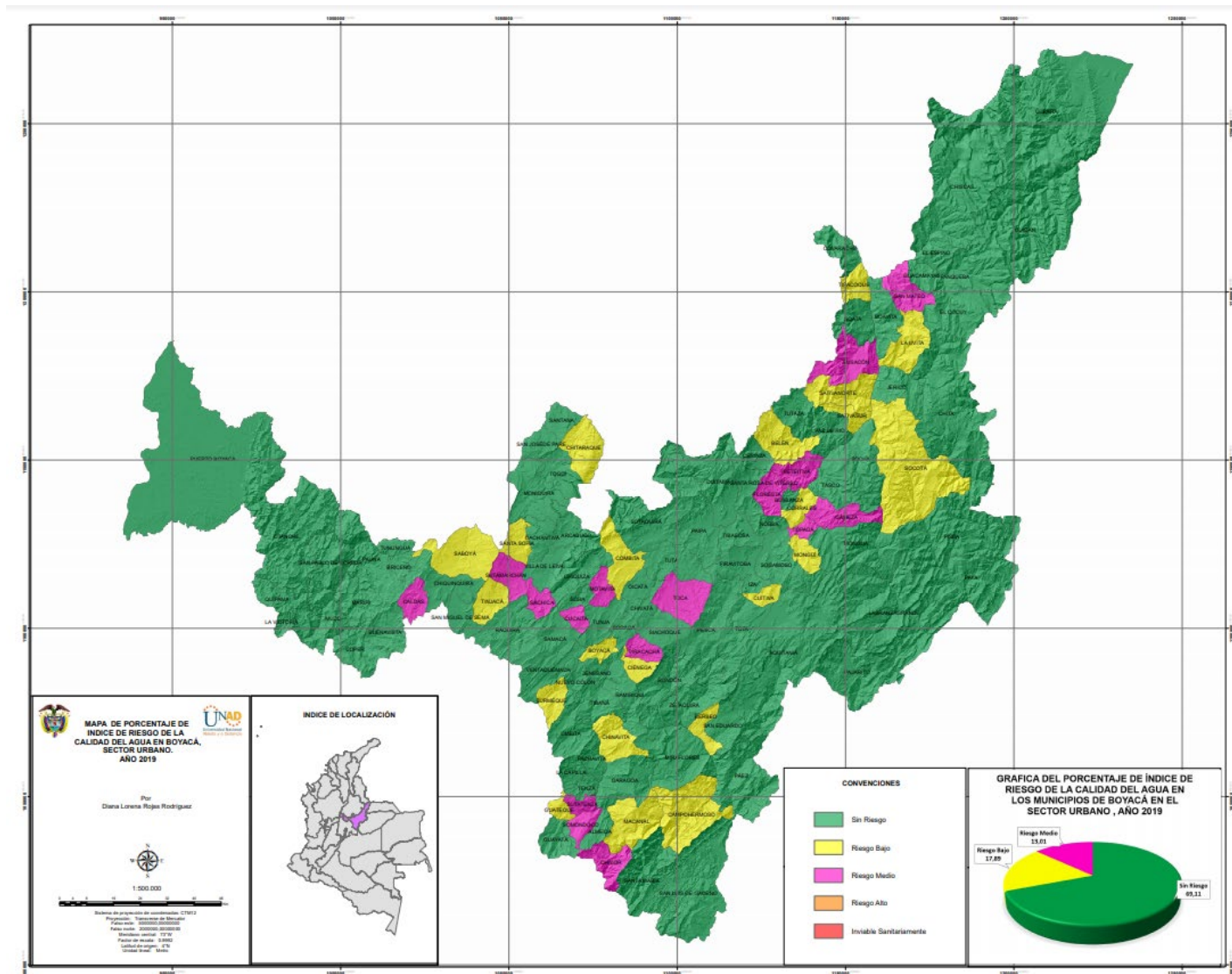
En el desarrollo del mapa IRCA municipal se observa que aumentaron la cantidad de municipios que se encuentran sin riesgo, esto se debe a la intervención realizada por parte de las diferentes entidades gubernamentales, sin embargo, aún se tienen muchos municipios en riesgo alto, razón por la cual se deben seguir implementando las medidas necesarias con el ánimo de mejorar la calidad del servicio.

Tabla 29. Índice de riesgo de calidad del agua en 123 municipios de Boyacá sector municipal, 2019

Categoría de índice de calidad del agua para consumo humano	Municipios de Boyacá IRCA Municipal 2019
<i>Inviabile sanitariamente</i>	
80,1 a 100%	
<i>Riesgo alto</i>	
35,1 a 80%	Almeida, Arcabuco, Belén, Berbeo, Beteitiva, Boyacá, Briceño, Buenavista, Caldas, Chivor, Ciénega, Chinavita, Coper, Cubará, Gachantivá, Güican, Jericó, La Capilla, La Uvita, Labranzagrando, Macanal, Mongua, Monguí, Moniquirá, Muzo, Otanche, Páez, Panqueba, Pauna, Ráquira, Rondón, Saboyá, Sáchica, San Eduardo, San Pablo de Borbur, Santa Sofía, Santana, Sativanorte, Socha, Socotá, Somondoco, Susacón, Sutamarchan, Tinjacá, Toca, Togui, Tunungua, Turmeque, Umbita.
<i>Riesgo medio</i>	
14,1 a 35%	Aquitania, Boavita, Cerinza, Chiscas, Chita, Chitaraque, Corrales, Covarachía, Cucaita, El Cocuy, Floresta, Gámeza, Garagoa, Guateque, Guayatá, Motavita, Nuevo Colón, Pachavita, Pesca, Puerto Boyacá, Ramiriquí, San José de Pare, San Luis de Gaceno, San Mateo, San Miguel de Sema, Santa Rosa de Viterbo, Siachoque, Soatá, Sotaquirá, Tasco, Tenza, Tibana, Tibasosa, Tipacoque, Topaga, Ventaquemada, Viracacha.
<i>Riesgo bajo</i>	
14,1 a 35%	Campohermoso, Chiquinquirá, Combita, Cuítiva, Duitama, El Espino, Guacamayas, Maripí, Nobsa, Paipa, Paya, Paz del Río, Quipama, Samacá, Sativasur, Sora, Soracá, Sutatenza, Tota, Tunja, Tuta, Zetaquirá.
<i>Sin riesgo</i>	
0 a 5%	Busbanza, Chíquiza, Chivata, Firavitoba, Iza, Jenesano, La Victoria, Miraflores, Oicatá, Pajarito, Pisba, Santa María, Sogamoso, Tutazá, Villa de Leyva.

Fuente. Autor

Figura 42. IRCA urbano 2019



Fuente. Autor con relación a información obtenida del IRCA urbano 2019

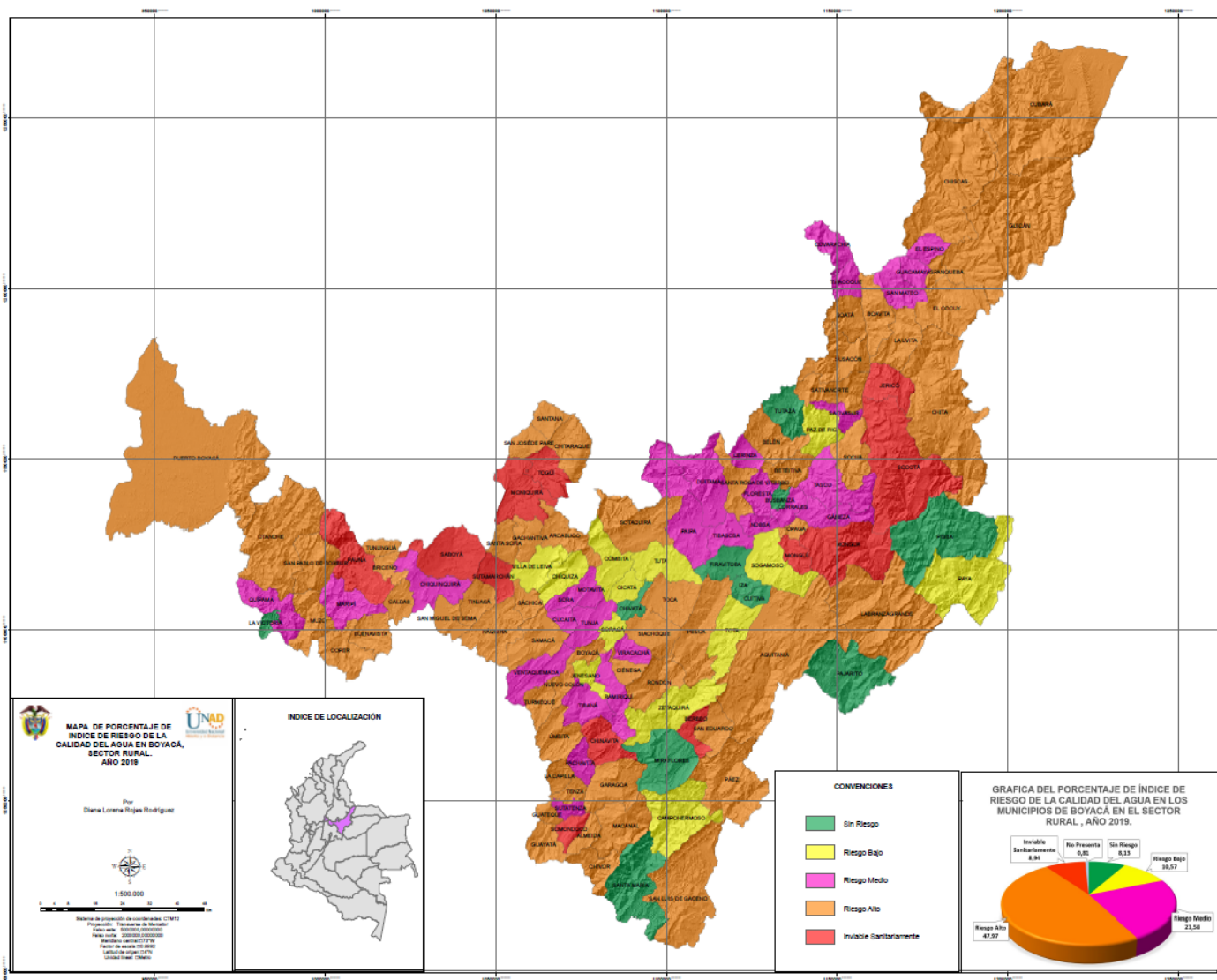
Respecto al mapa IRCA aún permanecen 16 municipios en riesgo medio, pero se puede apreciar que la gran mayoría ofrecen una calidad del servicio que es óptima. Se debe tener en cuenta que los municipios de Cucaita, Floresta, San Mateo, Somondoco, Toca y Topaga reportaron nuevamente valores positivos para Giardia y Cryptosporidium siendo representado en su valor de riesgo medio.

Tabla 30. Índice de riesgo de calidad del agua en 123 municipios de Boyacá sector urbano, 2019

Categoría de índice de calidad del agua para consumo humano	Municipios de Boyacá IRCA Urbano 2019
<i>Inviabile sanitariamente</i>	
80,1 a 100%	
<i>Riesgo alto</i>	
35,1 a 80%	
<i>Riesgo medio</i>	Beteitiva, Caldas, Chivor, Cucaita, Floresta, Gámeza, Motavita, Sáchica, San Mateo, Somondoco, Susacón, Sutamarchan, Sutatenza, Toca, Topaga, Viracacha.
14,1 a 35%	
<i>Riesgo bajo</i>	Belén, Berbeo, Boyacá, Campohermoso, Chinavita, Chitaraque, Ciénega, Combita, Corrales, Cúitiva, Guateque, La Uvita, Macanal, Monguí, Saboya, Santa Sofía, Sativanorte, Sativasur, Socotá, Tinjacá, Tipacoque, Turmeque.
14,1 a 35%	
<i>Sin riesgo</i>	Almeida, Aquitania, Arcabuco, Boavita, Briceño, Buenavista, Busbanza, Cerinza, Chiquinquirá, Chíquiza, Chiscas, Chita, Chivata, Coper, Covarachía, Cubará, Duitama, El cocuy, El Espino, Firavitoba, Gachantivá, Garagoa, Guacamayas, Guayatá, Güican, Iza, Jenesano, Jericó, La capilla, Labranzagrande, Maripí, Miraflores, Mongua, Moniquirá, Muzo, Nobsa, Nuevo Colon, Oicatá, Otanche, Pachavita, Páez, Paipa, Pajarito, Panqueba, Pauna, Paya, Paz del Río, Pesca, Pisba, Puerto Boyacá, Quípama, Ramiriquí, Ráquira, Rondón, Samacá, San Eduardo, San José de Pare, San Luis de Gaceno, San Miguel de Sema, San Pablo de Borbur, Santa María, Santa Rosa de Viterbo, Santana, Siachoque, Soatá, Socha, Sogamoso, Sora, Soracá, Sotaquirá, Tasco, Tenza, Tibana, Tibasosa, Togui, Tota, Tunja, Tunungua, Tuta, Tutazá, Umbita, Ventaquemada, Villa de Leiva, Zetaquirá.

Fuente. Autor

Figura 43. IRCA rural 2019



Fuente: Autor con relación a información obtenida del IRCA rural 2019

Con relación a los tres años anteriores el mapa IRCA rural mejoró en cuatro municipios sin embargo la calidad del servicio ofrecida no es la mejor, por lo que se recomienda continuar con las acciones preventivas propuestas desde el año 2017 por las administraciones municipales.

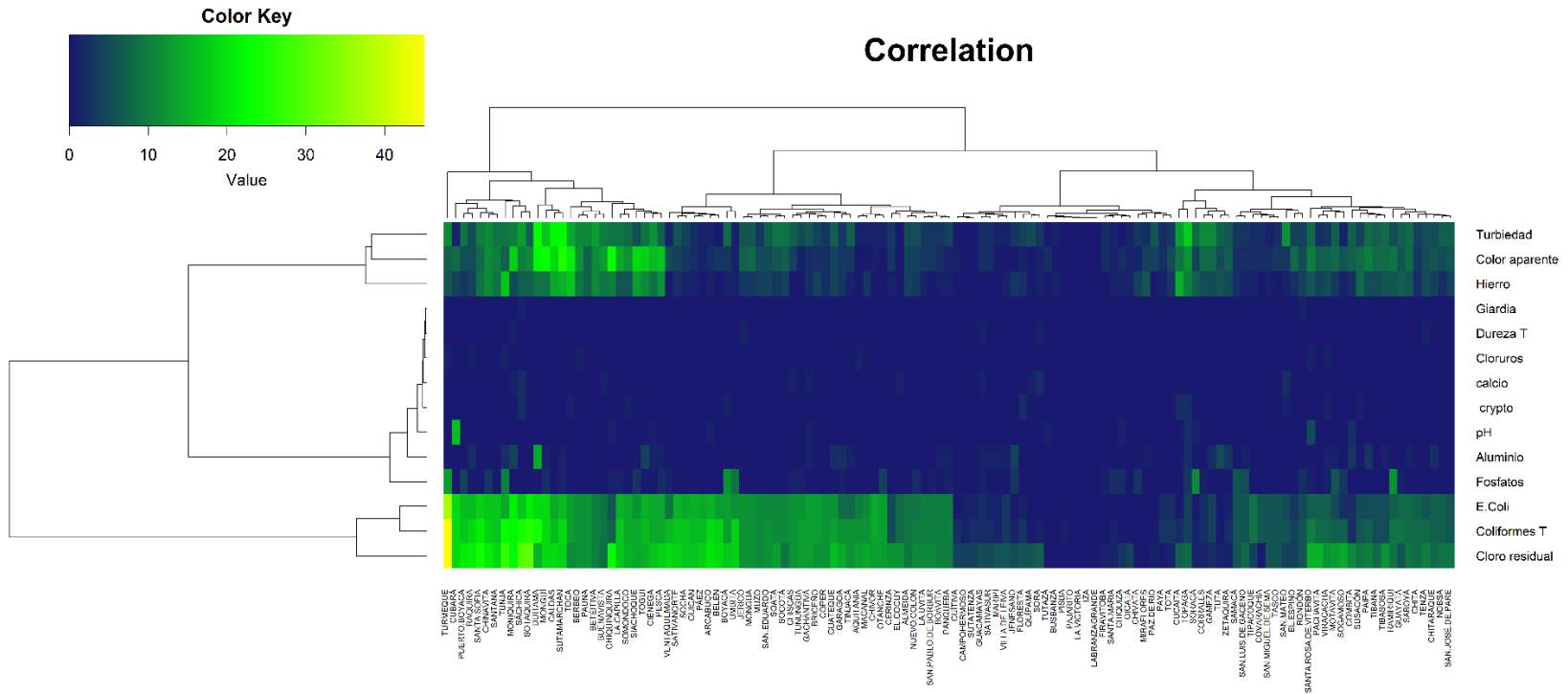
Tabla 31. Índice de riesgo de calidad del agua en 123 municipios de Boyacá sector rural, 2019

Categoría de índice de calidad del agua para consumo humano	Municipios de Boyacá IRCA Rural 2019
<i>Inviabile sanitariamente</i> 80,1 a 100%	Berbeo, Beteitiva, Jericó, Mongua, Monguít, Moniquirá, Pauna, Ráquira, Saboya, Socotá, Somondoco, Sutamarchan.
<i>Riesgo alto</i> 35,1 a 80%	Almeida, Aquitania, Arcabuco, Belén, Boavita, Boyacá, Briceño, Buenavista, Caldas, Chiscas, Chita, Chitaraque, Chivor, Combita, Coper, Cubara, El cocuy, Gachantivá, Garagoa, Guateque, Guayatá, Güican, La Capilla, La Uvita, Labranzagrande, Macanal, Muzo, Nuevo Colón, Otanche, Páez, Panqueba, Pesca, Puerto Boyacá, Rondón, Sáchica, Samacá, san Eduardo, San José de Pare, San Luis de Gaceno, San Miguel de Sema, San Pablo de Borbur, Santa Sofia, Santana, Sativanorte, Siachoque, Soatá, Socha, Tenza, Tinjacá, Tipacoque, Toca, Togui, Topaga, Tunja, Ventaquemada, Turmeque, Umbita.
<i>Riesgo medio</i> 14,1 a 35%	Cerínza, Chinavita, Chiquinquirá, Corrales, Covarachía, Cucaita, Duitama, El Espino, Floresta, Gámeza, Guacamayas, Maripi, Motavita, Nobsa, Pachavita, Paipa, Quipama, Ramiriquí, San Mateo, Santa rosa de Viterbo, Sativasur, Sora, Sotaquira, Sutatenza, Tasco, Tibana, Tibasosa, Viracacha.
<i>Riesgo bajo</i> 14,1 a 35%	Campohermoso, Chíquiza, Combita, Jenesano, Paya, Paz del Río, Sogamoso, Soracá, Tota, Tuta, Villa de Leyva, Zetaquira.
<i>Sin riesgo</i> 0 a 5%	Busbanza, Chivata, Cuítiva, Firavitoba, La Victoria, Miraflores, Pisba, Santa María, Tutazá.

Fuente. Autor

Correlación 2019

Figura 44. Matriz de doble entrada para el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua potable en el periodo 2019 en los municipios del Departamento de Boyacá. El análisis jerárquico externo indica el agrupamiento de variables y municipios con el método de Manhattan y distanciamiento de Ward.



Fuente. Autor

A diferencia de los años anteriores, los resultados del 2019 mostraron una modificación en el agrupamiento de las variables de acuerdo con el análisis jerárquico del costado derecho, lo que se puede atribuir a la significativa irregularidad en la calidad del agua potable en relación con las variables del conglomerado 3, correspondientes a *E. coli*, coliformes T. y cloro residual, principalmente para los municipios de los conglomerados 1 y 2 del análisis jerárquico superior. Sin embargo, el grupo de municipios 1, muestra una marcada irregularidad en variables del conglomerado izquierdo 1, correspondientes a turbiedad, color aparente y hierro, lo que lo hace completamente diferentes de los demás grupos. En este sentido, los municipios del grupo 3, manifiestan las mejores características de calidad de agua del departamento, mientras que el grupo 4, una irregularidad moderada a fuerte.

Recomendaciones

Con el desarrollo de este trabajo monográfico, nos permitimos recomendar que: En cuanto a los acueductos rurales es necesario que estos se organicen jurídica y administrativamente de tal forma que cuenten con estudios tarifarios que garanticen la sostenibilidad de una adecuada operación y mantenimiento de todos los componentes en un sistema de suministro; lo anterior teniendo en cuenta que en el momento la mayoría no lo tiene, o si existe no se ajusta a las necesidades de cada suministro, viéndose reflejado en el nivel de riesgo IRCA, como se puede observar en las tablas 3.9, 15 y 21 muestran que los valores más frecuentes que se reportan fuera de norma son los parámetros de Cloro, Color, Coliformes Totales, *Echerichia Coli* y Turbiedad; y lo más alarmante es que al momento de revisar su puntaje de riesgo establecido por el cuadro número 6 de la Resolución 2115 de 2007 se obtiene la sumatoria de hasta 76 puntos, lo que se entiende que de 100 personas que consuman esta agua 76 tendrán la probabilidad de adquirir enfermedades gastrointestinales.

La mayoría de los acueductos rurales no cuentan con sistemas de macromedición y micromedición, lo cual permite que se le dé un uso inadecuado al recurso hídrico, minimizando la eficiencia de los sistemas de tratamiento donde existen, sobredimensionando las estructuras, razón por la cual es de suma importancia realizar planes de uso y ahorro eficiente del agua y se implementen dichos sistemas de regulación de caudal, lo cual incide directamente en la cantidad, calidad y continuidad del agua.

Se recomienda que los usuarios sean dotados de tanques de almacenamiento domiciliarios de material sanitario y con su respectiva tapa, además de realizar la debida limpieza y desinfección por lo menos dos veces al año, lo anterior teniendo en cuenta que de su implementación depende

que se garantice y conserve las condiciones físicas, químicas y microbiológicas con las que el prestador suministra el agua.

Se sugiere una mejor intervención e inversión por parte de las entidades gubernamentales; lo anterior teniendo en cuenta que hasta el momento se han enfocado en realizar consultorias y proyectos que no son ejecutados, además de brindar a los prestadores capacitaciones tanto en la parte jurídica administrativa como técnico operativo.

Se requiere de un mejor manejo, protección y cuidado frente a las fuentes hídricas, debido a la poca vigilancia que se está realizando por parte de los entes encargados, quienes no hacen cumplir la protección de las rondas hídricas permitiendo actividades antropicas como la agricultura, ganadería, vertimientos puntuales y difusos que se tienen a lo largo de las cuencas, los cuales alteran sus propiedades físico, químicas y microbiológicas, haciendo que los prestadores requieran de un mayor tratamiento para dar un buen servicio.

Así mismo la inadecuada planeación de los diseños en el sistema de tratamiento, limita bastante la calidad del agua que muchas veces por los malos manejos de rubros económicos suelen construir plantas inoperables que desfavorecen a la población que la consume.

Se deben implementar las acciones necesarias con el ánimo de involucrar a la población beneficiada por medio de talleres, capacitaciones y charlas educativas, que permitan dar a conocer los daños y afectaciones que generan en la salud el consumo de agua de mala calidad, además las ventajas que se tienen al realizar un adecuado almacenamiento.

Gran parte del estado, calidad, cantidad y continuidad del recurso hídrico en el departamento de Boyacá depende de los entes gubernamentales, por lo tanto, para mejorar la calidad de agua que se suministra es necesario articular todos los entes para que diseñen mejores propuestas de

optimización de sistemas de tratamiento que garanticen su captación, tratamiento, distribución y almacenamiento.

La mayoría de sistemas de tratamiento que se encuentran obsoletos tanto en el área urbano como rural, son por que se han diseñado sin tener en cuenta la calidad del agua de las fuentes abastecedoras en tiempo seco y de lluvia; por lo cual se deberán verificar los proyectos, para que sean planeados de tal forma que suplan y garanticen la calidad de agua para consumo humano y por ende la salud de las poblaciones.

Siempre se debe enfocar los diseños de los sistemas de tratamiento en el tipo de fuente ya que en el departamento en un principio se tuvo una tendencia a implementar sistemas FIME (Filtración en Múltiple Etapas); los cuales no tienen la misma eficiencia en épocas de lluvia, y por lo tanto tienden a colmatarse afectando directamente en la calidad de agua: así mismo, no son recomendables para fuentes superficiales en especial quebradas.

Es importante resaltar que, si no se realiza una adecuada remoción de materia orgánica en los procesos preliminares y se desinfecta, el desinfectante actúa con esta materia y da origen a compuestos químicos como lo son los trihalometanos y cloramina las cuales son cancerígenas.

Se debe realizar acciones preventivas aguas arriba de las fuentes de abastecimiento, como lo son cumplimiento de las rondas hídricas, protección y reforestación de las mismas, con el fin de evitar actividades como lo son el pastoreo, agricultura, minería entre otras que aportan parámetros físicos, químicos y microbiológicos, que afectan la calidad del agua y conllevan a implementar sistemas de tratamiento costosos y de alta operatividad.

La falta de capacitación frente a la operación de sistemas de tratamiento por parte de los operarios o fontaneros, no permite que se realice una adecuada operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento, afectando la eficiencia de los mismos y por ende la calidad del agua.

Al concientizar al sector industrial, ganadero y agrícola sobre el manejo adecuado de las fuentes de abastecimiento y su incidencia en la calidad de agua, se podrán garantizar mejores características de la fuente y reducir los costos de operabilidad.

Conclusiones

Con relación al primer objetivo se dio cumplimiento al realizarse una descripción sobre las características físicas, químicas, microbiológicas y parasitológicas del agua potable suministrada en el departamento de Boyaca en el periodo comprendido entre los años 2016 al 2019 teniendo como base lo establecido dentro de la Resolución 2115 de 2007.

Con relación al segundo objetivo y teniendo en cuenta el IRCA a nivel general, urbano y rural se pudo determinar por medio de un mapa de riesgo elaborado en Argis la situación actual del departamento con relación a la calidad del agua suministrada en cada uno de los municipios y el riesgo que implica para cada uno de los usuarios el ingerir aguas con un tratamiento inadecuado y las repercusiones que tienen en la salud.

Se pudo dar cumplimiento a lo planteado dentro del objetivo general en el momento que se realizan una serie de tablas y mapas de riesgo que nos permiten tener un panorama a detalle de cada uno de los municipios de acuerdo a la calidad del agua que están suministrando a los diferentes usuarios.

Se evidencio la falta de capacitación de los operarios de los sistemas de tratamiento frente a las técnicas de desinfección utilizados en el departamento, por lo que no se puede garantizar un proceso constante desde la adición de químico, el cual deberá realizarse dependiendo de la curva de demanda de cloro elaborada para temporada seca y lluvia, y así no solo se certifique la dosificación del producto sino también el tiempo de contacto del mismo. Lo anterior teniendo en cuenta este estudio donde se demuestra que gran parte de los niveles de riesgo dependen de este parámetro

Referencias

- Alcadía de Tunja. (2017). Localización geográfica de Tunja. Disponible en: <http://www.tunja-boyaca.gov.co/municipio/geografia>
- Barjenbruch, M. (2012). Wastewater disposal in rural areas. *Desalination and Water Treatment*. 39(1-2).
- Bendezu-Quispe, G., Whuking-Zea, C., Medina-Molina, P., Maruy-Yumi, A., Namuche-Marín, B. (2018). Concentración inadecuada de cloro residual libre en agua de hogares de lima metropolitana 2016. *Revista Peruana Médica Experimental en Salud Pública*. 35(2): 347-348.
- Boretti, A. & Rosa, L. (2019). Recessing the projections of the World water development report, *NPJ clean water*. 2(15): 2-6.
- Briñez, K., Juliana, C. G., Samuel, V., & Arias, A. (2012). Calidad de agua para consumo humano en el departamento del Tolima. *Revista de la Facultad Nacional de Salud Pública*. 30(2): 176-182.
- Briñez, K., Gauarnio, J., Arias, S. (2012). Calidad de agua para consumo humano en el departamento del Tolima. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*. (30)2: 175-182.
- Cassivi, A., Waygood, O. & Dorea, C. (2017). 1869 - Quality of Life Impacts Related to the Time to Access Drinking Water in Malaw. *Journal of transport & health*. 5: s15.
- Celis, L. (2013). ANÁLISIS DE LA POLÍTICA PÚBLICA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO PARA EL SECTOR RURAL EN COLOMBIA - PERÍODO DE GOBIERNO 2010 - 2014. Tesis de grado de la maestría en política social.
- DNP. (2018). *Las 16 grandes apuestas de Colombia para cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación.
- Domiguez-Rivera, I., Oviedo-Ocaña, E. & Restrepo-Tarquino, I. (2016). Service Provision in Rural Water Supplies: Analysis of Four Community-Based Systems in Colombia. *Cuadernos de Desarrollo Rural*. 13(77): 117-140.
- Fajardo, A., Gaines, S., Muñoz-Silva, V., Otero, V. & Mendoza, V. (2017). Calidad del agua y características habitacionales de un barrio en Bogotá. *ANOVA*. 3(4): 1-116.
- Félix-Fuentes, A., Campas-Baypoli, O., Aguilar-Apocada, G. & Meza-Montenegro, M. (2007). Calidad microbiológica del agua de consumo humano de tres comunidades rurales del sur de Sonora (México). *Revista de Salud Pública y Nutrición*. 8(3): 1-13.
- García, L. y Iannacone, J. (2014). *Pseudomonas aeruginosa* an additional indicator of drinking water quality: a southamerican bibliographic analysis. *The Biologist*. 12(1): 133-152.

- Gerten, D., Heinke, J., Hoff, H., Beimans, H., Fader, M. & Waha, K. (2011). Global Water Availability and Requirements for Future Food Production. *Journal of Hydrometeorology*. 12(5): 885-899.
- Gobernación de Boyacá. (2018). Ordenamiento Territorial Departamental de Boyacá OTDB. Disponible en: https://www.dapboyaca.gov.co/wp-content/uploads/2018/09/DIMENSION-FUNCIONAL_SERVICIOS_INFRAESTRUCTURA.pdf
- IGAC - DANE. (2019). Toda Colombia Poblacion proyección 2018. Recuperado <https://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/boyaca/index.html>.
- Instituto Nacional de Salud. (2015). Obtenido de SIVICAP: <http://ins.gov.co/sivicap/Paginas/sivicap.aspx>
- INV. de Mercados. (s.f.). Obtenido de <https://sites.google.com/site/julianmercados/investigacion-de-mercados/1clases-de-investigaciones>
- Lampoglia, T. C., Agüero, R., & Barrios, C. (2008). Orientaciones sobre agua y saneamiento para zonas rurales. 51p. Disponible en: https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/LAMPOGLIA%20et%20al%202008.%20Orientaciones%20sobre%20agua%20y%20saneamiento%20para%20zonas%20rurales.pdf
- Landinez-Torres, A., Panelli, S., Picco, A., Comandatore, F., Tosi, S. & Capelli, E. (2019). A meta-barcoding analysis of soil mycobiota of the upper Andean Colombian agro-environment. *Cientific Reports*. 9(1): 1-12.
- Larsen, M., Petrovic, S., Engstöm, E., Drews, M., Liersch, S., Karlsson, K. & Howells, M. (2019). *Energy Strategy Reviews*. 26: 100426.
- McDonald, R., Weber, K., Padowski, J., Flörke M., Scheider, C. Green, G., Gleeson, T., Eckman, S., Lehner, B., Balk, D., Boucher, T., Grill, G. & Montgomery, M. (2014). Water on an urban planet: Urbanization and the reach of urban water infrastructure. *Global Environmental Change*. 27: 96-105.
- Minambiente. (2007). Resolución número 2115 del 22 de junio de 2007. Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res_2115_de_2007.pdf
- Ministerio de la Protección Social. (2008). Documento COMPES de lineamientos para la formulación de la política integral de salud pública con énfasis en los componentes de calidad de aire, calidad de agua y seguridad química. Disponible en: <http://www.minvivienda.gov.co/conpesagua/3550%20-%202008.pdf>

- Ministerio de Salud . (1979). Ley 9 de 1979 de nero 24. Dispinble en:
https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/LEY%200009%20DE%201979.pdf
- Minsalud. (1998). Decreto 475 de 1998. Disponible en:
https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/DECRETO%200475%20DE%201998.PDF
- Minsalud. (2007). Decreto número 1575 de 2007. Disponible en:
<https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Disponibilidad-del-recurso-hidrico/Decreto-1575-de-2007.pdf>
- OMS. (2002). Agua para la salud: un derecho humano. Disponible en:
<https://www.who.int/mediacentre/news/releases/pr91/es/>
- OMS. (2010). Porocesos sobre agua y saniambiente.Disponible en:
https://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/jmp2012/fast_facts/es/
- OMS. (2012). Informe del GLAAS de 2012. Análisis y evaluación mundial del saneamiento y el agua potable de ONU-Agua. El reto de ampliar y mantener los servicios. 112ppp.
Disponible en:
https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/91344/9789243503363_spa.pdf?sequence=1
- OMS. (2017). 2100 millones de personas carecen de agua potable en su hogar y más del doble no disponen de saneamiento básico. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/detail/12-07-2017-2-1-billion-people-lack-safe-drinking-water-at-home-more-than-twice-as-many-lack-safe-sanitation>
- ONU. (2013). The equitable access score-card. Supporting policy processes to achieve the human right to water and sanitstion. 60p. Disponible en:
http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/water/publications/PWH_equitable_access/1324456_ECE_MP_WP_8_Web_Interactif_ENG.pdf
- ONU. (2010). Decenario Internacional para la acción" El agua fuente de vida". Disponible en:
https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml
- ONU. (2019). Informe Mudial de las Naciones Unidas para el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019. No dejar a nadie atrás. Disponible en:
<https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>
- Peth, D., Drasting, K. & Prochnow, A. (2017). Quantity- and Quality-Based Farm Water Productivity in Wine Production: Case Studies in Germany. *Water*. 9(88): 1-14.
- Reina-Aranza, Y. & Rubio-Ramirez, K. (2016). Boyacá: Una constante entre competitividad, desempeño económico y pobreza. Documento de trabajo sobre economía regional. Centro de Estudios econímcos regionales, Banco de la República. 86p.

Rojas-Higuera, N., Snchez-Gabillero, A., Matiz-Villamizar, Salcedo-Reyes, J., Carrascal-Camacho, K., Pedroza-Rodríguez, A. (2010). Evaluación de tres métodos para la inactivación de coliformes y *Escherichia coli* presentes en agua residual doméstica, empleada para riego. *Universitas Scientiarum*. 15(2): 139-149.

Sampieri, R., Collado, C., & Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill Education.

Stiles, F. y Bohórquez, C.(2000). Evaluando el estado de la biodiversidad: el caso de la avifauna de la Serranía de las Quinchas, Boyacá, Colombia. *Caldasia*. 22(1): 61-92.

Valencia Cuesta, A. T. (2016). Evaluación de la calidad agua para consumo, en la cabecera municipal de Riosucio departamento del Choco- Colombia. Manizales, Colombia: Universidad de Manizales.