

Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano en zonas urbanas del departamento de Boyacá, Colombia, 2004-2013

Water Quality for Human Consumption Risk Index in Urban Areas of the Boyacá Department, Colombia, 2004-2013

Índice de risco da qualidade da água para consumo humano em zonas urbanas do departamento de Boyacá, Colômbia, 2004-2013

Mery Yaneth Dueñas-Celis¹, Liliana Marcela Dorado-González², Patricia Espinosa-Macana³ (In memoriam), Sandra Helena Suescún-Carrero⁴

"La vida me ha enseñado a decir adiós a la gente que quiero, sin sacarlos de mi corazón". Charlie Chaplin

1. Bacterióloga. Grupo de Investigación del Laboratorio de Salud Pública de Boyacá. Secretaría de Salud de Boyacá. Colombia. meryduenas@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-9603-1239>
2. Ingeniera Química. Grupo de Investigación del Laboratorio de Salud Pública de Boyacá. Secretaría de Salud de Boyacá. Colombia. limado26g@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-0514-4746>
3. Química de Alimentos. Grupo de Investigación del Laboratorio de Salud Pública de Boyacá. Secretaría de Salud de Boyacá. Colombia.
4. Bacterióloga. Magíster en Administración en Salud. Grupo de Investigación del Laboratorio de Salud Pública de Boyacá. Secretaría de Salud de Boyacá. Colombia. sandrahsc@yahoo.com, <http://orcid.org/0000-0001-5821-4421>

Recibido: 22/09/2017. Aprobado: 20/09/2018. Publicado: 30/09/2018.

Dueñas-Celis MY, Dorado-González LM, Espinosa-Macana P (q. e. p. d.), Suescún-Carrero SH. Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano en zonas urbanas del departamento de Boyacá, Colombia 2004-2013. Rev. Fac. Nac. Salud Pública. 2018;36(3):101-109. DOI: 10.17533/udea.rfnsp.v36n3a10

Resumen

Introducción: La calidad del agua para consumo humano es un factor determinante en las condiciones de salud de las poblaciones. La diferencia entre prevenir o transmitir las enfermedades de origen hídrico depende de varios factores, como la calidad y la continuidad del servicio de suministro de agua. **Objetivo:** Determinar el comportamiento del índice de riesgo

de la calidad del agua (IRCA) para consumo humano en zonas urbanas del departamento de Boyacá en el periodo de 2004 a 2013. **Metodología:** Estudio descriptivo. Se incluyeron 122 acueductos de las zonas urbanas de los municipios del departamento de Boyacá, para la evaluación del IRCA. La toma de muestra se hizo según normatividad establecida y para ello se

* Este texto es producto de la investigación "Calidad del agua para consumo humano en el departamento de Boyacá", inscrita el Grupo de Investigación del Laboratorio de Salud Pública de Boyacá, Secretaría de Salud de Boyacá. Fecha de inicio: agosto de 2016. Fecha de terminación: julio de 2017.

capacitó a técnicos en saneamiento ambiental. Se realizaron análisis físicos, químicos y microbiológicos (coliformes totales, *Escherichia coli*, color aparente, turbiedad, pH y cloro residual libre). Las variables analizadas se registraron en el sistema de información de la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano (SIVICAP). También se hizo análisis estadístico de medidas de tendencia central y de promedios. **Resultados:** De los 122 municipios de Boyacá, en el año 2004, el 77 % se encontraban con IRCA en riesgo alto y 23 % en riesgo medio. A través del tiempo se evidencia la disminución en el nivel de riesgo, encontrándose, en el año 2013, el 3 % en riesgo alto, el 14 % riesgo medio, el 29 % en riesgo bajo y el

54 % sin riesgo. **Conclusiones:** Durante el periodo estudiado en el departamento de Boyacá, el IRCA evidenció una tendencia a la disminución, pasando de riesgo alto a riesgo bajo, esto debido posiblemente a la implementación e intensificación de acciones de vigilancia en salud ambiental, llevadas a cabo por la Secretaría de Salud del departamento, como visitas de inspección sanitaria, verificación de buenas prácticas sanitarias, capacitación personalizada a operarios de planta de tratamiento y monitoreo permanente.

-----**Palabras clave:** control de calidad del agua, índice de riesgo, calidad del agua, Boyacá (Colombia).

Abstract

Introduction: The quality of water for human consumption is a determining factor in the health conditions of populations. The difference between preventing and transmitting waterborne diseases depends on several factors, such as the quality and continuity of the water supply service. **Objective:** To determine the performance of the índice de riesgo de la calidad del agua (water quality risk index, IRCA) for human consumption in urban areas of the department of Boyacá from 2004 to 2013. **Methodology:** Descriptive study. 122 aqueducts of the urban zones of the municipalities of the Boyacá department were included in the IRCA evaluation. The sample was taken according to established regulations and for this, technicians were trained in environmental sanitation. Physical, chemical and microbiological analyses were carried out (total coliforms, *Escherichia coli*, visible color, turbidity, pH and free residual chlorine). The variables analyzed were recorded in the water quality monitoring information system for human consump-

tion (SIVICAP, as per its Spanish acronym). Statistical analysis of central trend measures and averages was also performed.

Results: In 2004, in 122 municipalities of Boyacá, 77% had an IRCA at high risk and 23% at medium risk. Over time, there has been a decrease in the level of risk, 3% had high risk, 14% medium risk, 29% low risk and 54% were without risk in 2013. **Conclusions:** In the period studied in the department of Boyacá, the IRCA showed a tendency to decrease, going from high risk to low risk, possibly due to the implementation and intensification of environmental health surveillance actions carried out by the department's Ministry of Health, such as health inspection visits, verification of good health practices, personalized training for treatment plant operators and permanent monitoring.

-----**Keywords:** water quality control, risk index, water quality, Boyacá (Colombia).

Resumo

Introdução: A qualidade da água para consumo humano é um fator determinante nas condições da saúde das populações. A diferencia entre prevenir ou transmitir as doenças de origem hídrica depende de vários fatores, como a qualidade e a continuidade do serviço do fornecimento da água. **Objetivo:** Determinar o comportamento do índice de risco da qualidade da água (IRCA) para consumo humano nas zonas urbanas do departamento de Boyacá no período de 2004 ao 2013. **Metodologia:** Estudo descritivo. Se incluíram 122 aquedutos das zonas urbanas dos municípios do departamento de Boyacá, para a avaliação do IRCA. A coleta da amostra se fez segundo normatividade estabelecida e pra isto se capacitou aos técnicos no saneamento ambiental. Se realizaram análises físicas, químicas e microbiológicas (coliformes totais, *Escherichia coli*, color aparente, turbidez, pH e cloro residual livre). As variáveis analisadas se cadastraram no sistema de informação da vigilância da qualidade da água para consumo humano (SIVICAP). Também se fez análise estatístico das

medidas de tendência central e das médias. **Resultantes:** Dos 122 municípios de Boyacá, no ano de 2004, o 77 % se encontrava com IRCA num risco alto e 23 % no risco médio. A través do tempo se evidencia a diminuição no nível de risco, encontrándose, no ano de 2013, o 3 % no risco alto, no 14 % risco médio, o 29 % no risco baixo e o 54 % sem risco. **Conclusões:** Durante o período estudado no departamento de Boyacá, o IRCA evidenciou uma tendência para a diminuição, passando de risco alto pro risco baixo, isto devido possivelmente pela implementação e a intensificação de ações de vigilância da saúde ambiental, levadas a bom fim pela Secretaria da Saúde do departamento, como visitas de inspeção sanitária, verificação de boas práticas sanitárias, capacitação personalizada aos operários de usina de tratamento e tamisado permanente.

-----**Keywords:** controle de qualidade da água, índice de risco, qualidade da água, Boyacá (Colômbia).

Introducción

La calidad del agua para consumo humano es un factor determinante en las condiciones de salud de las poblaciones; sus características pueden favorecer tanto la prevención de enfermedades como ocasionar la transmisión de agentes que las causan, como enfermedad diarreica aguda, hepatitis A, polio, 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 [1].

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 [2]. En el año 2017, en todo el mundo, alrededor de 3 de cada 10 personas, o 2100 millones de personas, carecen de acceso a agua potable y disponible en el hogar, y 6 de cada 10, o 4500 millones, carecen de un saneamiento seguro, según un informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y del Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (United Nations International Children's Emergency Fund, UNICEF) [3].

Las legislaciones vigentes en los distintos países plantean requerimientos particulares que deben cumplirse para el agua según su uso [4-6]. Las mayores exigencias en calidad física, química y microbiológica están previstas para el agua de consumo humano, con concentraciones máximas permitidas de distintos analitos y microorganismos, que deben cumplirse siguiendo, en muchos casos, metodologías específicas para los análisis [7].

En Colombia, los ministerios de Vivienda, Ambiente y Desarrollo Sostenible, de Salud y la Protección Social emiten normas que regulan las responsabilidades de los diferentes actores para poder ejecutar acciones de vigilancia de la calidad del agua para consumo humano. El departamento de Boyacá, a través de la Secretaría Departamental de Salud, ha desarrollado acciones de inspección, vigilancia y control relacionadas con la calidad del agua para consumo humano, con base en las competencias dadas por la Ley 715 de 2001 [8], en donde, según las diferentes categorías municipales, se asignan responsabilidades de acuerdo con lo previsto en el Decreto 1575 de 2007 [9] y la Resolución 2115 del mismo año [10,11], y dando cumplimiento a lo establecido en la Resolución 811 del año 2008, en donde se definen los lugares y puntos de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano [12].

El *índice de riesgo de la calidad del agua* (IRCA) es la probabilidad de ocurrencia de enfermedades relacio-

nadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano, como color, turbiedad, pH, cloro residual libre, coliformes totales y *Escherichia coli*, y se determina con el fin de asegurar y preservar la calidad del agua en los sistemas de distribución, desde la planta de tratamiento hasta la entrega a la comunidad. La clasificación del IRCA define una proporción de puntaje, así: de 80,1 a 100 % es inviable sanitariamente; de 35,1 a 80 % es riesgo alto; de 14,1 a 35 % es riesgo medio; de 5,1 a 14 % es riesgo bajo, y de 0 a 5 %, sin riesgo [10].

En Colombia, el IRCA urbano promedio a nivel nacional en los años 2008 fue de 16,7 %; en 2009, de 13,8 %; en 2010, de 11,9 %; en 2011, de 11,5 %, y en 2012, de 13,2 %, ubicándose en estos años en riesgo medio y bajo [13]. En general, el IRCA reportado por algunos departamentos en el periodo 2007 a 2013 fue, en Nariño, de 39,20 %; Huila, 33,07 %; Casanare, 29,86 %; Boyacá, 15,26 %; Santander, 15,09 %, y Cundinamarca, 7,16 % [14].

El propósito de este estudio fue determinar el comportamiento del IRCA para consumo humano en zonas urbanas del departamento de Boyacá, en el periodo de 2004 a 2013.

Metodología

Tipo y área de estudio

El presente trabajo fue realizado con 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.

En este estudio descriptivo, la población estuvo conformada por los acueductos de las zonas urbanas de los 122 municipios del departamento de Boyacá. No se incluyó el municipio de Cubará, cuyos análisis se hicieron en el departamento de Arauca.

Toma de muestra

La toma de muestras se llevó a cabo de acuerdo con un plan de muestreo, elaborado al inicio de cada año, y que respondió a las exigencias establecidas en la normatividad de calidad del agua para consumo humano [9,15]. Las muestras fueron tomadas por técnicos en saneamiento ambiental (entre 60 a 70 personas contratadas para cada uno de los años de estudio), los cuales fueron capacitados al inicio de cada año en toma, conservación y transporte de muestras de agua, siguiendo los lineamientos técnicos del Laboratorio Departamental de Salud Pública (LDSP) y establecidos por el Instituto Nacional de Salud [16].

Los técnicos fueron entrenados para la determinación de pH y cloro residual libre en campo. Los paráme-

tros de color aparente, turbiedad, coliformes totales y *E. coli* fueron determinados en el laboratorio, debido a que estos mensurandos presentan mayor estabilidad.

Las muestras fueron transportadas al LDSP para su respectivo análisis, garantizando la cadena de custodia.

Procesamiento de las muestras

Se analizaron 14 760 muestras, a las cuales se les realizaron análisis físicos y químicos (color, turbiedad, pH y cloro residual libre), mediante técnicas nefelométricas, espectrofotométricas y potenciométricas, y análisis microbiológico, determinando coliformes totales y *E. coli*, como indicadores biológicos de contaminación del agua, mediante la técnica de sustrato definido, descritas en el *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* [7].

Determinación del índice de riesgo de la calidad del agua

Las variables analizadas, color, turbiedad, pH, cloro residual libre, coliformes totales y *E. coli*, se registraron en el sistema de información de la vigilancia de la

calidad del agua para consumo humano (SIVICAP), que permite a todas las autoridades sanitarias departamentales reportar los datos de la vigilancia de la calidad del agua en función de sus actividades de inspección, vigilancia y control en el país; también posibilita mantener el reporte en línea de la información de la calidad del agua. En este sistema se calculó el IRCA y se determinó el nivel de riesgo. Estos datos analizados corresponden a la consolidación anual de los IRCA por municipio, que generan el resultado del departamento.

Análisis estadístico

Se efectuó el cálculo de medidas de tendencia central: media, desviación estándar, coeficiente de correlación y percentiles 25 y 75. Se utilizó el programa Excel de Microsoft Office® y la aplicación SIVICAP para generar los índices de riesgo, basándose en lo establecido en los artículos 13 y 14 de la Resolución 2115 de 2007, en donde se asignó un puntaje de riesgo a cada una de las características físicas, químicas y microbiológicas.

Para el cálculo del IRCA se utilizó la ecuación 1:

$$IRCA \text{ por muestra } (\%) = \left(\frac{\text{Sumatoria puntajes de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\text{Sumatoria puntajes de riesgo asignados a todas las características analizadas}} \right) 100 \quad \text{Ecuación 1 [10].}$$

Se promedió el IRCA de los municipios evaluados, generando una gráfica de tendencia que muestra el comportamiento del IRCA por año en el periodo estudiado.

Consideraciones éticas

De acuerdo con lo dispuesto en la Resolución 8430 de 1993, expedida por el Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, la presente investigación se clasifica en grado de riesgo 1.

La recolección de las muestras y la obtención de la información se ajustaron a las normas éticas de garantía de la confidencialidad.

Resultados

De los 122 municipios incluidos en el año 2004, el 77 % (94) se encontraba con IRCA en riesgo alto, y el 23 % (28) restante, en riesgo medio. A través del tiempo, se evidenció la disminución en el nivel de riesgo, hallándose, en el año 2013, el 54 % (66) sin riesgo; el 29 % (35) en riesgo bajo; el 14 % (17) en riesgo medio, y el 3 % (4) en riesgo alto.

En el periodo de estudio, se encontró seis municipios con IRCA en nivel de riesgo invariable sanitariamente: Santamaría y Siachoque, en el año 2005; Santana, en 2005 y 2008; Saboyá, en 2008; Ráquira y Rondón, en 2008 y 2009, lo que corresponde, en el año 2005, al 2,5 %; en el 2008, al 3,3 %, y en 2009, al 1,6 %.

En el tiempo estudiado se observó que un 32 % de los municipios se hallaba en el nivel de riesgo medio (véase figura 1).

El IRCA promedio de los acueductos de las zonas urbanas de los municipios del departamento de Boyacá fue de 22,27, la desviación estándar de 12,91, y el coeficiente de variación fue de 0,57, lo que evidencia homogeneidad. El percentil 25 fue de 11,24, y el percentil 75, de 32,34.

En la figura 2 se observa el promedio anual de los IRCA del área urbana de los 122 municipios durante el periodo estudiado, presentando una tendencia a disminuir del nivel de riesgo alto, 41,80 %, a un nivel sin riesgo, con 7,65 %. El IRCA departamental durante el periodo de estudio fue de 22,3 % y en el periodo 2007 al 2013 fue 15,3 %, ubicando al departamento en riesgo medio.

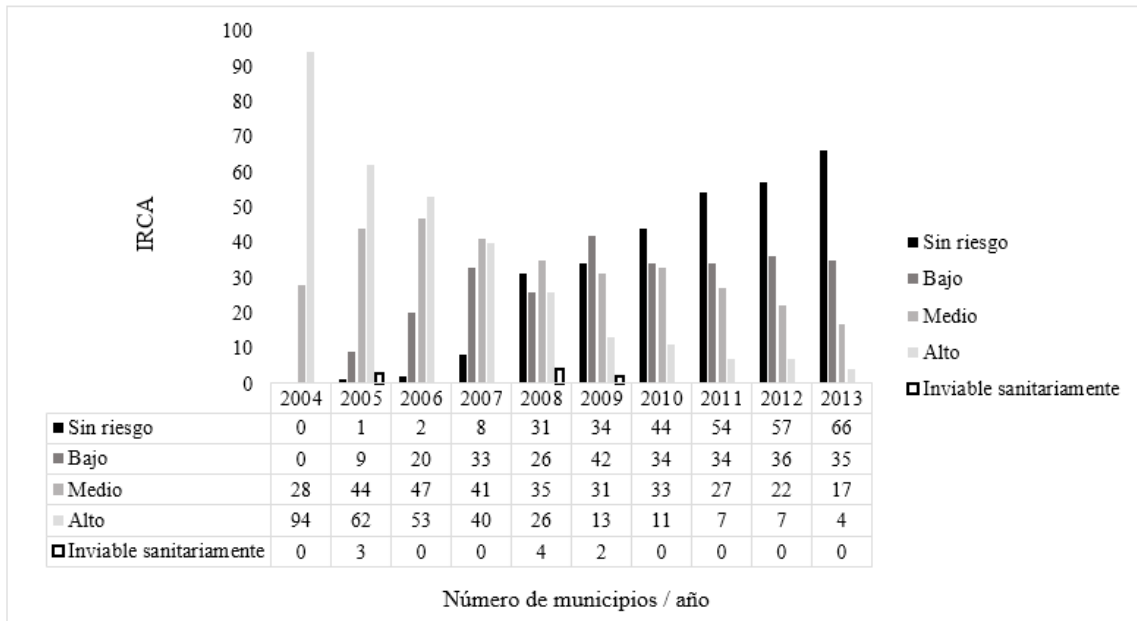


Figura 1. Clasificación de 122 municipios del departamento de Boyacá, según el índice de riesgo de la calidad del agua (IRCA) del área urbana, durante los años 2004 a 2013.

Fuente: SIVICAP.

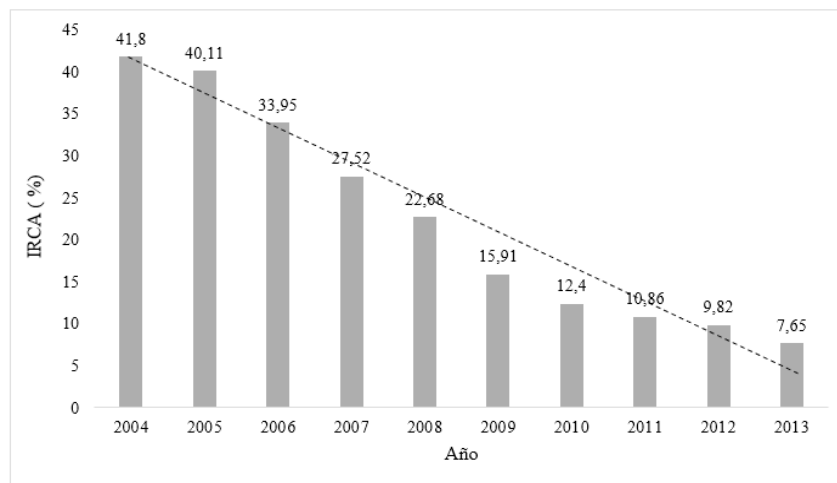


Figura 2. Distribución de los valores del índice de riesgo de la calidad del agua (IRCA) en áreas urbanas del departamento de Boyacá, 2004-2013

Fuente: SIVICAP

Para el año 2004, se observó que en las cabeceras municipales se distribuyó agua con evidente riesgo para la salud del consumidor, puesto que el 100 % de los municipios se encontraron en riesgo medio y alto. Para el año 2013, el 83 % se ubicaron sin riesgo y riesgo bajo, evidenciándose que el 54 % de los municipios suministraron agua apta para el consumo humano (véanse figuras 3 y 4).

El resultado del análisis del agua de cada uno de los prestadores del servicio de acueducto de los 122 municipios del departamento de Boyacá se registró en el SIVICAP, y se entregó al área de salud ambiental de la Secretaría Departamental en Salud de Boyacá, para ejecutar acciones de vigilancia de factores de riesgo del ambiente asociados a la calidad del agua.

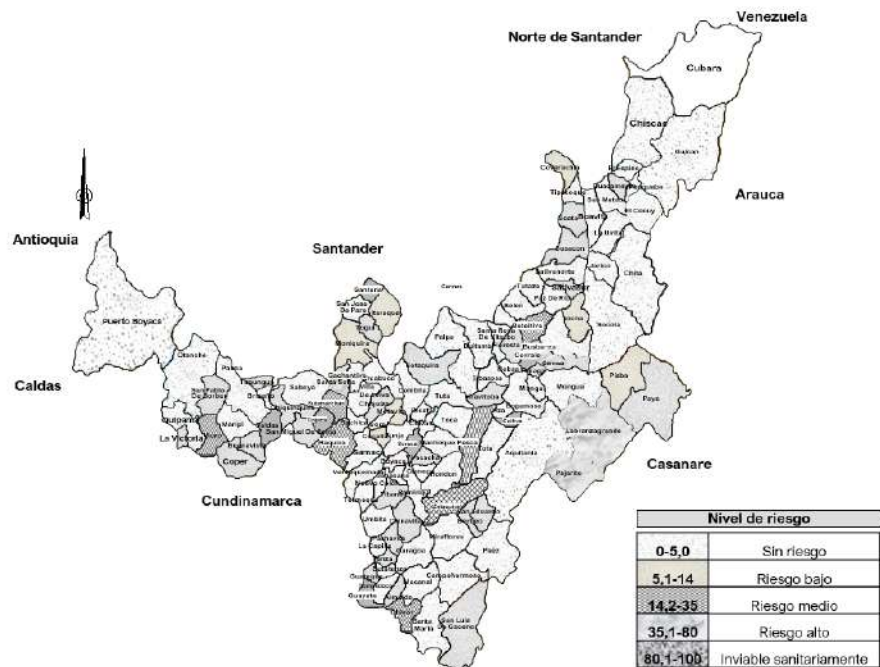


Figura 3. Distribución de la clasificación del índice del riesgo de la calidad del agua (IRCA) por municipio, en el departamento de Boyacá, en el año 2004

Fuente: SIMICAP.

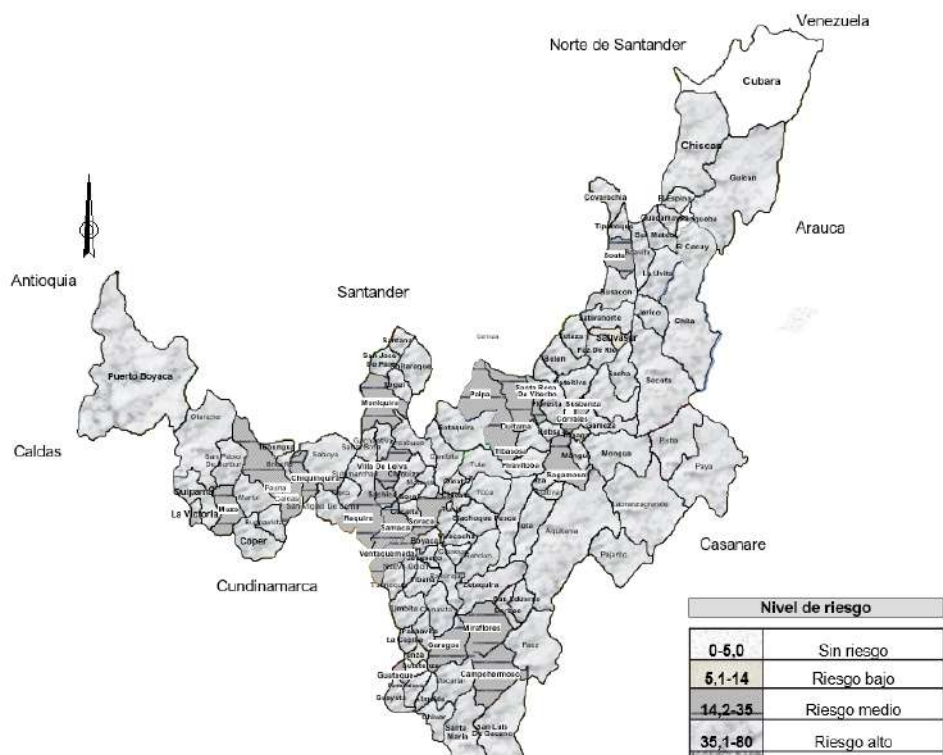


Figura 4. Distribución de la clasificación del índice del riesgo de la calidad del agua (IRCA) por municipio, en el departamento de Boyacá, en el año 2013

Fuente: SIMICAP.

Discusión

Teniendo en cuenta que el agua es un recurso de primera necesidad, pero también un medio de transmisión de agentes tóxicos e infecciosos, esta se convierte en un factor potencial en la generación de riesgos para el desarrollo de enfermedades. Por esta razón, se determinaron los IRCA de diez años (2004-2013), para establecer un diagnóstico aproximado de la calidad del agua suministrada a la población en la zona urbana del departamento de Boyacá, en ese periodo.

De acuerdo con los resultados reportados de la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en Colombia, durante el período 2008-2012 se encontró que el promedio del IRCA urbano nacional fue de 13,4 %, clasificándose en un nivel de riesgo bajo [13], inferior al reportado en ese periodo en el departamento de Boyacá, que fue de 14,3 %, ubicándolo en un nivel de riesgo medio.

Al comparar el promedio de IRCA de Boyacá (17,8 %), con el reportado por otros departamentos en el periodo 2007-2011, encontramos que Casanare (con 24,2 %), Meta (30,8 %), Nariño (19,3 %), Santander (15,4 %) y Tolima (28,1 %) también se hallan en nivel de riesgo medio, a diferencia de departamentos como Cundinamarca (con 7,9 %), Arauca (6,9 %) y Huila (10,6 %), que están en riesgo bajo [17].

El IRCA del departamento de Boyacá se mantuvo, durante cinco años, en un nivel de riesgo medio y bajo; esto pudo ser ocasionado por la escasa capacidad de gestión técnica y administrativa de los prestadores del servicio de acueducto [18] o por la alta rotación de personal que operaba las plantas de tratamiento y el bajo nivel educativo de los mismos [11].

En un estudio realizado en el año 2010, en el departamento del Tolima se encontró que el 64 % (30) de los municipios presentó algún tipo de riesgo en el agua para consumo humano y el 36 % (19) tuvo agua sin riesgo [2], similar a lo reportado en ese año en el departamento de Boyacá, en el que el 63 % (78) de los municipios presentó riesgo y el 37 % (44) distribuyó agua sin riesgo.

Durante el periodo 2010 a 2013, el promedio de IRCA para el departamento de Boyacá se ubicó en nivel de riesgo bajo, con valores de 12,40 % en el año 2010; 10,86 % en 2011; 9,82 % en 2012, y 7,65 % en el 2013, similar a departamentos como Antioquia, Cundinamarca, Risaralda, Santander, Norte de Santander y Risaralda [14], y a los resultados obtenidos en estudios desarrollados en la zona urbana del municipio de Guatavita, en el que el agua de consumo humano cumplió con los criterios de calidad bacteriológica [19], y en Boyacá, en el que se halló agua sin riesgo [20].

Al analizar los resultados (IRCA) encontrados en el rango de años evaluado, se identificó que al inicio del período, 28 municipios (23 %) tenían nivel de riesgo

medio y 94 (77 %) estaban en riesgo alto. Con la implementación e intensificación de acciones de vigilancia en salud ambiental, realizadas por la Secretaría de Salud del departamento, como visitas de inspección sanitaria, verificación de buenas prácticas sanitarias, capacitación personalizada a operarios de planta de tratamiento y monitoreo permanente de coliformes totales, *E. coli*, color aparente, turbiedad, pH y cloro residual libre, se evidenció una disminución considerable de los municipios en riesgo medio y alto, encontrando, al final del periodo, 4 municipios (3 %) en nivel de riesgo alto, 17 (14 %) en riesgo medio, 35 (29 %) en riesgo bajo y 66 (54 %) sin riesgo. Lo anterior se evidenció principalmente en los seis municipios que durante el periodo de estudio reportaron IRCA inviable sanitariamente y que al finalizar el periodo se ubicaron en riesgo medio, como Ráquira y Santana; y sin riesgo, Rondón, Saboyá, Santamaría y Siachoque.

Las limitaciones identificadas en el presente estudio fueron la periodicidad o frecuencia de monitoreo, debido a que en el primer trimestre de algunos años no se contó con el recurso humano necesario para efectuar la toma de las muestras.

El número de analitos realizados hacen parte de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos básicos. Se recomienda, en posteriores estudios, incluir análisis de sustancias como metales pesados, plaguicidas, *Giardia* y *Cryptosporidium*, que puedan determinar la real condición de la calidad del agua.

El cuidado de los estándares de calidad del agua es una labor inherente a las empresas prestadoras del servicio. La Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico es la entidad encargada de regular los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en Colombia, y su objetivo principal es crear y preservar condiciones para asegurar la prestación de servicios sanitarios. Por su parte, el Ministerio de Salud establece las normas técnicas sobre calidad del agua potable que deben cumplir quienes presten servicios públicos y sobre las cuales se adoptan y aplican medidas necesarias por entidades competentes [21].

El control y la vigilancia de las empresas prestadoras de servicios públicos los ejerce la Superintendencia de Servicios Públicos, y

[...] tiene la función, entre otras, de sancionar, en defensa de los usuarios, para proteger la salud y el bienestar de la comunidad, a los alcaldes y administradores de aquellos municipios que presten en forma directa uno o más servicios públicos cuando incumplan las normas de calidad que las Comisiones de Regulación exijan de modo general [22].

Es deber de las autoridades sanitarias velar por el cumplimiento de las exigencias normativas de las redes de distribución y sistemas de potabilización de agua para

consumo humano; por lo tanto, es de vital importancia aunar esfuerzos para proteger las fuentes de abastecimiento de agua por parte de las autoridades ambientales, sanitarias, las direcciones de medio ambiente y el Plan Departamental de Aguas (PDA).

Cabe resaltar que la implementación de nueva normativa, como la Resolución 4716 del año 2010 [23], que reglamenta las disposiciones generales para la elaboración de mapas de riesgo, va a permitir intervenir los riesgos existentes desde la fuente, y establecer estrategias para implementar acciones que permitan disminuir el nivel de riesgo para lograr y mantener un IRCA menor al 5 % (sin riesgo) en todo el departamento, con el objeto de mejorar la calidad de vida de la comunidad boyacense.

Agradecimientos

Al grupo de técnicos en saneamiento ambiental para la toma, la conservación y el transporte de muestras de agua.

Financiación

Este trabajo fue financiado con rubros del Sistema General de Participación, componente de Salud Pública, enmarcados en el plan de desarrollo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de interés alguno.

Responsabilidad

Los puntos de vista expresados son de responsabilidad de los autores y no de la institución en la que trabajan o de la fuente de financiación.

Referencias bibliográficas

- González MC, Saldarriaga G, Jaramillo O. Estimación de la demanda de agua. Conceptualización y dimensionamiento de la demanda hídrica sectorial. En: Estudio nacional del agua [internet]. 2010 [citado 2017 ene. 22]; 170-228. Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021888/CAP5.pdf>.
- Bríñez KJ, Guarnizo J, Arias SA. Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*. 2012;30(2):175-82.
- Organización Mundial de la Salud. 2100 millones de personas carecen de agua potable en el hogar y más del doble no disponen de saneamiento seguro [internet]. 2017 [citado 2017 ene. 22]. Disponible en: <http://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>
- Argentina, Congreso de la República. Ley 18284, Código alimentario argentino. Decreto Reglamentario 2126/71. Capítulo XII, artículos: 982 al 1079. Bebidas hídricas, agua y agua gasificadas. Actualizado al 10/2012; 2012. Disponible en: http://www.anmat.gov.ar/alimentos/normativas_alimentos_caa.asp.
- European Environment Agency (EEA). European Bathing Water Quality in 2011. Copenhagen: EEA; 2015.
- World Health Organization (WHO). Guidelines for Drinking-Water Quality: Incorporating First Addendum. Recommendations. Vol 1. Progress on drinking Water and Sanitation. 3rd ed. Geneva, Switzerland: WHO; 2006.
- Eaton AD, Clesceri LS, Rice EW, Greenberg AE. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st ed. Washington, DC: American Public Health Association; 2005.
- Colombia, Congreso de la República. Ley 715, por la cual se dictan normas orgánicas en materia de recursos y competencias de conformidad con los artículos 151, 288, 356 y 357 (Acto Legislativo 01 de 2001) de la Constitución Política y se dictan otras disposiciones para organizar la prestación de los servicios de educación y salud, entre otros (2001 dic. 21). Disponible en: https://www.mineducacion.gov.co/1621/articulos-86098_archivo_pdf.pdf
- Colombia, Ministerio de la Protección Social. Decreto 1575, por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano (2007 may. 9). Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Disponibilidad-del-recurso-hidrico/Decreto-1575-de-2007.pdf>
- Colombia, Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Resolución 2115, por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. (2007 jun. 22). Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislaci%C3%B3n_del_agua/Resoluci%C3%B3n_2115.pdf
- Guzmán B, BL, Nava G, Bevilacqua PD. Vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en Colombia: desafíos para la salud ambiental. *Rev Fac Nac Salud Pública*. 2016;34(2):175-83. DOI: <http://dx.doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v34n2a06>
- Colombia, Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Resolución 811 por medio de la cual se definen los lineamientos a partir de los cuales la autoridad sanitaria y las personas prestadoras, concertadamente definirán en su área de influencia los lugares y puntos de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución (2008 mar. 5). Disponible en: <http://www.minvivienda.gov.co/Resoluciones-Agua/0811-%202008.pdf>
- Guzmán BL, Nava G, Bevilacqua PD. La calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbilidad en Colombia, 2008-2012. *Biomédica* 2015;35(Supl. 2):177-90. DOI: <http://dx.doi.org/10.7705/biomedica.v35i0.2511>
- Instituto Nacional de Salud. Colombia. Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano - IRCA 2007-2013. 2014. Disponible en: https://formularios.dane.gov.co/Anda_4_1/index.php/catalog/285
- Colombia, Ministerio de Salud Pública. Decreto 475, por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable (1998 mar. 10). Disponible en: https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/DECRETO_%200475_%20DE_%201998.PDF

16. Instituto Nacional de Salud. Manual de instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo humano para análisis de laboratorio 2011. Disponible en: <https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacion%20SIVICAP/2011%20Manual%20toma%20de%20muestras%20agua.pdf>
17. Ministerio de Salud y Protección Social. Informe nacional calidad de agua para consumo humano. Julio de 2007-Diciembre de 2011 [internet]. 2013. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/Informe-Nacional-Calidad-Agua-2007-2011.pdf>
18. Torres P, Hernán C, Patiño P. Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. *Rev. Ing. Univ. Medellín*. 2009;8(15):79-94.
19. Ávila SL, Estupiñan SM. Calidad bacteriológica del agua de consumo humano de la zona urbana y rural del municipio de Guatavita, Cundinamarca, Colombia. *Revista Cubana Hig. Epidemiol.* 2011;50(2):163-8.
20. Estupiñan SM, Ávila SL. Calidad físico-química y microbiológica del agua del municipio de Boyacá, cundinamarca. *NOVA*. 2010;8(14):121-240.
21. Colombia, Contraloría General de la República. Informe del estado de los recursos naturales y del ambiente 2012-2013 [internet]. 2013. Disponible en: <https://justiciaambientalcolombia.org/2014/06/08/informe-contraloria-estado-ambiente-2012-2013/>
22. Colombia, Defensoría del Pueblo. Informe Defensorial No. 39 - B. Diagnóstico sobre la calidad del agua para consumo humano en Colombia, en el marco del derecho humano al agua [internet] 2005. Disponible en: <http://defensoria.gov.co/es/public/Informesdefensoriales/429/Diagn%20%20C3%20%20B3stico-sobre-la-calidad-del-agua-para-el-consumo-humano-en-Colombia-en-el-marco-del-derecho-humano-al-agua-Informes-defensoriales---Agua-Informes-defensoriales---Medio-Ambiente-Informes-defensoriales---Salud.htm>
23. Colombia. Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Resolución 4716, por medio de la cual se reglamenta el párrafo del artículo 15 del Decreto 1575 de 2007 (2010 nov. 18). Disponible en https://docs.supersalud.gov.co/PortalWeb/Juridica/OtraNormativa/R_MPS-MAVDT_4716_2010.pdf

