

# Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Costa Rica (IRCACH)

## Costa Rican Drinking-Water Quality Risks Index (IRCACH)

Darner Mora-Alvarado<sup>1</sup>, Jimena Orozco-Gutiérrez<sup>2</sup>, Yuliana Solís-Castro<sup>3</sup>, Pablo Cesar Rivera-Navarro<sup>4</sup>, David Cambroner-Bolaños<sup>5</sup>, Luis Alberto Zúñiga-Zúñiga<sup>6</sup>, Johel García-Aguilar<sup>7</sup>

---

*Fecha de recepción: 14 de setiembre de 2017*

*Fecha de aprobación: 18 de febrero de 2018*

Mora-Alvarado, D; Orozco-Gutiérrez, J; Solís-Castro, Y; Rivera-Navarro, P; Cambroner-Bolaños, D; Zúñiga-Zúñiga, L; García-Aguilar, J. Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Costa Rica (IRCACH). *Tecnología en Marcha*. Vol. 31-3. Julio-Setiembre 2018. Pág 3-14.

DOI: 10.18845/tm.v31i3.3897



- 1 Licenciado en Microbiología y Química Clínica. Máster en Salud Pública. Director del Nacional de Aguas. Costa Rica. Correo electrónico: dmora@aya.go.cr
- 2 Ingeniera en Biotecnología. Maestría en Manejo Sostenible del Agua. Unidad de Investigación en Agua, Ambiente y Salud. Costa Rica. Correo electrónico: jorozco@aya.go.cr
- 3 Área de Química en Agua Potable & Unidad de Investigación en Agua, Ambiente y Salud. Acueductos y Alcanrillados. Costa Rica. Correo electrónico: ysolis@aya.go.cr
- 4 Unidad de Investigación en Agua, Ambiente y Salud. Acueductos y Alcanrillados. Costa Rica. Correo electrónico: privera@aya.go.cr
- 5 Área Química en Agua Potable. Acueductos y Alcanrillados. Costa Rica. Correo electrónico: dcambronero@aya.go.cr
- 6 Área Química en Agua Potable. Acueductos y Alcanrillados. Costa Rica. Correo electrónico: lzuniga@aya.go.cr
- 7 Área Tecnologías de Información. Acueductos y Alcanrillados. Costa Rica. Correo electrónico: jgarcia@aya.go.cr

## Palabras clave

Agua potable; agua apta para la ingesta; calidad del agua; salud; riesgo.

## Resumen

La elaboración del Índice de Riesgo de Calidad del Agua para Consumo Humano (IRCACH) surge a raíz de la necesidad de crear un instrumento que permitiera relacionar el grado de riesgo para la salud por el consumo de agua y la posibilidad de rechazo de ésta por el consumidor. El objetivo es facilitar la interpretación de los análisis del agua para consumo en los sistemas de abastecimiento en Costa Rica. Primeramente, se clasificaron los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, establecidos en el Reglamento para Calidad del Agua Potable, como de operación, estéticos, de significado para la salud o indicadores de contaminación. Seguidamente, se asignaron ámbitos de puntaje por el incumplimiento de dichos parámetros. Asimismo, se definieron cinco niveles de riesgo: Muy Bajo, Bajo, Intermedio, Alto y Muy Alto. Los niveles responden a un puntaje asignado a las variables que sobrepasen el Valor Máximo Admisible. Según el puntaje obtenido, el agua se clasifica como apta o no apta para la ingesta. El IRCACH debe ser utilizado como complemento para facilitar la interpretación del Reglamento para la Calidad del Agua Potable vigente, y nunca como sustituto; además se puede aplicar a cualquier sistema de abastecimiento, ya sea clorado y no clorado. Las interpretaciones de los análisis deben realizarse en forma integral, debido a que la afectación de un parámetro generalmente influye en otros. Este índice estará sujeto a modificaciones según futuros estudios científicos relacionados con calidad del agua para consumo humano. El IRCACH permite establecer el nivel de riesgo para la salud del consumidor y su rechazo del agua, y funciona como instrumento de apoyo para la aplicación del Reglamento para Calidad del Agua Potable.

## Keywords

Water quality; drinking-water; risk; health.

## Abstract

The IRCACH aims is to facilitate the interpretation of the drinking-water analysis within the water supply network in Costa Rica. This index allows to link the consumers' health risk level with the rejection of drinking-water. Firstly, in order to create the former document, the microbiological and physicochemical parameters established in the national regulation for drinking-water quality were identified and classified according to their implications in water supply network. The parameter classification was operation, aesthetics, pollution indicators, and health risk. Different scores were established for each parameter, according to their previous classification. Five risk levels were defined: Very Low Risk, Low Risk, Medium Risk, High Risk, and Very High Risk. Drinking-water quality is considered potable or non-potable depending on the final score. The IRCACH is an integral approach to the analysis interpretation. It can be used for any type of water supply network, i.e. chlorinated or non-chlorinated. The IRCACH is subject to further modifications according to technological advances and scientific knowledge. It proved to be an efficient tool for establishing the potential health risk with the rejection of drinking-water in Costa Rica.

## Introducción

Históricamente la relación entre el uso del agua y el proceso salud-enfermedad se remonta a las antiguas culturas. En el Antiguo Testamento, se presentan distintos comentarios sobre las prácticas sanitarias del pueblo judío; entre ellos se menciona la importancia del uso del agua limpia, tanto para consumo como para higiene personal, por ejemplo, se dice que la ropa sucia puede ocasionar enfermedades como la sarna, o que la suciedad puede conllevar la enfermedad. Además, se mencionan algunas precauciones para garantizar que los pozos se mantengan tapados, limpios y alejados de posibles fuentes de contaminación. Existen relatos del año 2000 a. C. sobre las tradiciones médicas de la India, entre las cuales se recomendaba que el “agua impura se debe purificar haciéndola hervir sobre fuego, calentando al sol, sumergiendo un hierro ardiendo dentro de ella o incluso mediante filtración en arena o grava...” [1].

Entre los escritos realizados por Hipócrates en el siglo IV a. C., su libro *Aires, aguas y lugares* hace una relación entre el origen y las características del agua que consumen los pobladores y la salud [2]. Sin embargo, la verdadera relación entre la calidad del agua y la salud fue descubierta por el Dr. John Snow en 1854, al demostrar la transmisión de un veneno mórbido llamado *cólera* por medio del agua de un pozo contaminado con heces, en Golden Square, Londres [3]. Estos hechos, sumados al descubrimiento por Escherich del grupo coliforme (*Bacillus coli*) en las heces humanas y el agua contaminada, marcaron el inicio de la evaluación de la calidad del agua a nivel mundial.

La práctica de evaluación de la calidad del agua potable, definida como el agua que al ingerirse no causa daño a la salud de los usuarios, se inició a finales del siglo XIX y se consolidó en el siglo XX, mediante el uso de criterios, estándares o normas de calidad. Los criterios se refieren a cualquier límite de variación o alteración de la calidad del agua definido por expertos con fundamento en datos científicos. Por su parte, los estándares o normas de calidad del agua están constituidos por límites máximos permitidos de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos aprobados por la legislación de cada país.

En 1958, 1961 y 1971, la Organización Mundial de la Salud (OMS) estableció las “Normas Internacionales para el Agua Potable” con estándares elaborados en países desarrollados, pero de poca aplicabilidad en países subdesarrollados [4]. En razón de esto, en 1984 se crearon las “Guías para la Calidad del Agua Potable”, modificadas posteriormente en 1993, 2004 y 2011. Estas se fundamentaron en valores guía de variables fisicoquímicas, radiológicas y microbiológicas, para que cada país los adoptara en concordancia con su situación socioeconómica e hidrológica [5].

No obstante, la mayoría de los países han copiado los valores guía como estándares, sin realizar ninguna investigación epidemiológica relacionada con la calidad del agua potable. Por ejemplo, en Centroamérica se han adoptado valores guía provisionales como estándares fijos, como ha sucedido con el arsénico (0,01 mg/L). Otro error, común a muchos, es que se les da la misma importancia a todos los parámetros, sin considerar si están directamente relacionados con el control operativo del acueducto o vinculados con la salud.

En Costa Rica, se han aplicado cuatro normativas para evaluar la calidad del agua potable:

- a) De 1993 a 1997, las Normas Internacionales de Centroamérica y República Dominicana
- b) De 1997 al 2005, mediante el Decreto Ejecutivo 25991-S, el primer Reglamento para la Calidad del Agua Potable
- c) Del 2005 al 2015, la segunda versión, mediante el Decreto Ejecutivo 32327-S
- d) En setiembre del 2015, la tercera versión, mediante el Decreto Ejecutivo 38924-S

Este último se diferencia de los anteriores en que se establece un control operativo para los acueductos, basado en los parámetros de turbiedad, olor, sabor, pH y cloro residual. No obstante, al igual que en la gran mayoría de los reglamentos de los países latinoamericanos, se tiende a simplificar la interpretación de los análisis, ya que no se definen estándares primarios ni secundarios. Como resultado, los análisis son interpretados con la indicación “el agua cumple o no con el reglamento”, sin diferenciar si la variable afectada es operativa, estética o vinculada con la salud.

El Reglamento para Calidad del Agua Potable vigente en Costa Rica (Decreto Ejecutivo 38924-S) establece que para que el agua sea considerada potable, esta debe cumplir con todos los parámetros definidos en dicho documento [6]. Esta disposición se presta para que se califique como no potable el agua de un acueducto que presente valores ligeramente superiores al Valor Máximo Admisible (VMA) en parámetros operativos u organolépticos, como por ejemplo valores de pH de 5,5 y/o concentraciones de 12 mg/L de potasio. No se toma en cuenta que no todos los parámetros repercuten con igual peso en la salud de los consumidores; tampoco, que en muchos casos las implicaciones negativas en la salud varían en función de las concentraciones o valores reportados.

Con el propósito de facilitar la adecuada interpretación del Reglamento, se propone el Índice de Riesgo de Calidad del Agua para Consumo Humano, que se identificaría por las siglas IRCACH. El índice surge de la necesidad de crear un instrumento de medición que permita clasificar la gravedad del incumplimiento de los distintos parámetros de calidad establecidos en el Decreto Ejecutivo 38924-S.

El IRCACH será utilizado para interpretar los análisis del agua realizados por el Laboratorio Nacional de Aguas (LNA), que según Decreto 26066-S publicado en *La Gaceta* n.º 109, el 9 de junio de 1997, es el centro de referencia para el análisis del agua [7].

Para efectos del Índice se define lo siguiente:

- Agua apta para la ingesta: agua que no causa ningún daño en la salud al ser ingerida por la población, y cuyas características organolépticas no generan rechazo por parte de los consumidores.
- Agua potable: agua tratada que cumple con las disposiciones de valores máximos admisibles, estéticos, organolépticos, físicos, químicos, biológicos, microbiológicos y radiológicos, establecidos en el Decreto Ejecutivo 38924-S, y que al ser consumida por la población no causa daño a la salud.

## Objetivo general

Establecer un índice de riesgo de calidad del agua para consumo humano (IRCACH) que permita relacionar el grado de riesgo para la salud del consumidor y de rechazo por él con el cumplimiento de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, facilitando la interpretación de los análisis, en concordancia con el puntaje de riesgo vinculado con las variables de operación, estética y salud, en los sistemas de abastecimiento de agua en Costa Rica.

## Objetivos específicos

- Clasificar los parámetros de operación, estéticos, de salud e indicadores de contaminación del Reglamento para la Calidad del Agua Potable vigente en Costa Rica.
- Establecer ámbitos de puntaje para cada parámetro del IRCACH en Costa Rica.

- Definir los cinco niveles de riesgo para el IRCACH.
- Establecer lineamientos para aplicar el IRCACH en Costa Rica.

## Metodología

### Clasificación según el tipo de parámetro y asignación de ámbitos de puntaje a cada parámetro

En el IRCACH se incorporaron parámetros de evaluación de la calidad del agua establecidos en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, y se clasificaron como a- parámetros de operación, b- estéticos, c- de significado para la salud y d- indicadores de contaminación.

La determinación de los ámbitos para los distintos parámetros y la asignación del puntaje se realizó con base en la cuarta edición de las Guías para la Calidad de Agua Potable [5], los lineamientos de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, el historial de los datos analíticos obtenidos por el Laboratorio Nacional de Aguas en los programas de Vigilancia y Control de Calidad del Agua, y el criterio de experto especializado en el área.

Se asignó un puntaje de riesgo en todos los ámbitos de 1 a 31 puntos, para los cuatro tipos de parámetros ya mencionados: aspectos operativos, estéticos, indicadores de contaminación y los vinculados directamente con la salud de los consumidores del agua; puntaje que serán aplicados cuando los parámetros superen el VMA. En el caso de los parámetros del nivel 3 del reglamento vigente (excepto los parámetros amonio, nitratos, nitritos y selenio), plaguicidas, sustancias orgánicas e inorgánicas, desinfectantes, productos de la desinfección y cualquier microorganismo del nivel 4 del reglamento vigente, se asignó el puntaje máximo (31 puntos) cuando el valor obtenido supere el VMA.

### Definición de los cinco niveles de riesgo

Se definieron cinco niveles de riesgo en la calidad del agua, con base en el Índice de Riesgo para la Calidad del Agua para Consumo Humano (IRCA) de Colombia [8].

### Lineamientos para aplicar el IRCACH

Se establecieron los lineamientos para aplicar el IRCACH, en concordancia con los parámetros operativos, estéticos, de significado para la salud e indicadores de contaminación.

## Resultados y discusión

### Clasificación según el tipo de parámetro y asignación de ámbitos de puntaje a cada uno

Se utilizaron algunos de los parámetros de los niveles 1, 2, 3 y 4 del Reglamento para la Calidad del Agua Potable, los cuales se presentan en el cuadro 1, donde se indica su clasificación según el tipo de parámetro, ya sea de operación, estética, de significado para la salud o indicador de contaminación o, junto con la justificación del puntaje asignado a cada uno.

### Definición de los cinco niveles de riesgo

En el cuadro 2 se presentan los cinco niveles de riesgo con la respectiva calificación de calidad del agua. Asimismo, se sugieren recomendaciones y acciones que seguir para el mejoramiento de la calidad del agua del respectivo acueducto.

**Cuadro 1.** Clasificación según el tipo de parámetro y justificación del puntaje asignado a los diferentes ámbitos de los parámetros identificados

Parámetro	Puntaje	Justificación
Parámetros estéticos		
Cloruros	1	Valores superiores al VMA no representan un riesgo para la salud ni generan rechazo por parte de los consumidores.
Potasio		
Sodio		
Zinc		
Calcio	4	Valores superiores al VMA no representan un riesgo para la salud, pero pueden generar rechazo por parte de los consumidores.
Dureza total		
Magnesio		
Sulfatos	4	Valores superiores al VMA no representan un riesgo para la salud, pero pueden generar rechazo por parte de los consumidores.
	6	Valores superiores a 500 mg/L podrían causar efectos no deseados en la salud, lo que aumenta el riesgo de muy bajo a bajo.
Hierro + Manganeso <sup>(1)</sup>	8	Valores entre (300,0-500,0) µg/L no representan un riesgo para la salud, pero pueden generar rechazo por parte de los consumidores.
	11	Valores superiores a 500,0 µg/L podrían generar riesgos para la salud, y usualmente generan rechazo por parte de los consumidores.
Color aparente	4	Valores superiores al VMA no representan un riesgo para la salud, pero pueden generar rechazo por parte de los consumidores.
	11	Valores superiores a 30 UPt-Co no necesariamente representan un riesgo para la salud, pero generan rechazo por parte de los consumidores.
Turbiedad	4	Valores superiores al VMA no representan un riesgo para la salud, pero pueden generar rechazo por parte de los consumidores.
	11	Valores superiores a 8 UNT no necesariamente representan un riesgo para la salud, pero generan rechazo por parte de los consumidores.
Olor <sup>(2)</sup>	11	Valores superiores al VMA (no aceptables) no necesariamente representan un riesgo para la salud, pero generan rechazo por parte de los consumidores.
Parámetro indicador de contaminación		
Amonio	3	Valores superiores al VMA indican una posible contaminación, pero el amonio por sí mismo no resulta dañino para la salud.
Parámetros operativos		
Temperatura	1	Valores superiores al VMA no representan un riesgo para la salud ni generan rechazo por parte de los consumidores.

Continúa...

Continuación

Parámetro	Puntaje	Justificación
pH <sup>(3)</sup>	1	Valores entre 5,5-6,0 y 8,0-8,5 no repercuten significativamente sobre la calidad del agua.
	6	Valores superiores a 8,5 o inferiores a 5,5 pueden modificar las propiedades organolépticas del agua (pH ácidos disuelven metales) y ocasionar daños técnicos en la infraestructura o deficiencia en los procesos de tratamiento (pH básicos forman incrustaciones en tuberías), lo que aumenta el riesgo de muy bajo a bajo.
	11	Valores inferiores a 4,0 podrían generar riesgos para la salud y aumentar la posibilidad de disolver metales de la corteza terrestre.
Cloro residual libre <sup>(3) (4)</sup>	3	Valores superiores a 1,00 mg/L no representan un riesgo para la salud, pero podrían generar rechazo por parte de los consumidores.
	6	Valores inferiores a 0,30 mg/L representan una posibilidad de contaminación microbiana, al no contarse con el efecto residual del desinfectante, que podría generar afectaciones a la salud; por lo tanto se considera que el riesgo aumenta de muy bajo a bajo.
Conductividad	3	Valores entre (400-1000) $\mu$ S/cm no representan un riesgo a la salud; indican irregularidades o posible contaminación.
	21	Valores superiores a 1000 $\mu$ S/cm indican presencia de contaminantes; ej.: intrusión salina, el riesgo es alto. Muchos parámetros se incumplen (cloruros, magnesio, calcio, dureza total, sulfatos y potasio, entre otros), por lo que el riesgo puede llegar a ser muy alto.
Parámetros de significado para la salud		
Fluoruros	6	Con valores entre (1,50-2,00) mg/L se estarían ingiriendo de (3 - 4) mg/día (suponiendo que una persona adulta ingiere por día 2 L de agua), lo que aumenta el riesgo de muy bajo a bajo.
	21	Valores superiores a 2,00 mg/L pueden generar efectos adversos en la salud, riesgo alto.
Coliformes fecales <sup>(5) (6)</sup>	21	Acueductos no clorados. Valores superiores al VMA indican una posible contaminación y pueden generar efectos adversos en la salud; riesgo alto. Se suman los seis puntos indicados por no presentar cloro residual libre; se mantiene el riesgo alto.
	25	Acueductos clorados. Valores superiores al VMA indican una posible contaminación, y pueden generar efectos adversos en la salud; riesgo alto. Si el cloro residual es inferior a 0,30 mg/L, se le asignan los seis puntos y el riesgo pasa a ser muy alto, ya que no se está efectuando una adecuada desinfección.
Cobre	21	Valores superiores al VMA pueden generar efectos adversos en la salud y provocar rechazo por los consumidores.

Continúa...

Continuación

Parámetro	Puntaje	Justificación
Nitratos	21	Valores superiores al VMA indican una posible contaminación y pueden generar efectos adversos en la salud; riesgo alto. Si la concentración varía entre el VMA y un 10 % menos de este valor, el riesgo no puede considerarse muy bajo, ya que el valor sería muy cercano al VMA. Por lo tanto, si la concentración se encuentra en ese 10 % menos y si el puntaje total de los parámetros es inferior a 6, se considerará de riesgo bajo, en lugar de riesgo muy bajo.
Nitritos		
Selenio	6	Valores entre (10,00-40,00) µg/L no representan un riesgo para la salud ni generan rechazo por parte de los consumidores.
	31	Valores superiores a 40,00 µg/L pueden ser nocivos para la salud, riesgo muy alto.
Aluminio	3	Valores entre (200-400) µg/L, de origen natural o añadido en procesos de potabilización con sales de aluminio.
	6	Valores entre (400-900) µg/L, de origen natural o añadido en procesos de potabilización con sales de aluminio.
	31	Se establece el valor máximo permitido para la salud de 900 µg/L. Valores superiores a este pueden ser nocivos; se clasifica como riesgo muy alto.
Antimonio	31	Valores superiores al VMA pueden ser nocivos para la salud; representan un riesgo muy alto. Si la concentración varía entre el VMA y un 10 % menos de este valor, el riesgo no puede considerarse muy bajo, ya que el valor sería muy cercano al VMA. Por lo tanto, si la concentración se encontrara en ese 10 % menos y si el puntaje total de los parámetros fuera inferior a 6, se consideraría de riesgo bajo, en lugar de riesgo muy bajo.
Arsénico		
Cadmio		
Cianuro		
Cromo		
Mercurio		
Níquel		
Plomo		
Nivel 4		

1. La OMS establece para el manganeso un valor de referencia para la salud de 400 µg/L, pero sus efectos adversos no son claros y los estudios no han llegado a conclusiones contundentes.
2. Se hace una medición cualitativa, la cual es aceptable o inaceptable. En caso de ser inaceptable, se asignan 11 puntos.
3. Para los parámetros cloro residual libre y pH, no se define un valor máximo permisible, sino el ámbito recomendado.
4. Se establece el ámbito a partir de 1,00 mg/L, debido a que concentraciones superiores pueden causar rechazo por el consumidor.
5. Se aplicará una de las tres técnicas de laboratorio: filtración por membrana, tubos múltiples y sustrato definido.
6. Se diferenciará entre acueductos clorados y no clorados cuando se asigne el puntaje de coliformes fecales.

Fuente: Elaborado por los autores.

**Cuadro 2.** Niveles de riesgo en la calidad del agua para consumo humano

Clasificación IRCACH	Nivel de riesgo	Código de colores	Calidad del agua	Acciones y recomendaciones
$x \leq 5$	Riesgo muy bajo (RMB)	Azul	Apta para ingesta	Continuar suministro de manera normal; continuar control o vigilancia de la calidad del agua.
$5 < x \leq 10$	Riesgo bajo (RB)	Verde	Apta para ingesta, pero susceptible al deterioro de la calidad	Continuar suministro de manera normal; continuar control o vigilancia de la calidad del agua.
$10 < x \leq 20$	Riesgo intermedio (RI)	Amarillo	No apta para ingesta, rechazo por parte de los consumidores debido a las características organolépticas	Seguir Protocolo de Atención a Problemas de Calidad de Agua por Contaminación Química.
$20 < x \leq 30$	Riesgo alto (RA)	Naranja	No apta para ingesta	Seguir Protocolo de Atención a Problemas de Calidad de Agua por Contaminación Química y/o el Procedimiento de Inspecciones Ordinarias.
$x > 30$	Riesgo muy alto (RMA)	Rojo	No apta para ingesta	Seguir Protocolo de Atención a Problemas de Calidad de Agua por Contaminación Química, el Procedimiento de Inspecciones Ordinarias, el Procedimiento de Inspección para Emergencias de Brotes y/o el Procedimiento de Inspección para Emergencias Químicas.

Fuente: Elaborado por los autores

### Lineamientos para aplicar el IRCACH en Costa Rica

Con base en el puntaje obtenido, el agua se clasifica como apta o no apta para la ingesta según las categorías establecidas previamente. Los lineamientos son los siguientes:

- El IRCACH se aplicará para evaluar la calidad del agua de la red de distribución de un determinado acueducto, tanto en reportes puntuales, como en análisis periódicos.
- La sumatoria de los parámetros que se incumplan determinarán el nivel de riesgo.
- En caso de que alguno de los parámetros de significado para la salud presente concentraciones que varíen entre el VMA y un 10 % menos de este valor, el riesgo nunca va a poder considerarse como riesgo muy bajo, ya que el valor sería muy cercano al VMA. Por lo tanto, si la concentración se encuentra en ese 10 % menos y si el puntaje total de los parámetros es inferior a 6, se considerará de riesgo bajo, en lugar de riesgo muy bajo.
- Para la evaluación de los análisis periódicos, se utilizarán los promedios aritméticos de los parámetros fisicoquímicos de los niveles 1, 2 y 3 del Reglamento para la Calidad del

Agua Potable, de al menos tres muestreos realizados preferiblemente en las épocas seca y lluviosa; a estos promedios se les asignará el puntaje.

- Con respecto a las variables microbiológicas para análisis periódicos, para los sistemas clorados se utilizará el porcentaje de negatividad por coliformes fecales, que es igual al número de muestras negativas sobre el total de muestras recolectadas; se les otorgarán los 25 puntos si presentan una negatividad inferior al 95 %, para poblaciones superiores a 5000 habitantes, o al 90 %, para poblaciones inferiores o iguales a 5000 habitantes. Para el caso de los sistemas no clorados, se utilizará el porcentaje de negatividad por *Escherichia coli*, y se les otorgarán 21 puntos si presentan una negatividad inferior al 80 %.
- Se utilizará el IRCACH óptimamente cuando se analicen reportes que presenten todos los parámetros. En caso contrario, su aplicación solo será eficaz si se cuenta con al menos todos los parámetros de significado para la salud de los niveles 1, 2 y 3 del Reglamento para la Calidad del Agua Potable. Se permitirá por excepción utilizar el IRCACH cuando el nivel de riesgo sea muy alto, aunque no se cuente con la totalidad del grupo de parámetros mencionados, siempre y cuando se constate que no se están evaluando todos los parámetros del índice.
- El IRCACH se aplicará en cualquier sistema de abastecimiento, ya sea con o sin previo tratamiento del agua, por lo que será aplicado en acueductos clorados y no clorados.
- El IRCACH debe ser utilizado como complemento para facilitar la interpretación del Reglamento para la Calidad del Agua Potable vigente, y nunca como sustituto.
- La interpretación de los análisis de los diferentes parámetros usados para determinar el nivel de riesgo de la calidad del agua para consumo humano debe realizarse de forma integral, debido a que la afectación de uno, generalmente influye en otros parámetros.
- Cuando los resultados reportados sean incongruentes o sean fuera de lo usualmente encontrado en el agua de consumo (ej.: concentraciones de metales del nivel 2 de hasta diez veces su VMA), se aplicará el criterio de experto para determinar el riesgo asociado a la calidad del agua.
- El IRCACH estará sujeto a modificaciones según futuros estudios científicos relacionados con calidad del agua para consumo humano.

### Verificación de la funcionalidad del IRCACH

Para verificar la funcionalidad del IRCACH, se aplicó la metodología antes descrita en 28 reportes puntuales y los resultados de 4 análisis periódicos efectuados por el LNA. Los análisis puntuales se realizaron en un punto de la red de distribución de los acueductos durante el 2016; los análisis periódicos se realizaron con base en la recopilación de datos del año 2016, de varios puntos de la red de un acueducto determinado. En el cuadro 3 se muestran los resultados obtenidos de la aplicación del IRCACH para cada nivel de riesgo. Actualmente, el IRCACH es utilizado para interpretar los análisis del agua realizados por el Laboratorio Nacional de Aguas (LNA).

### Conclusiones

- Se identificaron los parámetros del Reglamento para la Calidad del Agua Potable dentro de las categorías de operación, estética, de salud e indicadores de contaminación.

- Se establecieron ámbitos de puntaje para cada parámetro, según el riesgo que representa para la salud y la aceptabilidad del agua por los consumidores.
- Los cinco niveles de riesgo para el IRCACH son a- Riesgo Muy Bajo (RMB), Riesgo Bajo (RB), Riesgo Intermedio (RI), Riesgo Alto (RA) y Riesgo Muy Alto (RMA).
- La aplicación de IRCACH permitió establecer el posible riesgo para la salud del consumidor de los distintos acueductos evaluados, y posible riesgo por rechazo del agua debido a alteraciones en sus condiciones organolépticas o estéticas.

**Cuadro 3.** Aplicación del IRCACH en reportes puntuales en muestras recolectadas en la red de distribución

Fecha de muestreo	Acueducto	Parámetros incumplidos	Puntaje	Nivel de riesgo
08/09/2016	CH-A-Colorado, Raizal e Higuierilla	Conductividad	3	Muy bajo
05/09/2016	CH-A-38-Papagayo Sur: Hermosa-Cacique	Conductividad y pH	4	Muy bajo
10/03/2016	Tierra Blanca de Cartago	Fluoruros	6	Bajo
22/02/2016	Barbudal de Colorado	Calcio y conductividad	7	Bajo
28/09/2016	BR-A-13-Coto 44	Color aparente, conductividad, hierro, manganeso y potasio	19	Intermedio
10/08/2016	HA-A-01-Acueducto Integrado Hone Creek - Puerto Viejo	Conductividad, hierro y manganeso	14	Intermedio
12/07/2016	San Luis y Caimitos de Florencia de San Carlos	Coliformes fecales y cloro residual libre	27	Alto
05/09/2016	CH-A-38-Papagayo Sur: Hermosa-Cacique Panamá	Cloro residual libre, calcio, cloruros, conductividad, dureza total, magnesio y sulfatos	44	Alto
21/10/2016	Milano de Germania de Siquirres	Plaguicidas	31	Muy alto
13/07/2016	Lomas del Toro	Arsénico, coliformes fecales, cloro residual libre, hierro y manganeso	73	Muy alto

Fuente: Elaborado por los autores

## Recomendaciones

- Los laboratorios con ensayos acreditados de conformidad con los requisitos establecidos en la Norma INTE-ISO/IEC 17025:2017 y que tengan interés en implementar el IRCACH deberán recibir capacitación por parte del personal del LNA.
- Se hace necesario formular un modelo de índice de riesgo similar para evaluar la calidad de las fuentes de abastecimiento.

## Referencias

- [1] D. Mora, Agua, San José, San José: EUNED, 2009.
- [2] C. Buck, El desafío de la epidemiología, Washington, DC: Organización Mundial de la Salud, 1988.
- [3] Snow, Sobre a mansira de transmissos de Colera, Sao Paulo: HUCITEC ABRASCO, 1990.
- [4] F. Solsona, Guías para elaborar normas de calidad del agua de bebidas en países en desarrollo, Lima, Perú: OPS/CEPIS, 2002.
- [5] Organización Mundial de la Salud, Guidelines for Drinking-Water Quality, Cuarta ed., Ginebra, 2011.
- [6] Decreto Ejecutivo N° 38924-S, Reglamento para la Calidad del Agua Potable, La Uruca, San José: Diario Oficial La Gaceta 170, 2015.
- [7] Decreto Ejecutivo N° 26066-S, Designa Laboratorio Central de AyA Como Laboratorio Nacional de Aguas., La Uruca, San José: Diario Oficial La Gaceta N°109, 1997.
- [8] IRCA, Resolución 2115/2007. Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano de Colombia, 2013.