

**INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y
ALCANTARILLADOS
LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS**



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

Elaborado:

Dárner Mora Alvarado

Jimena Orozco Gutiérrez

Pablo Rivera Navarro

Yuliana Solís Castro

Luis Zúñiga Zuñiga

David Cambroner Bolaños

Azucena Urbina Campos

Segunda versión

Enero 2018

Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Costa Rica

Resumen

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 rechazo del agua por el mismo, 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, la estética y la salud, en los sistemas de abastecimiento de agua en Costa Rica.

Metodología

Primeramente, se identificaron los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos establecidos en el Reglamento para Calidad de Agua Potable y se clasificaron como de operación, estéticos, de significado para la salud o indicadores de contaminación. Seguidamente, se asignaron ámbitos de puntaje para el incumplimiento de dichos parámetros. Asimismo, se definieron niveles de riesgo y se obtuvieron los lineamientos para la implementación del IRCACH. Por último, se aplicó el índice a 32 ejemplos de evaluaciones puntuales y periódicas.

Resultados y Discusión

Se definieron cinco niveles de riesgo: Riesgo muy bajo (RMB), Riesgo bajo (RB), Riesgo intermedio (RI), Riesgo alto (RA) y Riesgo muy alto (RMA). Los niveles responden a un puntaje asignado a las variables fisicoquímicas y microbiológicas que sobrepasen el Valor Máximo Admisible, tanto para análisis puntuales, como para análisis periódicos. Según el puntaje obtenido, el agua se clasifica como apta o no apta para la ingesta. Asimismo, se sugieren recomendaciones y acciones a seguir para el mejoramiento de la calidad del agua del respectivo acueducto. El IRCACH debe ser utilizado como complemento para facilitar la interpretación en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable vigente, y nunca como

sustituto. El IRCACH se aplicará en cualquier sistema de abastecimiento, ya sea con o sin tratamiento previo del agua; por lo tanto, se aplicará para acueductos clorados y no clorados. La interpretación de los análisis debe realizarse de forma “holística”, debido a que la afectación de uno generalmente influye en otros. El IRCACH estará sujeto a modificaciones según futuros estudios científicos relacionados con calidad del agua para consumo humano.

Conclusiones

La aplicación de IRCACH permitió establecer el posible riesgo para la salud del consumidor y rechazo del agua por el mismo, y funcionar como instrumento de apoyo para los lineamientos definidos por el Reglamento para Calidad del Agua Potable. El IRCACH es apropiado para determinar la calidad del agua de consumo en Costa Rica, y podrá ser utilizado para realizar los Informes de Vigilancia y Calidad del agua para Consumo Humano suministrada por los acueductos rurales, municipales, la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) y el propio AyA.

Recomendaciones

Un modelo similar del IRCACH podría ser utilizado para evaluar la calidad de las fuentes de abastecimiento.

Palabras clave: índice de riesgo, calidad del agua, agua para consumo humano, agua potable.

Índice de contenido

1. Glosario.....	1
2. Introducción.....	2
2.1. Alcance	4
2.2. Objetivo General	5
2.3. Objetivos Específicos	5
3. Metodología.....	6
3.1. Identificación de los parámetros a incluir en el IRCACH.....	6
3.2. Asignación de ámbitos de puntaje a los parámetros del IRCACH en Costa Rica ..	6
3.3. Definición de los cinco niveles de riesgo	7
3.4. Lineamientos para aplicar el IRCACH	7
3.5. Aplicación del IRCACH.....	7
4. Resultados y discusión.....	7
4.1. Identificación de los parámetros a incluir en el IRCACH.....	7
4.2. Ámbitos de puntaje a cada parámetro del IRCACH en Costa Rica.....	16
4.3. Definición de los cinco niveles de riesgo	23
4.4. Lineamientos para aplicar el IRCACH en Costa Rica	24
4.5. Aplicación de la metodología del IRCACH.....	26
5. Conclusiones y recomendaciones	26
5.1. Conclusiones.....	26
5.2. Recomendaciones.....	27
6. Referencias	27
7. Anexos	30
7.1. Anexo 1. Ejemplos de análisis puntuales y periódicos donde se aplicó el IRCACH30	
7.2. Anexo 2. Justificación de ámbitos y puntaje de cada parámetro	62
7.3. Anexo 3. Cronología del IRCACH	75

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Parámetros de Calidad del Agua. Control Operativo (CO).	7
Cuadro 2. Parámetros de Calidad del Agua. Nivel Primero (N1).....	8
Cuadro 3. Parámetros de Calidad del Agua. Nivel Segundo (N2).....	8
Cuadro 4. Parámetros de la Calidad del Agua. Nivel Tercero (N3).....	9
Cuadro 5. Parámetros de calidad del Agua (Nivel 4).	10
Cuadro 6. Residuos de plaguicidas permitidos para el Nivel 4.....	13
Cuadro 7. Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano: puntaje de cada variable.	16
Cuadro 8. Justificación del puntaje asignado a los diferentes ámbitos de los parámetros identificados.	19
Cuadro 9. Niveles de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano.	23
Cuadro 10. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 1.	30
Cuadro 11. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 2.	31
Cuadro 12. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 3.	32
Cuadro 13. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 4.	33
Cuadro 14. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 5.	34
Cuadro 15. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 6	35
Cuadro 16. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 7.	36
Cuadro 17. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 8.	37
Cuadro 18. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 9.	38
Cuadro 19. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 10.....	39
Cuadro 20. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 11.....	40
Cuadro 21. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 12.....	41
Cuadro 22. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 13.....	42
Cuadro 23. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 14.....	43
Cuadro 24. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 15.....	44
Cuadro 25. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 16.....	45
Cuadro 26. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 17.....	46
Cuadro 27. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 18.....	47
Cuadro 28. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 19.....	48
Cuadro 29. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 20.....	49
Cuadro 30. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 21.....	50
Cuadro 31. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 22.....	51

Cuadro 32. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 23.....	52
Cuadro 33. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 24.....	53
Cuadro 34. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 25.....	54
Cuadro 35. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 26.....	55
Cuadro 36. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 27.....	56
Cuadro 37. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 28.....	57
Cuadro 38. Aplicación del IRCACH en evaluación periódica: Ejemplo 29.....	58
Cuadro 39. Aplicación del IRCACH en evaluación periódica: Ejemplo 30.....	59
Cuadro 40. Aplicación del IRCACH en evaluación periódica: Ejemplo 31.....	60
Cuadro 41. Aplicación del IRCACH en evaluación periódica: Ejemplo 32.....	61

1. Glosario

- Agua apta para la ingesta: Agua que no causa ningún daño en la salud al ser ingerida por la población, y que sus 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.
- Criterio de experto: Juicio de profesionales que trabajen con análisis físico-químicos, microbiológicos y biológicos del agua para consumo humano, que se basa en experiencia, datos históricos y conocimiento científico.
- Ingesta: consumo directo de agua (bebida), más la utilización del agua para preparar alimentos y para la higiene personal.
- Interpretación holística: Interpretación según la cual la totalidad de un sistema (calidad del agua de consumo humano), debe ser analizado en su conjunto y no solo a través de las partes que lo componen (parámetros de calidad).
- Parámetros de significado para la salud: Pueden ocasionar daño a la salud de los consumidores o indican la presencia de riesgo para la salud.
- Parámetros estéticos del agua: Influyen en las propiedades organolépticas del agua, pero que no repercuten en la salud de los consumidores, a las concentraciones normalmente reportadas en el agua.
- Parámetros operativos: Permiten el monitoreo y control de calidad del agua para la potabilización de la misma.
- Parámetros indicadores de contaminación: Indican una posible contaminación, pero por sí mismos no resultan dañinos para la salud.

2. Introducción

Históricamente la relación sobre el uso del agua y proceso salud-enfermedad se remonta a las antiguas culturas. En el Antiguo Testamento, se presentan distintos comentarios entre las prácticas sanitarias del pueblo judío, en donde se menciona la importancia del uso del agua limpia, tanto para consumo como para higiene personal. Por ejemplo, la ropa sucia puede ocasionar enfermedades tales como la sarna, o la suciedad puede conllevar a la enfermedad. Además, se mencionan algunas precauciones para garantizar que los pozos se mantengan tapados, limpios y alejados de posibles fuentes de contaminación (Mora, 2012).

Existen relatos del año 2000 a.C., sobre las tradiciones médicas de la India, que recomendaban 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...” (Mora, 2014).

En los escritos realizados por Hipócrates en el siglo IV a.C., en su libro “Aires, aguas y lugares”, se hace una relación entre el origen y las características del agua que consumen los pobladores y la salud (Carol Buck, 1988). 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 (Snow, 1990). Estos hechos, sumados al descubrimiento del grupo coliforme (*Bacillus coli*), en las heces humanas y el agua contaminada por Escherich, marcaron el inicio de la evaluación de la calidad del agua a nivel mundial.

La evaluación de la calidad del agua potable, definida como el agua que al ser ingerida no le cause 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 del agua.

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 “Normas Internacionales para el Agua Potable” con estándares elaborados en países desarrollados, pero de poca aplicabilidad en países subdesarrollados (Solsona, 2002) En razón de esto, en 1984 se crearon las “Guías para la Calidad del Agua Potable”, con posteriores modificaciones en 1993, 2004 y 2011. Estas se fundamentaron en valores guías de variables fisicoquímicas, radiológicas y microbiológicas, para que cada país las adopte en concordancia con su situación socioeconómica e hidrológica (Organización Mundial de la Salud, 2004).

No obstante, la mayoría de los países han copiado los valores guías como estándares, sin realizar ninguna investigación epidemiológica relacionada a 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) (Norma Salvadoreña NSO 13.07.01:08, (2009); Reglamento Técnico de Panamá DGNT-COPANT 23-395-99, (1999); Norma Técnica para la Calidad del Agua Potable en Honduras, (1995)) Otro error común es que se le 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 (Trueque, sf).

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

- a) En 1993 las Normas Internacionales de Centroamérica y República Dominicana
- b) En 1997 se aprobó mediante Decreto Ejecutivo 25991-S, el primer Reglamento para la Calidad del Agua Potable (Decreto Ejecutivo N°25991-S, 1997).
- c) En el 2005, se aprobó la segunda versión, mediante el Decreto Ejecutivo 32327-S (CAPRE, 1993).
- d) En setiembre del 2015, la tercera versión con Decreto Ejecutivo 38924-S (Decreto Ejecutivo N° 38924-S, 2015)

Este último se diferencia de los anteriores, en que se establece un control operativo para los acueductos, utilizando 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 y 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.

Algunas excepciones a nivel mundial son los reglamentos de Rusia (Decreto N° 24, 2001), de la Agencia para Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) (Morly *et al.*, 2015) y de Colombia, ya que aplican un Índice de Riesgo para Calidad del Agua para Consumo Humano (Ministerio de la Protección Social de Colombia, 2007).

El reglamento vigente para Costa Rica, establece que para que el agua sea considerada potable, ésta debe cumplir con todos los parámetros definidos en dicho documento. Esta situación se presta para que se califique como no potable al 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 todos los parámetros repercuten con igual peso sobre la salud de los consumidores; asimismo, en muchos casos sucede que 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 para la Calidad del Agua Potable, se propone un Índice de Riesgo de Calidad del Agua para Consumo Humano (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.

2.1. Alcance

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°109 el 9 de junio de 1997, el laboratorio es el centro de referencia para análisis de agua.

Aquellos laboratorios, con ensayos acreditados de conformidad con los requisitos establecidos en la Norma INTE-ISO/IEC 17025:2005, y que tengan interés en implementar el IRCACH, deberán recibir una capacitación por parte del personal del LNA.

2.2. 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 rechazo por el mismo, 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, la estética y la salud, en los sistemas de abastecimiento de agua en Costa Rica.

2.3. Objetivos Específicos

- Identificar los parámetros de operación, estéticos, de salud e indicadores de contaminación, del Reglamento para Calidad del Agua Potable vigente en Costa Rica.
- Establecer ámbitos de puntaje a 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.
- Aplicar el IRCACH en acueductos operados por AyA, municipales y rurales.
- Determinar la funcionalidad del IRCACH para evaluar la calidad del agua de consumo.

3. Metodología

Para cumplir con los objetivos establecidos se aplicarán los siguientes pasos:

3.1. Identificación de los parámetros a incluir en el IRCACH

En el IRCACH se incorporaron parámetros de evaluación de la calidad del agua establecidos en el Decreto Ejecutivo 38924-S Reglamento para la Calidad del Agua Potable, y se clasificaron como parámetros de operación, estéticos, de significado para la salud e indicadores de contaminación.

3.2. Asignación de ámbitos de puntaje a los parámetros del IRCACH en Costa Rica

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 (OMS, 2011), en los lineamientos de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, el Reglamento para la Calidad del Agua Potable vigente (Decreto Ejecutivo 38924-S) y demás legislación vigente en el país, en 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 en el criterio de experto especializado en el área.

La asignación del puntaje de riesgo para los ámbitos va de uno a 31 puntos, para los parámetros relacionados con aspectos operativos, estéticos, indicadores de contaminación y los vinculados directamente con la salud de los consumidores del agua. En el caso de los parámetros del nivel 3 del reglamento vigente (excepto para 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 asigna el puntaje máximo (31 puntos) cuando el valor obtenido supere el VMA.

3.3. Definición de los cinco niveles de riesgo

Se definieron cinco niveles de riesgo de la calidad del agua; las cuales se basaron en el Índice de Riesgo para la Calidad del Agua para Consumo Humano (IRCA) de Colombia.

3.4. Lineamientos para aplicar el IRCACH

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

3.5. Aplicación del IRCACH

Con el fin de ejemplificar, se aplicó el IRCACH en 28 análisis puntuales y cuatro periódicos, de los distintos entes operadores: AyA, acueductos rurales y municipalidades.

4. Resultados y discusión

4.1. Identificación de los parámetros a incluir en el IRCACH

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 los cuadros del 1 al 6, donde se indica su clasificación según el tipo de parámetro, ya sean de operación, estéticos o de significado para la salud.

Cuadro 1. Parámetros de Calidad del Agua. Control Operativo (CO).

Parámetro	Unidad	Valor Alerta (VA)	Valor Máximo Admisible (VMA)
Turbiedad**	UNT	-	5
Olor**	-	-	Aceptable
pH*	-	6,0	8,0

Cuadro 1. Parámetros de Calidad del Agua. Control Operativo (CO).

Parámetro	Unidad	Valor Alerta (VA)	Valor Máximo Admisible (VMA)
Cloro residual libre*	mg/L	0,3	0,6
Temperatura*	°C	-	30

*Parámetros de operación.

**Parámetros estéticos; pueden modificar la apariencia, olor y sabor del agua, sin causar afectaciones en la salud del consumidor.

Fuente: Reglamento para la Calidad del Agua Potable, Decreto Ejecutivo 38924-S.

Cuadro 2. Parámetros de Calidad del Agua. Nivel Primero (N1).

Parámetro	Unidad	Valor Alerta (VA)	Valor Máximo Admisible (VMA)
Color aparente**	UPT-Co	-	15
Conductividad*	µS/cm	400	-
Cloro Residual Libre*	mg/L	0,3	0,6
Coliformes fecales***	NMP/100 mL UFC/100 mL	-	No detectable

*Parámetros de operación.

**Parámetros estéticos; pueden modificar la apariencia, olor y sabor del agua, sin causar afectaciones en la salud del consumidor.

***Parámetros de significado para la salud.

Fuente: Reglamento para la Calidad del Agua Potable, Decreto Ejecutivo 38924-S.

Cuadro 3. Parámetros de Calidad del Agua. Nivel Segundo (N2).

Parámetro	Valor de Alerta (VA) mg/L	Valor Máximo Admisible (VMA) mg/L
Aluminio***	-	0,2
Calcio**	-	100
Cloruro**	25	250
Cobre***	1,0	2,0
Dureza total**	300	400
Fluoruro***	-	0,7 a 1,5
Hierro**	-	0,3

Cuadro 3. Parámetros de Calidad del Agua. Nivel Segundo (N2).

Parámetro	Valor de Alerta (VA) mg/L	Valor Máximo Admisible (VMA) mg/L
Magnesio**	30	50
Manganeso**	0,1	0,5
Potasio**	-	10
Sodio**	25	200
Sulfato**	25	250
Zinc**	-	3,0

*Parámetros de operación.

**Parámetros estéticos; pueden modificar la apariencia, olor y sabor del agua, sin causar afectaciones en la salud del consumidor.

***Parámetros de significado para la salud.

Fuente: Reglamento para la Calidad del Agua Potable, Decreto Ejecutivo 38924-S.

Cuadro 4. Parámetros de la Calidad del Agua. Nivel Tercero (N3).

Parámetro	Valor de Alerta (VA) mg/L	Valor Máximo Admisible (VMA) mg/L
Amonio****	0,05	0,5
Antimonio***	-	0,005
Arsénico***	-	0,01
Cadmio***	-	0,003
Cianuro***	-	0,07
Cromo***	-	0,05
Mercurio***	-	0,001
Níquel***	-	0,02
Nitrato***	25	50
Nitrito***	-	0,1
Plomo***	-	0,01
Selenio***	-	0,01

***Parámetros de significado para la salud.

****Parámetro indicador de contaminación.

Fuente: Reglamento para la Calidad del Agua Potable, Decreto Ejecutivo 38924-S.

Cuadro 5. Parámetros de calidad del Agua (Nivel 4).

Residuos de Plaguicidas ⁽¹⁾	
Parámetro	Valor Máximo Admisible (VMA) µg/L
Plaguicidas ^(a)	0,10
Plaguicidas organoclorados ^(b)	0,03
Total de plaguicidas ^(c)	0,50
<p>(a) Por “Plaguicidas” se entiende: insecticidas orgánicos, herbicidas orgánicos, fungicidas orgánicos, nematocidas orgánicos, acaricidas orgánicos, alguicidas orgánicos, rodenticidas orgánicos, molusquicidas orgánicos, productos relacionados (reguladores de crecimiento) y sus pertinentes metabolitos y productos de degradación y reacción. Sólo es preciso controlar aquellos plaguicidas que sea probable que estén presentes en un suministro dado. De estar presentes en el suministro e implementado el sistema de tratamiento; estos deben ser evaluados con una frecuencia mensual.</p> <p>(b) Sustancias de uso prohibido en el país, pero que debido a su persistencia en Costa Rica podrían encontrarse en aguas dada su larga vida media en el ambiente y su uso extensivo en épocas anteriores.</p> <p>(c) Por “Total de plaguicidas”, se entiende la suma de todos los plaguicidas detectados y cuantificados en el procedimiento de control.</p>	
Sustancias Orgánicas ⁽¹⁾	
Parámetro	Valor Máximo Admisible (VMA) µg/L
Alcanos Clorados	
Tetracloruro de carbono	2
Diclorometano	20
1,2-dicloroetano	30
1,1,1-tricloroetano	2000
Etenos Clorados	
Cloruro de vinilo	5
1,1-dicloroetano	30
1,2-dicloroetano	50
Tricloroetano	70
Tetracloroetano	40

Hidrocarburos Aromáticos		
Tolueno		700
Xilenos		500
Etilbenceno		300
Estireno		20
Benzo-alfa-pireno		0,7
Benceno		0,5
Bencenos Clorados		
Monoclorobenceno		300
1,2-diclorobenceno		1000
1,4-diclorobenceno		300
Triclorobencenos		20
Otros Compuestos Orgánicos		
di (2-etilhexil) adipato		80
di (2-etilhexil) ftalato		8
Acrilamida		0,5
Epiclorohidrino		0,4
Hexaclorobutadieno		0,5
EDTA		200
Ácido nitriloacético		200
Óxido de tributilestaño		2
Hidrocarburos policíclicos aromáticos totales		0,2
Bifenilos policlorados totales		N.D.
Parámetros Físicos e Inorgánicos ⁽¹⁾		
Parámetro	Valor de Alerta (VA) mg/L	Valor Máximo Admisible (VMA) mg/L
Sólidos totales disueltos	-	1000
Amonio	0,05	0,5
Sulfuro de hidrógeno	-	0,05

Desinfectantes y Subproductos de la Desinfección ⁽¹⁾		
Parámetro	Valor Máximo Admisible (VMA) µg/L	
Desinfectantes		
Monocloramina	4000	
Subproductos de la desinfección		
a) Clorofenoles		
2,4,6-triclorofenol	200	
Formaldehído	900	
b) Trihalometanos		
Bromoformo	100	
Dibromoclorometano	100	
Bromodiclorometano	60	
Cloroformo	200	
c) Ácidos acéticos clorados		
Ácido dicloroacético	50	
Ácido tricloroacético	100	
Tricloroacetaldehído/cloralhidrato	100	
d) Haloacetoniros		
Dicloroacetoniros	90	
Dibromoacetoniros	100	
Tricloroacetoniros	11	
e) Cloruro de cianógeno		
Expresado como CN ⁻	70	
Microorganismos ⁽¹⁾		
Microorganismo	Género y/o especie	Valor Máximo Admisible (VMA)
Bacterias	<i>Escherichia coli</i> (cepas patógenas)	Ausencia
	<i>Salmonella sp</i>	Ausencia
	<i>Shigella spp</i>	Ausencia
	<i>Aeromonas hydrophila</i>	Ausencia
	<i>Campylobacter jejuni</i> <i>Campylobacter coli</i>	Ausencia

	<i>Yersinia enterocolitica</i>	Ausencia
	<i>Vibrio cholerae</i>	Ausencia
	Cianobacterias tóxicas	Ausencia
Virus	Enterovirus	Ausencia
	Adenovirus	Ausencia
	Virus Hepatitis A y E	Ausencia
	Rotavirus	Ausencia
	Norovirus	Ausencia
Protozoarios, quistes u ooquistes	<i>Cryptosporidium parvum</i>	Ausencia
	<i>Entamoeba histolytica</i>	Ausencia
	<i>Giardia intestinalis</i>	Ausencia
	<i>Cyclospora cayetanensis</i>	Ausencia
Helmintos, huevecillos	Nemátodos intestinales	Ausencia

(1) Todos los parámetros del cuadro son de significado para la salud.

Fuente: Reglamento para la Calidad del Agua Potable, Decreto Ejecutivo 38924-S.

Cuadro 6. Residuos de plaguicidas permitidos para el Nivel 4.

Ingrediente activo	Valor Máximo Admisible (VMA) µg/L
OMS ⁽¹⁾	
Alachlor	N.D(*)
Aldicarb	N.D
Aldrin/dieldrin	N.D
Atrazine	2
Bentazone	300
Carbofuran	N.D
Chlordane	N.D
2,4 D	30
2,4DB	N.D
DDTa	N.D
Dibromocloropropano	N.D
Dichloropropano	20
Diclorprop	100
Heptachlor-epoxido	N.D

Cuadro 6. Residuos de plaguicidas permitidos para el Nivel 4.

Ingrediente activo	Valor Máximo Admisible (VMA) µg/L
Isoproturon	9
Lindano	N.D
Mecroprop	10
Metoxychlor	10
Molinate	6
Pentaclorofenol (PCP)	N.D
Pendimethaline	20
Permethrin	20
Propanil	20
Pyridate	100
Simazine	2
2,4,5-T	N.D
Trifluraline	20
EPA ⁽¹⁾	
Ametrina	60
Bentazon	200
Bromacil	N.D
Clorpirifos	2
Cyanazine	1
Diazinon	1
Dicamba	400
Dinoceb	70
Disulfuton	7
Diuron	N.D
Fenamifos	7
Glifosato	N.D
Hexazinona	40
Isoforona	10
Malation	50
Hidracida maleica	400
MCPA	30

Cuadro 6. Residuos de plaguicidas permitidos para el Nivel 4.

Ingrediente activo	Valor Máximo Admisible (VMA) µg/L
Metomil	200
Metoxiclor	40
Metyl Paration	1
Metolaclor	70
Metribucin	7
Paraquat	30
Propazina	10
Terbufos	0,4
Trifutralina	10
Triadimefon	N.D

N.D. (*): No detectable por método. Los residuos de plaguicidas señalados en el cuadro con esta nomenclatura corresponde a plaguicidas prohibidos en el país, y a plaguicidas indicados en los votos de la Sala Constitucional, además como principio precautorio los residuos de plaguicidas que no están contemplados en el presente cuadro.

(1) Todos los parámetros del cuadro son de significado para la salud.

Fuente: Reglamento para la Calidad del Agua Potable, Decreto Ejecutivo 38924-S.

4.2. Ámbitos de puntaje a cada parámetro del IRCACH en Costa Rica

En el siguiente cuadro se presentan los ámbitos y su correspondiente puntaje asignado, para cada parámetro identificado previamente.

Cuadro 7. Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano: puntaje de cada variable.

Parámetros	Valor Máximo Admisible	Ámbito	Puntaje asignado	Ámbito	Puntaje asignado
Aluminio ($\mu\text{g/L}$)	200,0	$200,0 < x \leq 400,0$	3	$x > 900,0$	31
		$400,0 < x \leq 900,0$	6		
Amonio (mg/L)	0,50	$x > 0,50$	3	-	-
Calcio (mg/L)	100,0	$x > 100,0$	4	-	-
Cloro Residual (mg/L) ^{(1) (2)}	0,30 – 0,60	$x > 1,00$	3	$x < 0,30$	6
Cloruros (mg/L)	250,00	$x > 250,00$	1	-	-
Cobre ($\mu\text{g/L}$)	2000,0	$x > 2000,0$	21	-	-
Coliformes fecales /100 mL Sistemas Clorados ^{(3) (4)}	$< 1 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$ $< 1 \text{ UFC}/100 \text{ mL}$	$\geq 1 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$ $\geq \text{UFC}/100 \text{ mL}$	25	-	-
Coliformes fecales /100 mL Sistemas No Clorados ^{(3) (4)}	$< 1 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$ $< 1 \text{ UFC}/100 \text{ mL}$	$\geq 1 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$ $\geq \text{UFC}/100 \text{ mL}$	21	-	-
Color aparente (UPt-Co)	15	$15 < x \leq 30$	4	$x > 30$	11
Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	400	$400 < x < 1000$	3	$x \geq 1000$	21
Dureza total (mg/L)	400	$x > 400$	4	-	-
Fluoruros (mg/L)	1,50	$1,50 < x \leq 2,00$	6	$x > 2,00$	21
Hierro ($\mu\text{g/L}$) + Manganeso ($\mu\text{g/L}$) ⁽⁵⁾	300,0	$300,0 < x \leq 500,0$	8	$x > 500,0$	11
Magnesio (mg/L)	50,0	$x > 50,0$	4	-	-

Cuadro 7. Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano: puntaje de cada variable.

Parámetros	Valor Máximo Admisible	Ámbito	Puntaje asignado	Ámbito	Puntaje asignado
Olor ⁽⁶⁾	Aceptable	Aceptable	11	-	-
pH ⁽¹⁾	6,00 – 8,00	5,50 ≤ x < 6,00 o 8,00 < x ≤ 8,50	1	x < 4,00	11
		x > 8,50 o 4,00 ≤ x < 5,50	6		
Potasio (mg/L)	10,0	x > 10,0	1	-	-
Selenio (µg/L)	10,00	10,00 < x ≤ 40,00	6	x > 40,0	31
Sodio (mg/L)	200,0	x > 200,0	1	-	-
Sulfatos (mg/L)	250,00	250,00 < x ≤ 500,00	4	x > 500,00	6
Temperatura (C°)	30,0	x > 30,0	1	-	-
Turbiedad (UNT)	5,00	5,00 < x ≤ 8,00	4	x > 8,00	11
Zinc (µg/L)	3000,0	x > 3000,0	1	-	-
Principales parámetros fisicoquímicos de significado para la salud					
Antimonio (µg/L)	5	4,5 < x ≤ 5	Si el puntaje total califica el agua con Riesgo Muy Bajo, pasar a Riesgo Bajo.	x > 5	31
Arsénico (µg/L)	10	9 < x ≤ 10		x > 10	31
Cadmio (µg/L)	3	2,7 < x ≤ 3		x > 3	31
Cobre (µg/L)	2000,0	1800,0 < x ≤ 2000,0		x > 2000,0	21
Cianuro (mg/L)	0,07	0,06 < x ≤ 0,07		x > 0,07	31
Cromo (µg/L)	50	45 < x ≤ 50		x > 50	31
Mercurio (µg/L)	1	0,9 < x ≤ 1		x > 1	31
Níquel (µg/L)	20	18 < x ≤ 20		x > 20	31

Cuadro 7. Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano: puntaje de cada variable.

Parámetros	Valor Máximo Admisible	Ámbito	Puntaje asignado	Ámbito	Puntaje asignado
Nitratos (mg/L)	50	$45 < x \leq 50$		$x > 50$	21
Nitritos (mg/L)	0,1	$0,09 < x \leq 0,1$		$x > 0,1$	21
Plomo ($\mu\text{g/L}$)	10	$9 < x \leq 10$		$x > 10$	31

- (1) En el caso del parámetro cloro residual libre y pH, no se define un valor máximo permisible sino ámbito recomendado.
- (2) Se establece el ámbito a partir de 1,00 mg/L, debido a que concentraciones superiores pueden causar rechazo por el consumidor.
- (3) Se aplica una de las tres técnicas de laboratorio: filtración por membrana, técnica de tubos múltiples y técnica de sustrato definido.
- (4) Se hace diferencia entre los acueductos clorados y no clorados a la hora de asignar el puntaje de coliformes fecales.
- (5) En espera de la quinta edición de las Guías para la Calidad del Agua Potable de la OMS para la determinación del riesgo en la salud del manganeso.
- (6) Para el parámetro olor se hace una medición cualitativa, la cual es aceptable o inaceptable. En caso de ser inaceptable, se asigna un valor de 11 puntos.

Fuente: Elaborado por los autores.

La justificación del puntaje asignado a los diferentes parámetros se resume en el cuadro 8. En el Anexo 2 se explica el riesgo de cada parámetro con más detenimiento.

Cuadro 8. Justificación del puntaje asignado a los diferentes ámbitos de los parámetros identificados.

Parámetros estéticos		
Parámetro	Puntaje	Justificación
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 puede generar rechazo por parte de los consumidores.
Dureza total		
Magnesio		
Sulfatos	4	Valores superiores al VMA no representan un riesgo para la salud, pero puede 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 ⁽¹⁾	8	Valores entre (300,0-500,0) µg/L no representan un riesgo para la salud, pero puede generar rechazo por parte de los consumidores.
	11	Valores superiores a 500,0 µg/L podrían generar riesgos para la salud, pero usualmente genera rechazo por parte de los consumidores.
Color aparente	4	Valores superiores al VMA no representan un riesgo para la salud, pero puede generar rechazo por parte de los consumidores.
	11	Valores superiores a 30 PtU-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 puede 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	11	Valores superiores al VMA (No aceptable) no necesariamente representan un riesgo para la salud, pero generan rechazo por parte de los consumidores.
Parámetro indicador de contaminación		
Parámetro	Puntaje	Justificación
Amonio	3	Valores superiores al VMA indican una posible contaminación, pero que por sí mismo no resulta dañino para la salud.
Parámetros operativos		
Parámetro	Puntaje	Justificación
Temperatura	1	Valores superiores al VMA no representan un riesgo para la salud ni generan rechazo por parte de los consumidores.
pH	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 entre 5,5 a 4,0 pueden modificar las propiedades organolépticas del agua (pH ácidos disuelven metales de la corteza terrestre) y ocasionar daños técnicos en 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 el riesgo de disolver metales de la corteza terrestre.
Cloro residual libre	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 presentan un riesgo de contaminación microbiana, al no contar con el efecto residual del desinfectante, lo que aumenta el riesgo de muy bajo a bajo.

Conductividad	3	Valores entre (400-1000) $\mu\text{S}/\text{cm}$ no representan un riesgo a la salud, indica irregularidades o posibles contaminaciones.
	21	Valores superiores a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indican presencia de contaminantes; ej.: intrusión salina, riesgo es alto. Muchos parámetros van a incumplir (cloruros, magnesio, calcio, dureza total, sulfatos, potasio, entre otros), por lo que el riesgo puede llegar a ser muy alto.
Parámetros de significado para la salud		
Parámetro	Puntaje	Justificación
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.
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 menos 10 % de este valor, el riesgo nunca va a poder considerarse como riesgo muy bajo, ya que el valor se encuentra muy cercano al VMA, cuya calificación daría un riesgo alto. Por lo tanto, si la concentración se encuentra entre ese 10 % y si el puntaje total de los parámetros fuera inferior a 6, se consideraría de riesgo bajo, en lugar de riesgo muy bajo.
Nitritos		
Coliformes fecales	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 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. Si la concentración varía entre el VMA y un menos 10 % de este valor, el riesgo nunca va a poder considerarse como riesgo muy bajo, ya que el valor se encuentra muy cercano al VMA, cuya calificación daría un riesgo alto. Por lo tanto, si la concentración se encuentra entre ese 10 % y si el puntaje total de los parámetros fuera inferior a 6, se consideraría de riesgo bajo, en lugar de riesgo muy bajo.

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 un valor máximo permisivo para la salud de 900 µg/L. Valores superiores a esto pueden ser nocivos para la salud; se clasifica como riesgo muy alto.
Antimonio	31	Valores superiores al VMA pueden ser nocivos para la salud, riesgo muy alto. Si la concentración varía entre el VMA y un menos 10 % de este valor, el riesgo nunca va a poder considerarse como riesgo muy bajo, ya que el valor se encuentra muy cercano al VMA, cuya calificación daría un riesgo alto. Por lo tanto, si la concentración se encontrara entre ese 10 % 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		
Nitratos		
Nitritos		
Plomo		
Nivel 4		

(1) En espera de la quinta edición de las Guías para la Calidad del Agua Potable de la OMS para la determinación del riesgo en la salud del manganeso.

Fuente: Elaborado por los autores.

4.3. Definición de los cinco niveles de riesgo

En el Cuadro 9 se presenta la clasificación de los cinco niveles de riesgo con su respectiva calidad del agua. Asimismo, se sugieren recomendaciones y acciones a seguir para el mejoramiento de la calidad del agua del respectivo acueducto.

Cuadro 9. Niveles de Riesgo de 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, implementar o mejorar control 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, Procedimiento de Inspecciones Ordinarias, Procedimiento de Inspección para Emergencias de Brotes y/o el Procedimiento de Inspección para Emergencias Químicas.

Fuente: Elaborado por los autores.

4.4. 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.
- Para evaluar reportes puntuales, se le otorgará el puntaje a cada parámetro que sobrepase los VMA, según Cuadro 7. La sumatoria de dichos parámetros determinará el nivel de riesgo (Cuadro 9).
- En caso de que alguno de los parámetros de significado para la salud presente concentraciones que varíen entre el VMA y un menos 10 % de este valor, el riesgo nunca va a poder considerarse como riesgo muy bajo, ya que el valor se encuentra muy cercano al VMA, cuya calificación daría un riesgo alto. Por lo tanto, si la concentración se encuentra entre ese 10 % y si el puntaje total de los parámetros fuera inferior a 6, se consideraría 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 del nivel 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 le otorgarán los 25 puntos si presenta 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*, otorgando 21 puntos si presenta una negatividad inferior al 80 %.

- Óptimamente se utilizará el IRCACH 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 permitirán excepciones para 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 haga constatar que no se están evaluando todos los parámetros del índice.
- El IRCACH se aplicará en cualquier sistema de abastecimiento, ya sea con o sin tratamiento previo 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.
- En todos los valores reportados de los análisis fisicoquímicos, en especial los reportados por trazas en µg/L, es necesario tomar en cuenta el ámbito cubierto por la incertidumbre para la evaluación de un parámetro.
- La interpretación de los análisis de los diferentes parámetros, debe realizarse de forma “holística”, 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 del agua asociado a su calidad.
- El IRCACH estará sujeto a modificaciones según futuros estudios científicos relacionados con calidad del agua para consumo humano.

4.5. Aplicación de la metodología del IRCACH

La metodología del IRCACH se aplicó en 28 reportes puntuales y cuatro análisis periódicos realizados por el LNA. Los análisis puntuales se realizaron en un punto de la red de distribución durante el 2016; los análisis periódicos se realizaron con el recopilado de datos del año 2016, de varios puntos de la red de un determinado acueducto. Se utilizó como herramienta una plantilla automática, para calcular el puntaje total y obtener el nivel de riesgo. Los ejemplos de la aplicación del índice se detallan en los cuadros del Anexo 1 al final del documento.

5. Conclusiones y recomendaciones

El análisis de los resultados del presente estudio permite formular las siguientes conclusiones y recomendaciones:

5.1. Conclusiones

- Se identificaron los parámetros del Reglamento para la Calidad del Agua Potable dentro de las categorías: de operación, estéticos, de salud e indicadores de contaminación.
- Se establecieron ámbitos de puntaje para cada parámetro, según el riesgo que represente para la salud y la aceptabilidad del agua en los consumidores.
- Los cinco niveles de riesgo para el IRCACH son: 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 y rechazo del agua por el mismo, y funcionar como instrumento de apoyo para los lineamientos definidos por el Reglamento para Calidad del Agua Potable.
- El IRCACH es apropiado para determinar el riesgo de la calidad del agua de consumo en Costa Rica y podrá ser utilizado para realizar los Informes de Vigilancia

y Calidad del Agua para Consumo Humano suministrada por los acueductos rurales, municipales, la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) y el propio AyA.

5.2. Recomendaciones

- Formular un modelo de índice de riesgo similar para evaluar la calidad de las fuentes de abastecimiento.

6. Referencias

Baglar, S., Nalcaci, A., & Tastekin, M. (Oct de 2012). ***The effect of temperature change on fluoride uptake from a mouthrinse by enamel specimens.*** *Eur. J. Dent*, 6(4), 361-369.

CAPRE (1993). ***Normas de Calidad del Agua para Consumo Humano.*** San José. Costa Rica. Primera Edición: p 1 a 27.

Carol Buck, A. L. (1988). ***El Desafío de la Epidemiología.*** Washington, DC: Organización Mundial de la Salud.

Decreto Ejecutivo N° 25991 – S. (27 de mayo de 1997). ***Reglamento para la Calidad del Agua Potable.*** La Uruca, San José, Costa Rica: Diario Oficial La Gaceta N°100.

Decreto Ejecutivo N° 26066 – S. (9 de junio de 1997). ***Designa Laboratorio Central de AyA Como Laboratorio Nacional de Aguas.*** La Uruca, San José, Costa Rica: Diario Oficial La Gaceta N°109.

Decreto Ejecutivo N° 32327 – S. (3 de mayo de 2005). ***Reglamento para la Calidad de Agua Potable.*** La Uruca, San José, Costa Rica: Diario Oficial La Gaceta N°84.

Decreto Ejecutivo N° 38924 – S. (1° de septiembre de 2015). ***Reglamento para la Calidad de Agua Potable.*** La Uruca, San José, Costa Rica: Diario Oficial La Gaceta.

EPA. (2017). ***Secondary Drinking Water Standards: Guidance for Nuisance Chemicals.*** *United States Environmental Protection Agency.* Recuperado el 5 de abril de 2017,

de <https://www.epa.gov/dwstandardsregulations/secondary-drinking-water-standards-guidance-nuisance-chemicals>

IARC. (2006). ***IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans***. Lyon, Francia. Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer. Organización Mundial de la Salud (OMS). Revisado el 6 de marzo del 2017: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Preamble/CurrentPreamble.pdf>

IRCA. (2013). **Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano de Colombia – IRCA 2007-2013**. Resolución 2115/2007.

Ministerio de Salud de la Federación Rusa. ***Agua Potable y su Abastecimiento a lugares poblados***. Decreto N°24 del 26.09.2001: SP.

Ministerio de la Protección Social de Colombia. (4 de julio de 2007). Resolución 2161. ***Reglamento para la Calidad del Agua Potable e Índice de Riesgo de la Calidad del Agua***.

Ministerio de Salud de Honduras (1995). ***Norma Técnica para la Calidad del Agua Potable***. Consultado el día 20 de diciembre del 2016. Disponible en <http://www.salud.gob.hn/transparencia/transparencia/archivos/regulacion/leyes/NORMA%20TECNICA%20CALIDAD%20AGUA%20POTABLE%20%20Honduras.pdf>.

Mora, D. (2012). ***Orígenes y Evolución de la Desinfección del Agua***.

Mora, D. (2014). ***Origen y Evolución de los Acueductos***.

Morly, C. Dozier, M (2005). ***Estándares del Agua Potable***: Sistema Universitario de Texas. B-61865; p-1-11.

Norma Salvadoreña NSO 13.07.01:08 (2009). ***Agua, Agua Potable***. Segunda Revisión. Publicado en el Diario Oficial del 12 de junio de 2009. El Salvador.

Organización Mundial de la Salud. (2004). ***Guidelines for Drinking Water Quality***. Third Edition.

Organización Mundial de la Salud. (2011). **Guidelines for Drinking Water Quality**. Fourth Edition.

Reglamento Técnico DGNT – COPANT 23-395-99 (1999). **Agua. Agua Potable. Definiciones y Requisitos Generales**. Publicado en La Gaceta 23.942 del 07 de diciembre de 1999.

Snow. (1990). **Sobre a mansira de transmissos de Colera**. Sao Paulo: HUCITEC ABRASCO.

Solsona, F. (2002). **Guías para Elaborar Normas de Calidad del Agua de Bebidas en Países en Desarrollo**. Lima, Perú: OPS/CEPIS.

Trueque, P (s.f). **Armonización de los Estándares de Agua Potable en las Américas**. Consultado el día 20 de diciembre del 2016. Disponible en <http://docplayer.es/11067083-Armonizacion-de-los-estandares-de-agua-potable-en-las-americas.html>

7. Anexos

7.1. Anexo 1. Ejemplos de análisis puntuales y periódicos donde se aplicó el IRCACH

Cuadro 10. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 1.

Sistema clorado		SAN RAMÓN DE LA VIRGEN DE SARAPIQUÍ			
Punto de muestreo		RED 4			
Fecha de muestreo		11/08/2016			
ID		AYA-ID-07820-2016			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permissible + Incertidumbre	Resultado	Conformidad	Puntaje
Aluminio	µg/L	201,0	7,9	Cumple	
Antimonio	µg/L	5,1	N.D.	Cumple	
Arsénico	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Cadmio	µg/L	3,1	N.D.	Cumple	
Calcio	mg/L	101,0	9,6	Cumple	
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01	0,00	INCUMPLE	6
Cloruros	mg/L	250,50	1,73	Cumple	
Cobre	µg/L	2001,0	N.D.	Cumple	
Color Aparente	UPt-Co	16	D.	Cumple	
Conductividad	µS/cm	401	114	Cumple	
Cromo	µg/L	50,1	N.D.	Cumple	
Dureza Total	mg/L	401	52	Cumple	
Fluoruros	mg/L	1,53	N.D.	Cumple	
Hierro	µg/L	301,0	D.	Cumple	
Magnesio	mg/L	50,1	6,9	Cumple	
Manganeso	µg/L	301,0	N.D.	Cumple	
Mercurio	µg/L	1,1	N.D.	Cumple	
Níquel	µg/L	21,00	N.D.	Cumple	
Nitratos	mg/L	50,53	N.D.	Cumple	
Nitritos	mg/L	0,13	N.D.	Cumple	
Olor	N.A.	Aceptable	Aceptable	Cumple	
pH		5,90 - 8,10	7,33	Cumple	
Plomo	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Potasio	mg/L	10,8	2,1	Cumple	
Selenio	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Sodio	mg/L	202,1	3,7	Cumple	
Sulfatos	mg/L	250,80	D.	Cumple	
Turbiedad	UNT	5,10	D.	Cumple	
Coliformes fecales	NMP/100 ml UFC/100 ml	<1	Negativo	Cumple	
TOTAL					6
Nivel de riesgo		Riesgo bajo			
Color		Verde			
Calidad del agua		Apta para ingesta, pero susceptible al deterioro de la calidad.			

Cuadro 11. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 2.

Evaluación puntual implementando el IRCACH					
Sistema no clorado		Milano de Germania de Siquirres			
Punto de muestreo		Primer usuario			
Fecha de muestreo		21/10/2016			
ID		AYA-ID-10750-2016			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permissible + Incertidumbre	Resultado	Conformidad	Puntaje
Aluminio	µg/L	201,0			
Amonio	mg/L	0,60			
Antimonio	µg/L	5,1			
Arsénico	µg/L	10,1			
Cadmio	µg/L	3,1			
Calcio	mg/L	101,0			
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01			
Cloruros	mg/L	250,50			
Cobre	µg/L	2001,0			
Color Aparente	UPt-Co	16			
Conductividad	µS/cm	401			
Dureza Total	mg/L	401			
Fluoruros	mg/L	1,53			
Hierro	µg/L	301,0			
Magnesio	mg/L	50,1			
Manganeso	µg/L	301,0			
Mercurio	µg/L	1,1			
Níquel	µg/L	21,00			
Nitratos	mg/L	50,53			
Nitritos	mg/L	0,13			
Olor	N.A.	Aceptable			
pH		5,90 - 8,10			
Plomo	µg/L	10,1			
Potasio	mg/L	10,8			
Sabor	N.A.	Aceptable			
Selenio	µg/L	10,1			
Sodio	mg/L	202,1			
Sulfatos	mg/L	250,80			
Turbiedad	UNT	5,10			
Zinc	µg/L	3001,0			
Coliformes fecales	NMP/100 ml UFC/100 ml	<1			
Plaguicidas	µg/L	N.D.	2,81	INCUMPLE	31
				TOTAL	31
Nivel de riesgo		Riesgo muy alto			
Color		Rojo			
Calidad del agua		No apta para ingesta.			

Cuadro 12. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 3.

Sistema no clorado		SAN LUIS Y CAIMITOS DE FLORENCIA DE SAN CARLOS			
Punto de muestreo		RED 2			
Fecha de muestreo		12/07/2016			
ID		AYA-ID-06812-2016			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permissible + Incertidumbre	Resultado	Conformidad	Puntaje
Aluminio	µg/L	201,0	N.D.	Cumple	
Arsénico	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Cadmio	µg/L	3,1	N.D.	Cumple	
Calcio	mg/L	101,0	13,7	Cumple	
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01	0	INCUMPLE	6
Cloruros	mg/L	250,50	1,87	Cumple	
Cobre	µg/L	2001,0	N.D.	Cumple	
Color Aparente	UPt-Co	16	D.	Cumple	
Conductividad	µS/cm	401	103	Cumple	
Cromo	µg/L	50,1	N.D.	Cumple	
Dureza Total	mg/L	401	56	Cumple	
Fluoruros	mg/L	1,53	N.D.	Cumple	
Hierro	µg/L	301,0	D.	Cumple	
Magnesio	mg/L	50,1	5,4	Cumple	
Manganeso	µg/L	301,0	N.D.	Cumple	
Mercurio	µg/L	1,1	N.D.	Cumple	
Níquel	µg/L	21,00	N.D.	Cumple	
Nitratos	mg/L	50,53	N.D.	Cumple	
Nitritos	mg/L	0,13	N.D.	Cumple	
Olor	N.A.	Aceptable	Aceptable	Cumple	
pH		5,90 - 8,10	7,08	Cumple	
Plomo	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Potasio	mg/L	10,8	1,9	Cumple	
Selenio	µg/L	10,1	D.	Cumple	
Sodio	mg/L	202,1	4,7	Cumple	
Sulfatos	mg/L	250,80	2,13	Cumple	
Temperatura	°C	30,1	23,7	Cumple	
Turbiedad	UNT	5,10	1,15	Cumple	
Zinc	µg/L	3001,0	D.	Cumple	
Coliformes fecales	NMP/100 ml UFC/100 ml	<1	23	INCUMPLE	21
TOTAL					27
Nivel de riesgo		Riesgo alto			
Color		Naranja			
Calidad del agua		No apta para ingesta.			

Cuadro 13. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 4.

Sistema clorado		CH-A-38-PAPAGAYO SUR: HERMOSA - CACIQUE			
Punto de muestreo		PANAMÁ			
Fecha de muestreo		05/09/2016			
ID		AYA-ID-08736-2016			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permisible + Incertidumbre	Resultado	Conformidad	Puntaje
Aluminio	µg/L	201,0	N.D.	Cumple	
Antimonio	µg/L	5,1	N.D.	Cumple	
Arsénico	µg/L	10,1	4,8	Cumple	
Cadmio	µg/L	3,1	N.D.	Cumple	
Calcio	mg/L	101,0	1418,6	INCUMPLE	4
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01	0	INCUMPLE	6
Cloruros	mg/L	250,50	4402,37	INCUMPLE	1
Cobre	µg/L	2001,0	18,1	Cumple	
Color Aparente	UPt-Co	16	D.	Cumple	
Conductividad	µS/cm	401	11090	INCUMPLE	21
Cromo	µg/L	50,1	D.	Cumple	
Dureza Total	mg/L	401	6367	INCUMPLE	4
Fluoruros	mg/L	1,53	N.D.	Cumple	
Hierro	µg/L	301,0	99,9	Cumple	
Magnesio	mg/L	50,1	685,5	INCUMPLE	4
Manganeso	µg/L	301,0	N.D.	Cumple	
Mercurio	µg/L	1,1	N.D.	Cumple	
Níquel	µg/L	21,00	6,30	Cumple	
Nitratos	mg/L	50,53	N.D.	Cumple	
Nitritos	mg/L	0,13	N.D.	Cumple	
Olor	N.A.	Aceptable	Aceptable	Cumple	
pH		5,90 - 8,10	7,47	Cumple	
Plomo	µg/L	10,1	0,9	Cumple	
Potasio	mg/L	10,8	D.	Cumple	
Selenio	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Sodio	mg/L	202,1	61,7	Cumple	
Sulfatos	mg/L	250,80	297,33	INCUMPLE	4
Temperatura	°C	30,1			
Turbiedad	UNT	5,10	0,44	Cumple	
Zinc	µg/L	3001,0	49,5	Cumple	
Coliformes fecales	NMP/100 ml UFC/100 ml	<1	Negativo	Cumple	
TOTAL					44
Nivel de riesgo		Riesgo muy alto			
Color		Rojo			
Calidad del agua		No apta para ingesta.			

Cuadro 14. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 5.

Sistema clorado		LA ISLA DE CIUDAD QUESADA			
Punto de muestreo		RED 3			
Fecha de muestreo		42626,00			
ID		AYA-ID-09104-2016			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permisible + Incertidumbre	Resultado	Conformidad	Puntaje
Aluminio	µg/L	201,0	8,1	Cumple	
Arsénico	µg/L	10,1	D.	Cumple	
Cadmio	µg/L	3,1	N.D.	Cumple	
Calcio	mg/L	101,0	13,7	Cumple	
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01	0,25	INCUMPLE	6
Cloruros	mg/L	250,50	1,28	Cumple	
Cobre	µg/L	2001,0	3,5	Cumple	
Color Aparente	UPt-Co	16	N.D.	Cumple	
Conductividad	µS/cm	401	126	Cumple	
Cromo	µg/L	50,1	N.D.	Cumple	
Dureza Total	mg/L	401	46	Cumple	
Fluoruros	mg/L	1,53	0,10	Cumple	
Hierro	µg/L	301,0	5,8	Cumple	
Magnesio	mg/L	50,1	2,9	Cumple	
Manganeso	µg/L	301,0	N.D.	Cumple	
Mercurio	µg/L	1,1	N.D.	Cumple	
Níquel	µg/L	21,00	N.D.	Cumple	
Nitratos	mg/L	50,53	1,57	Cumple	
Nitritos	mg/L	0,13	N.D.	Cumple	
Olor	N.A.	Aceptable	Aceptable	Cumple	
pH		5,90 - 8,10	6,83	Cumple	
Plomo	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Potasio	mg/L	10,8	3,6	Cumple	
Selenio	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Sodio	mg/L	202,1	5,9	Cumple	
Sulfatos	mg/L	250,80	2,02	Cumple	
Temperatura	°C	30,1	21,5	Cumple	
Turbiedad	UNT	5,10	0,34	Cumple	
Zinc	µg/L	3001,0	D.	Cumple	
Coliformes fecales	NMP/100 ml UFC/100 ml	<1	Negativo	Cumple	
TOTAL					6
Nivel de riesgo		Riesgo bajo			
Color		Verde			
Calidad del agua		Apta para ingesta, pero susceptible al deterioro de la calidad.			

Cuadro 15. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 6

Sistema clorado		BR-A-13-COTO 44			
Punto de muestreo		RED 3			
Fecha de muestreo		28/09/2016			
ID		AYA-ID-09829-2016			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permissible + Incertidumbre	Resultado	Conformidad	Puntaje
Aluminio	µg/L	201,0	4,5	Cumple	
Amonio	mg/L	0,60	N.D.	Cumple	
Antimonio	µg/L	5,1	N.D.	Cumple	
Arsénico	µg/L	10,1	0,4	Cumple	
Cadmio	µg/L	3,1	N.D.	Cumple	
Calcio	mg/L	101,0	34,7	Cumple	
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01	0,30	Cumple	
Cloruros	mg/L	250,50	25,49	Cumple	
Cobre	µg/L	2001,0	N.D.	Cumple	
Color Aparente	UPt-Co	16	20	INCUMPLE	4
Conductividad	µS/cm	401	668	INCUMPLE	3
Cromo	µg/L	50,1	N.D.	Cumple	
Dureza Total	mg/L	401	127	Cumple	
Fluoruros	mg/L	1,53	1,18	Cumple	
Hierro	µg/L	301,0	573,4	INCUMPLE	11
Magnesio	mg/L	50,1	9,8	Cumple	
Manganeso	µg/L	301,0	424,3	INCUMPLE	
Mercurio	µg/L	1,1	N.D.	Cumple	
Níquel	µg/L	21,00	N.D.	Cumple	
Nitratos	mg/L	50,53	N.D.	Cumple	
Nitritos	mg/L	0,13	N.D.	Cumple	
Olor	N.A.	Aceptable	Aceptable	Cumple	
pH		5,90 - 8,10	7,38	Cumple	
Plomo	µg/L	10,1	D.	Cumple	
Potasio	mg/L	10,8	11,8	INCUMPLE	1
Selenio	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Sodio	mg/L	202,1	106,6	Cumple	
Sulfatos	mg/L	250,80	N.D.	Cumple	
Temperatura	°C	30,1			
Turbiedad	UNT	5,10	0,72	Cumple	
Zinc	µg/L	3001,0	44,5	Cumple	
Coliformes fecales	NMP/100 ml UFC/100 ml	<1	Negativo	Cumple	
TOTAL					19
Nivel de riesgo		Riesgo intermedio			
Color		Amarillo			
Calida del Agua		No apta para ingesta, rechazo del agua por parte de los consumidores debido a las características organolépticas.			

Cuadro 16. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 7.

Sistema clorado		LOMAS DEL TORO			
Punto de muestreo		RED 2			
Fecha de muestreo		13/07/2016			
ID		AYA-ID-06857-2016			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permissible + Incertidumbre	Resultado	Conformidad	Puntaje
Aluminio	µg/L	201,0	N.D.	Cumple	
Amonio	mg/L	0,60	N.D.	Cumple	
Antimonio	µg/L	5,1	N.D.	Cumple	
Arsénico	µg/L	10,1	15,2	INCUMPLE	31
Cadmio	µg/L	3,1	N.D.	Cumple	
Calcio	mg/L	101,0	24,2	Cumple	
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01	0,05	INCUMPLE	6
Cloruros	mg/L	250,50	3,29	Cumple	
Cobre	µg/L	2001,0	N.D.	Cumple	
Color Aparente	UPt-Co	16	11	Cumple	
Conductividad	µS/cm	401	268	Cumple	
Cromo	µg/L	50,1	N.D.	Cumple	
Dureza Total	mg/L	401	97	Cumple	
Fluoruros	mg/L	1,53	N.D.	Cumple	
Hierro	µg/L	301,0	397,2	INCUMPLE	11
Magnesio	mg/L	50,1	8,8	Cumple	
Manganeso	µg/L	301,0	195,5	Cumple	
Mercurio	µg/L	1,1	N.D.	Cumple	
Níquel	µg/L	21,00	N.D.	Cumple	
Nitratos	mg/L	50,53	D.	Cumple	
Nitritos	mg/L	0,13	N.D.	Cumple	
Olor	N.A.	Aceptable	Aceptable	Cumple	
pH		5,90 - 8,10	7,68	Cumple	
Plomo	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Potasio	mg/L	10,8	2,4	Cumple	
Selenio	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Sodio	mg/L	202,1	19,8	Cumple	
Sulfatos	mg/L	250,80	D.	Cumple	
Temperatura	°C	30,1			
Turbiedad	UNT	5,10	2,86	Cumple	
Zinc	µg/L	3001,0	D.	Cumple	
Coliformes fecales	NMP/100 ml UFC/100 ml	<1	>80	INCUMPLE	25
Cianuro	mg/L	0,07			
TOTAL					73
Nivel de riesgo		Riesgo muy alto			
Color		Rojo			
Calidad del agua		No apta para ingesta.			

Cuadro 17. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 8.

Sistema no clorado		SAN BERNARDINO DE HORQUETAS DE SARAPIQUÍ			
Punto de muestreo		RED 2			
Fecha de muestreo		10/08/2016			
ID		AYA-ID-07741-2016			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permisible + Incertidumbre	Resultado	Conformidad	Puntaje
Aluminio	µg/L	201,0	D.	Cumple	
Amonio	mg/L	0,60	N.D.	Cumple	
Antimonio	µg/L	5,1	N.D.	Cumple	
Arsénico	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Cadmio	µg/L	3,1	N.D.	Cumple	
Calcio	mg/L	101,0	7,2	Cumple	
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01	0,00	INCUMPLE	6
Cloruros	mg/L	250,50	1,52	Cumple	
Cobre	µg/L	2001,0	7,5	Cumple	
Color Aparente	UPT-Co	16	N.D.	Cumple	
Conductividad	µS/cm	401	87	Cumple	
Cromo	µg/L	50,1	N.D.	Cumple	
Dureza Total	mg/L	401	48	Cumple	
Fluoruros	mg/L	1,53	N.D.	Cumple	
Hierro	µg/L	301	N.D.	Cumple	
Magnesio	mg/L	50,1	7,3	Cumple	
Manganeso	µg/L	301	N.D.	Cumple	
Mercurio	µg/L	1,1	N.D.	Cumple	
Níquel	µg/L	21,00	N.D.	Cumple	
Nitratos	mg/L	50,53	N.D.	Cumple	
Nitritos	mg/L	0,13	N.D.	Cumple	
Olor	N.A.	Aceptable	Aceptable	Cumple	
pH		5,90 - 8,10	7,25	Cumple	
Plomo	µg/L	10,1	0,5	Cumple	
Potasio	mg/L	10,8	3,9	Cumple	
Selenio	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Sodio	mg/L	202,1	5,3	Cumple	
Sulfatos	mg/L	250,80	D.	Cumple	
Temperatura	°C	30,1			
Turbiedad	UNT	5,10	N.D.	Cumple	
Zinc	µg/L	3001,0	9,6	Cumple	
Coliformes fecales	NMP/100 ml UFC/100 ml	<1	negativo	Cumple	
TOTAL					6
Nivel de riesgo		Riesgo bajo			
Color		Verde			
Calidad del agua		Apta para ingesta, pero susceptible al deterioro de la calidad.			

Cuadro 18. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 9.

Sistema clorado		SANTA CECILIA DE SAN MARCOS DE TARRAZÚ			
Punto de muestreo		RED 3			
Fecha de muestreo		03/08/2016			
ID		AYA-ID-07500-2016			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permisible + Incertidumbre	Resultado	Conformidad	Puntaje
Aluminio	µg/L	201,0	1580,1	INCUMPLE	31
Amonio	mg/L	0,60	N.D.	Cumple	
Antimonio	µg/L	5,1	N.D.	Cumple	
Arsénico	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Cadmio	µg/L	3,1	N.D.	Cumple	
Calcio	mg/L	101,0	2,4	Cumple	
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01	0,13	INCUMPLE	6
Cloruros	mg/L	250,50	4,62	Cumple	
Cobre	µg/L	2001,0	5,3	Cumple	
Color Aparente	UPt-Co	16	D.	Cumple	
Conductividad	µS/cm	401	115	Cumple	
Cromo	µg/L	50,1	N.D.	Cumple	
Dureza Total	mg/L	401	10	Cumple	
Fluoruros	mg/L	1,53	N.D.	Cumple	
Hierro	µg/L	301,0	23,7	Cumple	
Magnesio	mg/L	50,1	N.D.	Cumple	
Manganeso	µg/L	301,0	17,6	Cumple	
Mercurio	µg/L	1,1	0,2	Cumple	
Níquel	µg/L	21,00	N.D.	Cumple	
Nitratos	mg/L	50,53	N.D.	Cumple	
Nitritos	mg/L	0,13	N.D.	Cumple	
Olor	N.A.	Aceptable	Aceptable	Cumple	
pH		5,90 - 8,10	4,65	INCUMPLE	6
Plomo	µg/L	10,1	D.	Cumple	
Potasio	mg/L	10,8	D.	Cumple	
Selenio	µg/L	10,1	D.	Cumple	
Sodio	mg/L	202,1	6,1	Cumple	
Sulfatos	mg/L	250,80	17,29	Cumple	
Temperatura	°C	30,1	24,5	Cumple	
Turbiedad	UNT	5,10	0,43	Cumple	
Zinc	µg/L	3001,0	13,4	Cumple	
Coliformes fecales	NMP/100 ml UFC/100 ml	<1	Negativo	Cumple	
Cianuro	mg/L	0,07			
TOTAL					43
Nivel de riesgo		Riesgo muy alto			
Color		Rojo			
Calidad del agua		No apta para ingesta.			

Cuadro 19. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 10.

Sistema no clorado		CALLE EL ALTO DE ESCAZÚ (No clorado)			
Punto de muestreo		RED 2			
Fecha de muestreo		29/06/2016			
ID		AYA-ID-06567-2016			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permissible + Incertidumbre	Resultado	Conformidad	Puntaje
Aluminio	µg/L	201,0	N.D.	Cumple	
Amonio	mg/L	0,60			
Antimonio	µg/L	5,1	N.D.	Cumple	
Arsénico	µg/L	10,1	1,1	Cumple	
Cadmio	µg/L	3,1	N.D.	Cumple	
Calcio	mg/L	101,0	4,8	Cumple	
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01	0,00	INCUMPLE	6
Cloruros	mg/L	250,50			
Cobre	µg/L	2001,0	N.D.	Cumple	
Color Aparente	UPt-Co	16	D.	Cumple	
Conductividad	µS/cm	401	76	Cumple	
Cromo	µg/L	50,1	N.D.	Cumple	
Dureza Total	mg/L	401	22	Cumple	
Fluoruros	mg/L	1,53			
Hierro	µg/L	301,0	N.D.	Cumple	
Magnesio	mg/L	50,1	2,4	Cumple	
Manganeso	µg/L	301,0	N.D.	Cumple	
Mercurio	µg/L	1,1	N.D.	Cumple	
Níquel	µg/L	21,00	N.D.	Cumple	
Nitratos	mg/L	50,53	N.D.	Cumple	
Nitritos	mg/L	0,13	N.D.	Cumple	
Olor	N.A.	Aceptable	Aceptable	Cumple	
pH		5,90 - 8,10	7,72	Cumple	
Plomo	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Potasio	mg/L	10,8	N.D.	Cumple	
Sabor	N.A.	Aceptable	Negativo		
Selenio	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Sodio	mg/L	202,1	2,5	Cumple	
Sulfatos	mg/L	250,80	22,1	Cumple	
Turbiedad	UNT	5,10	0,90	Cumple	
Zinc	µg/L	3001,0	3,4	Cumple	
Coliformes fecales	NMP/100 ml UFC/100 ml	<1	1	INCUMPLE	21
TOTAL					27
Nivel de riesgo		Riesgo alto			
Color		Naranja			
Calidad del agua		No apta para ingesta.			

Cuadro 20. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 11.

Sistema no clorado		CALLE HIGUERONES DE ESCAZÚ (No clorado)			
Punto de muestreo		SECTOR CALLE A LA NACIENTE			
Fecha de muestreo		27/05/2016			
ID		AYA-ID-05086-2016			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permissible + Incertidumbre	Resultado	Conformidad	Puntaje
Aluminio	µg/L	201,0	165,4	Cumple	
Amonio	mg/L	0,60	N.D.	Cumple	
Antimonio	µg/L	5,1	N.D.	Cumple	
Arsénico	µg/L	10,1	0,6	Cumple	
Cadmio	µg/L	3,1	N.D.	Cumple	
Calcio	mg/L	101,0	15,3	Cumple	
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01	0,00	INCUMPLE	6
Cloruros	mg/L	250,50	D.	Cumple	
Cobre	µg/L	2001,0	16,1	Cumple	
Color Aparente	UPt-Co	16	21	INCUMPLE	4
Conductividad	µS/cm	401	100	Cumple	
Cromo	µg/L	50,1	N.D.	Cumple	
Dureza Total	mg/L	401	46	Cumple	
Fluoruros	mg/L	1,53	0,33	Cumple	
Hierro	µg/L	301,0	134,5	Cumple	
Magnesio	mg/L	50,1	2	Cumple	
Manganeso	µg/L	301,0	13,3	Cumple	
Mercurio	µg/L	1,1	N.D.	Cumple	
Níquel	µg/L	21,00	N.D.	Cumple	
Nitratos	mg/L	50,53	N.D.	Cumple	
Nitritos	mg/L	0,13	N.D.	Cumple	
Olor	N.A.	Aceptable	Aceptable	Cumple	
pH		5,90 - 8,10	7,85	Cumple	
Plomo	µg/L	10,1	1,3	Cumple	
Potasio	mg/L	10,8	N.D.	Cumple	
Selenio	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Sodio	mg/L	202,1	4	Cumple	
Sulfatos	mg/L	250,80	7,24	Cumple	
Turbiedad	UNT	5,10	5,40	INCUMPLE	4
Zinc	µg/L	3001,0	22,4	Cumple	
Coliformes fecales	NMP/100 ml UFC/100 ml	<1	93	INCUMPLE	21
TOTAL					35
Nivel de riesgo		Riesgo muy alto			
Color		Rojo			
Calidad del agua		No opta para ingesta.			

Cuadro 21. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 12.

Sistema no clorado		ME-A-25.4-CALLE EL ALTO DE ESCAZÚ (NO CLORADO)			
Punto de muestreo		RED 1			
Fecha de muestreo		09/09/2016			
ID		AYA-ID-08915-2016			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permissible + Incertidumbre	Resultado	Conformidad	Puntaje
Aluminio	µg/L	201,0	39,7	Cumple	
Arsénico	µg/L	10,1	1,1	Cumple	
Cadmio	µg/L	3,1	N.D.	Cumple	
Calcio	mg/L	101,0	8,9	Cumple	
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01	0	INCUMPLE	6
Cloruros	mg/L	250,50	D.	Cumple	
Cobre	µg/L	2001,0	N.D.	Cumple	
Color Aparente	UPt-Co	16	D.	Cumple	
Conductividad	µS/cm	401	112	Cumple	
Cromo	µg/L	50,1	N.D.	Cumple	
Dureza Total	mg/L	401	34	Cumple	
Fluoruros	mg/L	1,53	D.	Cumple	
Hierro	µg/L	301,0	35,5	Cumple	
Magnesio	mg/L	50,1	2,9	Cumple	
Manganeso	µg/L	301,0	N.D.	Cumple	
Mercurio	µg/L	1,1	N.D.	Cumple	
Níquel	µg/L	21,00	N.D.	Cumple	
Nitratos	mg/L	50,53	1,73	Cumple	
Nitritos	mg/L	0,13	N.D.	Cumple	
Olor	N.A.	Aceptable	Aceptable	Cumple	
pH		5,90 - 8,10	7,44	Cumple	
Plomo	µg/L	10,1	D.	Cumple	
Potasio	mg/L	10,8	D.	Cumple	
Sabor	N.A.	Aceptable			
Selenio	µg/L	10,1	D.	Cumple	
Sodio	mg/L	202,1	4,4	Cumple	
Sulfatos	mg/L	250,80	23,40	Cumple	
Turbiedad	UNT	5,10	0,50	Cumple	
Zinc	µg/L	3001,0	7,8	Cumple	
Coliformes fecales	NMP/100 ml UFC/100 ml	<1	Negativo	Cumple	
TOTAL					6
Nivel de riesgo		Riesgo bajo			
Color		Verde			
Calidad del agua		Apta para ingesta, pero susceptible al deterioro de la calidad.			

Cuadro 22. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 13.

Sistema no clorado		NARANJAL DE BELÉN DE NOSARITA DE NICOYA			
Punto de muestreo		Red 2			
Fecha de muestreo		08/09/2016			
ID		AYA-ID-08898-2016			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permissible + Incertidumbre	Resultado	Conformidad	Puntaje
Aluminio	µg/L	201,0	D.	Cumple	
Arsénico	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Cadmio	µg/L	3,1	N.D.	Cumple	
Calcio	mg/L	101,0	14,5	Cumple	
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01	0	INCUMPLE	6
Cloruros	mg/L	250,50	D.	Cumple	
Cobre	µg/L	2001,0	6,6	Cumple	
Color Aparente	UPt-Co	16	N.D.	Cumple	
Conductividad	µS/cm	401	161	Cumple	
Cromo	µg/L	50,1	D.	Cumple	
Dureza Total	mg/L	401	77	Cumple	
Fluoruros	mg/L	1,53	N.D.	Cumple	
Hierro	µg/L	301,0	6,2	Cumple	
Magnesio	mg/L	50,1	9,8	Cumple	
Manganeso	µg/L	301,0	N.D.	Cumple	
Mercurio	µg/L	1,1	N.D.	Cumple	
Níquel	µg/L	21,00	N.D.	Cumple	
Nitratos	mg/L	50,53	D.	Cumple	
Nitritos	mg/L	0,13	N.D.	Cumple	
Olor	N.A.	Aceptable	Aceptable	Cumple	
pH		5,90 - 8,10	6,84	Cumple	
Plomo	µg/L	10,1	D.	Cumple	
Potasio	mg/L	10,8	D.	Cumple	
Sabor	N.A.	Aceptable			
Selenio	µg/L	10,1	0,9	Cumple	
Sodio	mg/L	202,1	6,4	Cumple	
Sulfatos	mg/L	250,80	D.	Cumple	
Temperatura	°C	30,1			
Turbiedad	UNT	5,10	D.	Cumple	
Zinc	µg/L	3001,0	31,2	Cumple	
Coliformes fecales	NMP/100 ml UFC/100 ml	<1	Negativo	Cumple	
TOTAL					6
Nivel de riesgo		Riesgo bajo			
Color		Verde			
Calidad del agua		Apta para ingesta, pero susceptible al deterioro de la calidad.			

Cuadro 23. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 14.

Sistema clorado		CIUDAD QUESADA DE SAN CARLOS			
Punto de muestreo		LA MARGARITA			
Fecha de muestreo		12/09/2016			
ID		AYA-ID-09089-2016			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permissible + Incertidumbre	Resultado	Conformidad	Puntaje
Aluminio	µg/L	201,0	9,7	Cumple	
Arsénico	µg/L	10,1	0,4	Cumple	
Cadmio	µg/L	3,1	N.D.	Cumple	
Calcio	mg/L	101,0	12,9	Cumple	
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01	0,14	INCUMPLE	6
Cloruros	mg/L	250,50	1,44	Cumple	
Cobre	µg/L	2001,0	N.D.	Cumple	
Color Aparente	UPt-Co	16	N.D.	Cumple	
Conductividad	µS/cm	401	114	Cumple	
Cromo	µg/L	50,1	N.D.	Cumple	
Dureza Total	mg/L	401	50	Cumple	
Fluoruros	mg/L	1,53	0,14	Cumple	
Hierro	µg/L	301,0	11,5	Cumple	
Magnesio	mg/L	50,1	4,4	Cumple	
Manganeso	µg/L	301,0	N.D.	Cumple	
Mercurio	µg/L	1,1	N.D.	Cumple	
Níquel	µg/L	21,00	N.D.	Cumple	
Nitratos	mg/L	50,53	2,30	Cumple	
Nitritos	mg/L	0,13	N.D.	Cumple	
Olor	N.A.	Aceptable	Aceptable	Cumple	
pH		5,90 - 8,10	6,89	Cumple	
Plomo	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Potasio	mg/L	10,8	3,2	Cumple	
Sabor	N.A.	Aceptable	Aceptable		
Selenio	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Sodio	mg/L	202,1	5,9	Cumple	
Sulfatos	mg/L	250,80	2,31	Cumple	
Temperatura	°C	30,1			
Turbiedad	UNT	5,10	N.D.	Cumple	
Zinc	µg/L	3001,0			
Coliformes fecales	NMP/100 ml UFC/100 ml	<1	Negativo	Cumple	
TOTAL					6
Nivel de riesgo		Riesgo bajo			
Color		Verde			
Calidad del agua		Apta para ingesta, pero susceptible al deterioro de la calidad.			

Cuadro 24. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 15.

Sistema clorado		ZARCERO			
Punto de muestreo		RED 2			
Fecha de muestreo		24/08/2016			
ID		AYA-ID-08383-2016			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permissible + Incertidumbre	Resultado	Conformidad	Puntaje
Aluminio	µg/L	201,0	88,1	Cumple	
Arsénico	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Cadmio	µg/L	3,1	N.D.	Cumple	
Calcio	mg/L	101,0	4,8	Cumple	
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01	0,07	INCUMPLE	6
Cloruros	mg/L	250,50	D.	Cumple	
Cobre	µg/L	2001,0	N.D.	Cumple	
Color Aparente	UPt-Co	16	N.D.	Cumple	
Conductividad	µS/cm	401			
Cromo	µg/L	50,1	N.D.	Cumple	
Dureza Total	mg/L	401	34	Cumple	
Fluoruros	mg/L	1,53	0,18	Cumple	
Hierro	µg/L	301,0	82,1	Cumple	
Magnesio	mg/L	50,1	5,4	Cumple	
Manganeso	µg/L	301,0	9,8	Cumple	
Mercurio	µg/L	1,1	N.D.	Cumple	
Níquel	µg/L	21,00	N.D.	Cumple	
Nitratos	mg/L	50,53	N.D.	Cumple	
Nitritos	mg/L	0,13	N.D.	Cumple	
Olor	N.A.	Aceptable	Aceptable	Cumple	
pH		5,90 - 8,10	7,16	Cumple	
Plomo	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Potasio	mg/L	10,8	1,5	Cumple	
Sabor	N.A.	Aceptable	Aceptable		
Selenio	µg/L	10,1	D.	Cumple	
Sodio	mg/L	202,1	2,5	Cumple	
Sulfatos	mg/L	250,80	6,45	Cumple	
Temperatura	°C	30,1			
Turbiedad	UNT	5,10	D.	Cumple	
Zinc	µg/L	3001,0	D.	Cumple	
Coliformes fecales	NMP/100 ml UFC/100 ml	<1	Negativo	Cumple	
TOTAL					6
Nivel de riesgo		Riesgo bajo			
Color		Verde			
Calidad del agua		Apta para ingesta, pero susceptible al deterioro de la calidad.			

Cuadro 25. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 16.

Sistema no clorado		NARANJAL DE BELÉN DE NOSARITA DE NICOYA			
Punto de muestreo		Red 1			
Fecha de muestreo		08/09/2016			
ID		AYA-ID-08935-2016			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permissible + Incertidumbre	Resultado	Conformidad	Puntaje
Aluminio	µg/L	201,0	6,9	Cumple	
Amonio	mg/L	0,60	N.D.	Cumple	
Antimonio	µg/L	5,1	N.D.	Cumple	
Arsénico	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Cadmio	µg/L	3,1	N.D.	Cumple	
Calcio	mg/L	101,0	17,7	Cumple	
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01	0	INCUMPLE	6
Cloruros	mg/L	250,50	1,27	Cumple	
Cobre	µg/L	2001,0	11,4	Cumple	
Color Aparente	UPt-Co	16	N.D.	Cumple	
Conductividad	µS/cm	401	171	Cumple	
Cromo	µg/L	50,1	N.D.	Cumple	
Dureza Total	mg/L	401	89	Cumple	
Fluoruros	mg/L	1,53	D.	Cumple	
Hierro	µg/L	301,0	6,0	Cumple	
Magnesio	mg/L	50,1	10,8	Cumple	
Manganeso	µg/L	301,0	N.D.	Cumple	
Mercurio	µg/L	1,1	N.D.	Cumple	
Níquel	µg/L	21,00	N.D.	Cumple	
Nitratos	mg/L	50,53	D.	Cumple	
Nitritos	mg/L	0,13	N.D.	Cumple	
Olor	N.A.	Aceptable	Aceptable	Cumple	
pH		5,90 - 8,10	6,99	Cumple	
Plomo	µg/L	10,1	D.	Cumple	
Potasio	mg/L	10,8	N.D.	Cumple	
Selenio	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Sodio	mg/L	202,1	5,7	Cumple	
Sulfatos	mg/L	250,80	2,34	Cumple	
Temperatura	°C	30,1			
Turbiedad	UNT	5,10	D.	Cumple	
Zinc	µg/L	3001,0	22,2	Cumple	
Coliformes fecales	NMP/100 ml UFC/100 ml	<1	Negativo	Cumple	
TOTAL					6
Nivel de riesgo		Riesgo bajo			
Color		Verde			
Calidad del agua		Apta para ingesta, pero susceptible al deterioro de la calidad.			

Cuadro 26. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 17.

Sistema clorado		SANTA CECILIA DE SAN MARCOS DE TARRAZÚ			
Punto de muestreo		RED 2			
Fecha de muestreo		03/08/2016			
ID		AYA-ID-07493-2016			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permisible + Incertidumbre	Resultado	Conformidad	Puntaje
Aluminio	µg/L	201,0	1484,9	INCUMPLE	31
Amonio	mg/L	0,60	N.D.	Cumple	
Antimonio	µg/L	5,1	N.D.	Cumple	
Arsénico	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Cadmio	µg/L	3,1	N.D.	Cumple	
Calcio	mg/L	101,0	0,8	Cumple	
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01	0,16	INCUMPLE	6
Cloruros	mg/L	250,50	4,11	Cumple	
Cobre	µg/L	2001,0	5,9	Cumple	
Color Aparente	UPt-Co	16	N.D.	Cumple	
Conductividad	µS/cm	401	101	Cumple	
Cromo	µg/L	50,1	N.D.	Cumple	
Dureza Total	mg/L	401	6	Cumple	
Fluoruros	mg/L	1,53	N.D.	Cumple	
Hierro	µg/L	301,0	23,6	Cumple	
Magnesio	mg/L	50,1	1,5	Cumple	
Manganeso	µg/L	301,0	16,0	Cumple	
Mercurio	µg/L	1,1	N.D.	Cumple	
Níquel	µg/L	21,00	N.D.	Cumple	
Nitratos	mg/L	50,53	N.D.	Cumple	
Nitritos	mg/L	0,13	N.D.	Cumple	
Olor	N.A.	Aceptable	Aceptable	Cumple	
pH		5,90 - 8,10	4,46	INCUMPLE	6
Plomo	µg/L	10,1	D.	Cumple	
Potasio	mg/L	10,8	D.	Cumple	
Selenio	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Sodio	mg/L	202,1	5,9	Cumple	
Sulfatos	mg/L	250,80	17,99	Cumple	
Temperatura	°C	30,1	23,5	Cumple	
Turbiedad	UNT	5,10	0,34	Cumple	
Zinc	µg/L	3001,0	17,3	Cumple	
Coliformes fecales	NMP/100 ml UFC/100 ml	<1	Negativo	Cumple	
TOTAL					43
Nivel de riesgo		Riesgo muy alto			
Color		Rojo			
Calidad del agua		No apta para ingesta.			

Cuadro 27. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 18.

Sistema clorado		GUAYABO DE MORA			
Punto de muestreo		GUAYABO			
Fecha de muestreo		29/07/2016			
ID		AYA-ID-07403-2016			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permissible + Incertidumbre	Resultado	Conformidad	Puntaje
Aluminio	µg/L	201,0	23,2	Cumple	
Amonio	mg/L	0,60	N.D.	Cumple	
Antimonio	µg/L	5,1	N.D.	Cumple	
Arsénico	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Cadmio	µg/L	3,1	N.D.	Cumple	
Calcio	mg/L	101,0	27,4	Cumple	
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01	0,30	Cumple	
Cloruros	mg/L	250,50	2,24	Cumple	
Cobre	µg/L	2001,0	D.	Cumple	
Color Aparente	UPt-Co	16	4	Cumple	
Conductividad	µS/cm	401	181	Cumple	
Cromo	µg/L	50,1	N.D.	Cumple	
Dureza Total	mg/L	401	91	Cumple	
Fluoruros	mg/L	1,53	D.	Cumple	
Hierro	µg/L	301,0	208,6	Cumple	
Magnesio	mg/L	50,1	5,4	Cumple	
Manganeso	µg/L	301,0	N.D.	Cumple	
Mercurio	µg/L	1,1	N.D.	Cumple	
Níquel	µg/L	21,00	N.D.	Cumple	
Nitratos	mg/L	50,53	N.D.	Cumple	
Nitritos	mg/L	0,13	N.D.	Cumple	
Olor	N.A.	Aceptable	Aceptable	Cumple	
pH		5,90 - 8,10	7,65	Cumple	
Plomo	µg/L	10,1	D.	Cumple	
Potasio	mg/L	10,8	N.D.	Cumple	
Selenio	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Sodio	mg/L	202,1	4,2	Cumple	
Sulfatos	mg/L	250,80	6,58	Cumple	
Temperatura	°C	30,1	24,1	Cumple	
Turbiedad	UNT	5,10	N.D.	Cumple	
Zinc	µg/L	3001,0	24,1	Cumple	
Coliformes fecales	NMP/100 ml UFC/100 ml	<1	Negativo	Cumple	
TOTAL					0
Nivel de riesgo		Riesgo muy bajo			
Color		Azul			
Calidad del agua		Apta para ingesta.			

Cuadro 28. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 19.

Sistema clorado		BAGACES			
Punto de muestreo		CENTRO 1			
Fecha de muestreo		02/02/2016			
ID		AYA-ID-00745-2016			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permissible + Incertidumbre	Resultado	Conformidad	Puntaje
Aluminio	µg/L	201,0	N.D.	Cumple	
Antimonio	µg/L	5,1	N.D.	Cumple	
Arsénico	µg/L	10,1	9,7	Cumple	
Cadmio	µg/L	3,1	N.D.	Cumple	
Calcio	mg/L	101,0	8,1	Cumple	
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01	0,50	Cumple	
Cloruros	mg/L	250,50	3,76	Cumple	
Cobre	µg/L	2001,0	N.D.	Cumple	
Color Aparente	UPt-Co	16	N.D.	Cumple	
Conductividad	µS/cm	401	133	Cumple	
Cromo	µg/L	50,1	N.D.	Cumple	
Dureza Total	mg/L	401	38	Cumple	
Fluoruros	mg/L	1,53	0,13	Cumple	
Hierro	µg/L	301,0	3,4	Cumple	
Magnesio	mg/L	50,1	4,4	Cumple	
Manganeso	µg/L	301,0	N.D.	Cumple	
Mercurio	µg/L	1,1	N.D.	Cumple	
Níquel	µg/L	21,00	N.D.	Cumple	
Nitratos	mg/L	50,53	N.D.	Cumple	
Nitritos	mg/L	0,13	N.D.	Cumple	
Olor	N.A.	Aceptable			
pH		5,90 - 8,10	6,56	Cumple	
Plomo	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Potasio	mg/L	10,8	7,8	Cumple	
Sabor	N.A.	Aceptable			
Selenio	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Sodio	mg/L	202,1	13,2	Cumple	
Sulfatos	mg/L	250,80	4,80	Cumple	
Turbiedad	UNT	5,10	0,10	Cumple	
Zinc	µg/L	3001,0	N.D.	Cumple	
Coliformes fecales	NMP/100 ml UFC/100 ml	<1	Negativo	Cumple	
TOTAL					0
Nivel de riesgo		Riesgo muy bajo			
Color		Azul			
Calidad del agua		Apta para ingesta.			

Cuadro 29. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 20.

Sistema no clorado		ME-A-25.4-CALLE EL ALTO DE ESCAZÚ (NO CLORADO)			
Punto de muestreo		RED 3			
Fecha de muestreo		29/09/2016			
ID		AYA-ID-09974-2016			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permissible + Incertidumbre	Resultado	Conformidad	Puntaje
Aluminio	µg/L	201,0	12,5	Cumple	
Amonio	mg/L	0,60	N.D.	Cumple	
Antimonio	µg/L	5,1	N.D.	Cumple	
Arsénico	µg/L	10,1	1,1	Cumple	
Cadmio	µg/L	3,1	N.D.	Cumple	
Calcio	mg/L	101,0	10,5	Cumple	
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01	0	INCUMPLE	6
Cloruros	mg/L	250,50	1,41	Cumple	
Cobre	µg/L	2001,0	N.D.	Cumple	
Color Aparente	UPt-Co	16	D.	Cumple	
Conductividad	µS/cm	401	77	Cumple	
Cromo	µg/L	50,1	N.D.	Cumple	
Dureza Total	mg/L	401	34	Cumple	
Fluoruros	mg/L	1,53	0,10	Cumple	
Hierro	µg/L	301,0	8,5	Cumple	
Magnesio	mg/L	50,1	2,0	Cumple	
Manganeso	µg/L	301,0	3,9	Cumple	
Mercurio	µg/L	1,1	N.D.	Cumple	
Níquel	µg/L	21,00	N.D.	Cumple	
Nitratos	mg/L	50,53	2,83	Cumple	
Nitritos	mg/L	0,13	N.D.	Cumple	
pH		5,90 - 8,10	7,48	Cumple	
Plomo	µg/L	10,1	D.	Cumple	
Potasio	mg/L	10,8	N.D.	Cumple	
Selenio	µg/L	10,1	D.	Cumple	
Sodio	mg/L	202,1	N.D.	Cumple	
Sulfatos	mg/L	250,80	4,96	Cumple	
Temperatura	°C	30,1	22,9	Cumple	
Turbiedad	UNT	5,10	0,90	Cumple	
Zinc	µg/L	3001,0	D.	Cumple	
Coliformes fecales	NMP/100 ml UFC/100 ml	<1	Negativo	Cumple	
TOTAL					6
Nivel de riesgo		Riesgo bajo			
Color		Verde			
Calidad del agua		Apta para ingesta, pero susceptible al deterioro de la calidad.			

Cuadro 30. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 21.

Sistema clorado		TIERRA BLANCA DE CARTAGO			
Punto de muestreo		SAN RAMÓN			
Fecha de muestreo		10/03/2016			
ID		AYA-ID-02133-2016			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permissible + Incertidumbre	Resultado	Conformidad	Puntaje
Aluminio	µg/L	201,0			
Arsénico	µg/L	10,1			
Cadmio	µg/L	3,1			
Calcio	mg/L	101,0	17,7	Cumple	
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01	0,59	Cumple	
Cloruros	mg/L	250,50	3,74	Cumple	
Cobre	µg/L	2001,0			
Color Aparente	UPt-Co	16	N.D.	Cumple	
Conductividad	µS/cm	401	178	Cumple	
Cromo	µg/L	50,1			
Dureza Total	mg/L	401	69	Cumple	
Fluoruros	mg/L	1,53	1,73	INCUMPLE	6
Hierro	µg/L	301,0			
Magnesio	mg/L	50,1	5,9	Cumple	
Manganeso	µg/L	301,0			
Mercurio	µg/L	1,1			
Níquel	µg/L	21,00			
Nitratos	mg/L	50,53	6,84	Cumple	
Nitritos	mg/L	0,13	N.D.	Cumple	
Olor	N.A.	Aceptable	Aceptable	Cumple	
pH		5,90 - 8,10	7,53	Cumple	
Plomo	µg/L	10,1			
Potasio	mg/L	10,8	5,2	Cumple	
Sabor	N.A.	Aceptable	Negativo		
Selenio	µg/L	10,1			
Sodio	mg/L	202,1	8,7	Cumple	
Sulfatos	mg/L	250,80	28,33	Cumple	
Temperatura	°C	30,1	19,5	Cumple	
Turbiedad	UNT	5,10	N.D.	Cumple	
Zinc	µg/L	3001,0			
Coliformes fecales	NMP/100 ml UFC/100 ml	<1	Negativo	Cumple	
TOTAL					6
Nivel de riesgo		Riesgo bajo			
Color		Verde			
Calidad del agua		Apta para ingesta, pero susceptible al deterioro de la calidad.			

Cuadro 31. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 22.

Sistema clorado		BARBUDAL DE COLORADO			
Punto de muestreo		RED 2			
Fecha de muestreo		22/02/2016			
ID		AYA-ID-01428-2016			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permissible + Incertidumbre	Resultado	Conformidad	Puntaje
Aluminio	µg/L	201,0	20,8	Cumple	
Arsénico	µg/L	10,1	1,1	Cumple	
Cadmio	µg/L	3,1	N.D.	Cumple	
Calcio	mg/L	101,0	101,6	INCUMPLE	4
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01	0,60	Cumple	
Cloruros	mg/L	250,50	3,46	Cumple	
Cobre	µg/L	2001,0	D.	Cumple	
Color Aparente	UPt-Co	16	D.	Cumple	
Conductividad	µS/cm	401	705	INCUMPLE	3
Cromo	µg/L	50,1	N.D.	Cumple	
Dureza Total	mg/L	401	337	Cumple	
Fluoruros	mg/L	1,53	0,17	Cumple	
Hierro	µg/L	301,0	185,2	Cumple	
Magnesio	mg/L	50,1	20,1	Cumple	
Manganeso	µg/L	301,0	6,6	Cumple	
Mercurio	µg/L	1,1	0,3	Cumple	
Níquel	µg/L	21,00	N.D.	Cumple	
Nitratos	mg/L	50,53	4,11	Cumple	
Nitritos	mg/L	0,13	N.D.	Cumple	
Olor	N.A.	Aceptable			
pH		5,90 - 8,10	7,62	Cumple	
Plomo	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Potasio	mg/L	10,8	N.D.	Cumple	
Sabor	N.A.	Aceptable			
Selenio	µg/L	10,1	1,3	Cumple	
Sodio	mg/L	202,1	16,6	Cumple	
Sulfatos	mg/L	250,80	17,05	Cumple	
Temperatura	°C	30,1			
Turbiedad	UNT	5,10	1,40	Cumple	
Zinc	µg/L	3001,0	16,8	Cumple	
Coliformes fecales	NMP/100 ml UFC/100 ml	<1	Negativo	Cumple	
TOTAL					7
Nivel de riesgo		Riesgo bajo			
Color		Verde			
Calidad del agua		Apta para ingesta, pero susceptible al deterioro de la calidad.			

Cuadro 32. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 23.

Sistema clorado		CH-A-28-COLORADO, RAIZAL E HIGUERILLA			
Punto de muestreo		RAIZAL			
Fecha de muestreo		08/09/2016			
ID		AYA-ID-08939-2016			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permissible + Incertidumbre	Resultado	Conformidad	Puntaje
Aluminio	µg/L	201,0	N.D.	Cumple	
Amonio	mg/L	0,60	N.D.	Cumple	
Antimonio	µg/L	5,1	N.D.	Cumple	
Arsénico	µg/L	10,1	2,5	Cumple	
Cadmio	µg/L	3,1	N.D.	Cumple	
Calcio	mg/L	101,0	50,0	Cumple	
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01	0,40	Cumple	
Cloruros	mg/L	250,50	5,82	Cumple	
Cobre	µg/L	2001,0	N.D.	Cumple	
Color Aparente	UPt-Co	16	N.D.	Cumple	
Conductividad	µS/cm	401	448	INCUMPLE	3
Cromo	µg/L	50,1	N.D.	Cumple	
Dureza Total	mg/L	401	195	Cumple	
Fluoruros	mg/L	1,53	0,34	Cumple	
Hierro	µg/L	301,0	N.D.	Cumple	
Magnesio	mg/L	50,1	17,1	Cumple	
Manganeso	µg/L	301,0	N.D.	Cumple	
Mercurio	µg/L	1,1	N.D.	Cumple	
Níquel	µg/L	21,00	N.D.	Cumple	
Nitratos	mg/L	50,53	12,27	Cumple	
Nitritos	mg/L	0,13	N.D.	Cumple	
Olor	N.A.	Aceptable	Aceptable	Cumple	
pH		5,90 - 8,10	7,76	Cumple	
Plomo	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Potasio	mg/L	10,8	2,1	Cumple	
Selenio	µg/L	10,1	5,8	Cumple	
Sodio	mg/L	202,1	21,4	Cumple	
Sulfatos	mg/L	250,80	8,66	Cumple	
Temperatura	°C	30,1			
Turbiedad	UNT	5,10	N.D.	Cumple	
Zinc	µg/L	3001,0	3,5	Cumple	
Coliformes fecales	NMP/100 ml UFC/100 ml	<1	Negativo	Cumple	
TOTAL					3
Nivel de riesgo		Riesgo muy bajo			
Color		Azul			
Calidad del agua		Apta para ingesta.			

Cuadro 33. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 24.

Sistema clorado		PAPAGAYO SUR-SISTEMA EL DUENDE			
Punto de muestreo		RED 2			
Fecha de muestreo		21/04/2016			
ID		AYA-ID-03720-2016			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permissible + Incertidumbre	Resultado	Conformidad	Puntaje
Aluminio	µg/L	201,0	N.D.	Cumple	
Antimonio	µg/L	5,1	N.D.	Cumple	
Arsénico	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Cadmio	µg/L	3,1	N.D.	Cumple	
Calcio	mg/L	101,0	249,9	INCUMPLE	4
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01	0,50	Cumple	
Cloruros	mg/L	250,50	768,43	INCUMPLE	1
Cobre	µg/L	2001,0	3,00	Cumple	
Color Aparente	UPt-Co	16	N.D.	Cumple	
Conductividad	µS/cm	401	2251	INCUMPLE	21
Cromo	µg/L	50,1	D.	Cumple	
Dureza Total	mg/L	401	1088	INCUMPLE	4
Fluoruros	mg/L	1,53	N.D.	Cumple	
Hierro	µg/L	301,0	41,6	Cumple	
Magnesio	mg/L	50,1	112,6	INCUMPLE	4
Manganeso	µg/L	301,0	N.D.	Cumple	
Mercurio	µg/L	1,1	N.D.	Cumple	
Níquel	µg/L	21,00	N.D.	Cumple	
Nitratos	mg/L	50,53	4,89	Cumple	
Nitritos	mg/L	0,13	N.D.	Cumple	
Olor	N.A.	Aceptable	Aceptable	Cumple	
pH		5,90 - 8,10	7,15	Cumple	
Plomo	µg/L	10,1	0,5	Cumple	
Potasio	mg/L	10,8	N.D.	Cumple	
Sabor	N.A.	Aceptable	Negativo		
Selenio	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Sodio	mg/L	202,1	23,5	Cumple	
Sulfatos	mg/L	250,80	55,5	Cumple	
Temperatura	°C	30,1			
Turbiedad	UNT	5,10	D.	Cumple	
Zinc	µg/L	3001,0	8,5	Cumple	
Coliformes fecales	NMP/100 ml UFC/100 ml	<1	Negativo	Cumple	
TOTAL					34
Nivel de riesgo		Riesgo muy alto			
Color		Rojo			
Calidad del agua		No apta para ingesta.			

Cuadro 34. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 25.

Sistema clorado		CH-A-38-PAPAGAYO SUR: HERMOSA - CACIQUE			
Punto de muestreo		HERMOSA			
Fecha de muestreo		05/09/2016			
ID		AYA-ID-08735-2016			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permissible + Incertidumbre	Resultado	Conformidad	Puntaje
Aluminio	µg/L	201,0	N.D.	Cumple	
Antimonio	µg/L	5,1	N.D.	Cumple	
Arsénico	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Cadmio	µg/L	3,1	N.D.	Cumple	
Calcio	mg/L	101,0	46,7	Cumple	
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01	0,50	Cumple	
Cloruros	mg/L	250,50	8,29	Cumple	
Cobre	µg/L	2001,0	D.	Cumple	
Color Aparente	UPt-Co	16	N.D.	Cumple	
Conductividad	µS/cm	401	413	INCUMPLE	3
Cromo	µg/L	50,1	D.	Cumple	
Dureza Total	mg/L	401	228	Cumple	
Fluoruros	mg/L	1,53	D.	Cumple	
Hierro	µg/L	301,0	N.D.	Cumple	
Magnesio	mg/L	50,1	26,9	Cumple	
Manganeso	µg/L	301,0	N.D.	Cumple	
Mercurio	µg/L	1,1	N.D.	Cumple	
Níquel	µg/L	21,00	N.D.	Cumple	
Nitratos	mg/L	50,53	3,93	Cumple	
Nitritos	mg/L	0,13	N.D.	Cumple	
Olor	N.A.	Aceptable	Aceptable	Cumple	
pH		5,90 - 8,10	8,24	INCUMPLE	1
Plomo	µg/L	10,1	D.	Cumple	
Potasio	mg/L	10,8	N.D.	Cumple	
Sabor	N.A.	Aceptable	Aceptable		
Selenio	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Sodio	mg/L	202,1	14,3	Cumple	
Sulfatos	mg/L	250,80	6,64	Cumple	
Temperatura	°C	30,1			
Turbiedad	UNT	5,10	D.	Cumple	
Zinc	µg/L	3001,0	3,5	Cumple	
Coliformes fecales	NMP/100 ml UFC/100 ml	<1	Negativo	Cumple	
TOTAL					4
Nivel de riesgo		Riesgo muy bajo			
Color		Azul			
Acciones y recomendaciones		Apta para ingesta.			

Cuadro 35. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 26.

Sistema clorado		TRES RÍOS			
		Planta de tratamiento			
Punto de muestreo		LA GRANJA (SAN PEDRO)			
Fecha de muestreo		30/05/2016			
ID		AYA-ID-05156-2016			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permissible + Incertidumbre	Resultado	Conformidad	Puntaje
Aluminio	µg/L	201,0	278,5	INCUMPLE	3
Arsénico	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Cadmio	µg/L	3,1	N.D.	Cumple	
Calcio	mg/L	101,0	7,3	Cumple	
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01	0,34	Cumple	
Cloruros	mg/L	250,50	2,98	Cumple	
Cobre	µg/L	2001,0	D.	Cumple	
Color Aparente	UPt-Co	16	4	Cumple	
Conductividad	µS/cm	401	132	Cumple	
Cromo	µg/L	50,1	N.D.	Cumple	
Dureza Total	mg/L	401	28	Cumple	
Fluoruros	mg/L	1,53	0,25	Cumple	
Hierro	µg/L	301,0	54,2	Cumple	
Magnesio	mg/L	50,1	2,4	Cumple	
Manganeso	µg/L	301,0	14,8	Cumple	
Mercurio	µg/L	1,1	N.D.	Cumple	
Níquel	µg/L	21,00	N.D.	Cumple	
Nitratos	mg/L	50,53	1,40	Cumple	
Nitritos	mg/L	0,13	N.D.	Cumple	
Olor	N.A.	Aceptable	Aceptable	Cumple	
pH		5,90 - 8,10	6,31	Cumple	
Plomo	µg/L	10,1	D.	Cumple	
Potasio	mg/L	10,8	2,9	Cumple	
Selenio	µg/L	10,1	D.	Cumple	
Sodio	mg/L	202,1	4,0	Cumple	
Sulfatos	mg/L	250,80	27,10	Cumple	
Temperatura	°C	30,1	20,6	Cumple	
Turbiedad	UNT	5,10	1,50	Cumple	
Zinc	µg/L	3001,0	12,3	Cumple	
Coliformes fecales	NMP/100 ml UFC/100 ml	<1	Negativo	Cumple	
TOTAL					3
Nivel de riesgo		Riesgo muy bajo			
Color		Azul			
Calidad del agua		Apta para ingesta.			

Cuadro 36. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 27.

Sistema clorado		CH-A-56-CURUBANDÉ DE LIBERIA			
Punto de muestreo		RED 1			
Fecha de muestreo		22/08/2016			
ID		AYA-ID-08247-2016			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permisible + Incertidumbre	Resultado	Conformidad	Puntaje
Alcalinidad	mg/L	N.A.	N.D.		
Aluminio	µg/L	201,0	1027,3	INCUMPLE	31
Arsénico	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Cadmio	µg/L	3,1	N.D.	Cumple	
Calcio	mg/L	101,0	26,6	Cumple	
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01	0,51	Cumple	
Cloruros	mg/L	250,50	10,94	Cumple	
Cobre	µg/L	2001,0	7,5	Cumple	
Color Aparente	UPt-Co	16	D.	Cumple	
Conductividad	µS/cm	401	263	Cumple	
Cromo	µg/L	50,1	N.D.	Cumple	
Dureza Total	mg/L	401	95	Cumple	
Fluoruros	mg/L	1,53	1,56	INCUMPLE	6
Hierro	µg/L	301,0	10,1	Cumple	
Magnesio	mg/L	50,1	6,9	Cumple	
Manganeso	µg/L	301,0	162,7	Cumple	
Mercurio	µg/L	1,1	N.D.	Cumple	
Níquel	µg/L	21,00	N.D.	Cumple	
Nitratos	mg/L	50,53	N.D.	Cumple	
Nitritos	mg/L	0,13	N.D.	Cumple	
Olor	N.A.	Aceptable	Aceptable	Cumple	
pH		5,90 - 8,10	5,50	INCUMPLE	1
Plomo	µg/L	10,1	D.	Cumple	
Potasio	mg/L	10,8	4,5	Cumple	
Sabor	N.A.	Aceptable	Aceptable		
Selenio	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Sodio	mg/L	202,1	10	Cumple	
Sulfatos	mg/L	250,80	101,81	Cumple	
Turbiedad	UNT	5,10	0,48	Cumple	
Zinc	µg/L	3001,0	43,5	Cumple	
Coliformes fecales	NMP/100 ml UFC/100 ml	<1	Negativo	Cumple	
TOTAL					38
Nivel de riesgo		Riesgo muy alto			
Color		Rojo			
Acciones y recomendaciones		No apta para ingesta.			

Cuadro 37. Aplicación del IRCACH en evaluación puntual: Ejemplo 28.

Sistema clorado		HA-A-01-ACUEDUCTO INTEGRADO HONE CREEK – PUERTO VIEJO			
Punto de muestreo		PUERTO VIEJO			
Fecha de muestreo		10/08/2016			
ID		AYA-ID-07791-2016			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permissible + Incertidumbre	Resultado	Conformidad	Puntaje
Aluminio	µg/L	201,0	32,9	Cumple	
Arsénico	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Cadmio	µg/L	3,1	N.D.	Cumple	
Calcio	mg/L	101,0	45,9	Cumple	
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01	0,30	Cumple	
Cloruros	mg/L	250,50	8,19	Cumple	
Cobre	µg/L	2001,0	3,4	Cumple	
Color Aparente	UPt-Co	16	10	Cumple	
Conductividad	µS/cm	401	763	INCUMPLE	3
Cromo	µg/L	50,1	N.D.	Cumple	
Dureza Total	mg/L	401	157	Cumple	
Fluoruros	mg/L	1,53	N.D.	Cumple	
Hierro	µg/L	301,0	203,6	Cumple	11
Magnesio	mg/L	50,1	10,3	Cumple	
Manganeso	µg/L	301,0	623,7	INCUMPLE	
Mercurio	µg/L	1,1	N.D.	Cumple	
Níquel	µg/L	21,00	N.D.	Cumple	
Nitratos	mg/L	50,53	N.D.	Cumple	
Nitritos	mg/L	0,13	N.D.	Cumple	
Olor	N.A.	Aceptable	Aceptable	Cumple	
pH		5,90 - 8,10	7,69	Cumple	
Plomo	µg/L	10,1	0,5	Cumple	
Potasio	mg/L	10,8	2,3	Cumple	
Sabor	N.A.	Aceptable	Aceptable		
Selenio	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Sodio	mg/L	202,1	19,3	Cumple	
Sulfatos	mg/L	250,80	11,62	Cumple	
Turbiedad	UNT	5,10	1,16	Cumple	
Zinc	µg/L	3001,0	6,5	Cumple	
Coliformes fecales	NMP/100 ml UFC/100 ml	<1	Negativo	Cumple	
TOTAL					14
Nivel de riesgo		Riesgo intermedio			
Color		Amarillo			
Calidad del agua		No apta para ingesta, rechazo del agua por parte de los consumidores debido a las características organolépticas.			

Cuadro 38. Aplicación del IRCACH en evaluación periódica: Ejemplo 29.

Sistema clorado		CH-A-56-CURUBANDÉ DE LIBERIA			
Población		858			
Periodo evaluado		Año 2016			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permisible + Incertidumbre	Promedio	Conformidad	Puntaje
Alcalinidad	mg/L	N.A.	N.D.		
Aluminio	µg/L	201,0	1027,3	INCUMPLE	31
Arsénico	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Cadmio	µg/L	3,1	N.D.	Cumple	
Calcio	mg/L	101,0	26,6	Cumple	
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01	0,50	Cumple	
Cloruros	mg/L	250,50	10,94	Cumple	
Cobre	µg/L	2001,0	7,5	Cumple	
Color Aparente	UPt-Co	16	N.D.	Cumple	
Conductividad	µS/cm	401	276	Cumple	
Cromo	µg/L	50,1	N.D.	Cumple	
Dureza Total	mg/L	401	95	Cumple	
Fluoruros	mg/L	1,53	1,56	INCUMPLE	6
Hierro	µg/L	301,0	10,1	Cumple	
Magnesio	mg/L	50,1	6,9	Cumple	
Manganeso	µg/L	301	162,7	Cumple	
Mercurio	µg/L	1,1	N.D.	Cumple	
Níquel	µg/L	21,00	N.D.	Cumple	
Nitratos	mg/L	50,53	N.D.	Cumple	
Nitritos	mg/L	0,13	N.D.	Cumple	
Olor	N.A.	Aceptable	Aceptable	Cumple	
pH		5,90 - 8,10	4,98	INCUMPLE	6
Plomo	µg/L	10,1	D.	Cumple	
Potasio	mg/L	10,8	4,5	Cumple	
Sabor	N.A.	Aceptable	Aceptable		
Selenio	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Sodio	mg/L	202,1	10,0	Cumple	
Sulfatos	mg/L	250,80	101,81	Cumple	
Turbiedad	UNT	5,10	0,40	Cumple	
Zinc	µg/L	3001,0	43,5	Cumple	
Coliformes fecales	% potabilidad	90,0	100	Cumple	
TOTAL					43
Nivel de riesgo		Riesgo muy alto			
Color		Rojo			
Calidad del agua		No apta para ingesta.			

Cuadro 39. Aplicación del IRCACH en evaluación periódica: Ejemplo 30.

Sistema clorado		HA-A-01-ACUEDUCTO INTEGRADO HONE CREEK – PUERTO VIEJO			
Población		4570			
Periodo evaluado		Año 2016			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permissible + Incertidumbre	Promedio	Conformidad	Puntaje
Alcalinidad	mg/L	N.A.	177,75		
Aluminio	µg/L	201,0	26,9	Cumple	
Arsénico	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Cadmio	µg/L	3,1	N.D.	Cumple	
Calcio	mg/L	101,0	40,7	Cumple	
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01	0,33	Cumple	
Cloruros	mg/L	250,50	5,72	Cumple	
Cobre	µg/L	2001,0	3,4	Cumple	
Color Aparente	UPt-Co	16	9	Cumple	
Conductividad	µS/cm	401	424	INCUMPLE	3
Cromo	µg/L	50,1	N.D.	Cumple	
Dureza Total	mg/L	401	157	Cumple	
Fluoruros	mg/L	1,53	0,11	Cumple	
Hierro	µg/L	301,0	207,1	Cumple	8
Magnesio	mg/L	50,1	13,5	Cumple	
Manganeso	µg/L	301,0	660,4	INCUMPLE	
Mercurio	µg/L	1,1	N.D.	Cumple	
Níquel	µg/L	21,00	N.D.	Cumple	
Nitratos	mg/L	50,53	N.D.	Cumple	
Nitritos	mg/L	0,13	N.D.	Cumple	
Olor	N.A.	Aceptable	Aceptable	Cumple	
pH		5,90 - 8,10	7,58	Cumple	
Plomo	µg/L	10,1	0,5	Cumple	
Potasio	mg/L	10,8	2,5	Cumple	
Sabor	N.A.	Aceptable	Aceptable		
Selenio	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Sodio	mg/L	202,1	19,1	Cumple	
Sulfatos	mg/L	250,80	9,92	Cumple	
Turbiedad	UNT	5,10	0,83	Cumple	
Zinc	µg/L	3001,0	6,3	Cumple	
Coliformes fecales	% potabilidad	90,0	100,00	Cumple	
TOTAL					11
Nivel de riesgo		Riesgo intermedio			
Color		Amarillo			
Calidad del agua		No apta para ingesta, rechazo del agua por parte de los consumidores debido a las características organolépticas.			

Cuadro 40. Aplicación del IRCACH en evaluación periódica: Ejemplo 31.

Sistema clorado		CH-A-38-PAPAGAYO SUR: HERMOSA - CACIQUE			
Población		1106			
Periodo evaluado		Año 2016			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permisible + Incertidumbre	Promedio	Conformidad	Puntaje
Aluminio	µg/L	201,0	N.D.	Cumple	
Arsénico	µg/L	10,1	4,8	Cumple	
Cadmio	µg/L	3,1	N.D.	Cumple	
Calcio	mg/L	101,0	310,6	INCUMPLE	4
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01	0,50	Cumple	
Cloruros	mg/L	250,50	1062,22	INCUMPLE	1
Cobre	µg/L	2001,0	803,6	Cumple	
Color Aparente	UPt-Co	16	N.D.	Cumple	
Conductividad	µS/cm	401	2345	INCUMPLE	21
Cromo	µg/L	50,1	D.	Cumple	
Dureza Total	mg/L	401	1388	INCUMPLE	4
Fluoruros	mg/L	1,53	N.D.	Cumple	
Hierro	µg/L	301,0	70,7	Cumple	
Magnesio	mg/L	50,1	148,7	INCUMPLE	4
Manganeso	µg/L	301,0	N.D.	Cumple	
Mercurio	µg/L	1,1	N.D.	Cumple	
Níquel	µg/L	21,0	6,3	Cumple	
Nitratos	mg/L	50,53	5,02	Cumple	
Nitritos	mg/L	0,13	N.D.	Cumple	
Olor	N.A.	Aceptable	Aceptable	Cumple	
pH		5,90 - 8,10	7,37	Cumple	
Plomo	µg/L	10,1	0,7	Cumple	
Potasio	mg/L	10,8	N.D.	Cumple	
Sabor	N.A.	Aceptable	Aceptable		
Selenio	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Sodio	mg/L	202,1	29,0	Cumple	
Sulfatos	mg/L	250,80	70,52	Cumple	
Turbiedad	UNT	5,10	0,27	Cumple	
Zinc	µg/L	3001,0	15,0	Cumple	
Coliformes fecales	% potabilidad	90,0	100,00	Cumple	
Cianuro	mg/L	0,07			
TOTAL					34
Nivel de riesgo		Riesgo muy alto			
Color		Rojo			
Calidad del agua		No apta para ingesta.			

Cuadro 41. Aplicación del IRCACH en evaluación periódica: Ejemplo 32.

Sistema no clorado		ME-A-25.5-CALLE HIGUERONES DE ESCAZÚ (NO CLORADO)			
Población		438			
Periodo evaluado		Año 2016			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permissible + Incertidumbre	Promedio	Conformidad	Puntaje
Aluminio	µg/L	201,0	165,4	Cumple	
Arsénico	µg/L	10,1	0,6	Cumple	
Cadmio	µg/L	3,1	N.D.	Cumple	
Calcio	mg/L	101,0	15,3	Cumple	
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01	0,00	INCUMPLE	6
Cloruros	mg/L	250,50	D.	Cumple	
Cobre	µg/L	2001,0	16,1	Cumple	
Color Aparente	UPt-Co	16	21	INCUMPLE	4
Conductividad	µS/cm	401	88	Cumple	
Cromo	µg/L	50,1	N.D.	Cumple	
Dureza Total	mg/L	401	46	Cumple	
Fluoruros	mg/L	1,53	0,33	Cumple	
Hierro	µg/L	301,0	134,5	Cumple	
Magnesio	mg/L	50,1	2,0	Cumple	
Manganeso	µg/L	301,0	13,3	Cumple	
Mercurio	µg/L	1,1	N.D.	Cumple	
Níquel	µg/L	21,00	N.D.	Cumple	
Nitratos	mg/L	50,53	N.D.	Cumple	
Nitritos	mg/L	0,13	N.D.	Cumple	
Olor	N.A.	Aceptable	Aceptable	Cumple	
pH		5,90 - 8,10	7,68	Cumple	
Plomo	µg/L	10,1	1,3	Cumple	
Potasio	mg/L	10,8	N.D.	Cumple	
Sabor	N.A.	Aceptable	Negativo		
Selenio	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Sodio	mg/L	202,1	4,0	Cumple	
Sulfatos	mg/L	250,80	7,24	Cumple	
Temperatura	°C	30,1	23,48	Cumple	
Turbiedad	UNT	5,10	2,69	Cumple	
Zinc	µg/L	3001,0	15,0	Cumple	
<i>E.coli</i>	% potabilidad	80,0	0,00	INCUMPLE	21
TOTAL					31
Nivel de riesgo		Riesgo muy alto			
Color		Rojo			
Calidad del agua		No apta para ingesta.			

7.2. Anexo 2. Justificación de ámbitos y puntaje de cada parámetro

Para el caso de los metales del nivel 3 del Reglamento para la Calidad del Agua Potable, a excepción del selenio (antimonio, arsénico, cadmio, cromo, mercurio, níquel y plomo), cianuros, plaguicidas, sustancias orgánicas e inorgánicas, desinfectantes, productos de la desinfección y cualquier microorganismo del nivel 4 del reglamento vigente; se les asignaron 31 puntos, calificando el agua como de Riesgo Muy Alto (RMA), en aquellos casos en donde el valor obtenido supere el VMA definido en el reglamento.

Aluminio

De acuerdo con las Guías para la Calidad del Agua Potable (OMS, 2011), existe poca evidencia de la toxicidad del aluminio mediante su ingesta oral. El Comité Mixto FAO/WHO de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA), en el reporte 67^a del 2011, estableció la ingesta semanal tolerable provisional (*Provisional Tolerable Weekly Intake: PTWI*) de aluminio en 1 mg/kg. En la cuarta edición de las Guías para la Calidad del Agua Potable (OMS, 2011), se definió un valor de referencia de riesgo para la salud del consumidor de 0,9 mg/L, para lo cual se le atribuye un 20 % del PTWI al agua para consumo y se utiliza como referencia un adulto de 60 kg que ingiere al día 2 L de agua. A raíz de esto, se le asignaron 31 puntos a una concentración superior a 900 µg/L de aluminio, calificando el agua como de Riesgo Muy Alto (RMA).

En las plantas potabilizadoras de tratamiento convencional se utilizan sales de aluminio (comúnmente el sulfato de aluminio) como coagulante-floculante, para disminuir la turbiedad y la carga de microorganismos; pero su uso suele aumentar las concentraciones de aluminio en el agua tratada. Un residual de sulfato de aluminio en el agua tratada puede generar rechazo de la misma por parte de los consumidores, debido a la deposición de flóculos en la red de distribución; ya que el coagulante continua interactuando con las partículas en el agua (OMS, 2011). Debido a lo anterior, se asignaron tres puntos si las concentraciones de aluminio varían dentro del ámbito (200-400) µg/L, y seis puntos si varían entre (400-900) µg/L.

Amonio

El amonio en agua es un indicador de posible contaminación bacteriana por vertidos de aguas residuales domésticas y desechos de animales. Las Guías para la Calidad del Agua Potable (OMS, 2011) no consideraron necesario establecer un valor de referencia, ya que el amonio/amoniaco se presenta en el agua de consumo en concentraciones mucho menores que las que pueden producir efectos tóxicos. Sin embargo, el amonio puede interferir en la eficiencia del proceso de cloración; además, puede oxidarse formando nitritos, compuestos considerados de significado para la salud. Por lo tanto, al ser un parámetro indicador de contaminación y no presentar un riesgo directo para la salud, se les asignó un punto a las concentraciones que superen el VMA (0,5 mg/L).

Calcio

Las Guías para la Calidad del Agua Potable (OMS, 2011) no consideran al calcio como de significado para la salud; sin embargo, la presencia de calcio en el agua puede afectar la aceptabilidad por parte de los consumidores, debido a su sabor. El valor del umbral gustativo del ion calcio se encuentra entre 100 mg/L y 300 mg/L, dependiendo del anión asociado (OMS, 2013). Por lo tanto, se le asignaron cuatro puntos a una concentración superior al VMA (100 mg/L de calcio).

Cloro residual libre

El cloro es adicionado al agua para consumo humano durante el proceso de desinfección, donde reacciona y forma los agentes desinfectantes ácido hipocloroso y el ion hipoclorito. La función principal del cloro es reducir la carga microbiana y prevenir posibles cuadros clínicos asociados a la presencia de patógenos; gracias a su efecto residual que disminuye el riesgo de contaminación microbiana.

Para lograr una eficiente desinfección, las Guías para la Calidad del Agua Potable (OMS, 2011) recomiendan una concentración mayor o igual a 0,5 mg/L de cloro residual libre en el agua luego de un tiempo de contacto de al menos 30 minutos a un pH inferior a 8,0. El residual debe de mantenerse a lo largo de todo el sistema de distribución, con una concentración mínima de 0,2 mg/L en las zonas más distales del sistema.

Adicionalmente, las guías establecen un valor de referencia para la salud de 5 mg/L de cloro residual libre. Sin embargo, en los estudios realizados con humanos y animales expuestos al cloro, no se han detectaron efectos adversos; la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) catalogó al ion hipoclorito en el Grupo 3: no clasifica como cancerígeno para humanos (IARC, 2006).

Altas concentraciones de cloro en el agua pueden generar rechazo por los consumidores debido a su olor y sabor. El umbral de dichos sentidos varía de persona en persona, inclusive algunos consumidores son capaces de percibir el cloro a concentraciones de 0,4 mg/L. Por lo tanto, se estableció un valor de referencia de 1,0 mg/L de cloro libre residual, para evitar el rechazo por los consumidores, debido al cambio en las características organolépticas del agua. Se le asignó un puntaje de seis a las concentraciones de cloro residual libre inferiores a 0,3 mg/L, y dos puntos cuando las concentraciones son superiores a 1,0 mg/L.

Cloruros, potasio y sodio

De acuerdo con las Guías para la Calidad del Agua Potable (OMS, 2011), la presencia del sodio, potasio y cloruro en el agua para consumo no representa un riesgo en la salud de los consumidores. Altas concentraciones de cloruros asociados a sodio y potasio, le otorgan un sabor salado al agua. El valor del umbral gustativo depende del catión asociado al cloruro, pero generalmente, a concentraciones superiores al VMA (250 mg/L de cloruro y/o 200 mg/L de sodio) son detectables (OMS, 2011). Actualmente, no se cuenta con evidencia donde se determine la toxicidad de dichos compuestos en el agua; por lo que, la guías no consideraron necesario establecer valores de referencia de riesgo para la salud, y que la ocurrencia de potasio y sodio en el agua normalmente sucede muy por debajo de los límites de límites perjudiciales para la salud. Por lo tanto, se les asignó un punto a concentraciones superiores al VMA de cloruros, sodio y potasio.

Cobre

Las concentraciones de cobre en el agua para consumo provienen principalmente de la corrosión de tuberías hechas con este material. Las Guías para la Calidad del Agua Potable (OMS, 2011) establecen un valor de referencia de riesgo para la salud de 2 mg/L,

el cual coincide con el VMA. Concentraciones superiores a 2,5 mg/L, le otorgan al agua un sabor amargo desagradable, y a mayores concentraciones, el agua presenta color. A concentraciones por debajo del VMA, al agua puede manchar la ropa y los aparatos sanitarios.

Todavía existe cierta incertidumbre con respecto a los efectos de la exposición al cobre a largo plazo en poblaciones sensibles (OMS, 2011). La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) indica que exposiciones a concentraciones de cobre superiores a 1,3 mg/L, a corto plazo, podrían causar dolor gastrointestinal y, a largo plazo, provocar daños en los riñones e hígado. Por tanto, se le asignó un puntaje de 21 a concentraciones de cobre superiores al VMA.

Coliformes fecales y *Escherichia coli*

Los coliformes termotolerantes, también conocidos como coliformes fecales, son indicadores de contaminación fecal, cuya presencia en el agua para consumo representa un alto riesgo para la salud, debido a que se asocian con una mayor probabilidad de encontrar patógenos. Según la literatura, la especie de coliformes termotolerantes que predomina en el agua (dentro del grupo de coliformes fecales o termotolerantes) es *Escherichia coli*; bacterias del género *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter* también pertenecen a dicho grupo de coliformes (OMS, 2011).

El análisis microbiológico se trata de un análisis cualitativo, donde el resultado puntual denota un crecimiento detectable (positivo) o no detectable (negativo) para coliformes fecales y *Escherichia coli*. El VMA para coliformes termotolerantes es la no presencia de los microorganismos. Se le asignaron 25 puntos a las muestras de acueductos clorados que incumplan con el VMA (1 NMP/100 ml o 1 UFC/100 ml de coliformes termotolerantes), y 21 puntos a los no clorados. La presencia de *Escherichia coli*, se incluye dentro de coliformes fecales; razón por la cual no se le asignó un puntaje adicional.

Para efectos de la evaluación de los análisis periódicos, se consideró el porcentaje de los análisis negativos respecto al total de análisis realizados durante el periodo determinado. En el artículo 12, inciso d, del reglamento vigente, se establece el criterio de cumplimiento de la normativa para los acueductos clorados:

“El agua potable cumple los criterios de la calidad microbiológica en aquellos sistemas de suministro de agua, donde se tenga que recolectar menos de 10 muestras en los seis meses, si la negatividad es igual o superior al 90 % y en los que se recolectan más de 10 muestras si es igual o superior al 95 %, tanto para coliformes fecales como para *Escherichia coli*.”

No obstante, las Guías para la Calidad de Agua Potable, tercera edición (OMS, 2013), específicamente en la sección 5.5.2 *Uso de los datos en el ámbito regional* (ver Anexo 1), establece que el porcentaje de negatividad con que se evalúan los acueductos, varía en función de la población abastecida, independientemente del número de muestras que fueran recolectadas al año. La cantidad de muestras recolectadas al año va a depender de la población abastecida y de otras situaciones de vulnerabilidad; como es el caso de los acueductos que presentaron planta potabilizadora de tratamiento convencional, donde la frecuencia pasa a ser como mínimo mensual. Por ende, el LNA interpreta los criterios microbiológicos de la siguiente forma:

- El agua cumple los criterios de la calidad microbiológica en aquellos sistemas de suministro de agua, cuya población abastecida es inferior a 5000 habitantes, si la negatividad es igual o superior al 90 % para coliformes fecales; y en los sistemas que abastecen a poblaciones iguales o superiores a 5000 habitantes, si la negatividad es igual o superior al 95 %.

Color aparente

El color es un parámetro que influye en las características organolépticas del agua, ocasionando el posible rechazo por parte de los consumidores. Las causas más frecuentes en Costa Rica de la presencia de color aparente en el agua son alta turbiedad, materia orgánica en descomposición (ácidos húmicos y fúlvicos), cobre, hierro y manganeso.

Con base en los datos históricos reportados por la Unidad de Optimización de Plantas Potabilizadoras del LNA, se establecieron dos ámbitos de puntaje para el color aparente: cuatro puntos para valores de entre 15 UNT a 30 UNT, y 11 puntos para valores mayores de 30 UNT.

Conductividad

La conductividad es una medida de la capacidad de una solución acuosa para transmitir una corriente eléctrica y es igual al recíproco de la resistividad de la solución. Dicha capacidad depende de la presencia de iones; de su concentración, movilidad, valencia y de la temperatura ambiental, y tiene una relación directa con los sólidos disueltos totales. La base de datos del LNA registra valores de conductividad desde el 2008 hasta la fecha; dichos valores indican que prácticamente la totalidad del agua utilizada para abastecer los acueductos de Costa Rica, presentan conductividades menores a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Relacionando los VMA para los aniones y cationes mayoritarios, junto con los sólidos disueltos totales (cuyo VMA citado en el Reglamento para La Calidad del Agua Potable decreto Ejecutivo 38924-S es igual a 1000 mg/L), se determinó que es posible cumplir con el reglamento vigente, aun cuando la conductividad tenga valores cercanos o iguales a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Con base en esta información, se concluyó que valores de conductividad cercanos o iguales a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, no implican el incumplimiento del reglamento vigente por parte de todos los cationes y aniones mayoritarios; razón por la cual, se asignó un puntaje de 21 cuando la conductividad supere los 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y tres puntos cuando se encuentre entre 400-1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Dureza total

La dureza total en el agua se debe a varios iones metálicos polivalentes, principalmente cationes de calcio y magnesio (OMS, 2011). Según sea la interacción con otros factores, como el pH y la alcalinidad, el agua con una dureza superior a 200 mg/L puede causar incrustaciones en las tuberías y tanques, mayor consumo de jabón. La dureza total es la medida tradicional de la capacidad del agua para reaccionar con jabón, ya que el agua dura requiere de más jabón para producir espuma (OMS, 2011).

Las Guías para la Calidad del Agua Potable no consideran la dureza total como de significado para la salud; sin embargo, la presencia de calcio y magnesio en el agua puede afectar la aceptabilidad por parte de los consumidores, debido a su sabor. El valor del umbral gustativo del ion calcio se encuentra entre 100 mg/L y 300 mg/L, dependiendo del

anión asociado; mientras que, el valor del umbral gustativo del magnesio es posiblemente menor (OMS, 2013). Por ende, se le asignó un puntaje de cuatro a valores superiores al VMA (400 mg/L de dureza total).

Fluoruros

El flúor es un elemento común en la naturaleza y se encuentra ampliamente distribuido a lo largo de la corteza terrestre en la forma de fluoruros en diversos minerales; prácticamente todos los alimentos contienen trazas de fluoruros (OMS, 2011). Las Guías para la Calidad del Agua Potable establecen un valor de referencia de riesgo para la salud de 1,5 mg/L de fluoruros en el agua para consumo, que coincide con el VMA. Existe evidencia epidemiológica de que concentraciones superiores a 1,5 mg/L en el agua conllevan un aumento en el riesgo de fluorosis dental, y que concentraciones todavía más altas, incrementan el riesgo de fluorosis esquelética.

Los fluoruros son ampliamente utilizados para combatir las caries dentales, especialmente en zonas donde se consume altas cantidades de azúcar. En algunos países, le adhieren fluoruros a la sal de mesa o al agua para consumo humano, con el fin de proteger a la población contra las caries dentales (OMS, 2011). La exposición diaria de fluoruros varía en función de la concentración de fluoruros en el agua para consumo y el volumen ingerido, concentraciones en los alimentos consumidos y el uso de productos dentales fluorados; por lo que varía considerablemente de una región a otra.

Existe un alto riesgo de sufrir efectos adversos en los huesos con una ingesta total diaria de 14 mg de fluoruros; y la evidencia sugiere que puede haber efectos adversos en los huesos con ingestas superiores a 6 mg por día. A la hora de establecer valores de referencia nacionales o locales de fluoruros, o bien, para evaluar las posibles consecuencias sobre la salud por exposición a fluoruros, resulta crucial tomar en cuenta la ingesta diaria promedio de agua por la población de interés y la ingesta de fluoruros mediante otras fuentes (comida y aire). Cuando la ingesta se aproxima o es superior a 6 mg por día, el valor de referencia en el agua debería ser inferior a 1,5 mg/L.

Se le asignó un puntaje de seis a las concentraciones de fluoruros entre 1,5 mg/L y 2,0 mg/L, y 21 puntos cuando las concentraciones son superiores a 2,0 mg/L. Suponiendo

que una persona adulta ingiere 2 L diarios de agua, estaría consumiendo mínimo 3 mg o 4 mg por día de fluoruros, respectivamente para cada ámbito; éste último se aproxima al valor establecido de 6 mg diarios de fluoruros.

Hierro y manganeso

El manganeso y el hierro son considerados por las Guías para la Calidad del Agua Potable (OMS, 2011) como parámetros, cuya presencia en el agua de consumo, puede afectar la aceptabilidad de la misma por parte de los consumidores, pero que no representa un riesgo para la salud a las concentraciones normalmente encontradas en el agua de consumo. Las fuentes subterráneas por lo general contienen Fe (II) (hierro ferroso), que expuesto al oxígeno del aire y al ácido hipocloroso (utilizado en el proceso de desinfección) se oxida a Fe (III) (hierro férrico), otorgándole un color rojizo oscuro al agua y un sabor desagradable para los consumidores. A concentraciones mayores de 0,3 mg/L, el agua puede teñir y dañar tuberías y la ropa cuando se lava. La presencia de manganeso en el agua puede causar acumulación de sedimentos en la red de distribución. Concentraciones superiores a 0,1 mg/L puede causar un sabor desagradable y manchas en la ropa, loza de baños y lavatorios.

Aunque las guías de la OMS establecen un valor de referencia para la salud para manganeso de 0,4 mg/L, sus efectos adversos no están totalmente claros, y los estudios no han llegado a conclusiones contundentes, con respecto al afecto negativo del manganeso al ser ingerido en el agua.

La asignación del puntaje de estos dos metales se hizo utilizando la suma de las concentraciones sus concentraciones. Si la sumatoria se encuentra en un ámbito de (300 a 500) µg/L se asignaron ocho puntos, y mayores de 500 µg/L, once puntos. Concentraciones de hierro y manganeso en el agua suficientemente altas como para generar rechazo por parte de la población, se verán reflejadas en el color aparente.

Magnesio

Las Guías para la Calidad del Agua Potable (OMS, 2011) no consideran al magnesio como de significado para la salud; sin embargo, la presencia de magnesio en el agua puede afectar la aceptabilidad por parte de los consumidores, debido a su sabor. El valor del umbral gustativo del ion magnesio posiblemente sea menor al del calcio (100 mg/L y 300 mg/L). Por lo tanto, se le asignaron cuatro puntos a una concentración superior al VMA (50 mg/L de magnesio).

Nitratos y nitritos

Los nitratos y nitritos son considerados de significado para la salud con tan solo un tiempo de exposición corto, según las Guías para la Calidad del Agua Potable (OMS, 2011). Los nitratos, una vez ingeridos, se reducen a nitritos gracias al metabolismo de bacterias presentes en el tracto digestivo. Los nitritos son compuestos tóxicos para la salud, debido a que producen metahemoglobinemia o síndrome del recién nacido cianótico. La incidencia de dicho cuadro clínico se asocia con la presencia de contaminación microbiana (OMS, 2011); es decir, el riesgo a la salud aumenta significativamente cuando el agua presenta coliformes fecales, además de altas concentraciones de nitratos.

El origen de los nitratos en el agua puede ser consecuencia de la descomposición de materia vegetal, uso excesivo de fertilizantes inorgánicos nitrogenados, acumulación de abono y estiércol, y del mal manejo de las aguas residuales domésticas, incluida la falta de mantenimiento de tanques sépticos.

El valor de referencia de riesgo para la salud del consumidor de 50,0 mg/L de nitratos se establece para un subgrupo de población específico y vulnerable (los lactantes alimentados con biberón), de modo que el valor de referencia, que es el mismo que el VMA, resulta suficiente para proteger a los niños de mayor edad y a los adultos (OMS, 2011). Para el caso de los nitritos, las Guías para la Calidad del Agua Potable establecen un valor de referencia de 0,2 mg/L para la exposición prolongada; sin embargo, se utiliza el VMA de 0,1 mg/L como límite permisible. Por lo tanto, para ambos parámetros se le asignó un puntaje de 21 cuando las concentraciones superen los VMA.

Olor

El olor es un parámetro que influye en las características organolépticas del agua, ocasionando el posible rechazo por parte de los consumidores. El VMA es “Aceptable”, lo que significa que no se perciba ningún olor; con la excepción del olor a cloro libre residual, ya que éste puede ser percibido a concentraciones óptimas (0,3-0,6 mg/L). Se le asignaron 11 puntos al incumplimiento por olor.

pH

El potencial hidrógeno o pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución, que indica la concentración de iones hidrógenos presentes en las disoluciones. Las Guías para la Calidad del Agua Potable (OMS, 2011) no establecen valores de referencia de riesgo para la salud para el pH; ya que normalmente no genera ningún impacto directo en los consumidores.

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) clasifica al pH como un parámetro secundario (*secondary standard*), alegando que su efecto en el agua es de tipo estético (modifica características organolépticas del agua) y técnico (daña equipo e infraestructura o reduce la eficiencia de los tratamientos de potabilización). Un pH ácido (menores a 6,0), además de generar corrosión en las tuberías, fomenta que se disuelvan los metales de la corteza terrestre en el agua, variando la calidad del agua y su riesgo asociado. Un pH básico (superiores a 8,0) modifica el sabor del agua, propicia la formación de incrustaciones o depósitos en tuberías y le otorga una sensación jabonosa al agua (EPA, 2017).

Con base en los datos históricos reportados por la Unidad de Agua Potable del LNA, se establecieron tres ámbitos de puntaje para el pH: un punto para valores, ya sea de entre 5,5 a 6,0, o de 8,0 a 8,5; seis puntos para valores, ya sea superiores a 8,5 o entre 5,5, a 4,0; y once puntos para valores inferiores a 4,0.

Selenio

Para el caso del selenio, las Guías para la Calidad del Agua Potable (OMS, 2011), establecen un valor de referencia de riesgo para la salud del consumidor de 40 µg/L. Dicho valor se obtiene de un nivel tolerable de consumo máximo de 400 µg/día, donde un 20 % es atribuido al agua de consumo, con una ingesta promedio de 2 L diarios. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) establece un nivel máximo permisible de 50 µg/L.

Finalmente, se optó por utilizar el valor máximo permisible establecido por la OMS; por lo tanto, se le asignaron 31 puntos a una concentración superior a 40 µg/L de selenio, calificando el agua como de Riesgo Máximo (RM), y seis puntos cuando se encuentre entre 10-40 µg/L.

Sulfatos

Los sulfatos principalmente se encuentran en aguas subterráneas, normalmente procedentes de fuentes naturales. De acuerdo con las Guías para la Calidad del Agua Potable (OMS, 2011), la presencia de sulfatos en el agua para consumo no representa un riesgo para la salud; sin embargo, su presencia en el agua puede afectar la aceptabilidad por parte de los consumidores, debido al sabor. El valor del umbral gustativo de los sulfatos varía desde 250 mg/L para sulfato de sodio a 1000 mg/L para sulfato de calcio (OMS, 2011).

Adicionalmente, existen estudios que indican que a concentraciones de 1000 a 1200 mg/L de sulfatos en el agua, se produce un efecto laxante sobre los consumidores, pero no incrementa la diarrea, deshidratación o pérdida de peso (OMS, 2011). Debido a sus posibles efectos adversos, las Guías para la Calidad del Agua Potable recomiendan un nivel de alerta de 500 mg/L. Por lo tanto, se establecieron dos ámbitos de puntaje para los sulfatos: cuatro puntos para valores de entre 250 mg/L a 500 mg/L, y seis puntos para valores mayores de 500 mg/L.

Temperatura

La temperatura tiene un impacto sobre el grado de aceptabilidad del agua por parte de los consumidores. Por lo general, el agua a temperaturas cercanas a los 20°C es de mayor agrado que el agua tibia; además, el incremento en la temperatura aumenta la solubilidad de los compuestos químicos intrínsecos en la corteza terrestre, alterando las características organolépticas del agua, como el color.

Altas temperaturas en el agua promueven el crecimiento microbiano de potenciales patógenos. (OMS, 2011) y pueden acelerar la corrosión de las tuberías. Además, la cantidad y la tasa de absorción de los fluoruros por las encías aumentan al incrementarse la temperatura (37-43°C) (Baglar, Nalcaci, & Tastekin, 2012). Sin embargo, se le asignó un punto a una temperatura superior a 30°C (VMA), debido a que, por sí misma, la temperatura no representa un riesgo para la salud, ni para el rechazo del agua.

Turbiedad

La alta turbiedad en el agua es un factor que imposibilita la cloración del agua, debido a que la acción del cloro se vuelve ineficiente, logrando pasar desapercibidos los microorganismos entre la materia orgánica (Hussein, y otros, 2015). El agua de las fuentes subsuperficiales y subterráneas, normalmente no presenta niveles altos de turbiedad, y se podría aplicar cloración sin un tratamiento previo para remover la materia orgánica y sedimentos. En cambio, las fuentes superficiales se encuentran expuestas a la contaminación y precisan de un tratamiento previo (para bajar turbiedad y color) antes de aplicar cloración.

Con base en los datos históricos reportados por la Unidad de Optimización de Plantas Potabilizadoras del LNA, se establecieron dos ámbitos de puntaje para la turbiedad: cuatro puntos para valores de entre 5 UNTa 8 UNT, y 11 puntos para valores mayores de 8 UNT.

Zinc

El zinc es un compuesto que se encuentra prácticamente en todos los alimentos, siendo éstos la principal fuente de ingesta. Normalmente, las aguas superficiales y subterráneas no exceden concentraciones de 0,01 mg/L y 0,05 mg/L, respectivamente; en la red de distribución las concentraciones pueden ser mayores que en las fuentes, como resultado de la disolución del zinc presente en el material de la tubería.

De acuerdo con las Guías para la Calidad del Agua Potable (OMS, 2011), la presencia del zinc en el agua para consumo no representa un riesgo para la salud; sin embargo, su presencia en el agua puede afectar la aceptabilidad por parte de los consumidores. Por ende, se le asignó un punto a una concentración superior al VMA (3 mg/L de zinc).

Casos con intrusión salina

La intrusión salina o salinización ocurre como consecuencia de la entrada de agua marina en los mantos acuíferos, provocando en el agua de éstos el aumento en la conductividad y en la concentración de sales, tales como: calcio, dureza total, magnesio, cloruros, sulfatos, y en algunos casos hierro y manganeso. A menudo, las conductividades alcanzan valores mayores a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

El puntaje asignado a las conductividades superiores a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, califica el agua como de Riesgo Intermedio (RI) (no apta para la ingesta humana). El consumo excesivo de agua con altas concentraciones de sales provoca severas afecciones en la salud.

7.3. Anexo 3. Cronología del IRCACH

El IRCACH surge a raíz de la necesidad de interpretar los resultados analíticos físico-químicos y microbiológicos, no solamente tomando en consideración la Reglamentación vigente en Costa Rica respecto a la calidad del agua potable, sino, además visualizar los posibles efectos sobre la salud de los usuarios motivo del suministro de agua. Un equipo técnico multidisciplinario del Laboratorio Nacional de Aguas crea una primera propuesta. Ésta fue enviada para revisión a los altos mandos del AyA, Ministerio de Salud y ARESEP; a partir del cual, se obtuvo importante retroalimentación por parte de la UEN Investigación y Desarrollo, UEN Producción y Distribución y Subgerencia de Sistemas GAM. El 23 de marzo del 2017, se expuso por primera vez el IRCACH ante los encargados de operación y distribución en el AyA. Las observaciones y propuestas sugeridas fueron tomadas en consideración.

El 5 de junio del 2017, se expuso el IRCACH ante el Consejo Gerencial, gracias a lo cual se obtuvo el apoyo y el visto bueno para la aplicación del documento. Seguidamente, el 22 de junio del 2017, se procedió a presentar el índice ante el Ministerio de Salud (Armando Moreira M), ARESEP (Daniel Echevechía Lutz, Pamela Castro Leitón, Carlos Garita Campos) y demás funcionarios del AyA. El IRCACH fue acogido por las autoridades externas de manera positiva.

En julio del 2017, el IRCACH se expuso en el XI Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo efectuado en el Palacio de Convenciones de La Habana, Cuba. La Ing. Diana Zambrano representante de la Escuela de Ingeniería Ambiental del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) emitió observaciones y críticas constructivas que fueron discutidas posteriormente.

En agosto del 2017, se envió el artículo "Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Costa Rica (IRCACH)" a la revista Tecnología en Marcha del ITCR. El artículo fue aprobado y su publicación se realizará en el periodo abril-junio del 2018.

El LNA realizó giras a todas las regiones periféricas del país (Brunca, Pacífico Central, Huetar Caribe, Chorotega y Central), entre los meses de septiembre y diciembre del 2017, con la finalidad de presentar la inducción "Calidad del Agua para Consumo Humano: índice de riesgo".

El 24 de enero del 2018, el equipo técnico multidisciplinario del LNA realizó una evaluación del índice, donde se discutió el impacto que este ha tenido, sus fortalezas y debilidades. Se incorporaron mejoras al documento, para solventar las deficiencias encontradas.