



INSTITUTO COSTARRICENSE DE  
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

**COBERTURA Y CALIDAD DEL AGUA PARA USO Y CONSUMO  
HUMANO SUMINISTRADA POR MUNICIPALIDADES Y LA ESPH EN  
EL 2021**

Informe Anual

Laboratorio Nacional de Aguas

Marzo, 2022

## **PÁGINA DE APROBACIONES**

Elaborado por:

Jimena Orozco Gutiérrez

Revisado por:

Pablo Rivera Navarro

David Cambronero Bolaños

Aprobado por:

Darner Mora Alvarado

## ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN .....	6
2. OBJETIVO GENERAL.....	10
2.1. Objetivos específicos .....	10
3. METODOLOGÍA .....	10
3.1. Muestreo .....	10
3.2. Métodos de análisis .....	11
3.3. Interpretación de los resultados .....	11
3.4. Potabilidad del agua suministrada .....	13
3.5. Cobertura con agua de calidad potable.....	14
3.6. Escalera del servicio de agua en hogares de la Organización Mundial de la Salud (OMS) .....	14
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	15
4.1. Cobertura de agua potable.....	16
4.2. Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano .....	18
4.3. Incumplimiento de parámetros.....	20
4.4. Escalera del agua de hogares de la Organización Mundial de la Salud.....	26
5. CONCLUSIONES.....	28
6. RECOMENDACIONES .....	30
7. REFERENCIAS.....	31
8. APÉNDICES .....	32
9. ANEXOS.....	45

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.1.</b> Población abastecida y número de acueductos municipales y de la ESPH en el 2021.....	8
<b>Cuadro 1.2.</b> Inventario de fuentes de abastecimiento de acueductos municipales y de la ESPH en el 2021. ....	9
<b>Cuadro 8.1.</b> Población abastecida por acueductos operados por municipalidades y la ESPH según calidad de agua en el 2021. ....	32
<b>Cuadro 8.2.</b> Población abastecida por acueductos clorados operados por municipalidades y la ESPH según calidad de agua en el 2021. ....	32
<b>Cuadro 8.3.</b> Población abastecida por acueductos no clorados operados por municipalidades y la ESPH según calidad de agua en el 2021. ....	33
<b>Cuadro 8.4.</b> Número de acueductos operados por municipalidades y la ESPH según calidad de agua en el 2021. ....	33
<b>Cuadro 8.5.</b> Número de acueductos clorados y no clorados operados por municipalidades y la ESPH según calidad de agua en el 2020. ....	34
<b>Cuadro 8.6.</b> Calidad de los acueductos operados por la ESPH en el 2021. ....	35
<b>Cuadro 8.7.</b> Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2021. ....	35
<b>Cuadro 9.1.</b> Frecuencia de muestreo y número de muestras a recolectar en las fuentes de abastecimiento, tanques de almacenamiento y red de distribución para el nivel 1 del control de calidad. ....	45
<b>Cuadro 9.2.</b> Frecuencia de muestreo y número de muestras a recolectar para análisis fisicoquímicos en las fuentes de abastecimiento y red de distribución para los niveles 2 y 3 del control de calidad. ....	45
<b>Cuadro 9.3.</b> Parámetros para la evaluación de la calidad del agua para consumo humano. ....	46
<b>Cuadro 9.4.</b> Criterios microbiológicos para la evaluación de la calidad del agua para consumo según población abastecida. ....	47
<b>Cuadro 9.5.</b> Clasificación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos según su efecto en la calidad del agua. ....	47
<b>Cuadro 9.6.</b> Niveles de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano.....	48
<b>Cuadro 9.7.</b> Escalera del servicio de agua en hogares. ....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 4.1.</b> Calidad del agua suministrada por acueductos municipales y de la ESPH por cantones en el 2021.....	17
<b>Figura 4.2.</b> Porcentajes de población abastecida por acueductos municipales y de la ESPH evaluados según el nivel de riesgo asociado a la calidad del agua por provincia en el 2021. ....	19
<b>Figura 4.3.</b> Población abastecida según calidad del agua suministrada por acueductos municipales y la ESPH en el 2021. ....	21
<b>Figura 4.4.</b> Número de casos de incumplimiento de parámetros en acueductos municipales y de la ESPH en el 2021.....	23
<b>Figura 4.5.</b> Porcentaje de incumplimiento de parámetros en acueductos municipales y de la ESPH en el 2021. ....	24
<b>Figura 4.6.</b> Escalera del servicio de agua en hogares suministrado por acueductos municipales y de la ESPH en el 2021. ....	27

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente informe evalúa la cobertura y calidad del agua para consumo humano suministrada por los acueductos operados por las municipalidades y la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) durante el 2021. La evaluación se basa en la información recolectada el por el Laboratorio Nacional de Aguas (LNA) del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), además de los análisis de calidad realizados por la ESPH y las siguientes municipalidades: Alajuela, Aserrí, Barva, Belén, Cartago, Dota, Flores, Grecia, Jiménez, La Unión, Naranjo, Paraíso, Poás, Santa Bárbara y Tarrazú.

El LNA es considerado el centro de referencia para análisis de agua según Decreto Ejecutivo N°26066-S. Este cuenta con al menos 171 ensayos acreditados por el Ente Costarricense de Acreditación (ECA) de conformidad con los requisitos establecidos en la norma INTE-ISO/IEC 17025:2017; además cuenta con cinco procedimientos de inspecciones sanitarias acreditados de conformidad con los requisitos establecidos en la norma INTE-ISO/IEC 17020:2012.

Las municipalidades y la ESPH, como entes operadores, son responsables de la calidad e inocuidad del agua que producen y suministran a los usuarios, así como del mantenimiento preventivo y correctivo. Cada ente operador es responsable de llevar a cabo el control de calidad para cada sistema de abastecimiento de agua. El Reglamento para la Calidad del Agua Potable (Decreto Ejecutivo N° 38924-S, 2015) define el control de calidad, como la evaluación continua y sistemática de todas las partes del acueducto, a fin de cumplir las normas de calidad. Los resultados de los análisis del control de calidad de la ESPH y las 15 municipalidades mencionadas anteriormente fueron brindados al LNA para ser incluidos en la evaluación de la calidad de sus acueductos.

Los acueductos municipales y los de la ESPH fueron monitoreados como parte de la vigilancia de la calidad del agua que realiza el LNA, que consistió en al menos un muestreo por acueducto durante el 2021. El Reglamento para la Calidad del Agua Potable (Decreto Ejecutivo N° 38924-S, 2015) define vigilancia como la evaluación permanente desde el punto de vista de salud pública, sobre los entes operadores, a fin de garantizar la seguridad, inocuidad y aceptabilidad del suministro de agua a lo largo de todas las partes del acueducto.

Se entiende por acueducto al sistema de abastecimiento formado por las fuentes de abastecimiento, tanque de almacenamiento y demás obras accesorias, y la red de distribución,

cuyo objetivo es captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir el agua a la población. El término fuentes de abastecimiento o aprovechamiento, hace referencia a las aguas de dominio público (Ley N°276, 1942). En Costa Rica, las fuentes de abastecimiento se dividen en tres tipos:

- Naciente o subsuperficial: es aquel lugar donde el nivel estático de un acuífero aflora a la superficie, pues es cortado por la topografía o porque éste alcanza un estrato impermeable, que impide que el agua continúe infiltrándose en profundidad. En este sitio, el agua que aflora es aprovechada a través de la construcción de captaciones que permiten su incorporación a un acueducto. El caudal extraído será función del tipo de acuífero, la transmisividad, y la fuerza de la bomba, entre otros factores.
- Subterránea o pozo: es el aprovechamiento que se realiza del agua que se encuentra almacenada bajo la superficie terrestre, en diferentes tipos de acuíferos (rocas fracturadas que tienen la capacidad de almacenar y transmitir agua en sus espacios intersticiales), a la cual se accede mediante perforaciones verticales u horizontales, extrayendo el agua por medio de bombas sumergibles.
- Superficial: es el uso que se hace de las aguas que escurren libremente sobre la superficie terrestre, sean ríos, quebradas o canales artificiales; también puede derivarse agua superficial de embalses y lagos (S. Romero, UEN Gestión Ambiental de AyA, comunicación personal, abril, 7, 2016).

El agua de las fuentes subsuperficiales (nacientes) y subterráneas, normalmente no presenta niveles altos de turbiedad, por lo que, la cloración se puede aplicar 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 para reducir los niveles de turbiedad y color aparente, previo a la cloración. La alta turbiedad en el agua es un factor que dificulta la desinfección del agua, debido a que la acción del cloro se vuelve ineficiente, logrando pasar desapercibidos los microorganismos entre la materia orgánica (Hussein, et al., 2015; OMS, 2017). La ingesta de agua superficial sin el tratamiento adecuado implica un alto riesgo para la salud. El Reglamento para la Calidad del Agua Potable (Decreto Ejecutivo N° 38924-S, 2015), en el artículo 18, establece que toda agua superficial para consumo humano debe recibir tratamiento previo para cumplir con los valores máximos admisibles y garantizar la eficiencia de la desinfección.

La función principal del cloro es reducir la carga microbiana y prevenir posibles cuadros

clínicos asociados a la presencia de patógenos. El Reglamento (Decreto Ejecutivo N° 38924-S, 2015) establece en el artículo 17, el uso de cloro libre como agente desinfectante, con el fin de mantener un residual que garantice la calidad del agua ante eventuales contaminaciones en la red de distribución. El documento establece un rango admisible de (0,3 - 0,6) mg/L, permitiendo valores de hasta 0,8 mg/L en no más del 20 % de las muestras medidas y en situaciones de emergencia calificadas por el Ministerio de Salud.

Para efectos del presente informe, se considera acueducto municipal a los sistemas operados por municipalidades o consejos distritales. La población abastecida por provincia, así como el respectivo número de acueductos clorados y no clorados, se detalla en el Cuadro 1.1. En el 2021, el LNA reportó un total de 231 acueductos operados por 28 municipalidades y el Concejo Distrital de Cervantes, que abastecieron a una población de 706 881 habitantes, lo que equivale aproximadamente al 14 % de la población nacional, según la población de Costa Rica estimada por la Encuesta Nacional de Hogares (INEC, 2021)

. Por otro lado, la ESPH operó 14 acueductos clorados, suministrando agua a 251 540 habitantes, lo que equivale al 5 % de la población nacional. De los acueductos municipales, 220 fueron clorados y 11 fueron no clorados. Ninguna de las municipalidades de la provincia de Limón administró ni operó acueductos.

**Cuadro 1.1.** Población abastecida y número de acueductos municipales y de la ESPH en el 2021.

Provincia	Población abastecida				Número de acueductos			
	Acueductos clorados		Acueductos no clorados		Total	CI <sup>(1)</sup>	No CI <sup>(2)</sup>	Total
San José	32680	98,4%	523	1,6%	33203	30	4	34
Alajuela	239068	99,9%	175	0,1%	239243	68	1	69
Cartago	272656	99,5%	1305	0,5%	273961	68	6	74
Heredia	134363	100%	0	0%	134363	49	0	49
Guanacaste	12580	100%	0	0%	12580	2	0	2
Puntarenas	13531	100%	0	0%	13531	3	0	3
Limón	0	0%	0	0%	0	0	0	0
<b>Municipales<sup>(3)</sup></b>	<b>704878</b>	<b>99,7%</b>	<b>2003</b>	<b>0,3%</b>	<b>706881</b>	<b>220</b>	<b>11</b>	<b>231</b>
ESPH	251540	100%	0	0%	251540	14	0	14
<b>Total<sup>(4)</sup></b>	<b>956418</b>	<b>99,8%</b>	<b>2003</b>	<b>0,2%</b>	<b>958421</b>	<b>234</b>	<b>11</b>	<b>245</b>

(1) Acueductos clorados; (2) acueductos no clorados; (3) acueductos municipales; (4) acueductos municipales más los de la ESPH.

Fuente: Área de Agua Potable, LNA.

Con respecto a las fuentes de abastecimiento, para el 2021, para la ESPH se reportaron un total de 40 fuentes, de las cuales 26 fueron subterráneas (65 %), diez nacientes (25 %), y cuatro superficiales (10 %); mientras que, para los acueductos municipales se reportaron un total de 444 fuentes, de las cuales 56 fueron subterráneas (13 %), 356 nacientes (80 %), y 33 superficiales (7 %). En el Cuadro 1.2 se detalla la cantidad de fuentes de abastecimiento según provincia.

**Cuadro 1.2.** Inventario de fuentes de abastecimiento de acueductos municipales y de la ESPH en el 2021.

Provincia	Fuentes de abastecimiento			
	Total	Pozos	Nacientes	Superficiales
San José	65	1	45	19
Alajuela	119	10	107	2
Cartago	142	5	131	6
Heredia	107	37	66	4
Guanacaste	4	3	0	1
Puntarenas	7	0	7	0
Limón	0	0	0	0
<b>Municipales<sup>(1)</sup></b>	<b>444</b>	<b>56</b>	<b>356</b>	<b>32</b>
ESPH	40	26	10	4
<b>Total<sup>(2)</sup></b>	<b>484</b>	<b>82</b>	<b>366</b>	<b>36</b>

(1) Acueductos municipales; (2) acueductos municipales más los de la ESPH.  
Fuente: Área de Agua Potable, LNA.

El presente informe busca analizar la calidad del agua suministrada por acueductos municipales y por la ESPH, con el fin de determinar los posibles riesgos de enfermedades asociadas al agua para consumo. El propósito del documento es que sea utilizado como un instrumento de referencia para la toma de acciones correctivas y estructuración de planes de inversión, y de esta forma, promover una mejora continua del servicio de abastecimiento. Asimismo, el informe retroalimenta los programas de planificación de la recolección de muestras de agua para consumo.

## **2. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la calidad del agua de consumo en los acueductos municipales y de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) durante el 2021, de acuerdo con los parámetros establecidos en el Reglamento de Calidad para el Agua Potable (Decreto Ejecutivo N° 38924-S, 2015) y con el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano (IRCACH) (Mora, et al., 2018).

### **2.1. Objetivos específicos**

- Evaluar el cumplimiento de la reglamentación vigente referente a la calidad del agua suministrada por acueductos municipales y de la ESPH durante el 2021.
- Calcular la cobertura de agua de calidad potable suministrada por acueductos municipales y de la ESPH en el 2021.
- Evaluar el riesgo asociado a la calidad del agua de los acueductos municipales y de la ESPH en el 2021 aplicando el IRCACH.
- Identificar los parámetros con mayor número de incumplimientos que afectaron la calidad del agua en los acueductos municipales y de la ESPH en el 2021.
- Analizar la evolución de la cobertura y calidad del agua en los acueductos municipales y de la ESPH durante los últimos siete años.
- Elaborar la escalera del servicio de agua en hogares abastecidos por acueductos municipales y de la ESPH en el 2020.
- Comparar la cobertura de agua potable entre los distintos entes operadores municipales y la ESPH.

## **3. METODOLOGÍA**

El presente informe se basó en los datos recolectados y procesados por el Laboratorio Nacional de Aguas (LNA), además de los análisis de calidad del agua brindados por las municipalidades de Alajuela, Aserrí, Barva, Belén, Cartago, Dota, Flores, Grecia, Jiménez, La Unión, Naranjo, Paraíso, Poás, Santa Bárbara y Tarrazú.

### **3.1. Muestreo**

Los procedimientos de muestreo y manipulación de muestras de agua se definen en

el Manual de Calidad del LNA. Éstos se basan en el *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* 23 Ed. (American Public Health Association, et al., 2017). Las especificaciones de muestreo, como número mínimo de muestras a recolectar y la frecuencia de muestreo para el control de calidad, se definen en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable (Decreto Ejecutivo N° 38924-S, 2015). Estas especificaciones de muestreo varían en función de la población abastecida por sistema. En los Cuadros 9.1 y 9.2 de Anexos se detallan las frecuencias de muestreo y el número mínimo de muestras a recolectar para los niveles 1, 2 y 3 del control de calidad. Para los parámetros del nivel 4, no existe una frecuencia de muestreo determinada, ya que se muestrean cuando la inspección sanitaria identifique que existe riesgo de contaminación o cuando lo solicite el Ministerio de Salud.

En cuanto a la vigilancia de la calidad del agua no existe una frecuencia definida. El LNA procura realizar un muestreo anual del nivel 1, y cada cuatro años un muestreo de los niveles 2 y 3, independientemente de la cantidad de habitantes que abastezca el acueducto. No obstante, algunos acueductos municipales no fueron muestreados por parte del LNA durante el 2021, por lo que se clasificaron como sin evaluar.

### **3.2. Métodos de análisis**

Los ensayos de análisis de muestras se basan en los procedimientos normalizados del *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* 23 Ed. (American Public Health Association, et al., 2017), métodos de la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (*United States Environmental Protection Agency*, EPA) y los lineamientos del Sistema de Gestión de Calidad del LNA, acreditado de conformidad con los requisitos establecidos en la norma INTE-ISO/IEC 17025:2017.

### **3.3. Interpretación de los resultados**

Los criterios para evaluar la calidad del agua suministrada se encuentran definidos en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable (Decreto Ejecutivo N° 38924-S, 2015) y en el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano (IRCACH) (Mora, et al., 2018). El IRCACH se incluye en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, mediante la reforma y adición a dicho reglamento (Decreto Ejecutivo N° 41499-S, 2019), que recomienda en el artículo 21 la revisión del IRCACH para efectos de interpretación de los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua.

Los acueductos se clasifican según la calidad del agua que suministren en: a) potable, cuando cumple con los parámetros establecidos en el reglamento; b) no potable, cuando no cumple con lo establecido en el reglamento; y c) sin evaluar, cuando el acueducto no se muestreó por el LNA durante el 2021, ni se recibieron los resultados de los análisis del control de calidad realizado por el ente operador del acueducto. Los acueductos a su vez se clasifican en clorados, cuando cuentan con el equipo de cloración instalado, y no clorados, cuando carecen de éste. Para el caso de los acueductos que se encuentran sin evaluar, se hizo el supuesto de que su condición de clorado o no clorado se mantuvo igual que la indicada en el último muestreo realizado por el LNA.

La evaluación de la calidad del agua se realiza tomando en cuenta solo los ensayos efectuados en la red de distribución; es decir, se evalúa el agua como producto final suministrado a viviendas, comercios, oficinas, instalaciones turísticas y otros. Sin embargo, para analizar los parámetros de plaguicidas del nivel 4 se consideran, tanto los ensayos realizados en la red, como en las fuentes de abastecimiento. Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos utilizados para evaluar la calidad del agua se muestran en el Cuadro 9.3 de Anexos, junto con su valor máximo admisible del Reglamento para la Calidad del Agua Potable; éste se define como el valor de la concentración de una sustancia química o densidad bacteriana, a partir de la cual existe rechazo del agua por parte de los consumidores o un riesgo significativo para la salud.

En el caso de los análisis microbiológicos, el resultado puntual denota un crecimiento detectable (positivo) o no detectable (negativo) para coliformes fecales y *Escherichia coli*, ambos considerados indicadores de contaminación fecal. Para evaluar el agua suministrada por un sistema de abastecimiento se considera el porcentaje de los análisis negativos con respecto al total de análisis realizados en un año. En el artículo 12, inciso d, del reglamento (Decreto Ejecutivo N° 38924-S, 2015), 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 (OMS, 2017), específicamente

en la sección 5.5.2 *Regional use of data* (Uso de los datos en el ámbito regional), establece que el porcentaje de negatividad con que se evalúan los sistemas de abastecimiento varía en función de la población abastecida, independientemente del número de muestras recolectadas al año (ver Cuadro 9.4 de Anexos). Por ende, el LNA interpreta los criterios microbiológicos de la siguiente forma:

- a) El agua potable cumple los criterios de la calidad microbiológica en aquellos sistemas de abastecimiento de agua clorada, cuya población abastecida sea inferior a 5 000 habitantes, si el porcentaje de negatividad es igual o superior al 90 % para coliformes fecales; y en los sistemas que abastezcan a poblaciones superiores o iguales a 5 000 habitantes, si el porcentaje de negatividad es igual o superior al 95 %.
- b) En los sistemas de abastecimiento no clorados, el agua cumple con los criterios microbiológicos cuando, en al menos el 80 % de las muestras recolectadas durante el año, no se detecte la presencia de *Escherichia coli*.

### **3.4. Potabilidad del agua suministrada**

Para efectos del presente informe, se define que el agua de un acueducto es potable cuando no causa ningún daño en la salud al ser ingerida, y que sus características organolépticas no generan rechazo por parte de los consumidores. Bajo esta definición se consideró potable al agua suministrada que presentó valores superiores al máximo admisible de parámetros que no fueran de significado para la salud, siempre y cuando, los valores reportados no afectaran la estética del agua. En el Cuadro 9.5 de Anexos se detalla la clasificación de los parámetros propuesta en el IRCACH.

Se considera de calidad potable al agua suministrada por un sistema de abastecimiento, cuando el riesgo asociado a la calidad del agua sea muy bajo (Azul) o bajo (Verde); y por el contrario, se considera de calidad no potable, cuando el riesgo sea intermedio (Amarillo), alto (Naranja) o muy alto (Rojo). La metodología para determinar el nivel de riesgo se detalla en los lineamientos del IRCACH (Mora, et al., 2018); la cual establece que, para las evaluaciones anuales, donde se cuente con más de un reporte puntual, se analizarán los promedios aritméticos de los parámetros fisicoquímicos de los niveles 1, 2 y 3 en la red de distribución.

Cabe resaltar que, además del Reglamento para la Calidad del Agua Potable (Decreto Ejecutivo N° 38924-S, 2015) y del IRCACH (Mora, et al., 2018), se hizo uso del criterio de

expertos para determinar la potabilidad del agua de los acueductos, principalmente en los casos donde se contó con pocos análisis de los niveles 2 y 3. Se define criterio de experto como el juicio de profesionales que trabajan con análisis fisicoquímicos, microbiológicos y biológicos del agua para consumo humano, basado en experiencia, datos históricos y conocimiento científico (Mora, et al., 2018). Los niveles de riesgo asociado a la calidad del agua del IRCACH se describen en el Cuadro 9.6 de Anexos.

### **3.5. Cobertura con agua de calidad potable**

La cobertura con agua potable se refiere al porcentaje de población abastecida con agua potable sobre el total de la población abastecida. La fórmula empleada para calcular la cobertura nacional y de cada región fue la siguiente:

$$\text{Cobertura con agua potable} = \frac{\text{población abastecida con agua potable}}{\text{población total abastecida}} * 100$$

### **3.6. Escalera del servicio de agua en hogares de la Organización Mundial de la Salud (OMS)**

La escalera del servicio de agua en hogares, elaborada por el Programa Conjunto OMS/UNICEF de Monitoreo del Abastecimiento de Agua y del Saneamiento (JMP) (UNICEF, 2017), fue utilizada para determinar la cobertura según el nivel de servicio de abastecimiento suministrado por acueductos municipales y de la ESPH. La elaboración de la escalera del servicio de agua en hogares suministrado por acueductos municipales y de la ESPH se basó, tanto en los datos generados por el LNA, como en la información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) mediante la Encuesta Nacional de Hogares en el 2021. El Cuadro 9.7 de Anexos muestra la escalera del servicio de agua en hogares.

De acuerdo con la UNICEF (2017), las fuentes mejoradas de agua se definen como aquellas que tienen el potencial de suministrar agua de buena calidad por la naturaleza de su diseño y construcción. Sin embargo, los datos generados, tanto por el INEC, como por el LNA, no permiten diferenciar entre población abastecida por fuentes mejoradas o no mejoradas. Para poder adaptar la escalera a los registros estadísticos y administrativos existentes en Costa Rica, se hizo el supuesto de que todos los acueductos municipales y de la ESPH suministran agua proveniente de fuentes mejoradas; esto significa que la totalidad de la población abastecida por acueductos comunales recibió un servicio por lo menos del nivel básico.

Para que el servicio de abastecimiento sea considerado como gestionado de manera segura, no solo debe presentar fuentes mejoradas, sino que debe cumplir con tres criterios: accesible en la vivienda o propiedad, disponible cuando se necesite y estar libre de contaminación (UNICEF, 2017). Los acueductos municipales y de la ESPH suministraron un servicio de agua por tubería a los hogares, ya sea dentro de la vivienda o en la propiedad, con lo que se cumple el criterio de accesibilidad para la totalidad de la población. Con respecto a la disponibilidad del servicio, en la página 55 del informe *Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2017* (UNICEF, 2019), el JMP clasifica como servicio “disponible cuando se necesite”, a los hogares que reporten suficiente agua disponible en la última semana o mes; también se consideró servicio “disponible cuando se necesite” a los hogares que reporten agua disponible al menos 12 horas al día o 4 días a la semana. Por lo tanto, se hizo el supuesto de que todos los acueductos municipales y de la ESPH suministraron agua disponible cuando se necesite, ya que, aunque no todos los acueductos hayan suministrado agua durante las 24 horas al día los 365 días del año, por lo menos suministraron agua durante más de 12 horas al día. El tercer criterio que respecta a la calidad del agua suministrada, que debe estar libre de contaminación fecal y de sustancias químicas prioritarias, se evalúa en el presente informe. Los acueductos que suministraron agua de calidad potable fueron considerados como servicios gestionados de manera segura.

#### **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La evaluación de los parámetros del agua está basada en análisis puntuales, realizados en un momento y lugar específico. Los resultados de los análisis puntuales para el monitoreo de la vigilancia de la calidad efectuados por el Laboratorio Nacional de Aguas (LNA), pueden solicitarse directamente con el laboratorio. La consulta de éstos resulta imprescindible para ubicar las fechas y los puntos de muestreo de las evaluaciones en los que se detectaron inconformidades al Reglamento de Calidad para el Agua (Decreto Ejecutivo N° 38924-S, 2015).

Los análisis puntuales determinan las características del agua en un momento y lugar específicos, el equivalente a una fotografía de las propiedades microbiológicas y fisicoquímicas del agua. Sin embargo, la evaluación de la calidad del agua de los acueductos se realiza de forma anual y se basa en el acumulado de los análisis puntuales realizados durante el año. No todos los sistemas evaluados cuentan con igual número de muestras

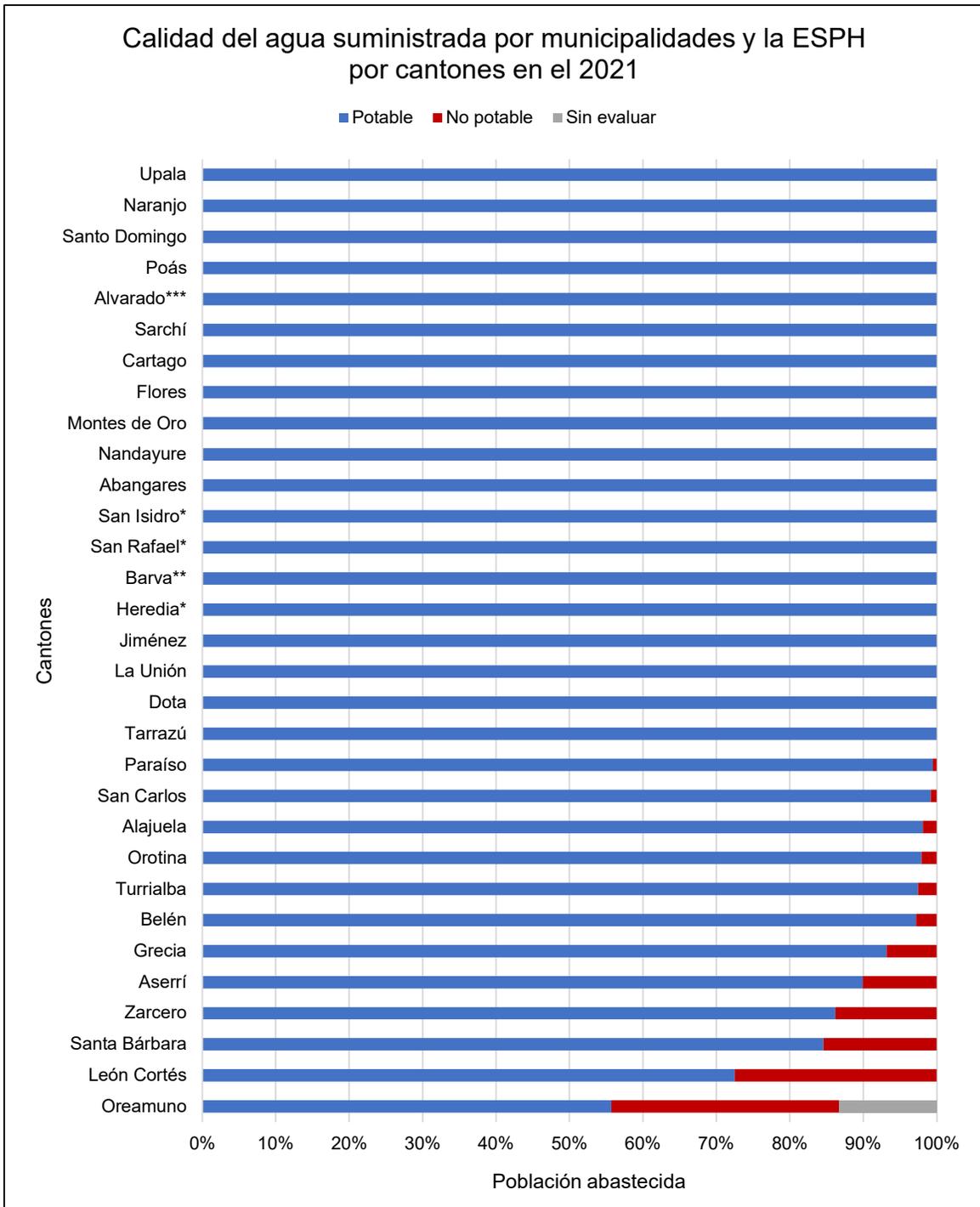
recolectadas (ver criterios en sección *1.1 Muestreo*). Entre mayor sea el número de muestras recolectadas, mayor representatividad se tendrá de la calidad del agua. Si bien es cierto, las evaluaciones puntuales por sí solas no definen la calidad del agua suministrada, éstas son fundamentales para detectar los problemas sanitarios que provocan su deterioro.

Es importante recalcar que la época del año en que se recolecte la muestra puede influir directamente en los resultados de los análisis. En temporada lluviosa, normalmente se observa mayor turbiedad y materia orgánica en las fuentes superficiales, debido a que la lluvia arrastra consigo partículas de tierra hasta el cuerpo de agua. En la época seca el caudal de las fuentes tiende a disminuir, y como resultado se obtienen mayores concentraciones de los elementos naturales (hierro, magnesio, manganeso, aluminio, arsénico, entre otros).

#### **4.1. Cobertura de agua potable**

En los Cuadros 8.1 al 8.5 de los Apéndices se detallan el número de sistemas de abastecimiento y las poblaciones abastecidas por municipalidades, el Concejo Distrital de Cervantes y la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) de acuerdo con la calidad del agua suministrada. En los Cuadros 8.6 al 8.7 de los Apéndices se enumeran todos los acueductos municipales y de la ESPH registrados en la base de datos del LNA para finales del 2021. En dichos cuadros se detalla la población abastecida por cada acueducto, la calidad del agua, el riesgo asociado a la calidad y parámetros incumplidos.

En el 2021, un 96,1 % de la población abastecida por acueductos municipalidades (679 591 habitantes) recibió agua de calidad potable, un 3,4 % (23 838 habitantes) recibió agua no potable y un porcentaje de aproximadamente 0,5 % (3 452 habitantes) recibió agua sin evaluar. En el caso de la ESPH, el 100 % de su población recibió agua de calidad potable (251 540 habitantes) distribuida en los cantones de Heredia, San Rafael, San Isidro y Barva. En los Cuadros 8.1 al 8.5 de los Apéndices se detallan el número de acueductos y las poblaciones abastecidas por municipalidades, la ESPH y el Concejo Distrital de Cervantes de acuerdo con la calidad del agua suministrada. En los Cuadros 8.6 al 8.7 de los Apéndices se enumeran los acueductos, junto con su correspondiente calidad, su riesgo asociado y los parámetros incumplidos.



**Figura 4.1.** Calidad del agua suministrada por acueductos municipales y de la ESPH por cantones en el 2021.

\*Los cantones de Heredia, San Isidro y San Rafael fueron abastecidos por la ESPH; \*\*el cantón de Barva fue abastecido por la Municipalidad de Barva y la ESPH; \*\*\* el cantón de Alvarado fue abastecido por la Municipalidad de Alvarado y el Concejo Distrital de Cervantes.

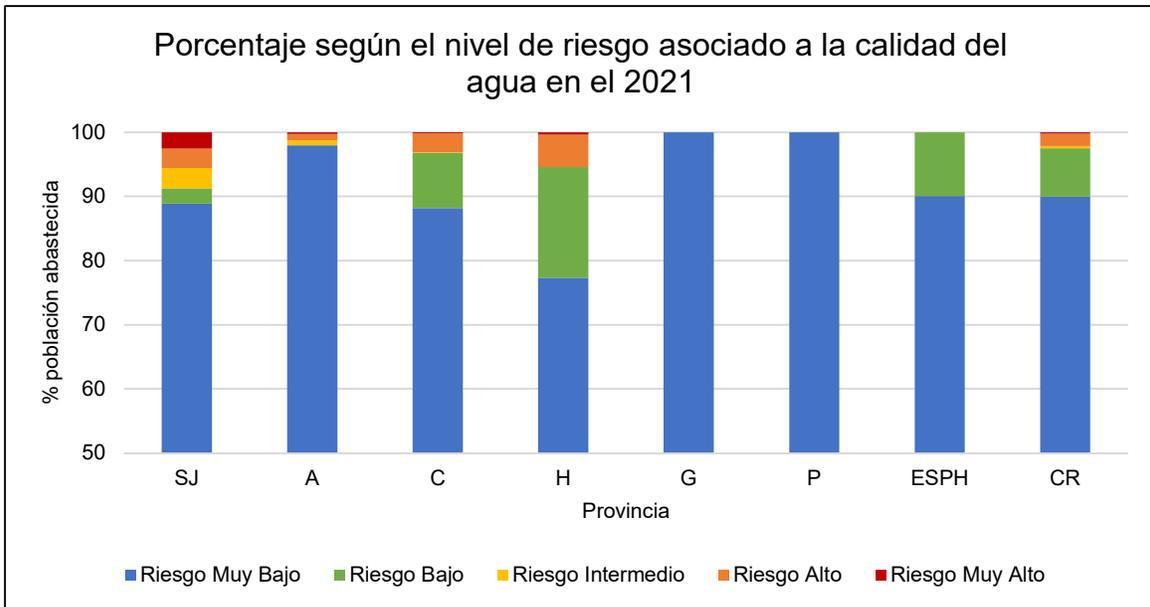
Fuente: Área de Agua Potable, LNA.

En la Figura 4.1 se observa el porcentaje de población abastecida con agua de calidad potable para los cantones abastecidos por municipalidades, la ESPH y Concejo Distrital de Cervantes en el cantón de Alvarado. Un total de 16 municipalidades suministraron agua potable al 100 % de su población, las cuales fueron: Tarrazú, Dota, La Unión, Jiménez, Barva, Abangares, Nandayure, Montes de Oro, Flores, Cartago, Sarchí, Alvarado (incluye al Concejo Distrital de Cervantes), Poás, Santo Domingo, Naranjo y Upala. Las municipalidades de Paraíso, San Carlos, Alajuela, Orotina, Turrialba y Belén suministraron agua potable al (97-99) % de su población; las municipalidades de Grecia, Aserrí, Zarcero y Santa Bárbara suministraron agua potable al (85-95) % de su población. Por otro lado, las municipalidades de Oreamuno y León Cortés suministraron agua potable al 56 % y 72 % de su población respectivamente. Solo dos acueductos de la Municipalidad de Oreamuno no fueron evaluados durante el 2021, los cuales abastecieron al 13 % de la población abastecida por dicha municipalidad.

Las municipalidades no necesariamente abastecen la totalidad de la población de sus respectivos cantones, muchas veces abastecen la cabecera del cantón y zonas alrededor, mientras que, el resto es abastecido por acueductos comunales o por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA). La población abastecida por acueductos municipales y la ESPH representa aproximadamente al 19 % de la población nacional, según la población de Costa Rica estimada por la Encuesta Nacional de Hogares (INEC, 2021).

#### **4.2. Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano**

De acuerdo con los resultados de la aplicación del IRCACH, para el caso de los acueductos municipales, el 89,9 % de la población abastecida recibió agua de riesgo muy bajo (Azul); 6,7 % de riesgo bajo (Verde); 0,4 % de riesgo Intermedio (Amarillo), 2,6 % de riesgo alto (Naranja), y 0,4 % de riesgo muy alto (Rojo). Estos porcentajes se obtienen al analizar solo la población abastecida con acueductos municipales evaluados (suma de potables y no potables) en el 2021, que equivale a 703 429 habitantes. En el caso de la ESPH, el 90,1 % de la población abastecida recibió agua de riesgo muy bajo (Azul) y 9,9 % de riesgo bajo (Verde). En la Figura 4.2 se observa el porcentaje de la población abastecida según el nivel de riesgo asociado a la calidad del agua evaluada en el 2021.



**Figura 4.2.** Porcentajes de población abastecida por acueductos municipales y de la ESPH evaluados según el nivel de riesgo asociado a la calidad del agua por provincia en el 2021.

SJ: San José; A: Alajuela; C: Cartago; H: Heredia; G: Guanacaste; P: Puntarenas; ESPH: Empresa de Servicios Públicos de Heredia y CR: Costa Rica.

Fuente: Área de Agua Potable, LNA.

El riesgo asociado a la calidad del agua de los acueductos que incumplieron con los criterios microbiológicos fue considerado alto (Naranja). Sin embargo, en los acueductos clorados, donde se detectó una ineficiente cloración junto con la presencia de coliformes fecales, el riesgo aumentó a muy alto (Rojo). Este riesgo muy alto (Rojo) se debió también al incumplimiento de aluminio, hierro y color aparente en acueductos con presencia de indicadores de contaminación fecal. El riesgo alto (Naranja) se debió, además, al incumplimiento de nitratos. El riesgo intermedio (Amarillo) se debió al incumplimiento de aluminio y valores de pH inferiores a 5,5; incumplimiento de hierro, o de aluminio, color aparente y turbiedad. Por otro lado, la alerta por concentraciones de nitratos cercanas al valor máximo admisible fue el principal factor causante del riesgo bajo (Verde); seguido del incumplimiento de cloro residual libre, concentraciones de aluminio e incumplimiento de color aparente y turbiedad.

### 4.3. Incumplimiento de parámetros

Para efectos del presente informe, se consideran parámetros microbiológicos los coliformes fecales, *Escherichia coli* y el cloro libre. Los coliformes fecales y *Escherichia coli* son indicadores de contaminación fecal, cuya presencia en el agua representa un alto riesgo para la salud, debido a que se asocia con una mayor probabilidad de encontrar patógenos (OMS, 2017). El cloro es añadido al agua durante el proceso de desinfección, y éste incide directamente en la presencia de microorganismos en el agua.

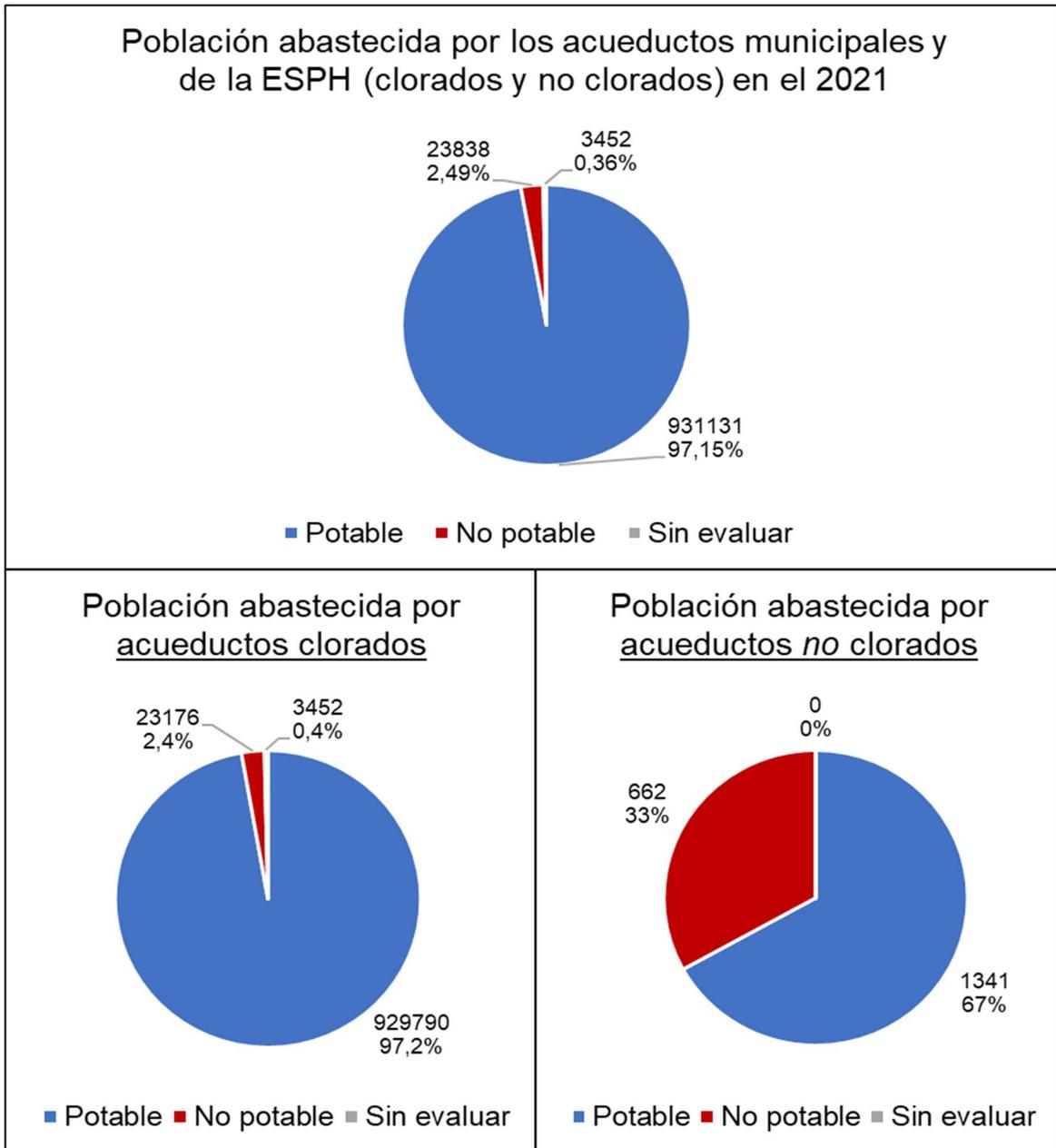
La presencia de indicadores de contaminación fecal fue la principal causa de incumplimiento de los acueductos municipales en el 2021. De los 20 acueductos que suministraron agua de calidad no potable, 16 suministraron agua con presencia de indicadores de contaminación fecal a 12 729 habitantes aproximadamente. Los cantones en donde se detectó presencia de indicadores de contaminación fecal fueron: Alajuela, Aserrí, Belén, Orotina, San Carlos, Santa Bárbara, Turrialba y Zarcero.

En el 2021, el 99,7 % de la población abastecida por acueductos operados por municipalidades recibió agua clorada (Cuadro 1.1). Los acueductos no clorados fueron administrados por las municipalidades de Turrialba, Orotina, Aserrí, Alvarado y el Consejo Distrital de Cervantes. En el caso de la ESPH, la totalidad de sus acueductos suministraron agua clorada.

En la Figura 4.3 se muestran los porcentajes de población abastecida por municipalidades y de la ESPH con agua de calidad potable, no potable y sin evaluar. Se observa que la calidad del agua suministrada por los acueductos clorados se mantuvo similar a la calidad general de todos los acueductos: aproximadamente un 97,2 % de la población recibió agua potable, un 2,5 % recibió agua no potable y un 0,3 % recibió agua cuya calidad no fue evaluada. En el caso de los acueductos no clorados, un 67 % de la población recibió agua potable y un 33 % recibió agua no potable, no hubo acueductos no clorados sin evaluar. El bajo porcentaje de potabilidad de los sistemas no clorados se debió al incumplimiento de los criterios microbiológicos.

La presencia de coliformes fecales en agua clorada, indica un deficiente tratamiento de desinfección; ya sea por a una dosificación de cloro inadecuada, tiempo insuficiente de contacto entre el agua y el cloro, discontinuidad del proceso de cloración, falta de limpieza de la tubería, conexiones cruzadas y falta de continuidad del servicio. Se debe considerar que las

zonas de bajo consumo, donde el agua permanece por bastante tiempo en la tubería, son más propensas a contaminarse.



**Figura 4.3.** Población abastecida según calidad del agua suministrada por acueductos municipales y la ESPH en el 2021.

Fuente: Área de Agua Potable, LNA.

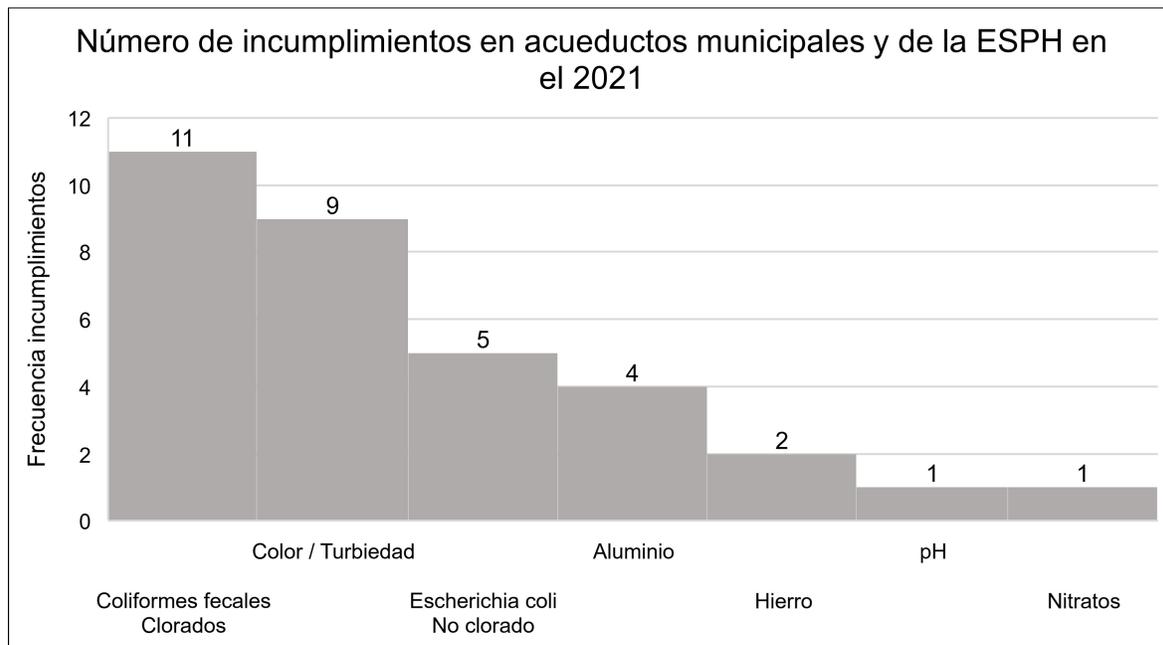
La presencia de indicadores de contaminación fecal fue el incumplimiento con mayor incidencia en el 2021, con 16 casos de acueductos que incumplieron, de los cuales once fueron clorados y cinco no clorados. Con respecto a los parámetros fisicoquímicos, los incumplimientos fueron de color aparente y turbiedad, aluminio, hierro, pH y nitratos. Los incumplimientos por turbiedad y color se agruparon, ya que son indicadores de partículas dispersas o de compuestos disueltos en el agua (color verdadero). Se considera incumplimiento de pH a los valores fuera del ámbito 5,5 a 8,5, de acuerdo con el IRCACH (Mora, et al., 2018).

Es importante hacer la distinción entre casos de incumplimiento y número de acueductos que incumplen alguno de los parámetros; ya que los casos de incumplimiento se evalúan para cada parámetro, y un mismo acueducto podría tener más de un parámetro que incumpla. En la Figura 4.4 se muestra el número de incumplimientos de los parámetros, y en la Figura 4.5 se muestra el porcentaje de incumplimientos por parámetro

Con respecto al incumplimiento de turbiedad y color aparente, nueve sistemas incumplieron, ya sea con color aparente, turbiedad o ambos. Varios de estos sistemas, incumplieron además algún otro parámetro como aluminio, hierro o presentaron indicadores de contaminación fecal. Los sistemas que solo presentaron incumplimientos por color aparente o turbiedad, se clasificaron como de calidad potable de riesgo bajo (Verde) o muy bajo (Azul); mientras que, los que incumplieron además con alguno de los otros parámetros mencionados, se clasificaron como de calidad no potable y el riesgo asociado varió de intermedio (Amarillo) a muy alto (Rojo) según de la gravedad de los incumplimientos en cada acueducto. Aproximadamente 9 935 habitantes se abastecieron por acueductos municipales que incumplieron con turbiedad y/o color aparente. Estos acueductos fueron operados por las municipalidades de Alajuela, Aserrí, Flores, Paraíso y Santa Bárbara.

Para analizar la presencia de turbiedad y color aparente en el agua suministrada por los acueductos, es necesario conocer, tanto las características de sus fuentes de abastecimiento, como el tipo de terreno donde se ubican y condiciones de la infraestructura de la toma de agua, incluyendo la profundidad de la toma. De igual forma, se necesitaría realizar análisis más específicos que determinen si la turbiedad y el color aparente provienen de la materia orgánica o de los metales encontrados en las muestras de agua. El mal estado y falta de mantenimiento de tanques de almacenamiento y tuberías de la red de distribución pueden incidir sobre la acumulación de sedimentos orgánicos y metales, como hierro y

manganeso, que influyen en la turbiedad y coloración del agua.



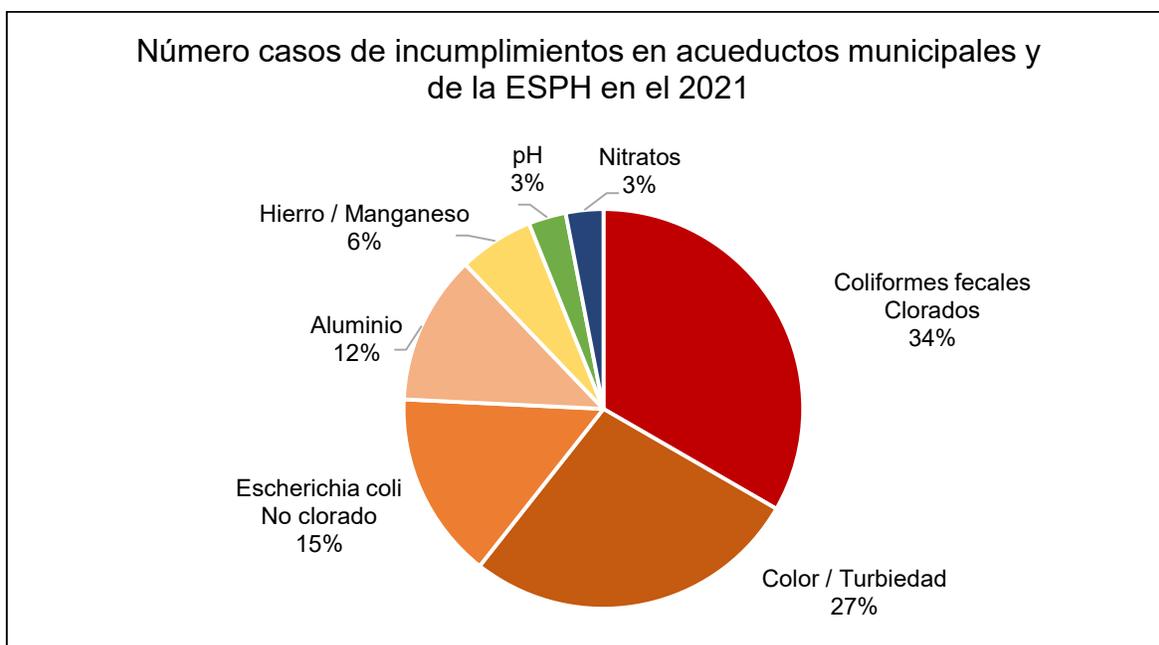
**Figura 4.4.** Número de casos de incumplimiento de parámetros en acueductos municipales y de la ESPH en el 2021.

Fuente: Área de Agua Potable, LNA.

Según las Guías para la Calidad del Agua Potable (OMS, 2017), existe poca evidencia de la toxicidad del aluminio mediante su ingesta oral. El grado de absorción de aluminio mediante la ingesta de agua permanece incierta, dado que depende de parámetros, como el pH, la especiación y solubilidad del aluminio. El Comité Mixto FAO/WHO de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA), en el reporte 67a del 2011, estableció la ingesta semanal tolerable provisional (*Provisional Tolerable Weekly Intake: PTWI*) de aluminio en 1 mg/kg. Con base en dichas especificaciones, en las guías de la OMS 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. No obstante, el Reglamento para la Calidad del Agua Potable (Decreto Ejecutivo N° 38924-S, 2015) establecer un valor máximo admisible de 0,2 mg/L para el aluminio.

Aproximadamente 10 130 habitantes se abastecieron por acueductos que incumplieron con las concentraciones de aluminio en el agua. Los acueductos municipales Casquillo de San Pablo de León Cortés, Loaiza de Cachí de Paraíso y Salitrillos de Aserri Sector Quebradas Rincón y Lajas presentaron incumplimiento de aluminio, pero además

incumplieron con otros parámetros como color aparente, turbiedad, hierro, pH inferior a 5,5 y presencia de indicadores de contaminación fecal. Estos acueductos se clasificaron como de calidad no potable y el riesgo asociado varió de intermedio (Amarillo) a muy alto (Rojo) según de la gravedad de los incumplimientos en cada acueducto. Por otro lado, el acueducto Brasilia, operado por la ESPH, se clasificó como de calidad potable de riesgo bajo (Verde), ya que presentó concentraciones de aluminio entre (0,4–0,9) mg/L.



**Figura 4.5.** Porcentaje de incumplimiento de parámetros en acueductos municipales y de la ESPH en el 2021.

Fuente: Área de Agua Potable, LNA.

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. La USEPA 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). No obstante, un pH ácido (menores a 6,0), además de generar corrosión en las tuberías metálicas, fomenta que se disuelvan los metales de la corteza terrestre en el agua (USEPA, 2017).

Aproximadamente 1 050 habitantes se abastecieron por el acueducto municipal Casquillo de San Pablo de León Cortés que presentó valores de pH inferiores a 5,5. Este

acueducto fue clasificado como no potable de riesgo intermedio (Amarillo), al incumplir también con aluminio.

El hierro es considerado por las Guías para la Calidad del Agua Potable (OMS, 2017) como un parámetro, cuya presencia en el agua de consumo, puede afectar la aceptabilidad de ésta 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 hierro ferroso ( $\text{Fe}^{+2}$ ), que expuesto al oxígeno del aire y al ácido hipocloroso (generado en el proceso de desinfección) se oxida a hierro férrico ( $\text{Fe}^{+3}$ ), otorgándole un color rojizo oscuro al agua y un sabor desagradable para los consumidores. A concentraciones de hierro mayores de 300  $\mu\text{g/L}$ , el agua puede teñir y dañar tuberías y la ropa durante el lavado.

Aproximadamente 2 577 habitantes se abastecieron por acueductos municipales que incumplieron con las concentraciones de hierro en el agua. El acueducto municipal Salitrillos de Aserrí sector Quebradas Rincón y Lajas, además de hierro, incumplió con aluminio, color aparente y presentó indicadores de contaminación fecal; por lo que se clasificó como de riesgo muy alto (Rojo). Por otro lado, el acueducto municipal Grecia: Sector Naciente Salguero se clasificó como de calidad potable de riesgo bajo (Verde), ya que presentó concentraciones de hierro entre (300–500)  $\mu\text{g/L}$ .

Los nitratos son considerados de significado para la salud con tan solo un tiempo de exposición corto. Una vez ingeridos, los nitratos se reducen a nitritos gracias al metabolismo de bacterias presentes en el organismo. 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; 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 nitrogenado, acumulación de abono y estiércol, y del mal manejo de las aguas residuales domésticas, incluida la falta de mantenimiento de tanques sépticos (OMS, 2017).

Las Guías para la Calidad del Agua Potable (OMS, 2017), recomiendan un valor de referencia para la salud de nitratos es de 50  $\text{mg/L}$ , el cual fue establecido para un subgrupo de población específico y vulnerable (los lactantes alimentados con biberón); de modo que el

valor de referencia es suficiente para proteger a los niños de mayor edad y a los adultos. No obstante, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA) establece un valor máximo de 10 mg/L para el nitrógeno proveniente de nitratos (N-NO<sub>3</sub>), lo que equivale a un valor máximo de 44 mg/L para nitratos. Debido al efecto agudo de los nitratos en la salud de infantes y población vulnerable, se clasifica como de riesgo bajo (Verde) a los acueductos que suministraron agua con concentraciones de nitratos entre (44-50) mg/L; pese a que cumplen con el valor máximo admisible, el agua suministrada presenta un potencial riesgo de enfermar a la población más vulnerable (USEPA, 2021).

Aproximadamente 8 024 habitantes se abastecieron por el acueducto municipal San Rafael de Oreamuno La Chinchilla Centro que presentó concentraciones de nitratos por encima del valor máximo admisible de 50 mg/L; por lo tanto, el agua suministrada fue clasificada como de calidad no potable de riesgo alto (Naranja). Un acueducto de la ESPH más 14 acueductos municipales, ubicados en los cantones de Barva, Cartago, Oreamuno y Paraíso, se clasificaron como de calidad potable de riesgo bajo (Verde), debido a que presentaron concentraciones de nitratos inferiores al valor máximo admisible entre (44-50) mg/L.

#### **4.4. Escalera del agua de hogares de la Organización Mundial de la Salud**

El Cuadro 9.7 de Anexos muestra la escalera del servicio de agua en hogares ideada por el JMP de la UNICEF. La elaboración de la escalera del servicio de agua en hogares suministrado por acueductos municipales y de la ESPH se basó en los registros administrativos de la vigilancia de la calidad realizado por el Laboratorio Nacional de Aguas (LNA), los análisis de calidad realizados por la ESPH y las municipalidades de Alajuela, Aserrí, Barva, Belén, Cartago, Dota, Flores, Grecia, Jiménez, La Unión, Naranjo, Paraíso, Poás, Santa Bárbara y Tarrazú; además de la información proporcionada en la Encuesta Nacional de Hogares (INEC, 2021). Para ello se establecieron cuatro supuestos:

- 1) Todos los acueductos municipales y de la ESPH suministraron agua proveniente de fuentes mejoradas; esto significa que la totalidad de la población abastecida por acueductos comunales recibió un servicio por lo menos del nivel básico.
- 2) Todos los acueductos municipales y de la ESPH suministraron un servicio de agua por tubería a los hogares, ya sea dentro de la vivienda o en la propiedad, con lo que se cumple el criterio de accesibilidad para la totalidad de la población.
- 3) Todos los acueductos municipales y de la ESPH suministraron agua disponible

cuando se necesite; aunque no todos los sistemas hayan suministrado agua durante las 24 horas al día los 365 días del año, el suministro de agua tiende a ser mayor a 12 horas diarias – ver criterio usado por el JMP (UNICEF, 2019) en metodología.

- 4) Los acueductos municipales y de la ESPH que suministraron agua de calidad potable estaban libres de contaminación.

Por consiguiente, se considera que los acueductos municipales y de la ESPH que suministraron agua potable brindaron un servicio gestionado de manera segura, abasteciendo al 97,2 % de la población; mientras que, los que suministraron agua no potable brindaron un servicio básico, abasteciendo al 2,5 % de la población. Se suministró agua sin evaluar (se desconoce su calidad) a un 0,3 % de la población. En la Figura 4.6 se detalla la escalera del servicio de agua en hogares suministrado por acueductos municipales y de la ESPH en el 2021.



**Figura 4.6.** Escalera del servicio de agua en hogares suministrado por acueductos municipales y de la ESPH en el 2021.

Fuente: Área de Agua Potable, LNA.

## 5. CONCLUSIONES

- En el 2021 el 96,1 % de la población abastecida por acueductos municipales (679 591 habitantes) recibió agua de calidad potable, un 3,4 % (23 838 habitantes) recibió agua no potable y un porcentaje de aproximadamente 0,5 % (3 452 habitantes) recibió agua sin evaluar.
- La ESPH suministró agua potable al 100 % de su población (251 540 habitantes) distribuida en los cantones de Heredia, San Isidro, San Rafael y Barva.
- Un total de 16 municipalidades suministraron agua potable al 100 % de su población, las cuales fueron: Tarrazú, Dota, La Unión, Jiménez, Barva, Abangares, Nandayure, Montes de Oro, Flores, Cartago, Sarchí, Alvarado (incluye al Concejo Distrital de Cervantes), Poás, Santo Domingo, Naranjo y Upala.
- Las municipalidades de Paraíso, San Carlos, Alajuela, Orotina, Turrialba y Belén suministraron agua potable al (97-99) % de su población.
- Las municipalidades de Grecia, Aserrí, Zarcero y Santa Bárbara suministraron agua potable al (85-95) % de su población.
- Las municipalidades de Oreamuno y León Cortés suministraron agua potable al 56 % y 72 % de su población respectivamente.
- Solo dos acueductos de la Municipalidad de Oreamuno no fueron evaluados durante el 2021, los cuales abastecieron al 13 % de la población abastecida por dicha municipalidad.
- De acuerdo con el IRCACH, para el caso de los acueductos municipales, el 89,9 % de la población abastecida recibió agua de riesgo muy bajo (Azul); 6,7 % de riesgo bajo (Verde); 0,4 % de riesgo Intermedio (Amarillo), 2,6 % de riesgo alto (Naranja), y 0,4 % de riesgo muy alto (Rojo); mientras que, en el caso de la ESPH, el 90,1 % de la población abastecida recibió agua de riesgo muy bajo (Azul) y 9,9 % de riesgo bajo (Verde).
- La presencia de indicadores de contaminación fecal fue la principal causa de incumplimiento de los acueductos municipales.
- Aproximadamente 12 729 habitantes se abastecieron por acueductos municipales que incumplieron con los criterios microbiológicos y fueron operados por las municipalidades de Alajuela, Aserrí, Belén, Orotina, San Carlos, Santa Bárbara, Turrialba y Zarcero.
- Hubo una marcada diferencia entre la potabilidad de los acueductos clorados y no

clorados: la potabilidad de los acueductos clorados fue de aproximadamente 97,2 %; mientras que, la potabilidad de los acueductos no clorados fue de 67 %.

- La calidad no potable de los acueductos no clorados se debió únicamente al incumplimiento de los criterios microbiológicos.
- Los resultados evidencian el efecto desinfectante del cloro sobre la presencia de coliformes fecales en el agua; sin embargo, la presencia del cloro residual en el agua no implica necesariamente la ausencia de indicadores de contaminación fecal, ni la ausencia de cloro supone la presencia de los microorganismos.
- No todos los acueductos con instalaciones para la cloración mantuvieron un proceso de desinfección eficiente ni constante.
- La presencia de coliformes fecales fue el incumplimiento con mayor incidencia, seguido del incumplimiento de color aparente y turbiedad, aluminio, hierro, pH y nitratos.
- El principal causante del riesgo alto (Naranja) y riesgo muy alto (Rojo) en la calidad del agua fue la presencia de indicadores de contaminación fecal; sin embargo, el riesgo muy alto (Naranja) se debió también al incumplimiento de nitratos.
- El riesgo intermedio (Amarillo) en la calidad del agua se debió al incumplimiento de aluminio y valores de pH inferiores a 5,5; incumplimiento de hierro, o de aluminio, color aparente y turbiedad.
- El principal factor causante del riesgo bajo (Verde) en la calidad del agua se debió a la alerta por concentraciones de nitratos cercanas al valor máximo admisible, seguidas del incumplimiento del residual de cloro libre, concentraciones de aluminio e incumplimiento de color aparente y turbiedad.
- Aproximadamente 9 935 habitantes se abastecieron por acueductos municipales que incumplieron con turbiedad y/o color aparente y fueron operados por las municipalidades de Alajuela, Aserrí, Flores, Paraíso y Santa Bárbara.
- Aproximadamente 10 130 habitantes se abastecieron por acueductos que incumplieron con las concentraciones de aluminio y fueron operados por las municipalidades de Aserrí, León Cortés, Paraíso y la ESPH.
- Aproximadamente 1 050 habitantes se abastecieron por un acueducto de la Municipalidad de León Cortés que presentó valores de pH inferiores a 5,5.
- Aproximadamente 2 577 habitantes se abastecieron por acueductos municipales que incumplieron con las concentraciones de hierro y fueron operados por las municipalidades de Aserrí y Grecia.
- Aproximadamente 8 024 habitantes se abastecieron por un acueducto de la

Municipalidad de Oreamuno que presentó incumplimiento de nitratos.

- Un acueducto de la ESPH más 14 acueductos municipales, ubicados en los cantones de Barva, Cartago, Oreamuno y Paraíso, se clasificaron como de calidad potable de riesgo bajo (Verde), debido a que presentaron concentraciones de nitratos inferiores al valor máximo admisible entre (44-50) mg/L.
- Con respecto a la escalera del servicio de agua en hogares, se estima que los acueductos municipales y de la ESPH brindaron un servicio gestionado de manera segura al 97,2 % de la población, un servicio básico al 2,5 % de la población y un porcentaje muy reducido de 0,3 % de la población recibió agua sin evaluar.

## **6. RECOMENDACIONES**

- Mantener un proceso de desinfección continuo y eficiente en los sistemas de abastecimiento, especialmente en los que se detectó la presencia de indicadores de contaminación fecal.
- Realizar inspecciones sanitarias de las estructuras de los acueductos donde se detectó la presencia de indicadores de contaminación fecal y concentraciones de nitratos, además de verificar el proceso de desinfección.
- Vigilar las concentraciones de nitratos en las fuentes de abastecimiento que sobrepasaron el nivel alerta de 25 mg/L.
- Proteger las fuentes de abastecimiento de los acueductos donde se detectaron concentraciones de nitratos superiores o cercanas al valor máximo admisible, mediante, un plan de gestión del uso del suelo en las zonas aledañas (cuenca hidrográfica), con el fin de evitar o reducir la infiltración de contaminantes por el suelo.
- Alertar a los acueductos municipales que incumplen los criterios fisicoquímicos para que busquen asesoramiento y valoren el caso de contaminación, y de esta forma, poder implementar las acciones correctivas apropiadas.

## 7. REFERENCIAS

- American Public Health Association, American Water Works Association & Water Environment Federation, 2017. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 23° ed. Washington: American Public Health Association.
- Decreto Ejecutivo N° 38924-S, 2015. *Reglamento para la Calidad del Agua Potable*. La Uruca(San José): Diario Oficial La Gaceta.
- Decreto Ejecutivo N° 41499-S, 2019. *Reforma y Adición al Decreto Ejecutivo N° 38924-S del 12 de Enero del 2015 "Reglamento para la Calidad del Agua Potable"*. La Uruca(San José): Diario Oficial La Gaceta.
- Hussein, M. y otros, 2015. Point-of-use chlorination of turbid water: results from a field study in Tanzania. *J Water Health*, 13(2), pp. 544-552.
- INEC, 2021. *Encuesta Nacional de Hogares (ENAHO)*. [En línea] Available at: <http://www.inec.go.cr/vivienda>
- Ley N°276, 1942. *Ley de Aguas*. La Uruca(San José): Diario Oficial La Gaceta.
- Mora, D. y otros, 2018. Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Costa Rica (IRCACH). 31(3), pp. 3-14.
- OMS, 2017. *Guidelines for Drinking-water Quality: fourth edition incorporating the first addendum*, Ginebra: License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- UNICEF, 2017. *Progresos en materia de agua potable, saneamiento e higiene: informe de actualización de 2017 y línea de base de los ODS*, Ginebra: s.n.
- UNICEF, 2019. *Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2017. Special focus on inequalities.*, Nueva York: s.n.
- USEPA, 2017. *Secondary Drinking Water Standards: Guidance for Nuisance Chemicals*, s.l.: s.n.
- USEPA, 2021. *National Primary Drinking Water Regulations*. s.l.:s.n.

## 8. APÉNDICES

**Cuadro 8.1.** Población abastecida por acueductos operados por municipalidades y la ESPH según calidad de agua en el 2021.

Provincia	Total	Totales					
		Potable		No potable		Sin evaluar	
San José	33203	30289	91,2%	2914	8,8%	0	0%
Alajuela	239243	234436	98,0%	4807	2,0%	0	0%
Cartago	273961	261737	95,5%	8772	3,2%	3452	1,3%
Heredia	134363	127018	94,5%	7345	5,5%	0	0%
Guanacaste	12580	12580	100%	0	0%	0	0%
Puntarenas	13531	13531	100%	0	0%	0	0%
Limón	0	0	0%	0	0%	0	0%
<b>Municipalidades<sup>(1)</sup></b>	<b>706881</b>	<b>679591</b>	<b>96,1%</b>	<b>23838</b>	<b>3,4%</b>	<b>3452</b>	<b>0,49%</b>
ESPH	251540	251540	100%	0	0%	0	0%
<b>Total<sup>(2)</sup></b>	<b>958421</b>	<b>931131</b>	<b>97,2%</b>	<b>23838</b>	<b>2,5%</b>	<b>3452</b>	<b>0,36%</b>

(1) Acueductos municipales; (2) acueductos municipales más los de la ESPH.  
Fuente: Área de Agua Potable, LNA.

**Cuadro 8.2.** Población abastecida por acueductos clorados operados por municipalidades y la ESPH según calidad de agua en el 2021.

Provincia	Total	Clorados					
		Potable		No potable		Sin evaluar	
San José	32680	30219	92,5%	2461	7,5%	0	0,0%
Alajuela	239068	234436	98,1%	4632	1,9%	0	0,0%
Cartago	272656	260466	95,5%	8738	3,2%	3452	1,3%
Heredia	134363	127018	94,5%	7345	5,5%	0	0,0%
Guanacaste	12580	12580	100%	0	0%	0	0%
Puntarenas	13531	13531	100%	0	0%	0	0%
Limón	0	0	0%	0	0%	0	0%
<b>Municipalidades<sup>(1)</sup></b>	<b>704878</b>	<b>678250</b>	<b>96,2%</b>	<b>23176</b>	<b>3,3%</b>	<b>3452</b>	<b>0,49%</b>
ESPH	251540	251540	100%	0	0%	0	0%
<b>Total<sup>(2)</sup></b>	<b>956418</b>	<b>929790</b>	<b>97,2%</b>	<b>23176</b>	<b>2,4%</b>	<b>3452</b>	<b>0,36%</b>

(1) Acueductos municipales; (2) acueductos municipalidades más los de la ESPH.  
Fuente: Área de Agua Potable, LNA.

**Cuadro 8.3.** Población abastecida por acueductos no clorados operados por municipalidades y la ESPH según calidad de agua en el 2021.

Provincia	Total	No clorados					
		Potable		No potable		Sin evaluar	
San José	523	70	13,4%	453	86,6%	0	0%
Alajuela	175	0	0%	175	100%	0	0%
Cartago	1305	1271	97,4%	34	2,6%	105	7,8%
Heredia	0	0	0%	0	0%	0	0%
Guanacaste	0	0	0%	0	0%	0	0%
Puntarenas	0	0	0%	0	0%	0	0%
Limón	0	0	0%	0	0%	0	0%
<b>Municipalidades<sup>(1)</sup></b>	<b>2003</b>	<b>1341</b>	<b>66,9%</b>	<b>662</b>	<b>33,1%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>
ESPH	0	0	0%	0	0%	0	0%
<b>Total<sup>(2)</sup></b>	<b>2003</b>	<b>1341</b>	<b>66,9%</b>	<b>662</b>	<b>33,1%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>

(1) Acueductos municipales; (2) acueductos municipalidades más los de la ESPH.  
Fuente: Área de Agua Potable, LNA.

**Cuadro 8.4.** Número de acueductos operados por municipalidades y la ESPH según calidad de agua en el 2021.

Provincia	Totales			
	Potable	No potable	Sin evaluar	Total
San José	28	6	0	34
Alajuela	64	5	0	69
Cartago	68	4	2	74
Heredia	44	5	0	49
Guanacaste	2	0	0	2
Puntarenas	3	0	0	3
Limón	0	0	0	0
<b>Municipalidades<sup>(1)</sup></b>	<b>209</b>	<b>20</b>	<b>2</b>	<b>231</b>
ESPH	14	0	0	14
<b>Total<sup>(2)</sup></b>	<b>223</b>	<b>20</b>	<b>2</b>	<b>245</b>

(1) Acueductos municipales; (2) acueductos municipalidades más los de la ESPH.  
Fuente: Área de Agua Potable, LNA.

**Cuadro 8.5.** Número de acueductos clorados y no clorados operados por municipalidades y la ESPH según calidad de agua en el 2020.

Provincia	Clorados				No clorados			
	Potable	No potable	Sin evaluar	Total	Potable	No potable	Sin evaluar	Total
San José	27	3	0	30	1	3	0	4
Alajuela	64	4	0	68	0	1	0	1
Cartago	63	3	2	68	5	1	0	6
Heredia	44	5	0	49	0	0	0	0
Guanacaste	2	0	0	2	0	0	0	0
Puntarenas	3	0	0	3	0	0	0	0
Limón	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Municipalidades<sup>(1)</sup></b>	<b>203</b>	<b>15</b>	<b>2</b>	<b>220</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>11</b>
ESPH	15	0	0	15	0	0	0	0
<b>Total<sup>(2)</sup></b>	<b>217</b>	<b>15</b>	<b>2</b>	<b>234</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>11</b>

(1) Acueductos municipales; (2) acueductos municipalidades más los de la ESPH.  
Fuente: Área de Agua Potable, LNA.

**Cuadro 8.6.** Calidad de los acueductos operados por la ESPH en el 2021.

Sistema de abastecimiento	Población	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Cantón
SAN ISIDRO CENTRO DE HEREDIA	13174	Potable	Azul		SAN ISIDRO
BRASILIA	8054	Potable	Verde	Aluminio	SAN RAFAEL
BREÑA MORA	1915	Potable	Azul		HEREDIA
CHAMACO	28886	Potable	Azul		SAN RAFAEL
CHORRERAS/NOVENTA	7719	Potable	Azul		SAN RAFAEL
CIENEGA	7457	Potable	Azul		SAN RAFAEL
JOYA-CEMENTERIO	65970	Potable	Azul		HEREDIA
MALINCHES-CARBONAL	78540	Potable	Azul		HEREDIA
SACRAMENTO VARGAS	219	Potable	Verde	Cloro bajo	BARVA
SANTA CECILIA-ALBINO-CHILILLAL	2884	Potable	Azul		SAN ISIDRO
SANTA LUCÍA	16721	Potable	Verde	Poner atención a nitratos	BARVA
TIROL/ELMER SANCHEZ/CASTILLO	4663	Potable	Azul		SAN RAFAEL
TREBOL	11701	Potable	Azul		HEREDIA
VICTORIA	3637	Potable	Azul		HEREDIA

Fuente: Área de Agua Potable, LNA.

**Cuadro 8.7.** Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2021.

Sistema de abastecimiento	Población	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Cantón
LAS JUNTAS DE ABANGARES	8974	Potable	Azul		ABANGARES
ALAJUELA	36100	Potable	Azul		ALAJUELA
ALAJUELA: SECTOR NORTE	4594	Potable	Azul		ALAJUELA
BARRIO LA CLAUDIA DE DESAMPARADOS	787	Potable	Azul		ALAJUELA
CALLE LA FLORY DE CANOAS	24	Potable	Azul		ALAJUELA
CALLE VARGAS DE TAMBOR DE ALAJUELA	601	Potable	Azul		ALAJUELA
CANOAS DE ALAJUELA	5634	Potable	Azul		ALAJUELA
CEBADILLA NORTE DE TURRÚCARES	710	Potable	Azul		ALAJUELA

**Cuadro 8.7.** Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2021.

Sistema de abastecimiento	Población	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Cantón
CEBADILLA SUR DE TURRÚCARES	606	Potable	Azul		ALAJUELA
CUESTA COLORADA DE LA GARITA DE ALAJUELA	870	Potable	Azul		ALAJUELA
DESAMPARADOS DE ALAJUELA: CENTRO	2020	Potable	Azul		ALAJUELA
DESAMPARADOS SUR DE ALAJUELA	3779	Potable	Azul		ALAJUELA
DULCE NOMBRE DE LA GARITA DE ALAJUELA	853	Potable	Azul		ALAJUELA
EL INVU DE LA GARITA	1901	Potable	Azul		ALAJUELA
GUADALUPE DE ALAJUELA: PARTE ALTA	1779	No potable	Naranja	Coliformes fecales	ALAJUELA
LA GARITA DE ALAJUELA: CENTRO	3648	Potable	Azul		ALAJUELA
LLANOS DE LA GARITA DE ALAJUELA	945	Potable	Azul	Color aparente	ALAJUELA
RÍO SEGUNDO DE ALAJUELA	9000	Potable	Azul		ALAJUELA
SAN MIGUEL DE TURRÚCARES DE ALAJUELA	880	Potable	Azul		ALAJUELA
SAN PEDRO DE LA GARITA DE ALAJUELA	1578	Potable	Azul		ALAJUELA
SAN RAFAEL DE TAMBOR DE ALAJUELA	644	Potable	Azul		ALAJUELA
SIQUIARES Y SANTA RITA DE TURRÚCARES DE ALAJUELA	1066	Potable	Azul		ALAJUELA
TACACORÍ DE SAN ISIDRO DE ALAJUELA	1701	Potable	Azul		ALAJUELA
TAMBOR DE ALAJUELA	1710	Potable	Azul		ALAJUELA
TUETAL DE SAN JOSÉ DE ALAJUELA	6684	Potable	Azul		ALAJUELA
TURRÚCARES CENTRO Y SUROESTE DE ALAJUELA	3872	Potable	Azul		ALAJUELA
URBANIZACIÓN SILVIA EUGENIA DE DESAMPARADOS DE ALAJUELA	1700	Potable	Azul		ALAJUELA
BARRIO LA HACIENDA DE CERVANTES	140	Potable	Azul		ALVARADO
SAN PANCRACIO DE CERVANTES DE ALVARADO	1100	Potable	Verde	Cloro bajo	ALVARADO
SISTEMA 10: PACAYAS LLANO GRANDE 3	280	Potable	Azul		ALVARADO
SISTEMA 12: LOURDES LA CAPILLA	227	Potable	Azul		ALVARADO
SISTEMA 15: LOURDES SECTOR LOS BRENES	210	Potable	Azul		ALVARADO
SISTEMA 16: LOURDES VICENTE SERRANO Y ZENÓN	370	Potable	Azul		ALVARADO
SISTEMA 1: CAPELLADES CENTRO	3150	Potable	Azul		ALVARADO
SISTEMA 1: PACAYAS CENTRO	3150	Potable	Azul		ALVARADO
SISTEMA 3: CAPELLADES CALLEJÓN (LOURDES)	182	Potable	Azul		ALVARADO
SISTEMA 3: PACAYAS PATALILLO BARRIO FÁTIMA	490	Potable	Azul		ALVARADO

**Cuadro 8.7.** Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2021.

Sistema de abastecimiento	Población	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Cantón
SISTEMA 4: PACAYAS LOS ÁNGELES	729	Potable	Azul		ALVARADO
SISTEMA 7: PACAYAS BUENOS AIRES	262	Potable	Azul		ALVARADO
SISTEMAS 8, 9 PACAYAS LLANO GRANDE 1, 2 Y 3	40	Potable	Azul		ALVARADO
SUBSISTEMA EL ALTO	0	Potable	Azul		ALVARADO
SUBSISTEMA EL CENTRO	6300	Potable	Azul		ALVARADO
SUBSISTEMA LAS AGUAS	385	Potable	Azul		ALVARADO
EL BAJO DE CERVANTES DE ALVARADO	295	Potable	Verde	No clorado	ALVARADO
EL DESCANSO DE CERVANTES DE ALVARADO	207	Potable	Verde	No clorado	ALVARADO
SISTEMA 11: PACAYAS LLANO GRANDE 4	35	Potable	Verde	No clorado	ALVARADO
SISTEMA 14: LOURDES ENCIERRILLO	105	Potable	Verde	No clorado	ALVARADO
ASERRÍ: SECTOR ABASTECIDO POR LA PLANTA DE TRATAMIENTO	15750	Potable	Azul		ASERRÍ
BARRIO LA PIEDRA Y BELLA VISTA DE ASERRÍ	627	No potable	Naranja	Coliformes fecales	ASERRÍ
BARRIO LOS ÁNGELES DE ASERRÍ	123	Potable	Verde	Color aparente	ASERRÍ
LOURDES DE ASERRÍ: PARTE ALTA	127	Potable	Azul		ASERRÍ
SALITRILLOS DE ASERRÍ: SECTOR QUEBRADAS RINCÓN Y LAJAS	784	No potable	Rojo	Coliformes fecales, aluminio, hierro y color aparente	ASERRÍ
SÁUREZ DE ASERRÍ: SECTOR LA CUESTA DEL RIPIO	35	Potable	Azul		ASERRÍ
SÁUREZ DE ASERRÍ: SECTOR PARTE BAJA DE LOURDES	538	Potable	Azul		ASERRÍ
ASERRÍ: SECTOR ABASTECIDO POR LA QUEBRADA AGUA BLANCA	66	No potable	Rojo	<i>Escherichia coli</i> , color aparente y no clorado	ASERRÍ
CALLE LAJAS Y SANTA LUCÍA PARTE ALTA	320	No potable	Naranja	<i>Escherichia coli</i> y no clorado	ASERRÍ
LA RINCONADA DE SALITRILLOS DE ASERRÍ	67	No potable	Naranja	<i>Escherichia coli</i> y no clorado	ASERRÍ
SAN ANTONIO PARTE ALTA DE ASERRÍ (SALITRILLOS)	70	Potable	Verde	No clorado	ASERRÍ
BARVA DE HEREDIA: CENTRO	13336	Potable	Verde	Poner atención a nitratos	BARVA
BUENAVISTA DE SAN PABLO DE BARVA	2518	Potable	Verde	Poner atención a nitratos	BARVA
MONTE LAGO Y MIRAVALLE DE BARVA	115	Potable	Verde	Poner atención a nitratos	BARVA
SAN PABLO DE BARVA: SECTOR NORTE	247	Potable	Verde	Poner atención a nitratos	BARVA
URBANIZACIÓN ARMONÍA DE BARVA DE HEREDIA	1148	Potable	Verde	Poner atención a nitratos	BARVA
URBANIZACIÓN MONTE HIEDRA (LLEIRA) DE BARVA	1138	Potable	Verde	Poner atención a nitratos	BARVA
URBANIZACIÓN SANTANDER DE BARVA DE HEREDIA	800	Potable	Verde	Poner atención a nitratos	BARVA

**Cuadro 8.7.** Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2021.

Sistema de abastecimiento	Población	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Cantón
ASUNCIÓN DE BELÉN	2677	Potable	Azul		BELÉN
CARIARI DE LA ASUNCIÓN DE BELÉN	2158	Potable	Azul		BELÉN
CRISTO REY DE LA RIBERA DE BELÉN	156	No potable	Rojo	Coliformes fecales y cloro bajo	BELÉN
ECHEVERRÍA DE LA RIBERA DE BELÉN	387	No potable	Rojo	Coliformes fecales y cloro bajo	BELÉN
LA RIBERA DE BELÉN: PARTE ALTA	2425	Potable	Azul		BELÉN
LA RIBERA DE BELÉN: PARTE BAJA	4441	Potable	Azul		BELÉN
SAN ANTONIO DE BELÉN: CENTRO	7103	Potable	Azul		BELÉN
MATA DE GUINEO DE LOURDES DE AGUACALIENTE	77	Potable	Azul		CARTAGO
ALUMBRE DE CORRALILLO DE CARTAGO: PARTE ALTA	239	Potable	Azul		CARTAGO
BANDERILLA DE SAN NICOLÁS	691	Potable	Verde	Poner atención a nitratos	CARTAGO
CARTAGO: SECTORES ABASTECIDOS PLANTA DE TRATAMIENTO	60238	Potable	Azul		CARTAGO
EL CARMEN DE CARTAGO: SECTORES CENTRO Y SUR	8596	Potable	Azul		CARTAGO
LOURDES DE AGUACALIENTE DE CARTAGO	93	Potable	Azul		CARTAGO
OCHOMOGO, QUIRCOT, LOYOLA Y PEDREGAL DE SAN NICOLÁS	8596	Potable	Azul		CARTAGO
QUIRCOT NORTE Y URBANIZACIÓN LAS LOMAS DE SAN NICOLÁS	2447	Potable	Azul		CARTAGO
RÍO CLARO DE DULCE NOMBRE DE CARTAGO	68	Potable	Azul		CARTAGO
SAN BLAS DE EL CARMEN DE CARTAGO: CENTRO	4221	Potable	Azul		CARTAGO
SAN BLAS DEL CARMEN DE CARTAGO: SECTOR NORTE O EL ALTO	1713	Potable	Verde	Poner atención a nitratos	CARTAGO
SAN JUAN NORTE Y LOMALARGA DE CORRALILLO	785	Potable	Azul		CARTAGO
TARAS DE SAN NICOLÁS DE CARTAGO	2220	Potable	Azul		CARTAGO
BARRIO CAMILO SOLÍS DE SANTA MARÍA DE DOTA	22	Potable	Azul		DOTA
BARRIO LOS ÁNGELES DE SANTA MARÍA	288	Potable	Azul		DOTA
CUESTA CEDRAL DE SANTA MARÍA DE DOTA	106	Potable	Azul		DOTA
GUAYABAL DE SANTA MARÍA DE DOTA	566	Potable	Azul		DOTA
HIGUERONAL DE SANTA MARÍA DE DOTA	221	Potable	Azul		DOTA
HIGUERONAL DE SANTA MARÍA DE DOTA: PARTE ALTA	96	Potable	Azul		DOTA
IMAS DE COPEY DE DOTA	314	Potable	Azul		DOTA

**Cuadro 8.7.** Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2021.

Sistema de abastecimiento	Población	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Cantón
IMAS Y BARRIO MARINO LÉON DE SANTA MARÍA DE DOTA	576	Potable	Azul		DOTA
JARDÍN DE DOTA	278	Potable	Azul		DOTA
JARDÍN DE DOTA: PARTE ALTA	272	Potable	Azul		DOTA
PEDREGOSO DE COPEY DE DOTA	333	Potable	Azul		DOTA
QUINTAS JEREMÍAS DE DOTA	45	Potable	Azul		DOTA
SAN RAFAEL DE SANTA MARÍA DE DOTA: SECTOR ESTE	291	Potable	Azul		DOTA
SAN RAFAEL DE SANTA MARÍA DE DOTA: SECTOR OESTE	166	Potable	Azul		DOTA
SANTA MARÍA DE DOTA: CENTRO	480	Potable	Azul		DOTA
CONDOMINIOS MONTE CRISTO Y MONTE FLORES EN SAN JOAQUÍN	290	Potable	Azul		FLORES
VILLA FLORES DE BARRANTES DE FLORES	612	Potable	Azul		FLORES
CONDOMINIOS LUISIANA, EL CAMPANARIO Y LAS FLORES	2324	Potable	Azul		FLORES
SAN JOAQUIN DE FLORES: CENTRO	12217	Potable	Azul		FLORES
SAN LORENZO DE FLORES	935	Potable	Azul		FLORES
URBANIZACIÓN HACIENDA LOS ABUELOS	290	Potable	Azul		FLORES
URBANIZACIÓN LAS FLORES DE FLORES	630	Potable	Azul	Color aparente	FLORES
URBANIZACIÓN SIGLO 21 DE LLORENTE DE FLORES	2313	Potable	Azul		FLORES
GRECIA: SECTOR NACIENTE AMELIA	18908	Potable	Azul		GRECIA
GRECIA: SECTOR NACIENTE PATAL	5521	Potable	Azul		GRECIA
GRECIA: SECTOR NACIENTE SALGUERO	1793	No potable	Amarillo	Hierro	GRECIA
ALTO LA VICTORIA DE JUAN VIÑAS	2144	Potable	Azul		JIMÉNEZ
JUAN VIÑAS	2250	Potable	Azul		JIMÉNEZ
CARPINTERA VIEJO Y URBANIZACIÓN CEDROS DE SAN RAFAEL	2300	Potable	Azul		LA UNIÓN
EL CARMEN DE DULCE NOMBRE DE LA UNIÓN	4961	Potable	Azul		LA UNIÓN
LOS SAUCES DE SAN RAFAEL DE LA UNIÓN: PARTE ALTA	1225	Potable	Azul		LA UNIÓN
SAN RAFAEL Y LOS SAUCES DE LA UNIÓN: PARTE BAJA	1600	Potable	Azul		LA UNIÓN

**Cuadro 8.7.** Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2021.

Sistema de abastecimiento	Población	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Cantón
SANTIAGO DEL MONTE DE SAN DIEGO: PARTE ALTA	23	Potable	Azul		LA UNIÓN
TRES RÍOS CENTRO	36280	Potable	Azul		LA UNIÓN
URBANIZACIÓN VILLA HERMOSA EN DULCE NOMBRE	1347	Potable	Azul		LA UNIÓN
YERBABUENA DE SAN RAFAEL DE LA UNIÓN	1700	Potable	Azul		LA UNIÓN
DULCE NOMBRE, CONCEPCIÓN Y SAN FRANCISCO DE LA UNIÓN	19260	Potable	Azul		LA UNIÓN
CASQUILLO DE SAN PABLO DE LEÓN CORTÉS	1050	No potable	Amarillo	Aluminio y pH bajo	LEÓN CORTÉS
ROSARIO DE SAN PABLO DE LEÓN CORTÉS	70	Potable	Azul		LEÓN CORTÉS
SAN PABLO DE LEÓN CORTÉS: CENTRO	2099	Potable	Azul		LEÓN CORTÉS
SAN PABLO DE LEÓN CORTÉS: PARTE ALTA	598	Potable	Verde	Cloro bajo	LEÓN CORTÉS
MIRAMAR DE MONTES DE ORO DE PUNTARENAS	13237	Potable	Azul		MONTES DE ORO
TAJO ALTO DE MIRAMAR DE MONTES DE ORO	189	Potable	Azul		MONTES DE ORO
VELÁZQUEZ DE TAJO ALTO DE MIRAMAR	105	Potable	Azul		MONTES DE ORO
CARMONA DE NANDAYURE	3606	Potable	Azul		NANDAYURE
BARRANCA DE SAN JOSÉ DE NARANJO	615	Potable	Azul		NARANJO
BARRIO EL CARMEN DE NARANJO	2200	Potable	Azul		NARANJO
CANDELARIA DE NARANJO	2165	Potable	Azul		NARANJO
EL MURO DE NARANJO	680	Potable	Azul		NARANJO
NARANJO CENTRO	7265	Potable	Azul		NARANJO
NARANJO: SECTOR NACIENTE LOS PORRAS	1600	Potable	Azul		NARANJO
SAN JERÓNIMO DE NARANJO: CENTRO	2515	Potable	Azul		NARANJO
SAN JERÓNIMO DE NARANJO: PARTE ALTA	810	Potable	Azul		NARANJO
SAN RAFAEL DE NARANJO	1095	Potable	Azul		NARANJO
CALLE CHINCHILLA VIEJA Y YERRIS DE SAN RAFAEL DE OREAMUNO	437	Potable	Verde	Poner atención a nitratos	OREAMUNO
CALLE LUCAS DE OREAMUNO	34	Potable	Verde	Cloro bajo	OREAMUNO
EL SALTO DE OREAMUNO	2489	Sin evaluar	Sin evaluar		OREAMUNO
HIGUERONES DE OREAMUNO	963	Sin evaluar	Sin evaluar		OREAMUNO
SAN RAFAEL DE OREAMUNO LA CHINCHILLA: CENTRO	8024	No potable	Naranja	Nitratos	OREAMUNO

**Cuadro 8.7.** Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2021.

Sistema de abastecimiento	Población	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Cantón
SAN RAFAEL DE OREAMUNO MATA DE MORA (SECTOR NORESTE)	13714	Potable	Azul		OREAMUNO
SANTA EDUVIGES DE SAN RAFAEL DE OREAMUNO	245	Potable	Verde	Poner atención a nitratos	OREAMUNO
OROTINA: SISTEMA 2	8355	Potable	Azul		OROTINA
EL LLANO DE OROTINA	175	No potable	Naranja	<i>Escherichia coli</i> y no clorado	OROTINA
CACHÍ DE PARAÍSO: SECTOR CACHÍ Y LOS ROBES	2425	Potable	Azul		PARAÍSO
LOAIZA DE CACHÍ	242	No potable	Amarillo	Aluminio, color aparente y turbiedad	PARAÍSO
PEÑAS BLANCAS DE CACHÍ: SECTOR NACIENTE NICANOR	207	Potable	Azul		PARAÍSO
PEÑAS BLANCAS Y URB. MARÍA REINA: SEC NAC JORGE OBANDO	1967	Potable	Azul		PARAÍSO
UJARRÁS	1386	Potable	Azul		PARAÍSO
URASCA DE CACHÍ	452	Potable	Azul		PARAÍSO
VOLIO DE CACHÍ	866	Potable	Azul		PARAÍSO
BIRRISITO DE PARAÍSO	2772	Potable	Verde	Turbiedad y cloro bajo	PARAÍSO
CIUDELA EL SALVADOR Y CALLE LORÍA DE PARAÍSO	1050	Potable	Verde	Poner atención a nitratos	PARAÍSO
HUERTAS DE BIRRISITO	1344	Potable	Azul		PARAÍSO
LLANOS DE SANTA LUCÍA DE PARAÍSO	17325	Potable	Azul		PARAÍSO
LOS HELECHOS	1684	Potable	Verde	Cloro bajo	PARAÍSO
LOS LAGOS PIRCEM	256	Potable	Verde	Poner atención a nitratos	PARAÍSO
PARAÍSO DE CARTAGO: CENTRO	12010	Potable	Verde	Poner atención a nitratos	PARAÍSO
PARAÍSO: INVU, LA SOLEDAD, LA LAGUNA Y CALLE A OROSI	3292	Potable	Azul		PARAÍSO
PARRUÁS DE PARAÍSO	121	Potable	Azul		PARAÍSO
CHILAMATE DE SAN PEDRO DE POÁS	1280	Potable	Azul		POÁS
GUATUZA DE SAN RAFAEL DE POÁS	416	Potable	Azul		POÁS
GUATUZA DE SAN RAFAEL DE POÁS: PARTE ALTA	96	Potable	Verde	Cloro bajo	POÁS
SABANA REDONDA DE POÁS	2131	Potable	Azul		POÁS
SAN JUAN SUR DE SAN JUAN DE POÁS: SECTOR NACIENTE GRACILIANO	722	Potable	Azul		POÁS

**Cuadro 8.7.** Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2021.

Sistema de abastecimiento	Población	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Cantón
SAN JUAN SUR DE SAN JUAN DE POÁS:SECTOR NAC. WILLIAM HERRERA	1444	Potable	Azul		POÁS
SAN PEDRO DE POÁS: SISTEMA LOS PINITOS	4396	Potable	Azul		POÁS
SAN RAFAEL DE POÁS	1182	Potable	Azul		POÁS
SITIO DE SAN RAFAEL DE POÁS	970	Potable	Azul		POÁS
PORVENIR DE QUESADA DE SAN CARLOS	787	Potable	Azul		SAN CARLOS
CIUDAD QUESADA DE SAN CARLOS	50409	Potable	Azul		SAN CARLOS
LA ISLA DE CIUDAD QUESADA	420	No potable	Naranja	Coliformes fecales	SAN CARLOS
SISTEMA 10 GIRASOLES	616	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SISTEMA 11 CUESTA COLORADA	5603	No potable	Naranja	Coliformes fecales	SANTA BÁRBARA
SISTEMA 12 PORTICO	637	No potable	Naranja	Coliformes fecales y color aparente	SANTA BÁRBARA
SISTEMA 13 GUACHIPELINES	5625	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SISTEMA 14 B POZA AZUL	2240	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SISTEMA 14 C POZO AZUL 2	960	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SISTEMA 14 LEÓN CORTES	3600	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SISTEMA 15 TRAWELL	105	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SISTEMA 16 BELFOR	963	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SISTEMA 17 BETANIA	1439	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SISTEMA 18 QUIRÓS	3079	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SISTEMA 19 ARIETE	263	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SISTEMA 2 CARRIZAL	1239	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SISTEMA 20 MESEN LA PIEDRA	390	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SISTEMA 21 RUISEÑOR	376	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SISTEMA 3 LOS AHOGADOS	3736	Potable	Verde	Color aparente y turbiedad	SANTA BÁRBARA
SISTEMA 5 AMAPOLA	4815	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SISTEMA 6 ROSALES	562	No potable	Naranja	Coliformes fecales	SANTA BÁRBARA
SISTEMA 7 GONZALO VÍQUEZ	6884	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SISTEMA 8 LA GRUTA	501	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SISTEMA 9 LA PROA	490	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SANTO DOMINGO DE HEREDIA: CENTRO	8474	Potable	Azul		SANTO DOMINGO

**Cuadro 8.7.** Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2021.

Sistema de abastecimiento	Población	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Cantón
SAN MIGUEL, SAN LUIS, PARACITO Y LOS ÁNGELES	9569	Potable	Azul		SANTO DOMINGO
SANTA ROSA DE SANTO DOMINGO	4977	Potable	Azul		SANTO DOMINGO
SANTO TOMÁS DE SANTO DOMINGO DE HEREDIA	6167	Potable	Azul		SANTO DOMINGO
URBANIZACIÓN LA COLONIA DE SANTO DOMINGO	1274	Potable	Azul		SANTO DOMINGO
URBANIZACIÓN QUIZARCO DE SANTO DOMINGO	1519	Potable	Azul		SANTO DOMINGO
SISTEMA ALCANTARILLA DE SARCHI SUR	151	Potable	Azul		SARCHÍ
SISTEMA BAJO TRAPICHE (LUIS SEEVERS) SARCHÍ NORTE	630	Potable	Azul		SARCHÍ
SISTEMA CAPILLA - BIZCOCHA DE SABANILLA	186	Potable	Azul		SARCHÍ
SISTEMA CARLOS NEGRA-LA MONTAÑA DE SABANILLA	150	Potable	Azul		SARCHÍ
SISTEMA JOAQUÍN JIMÉNEZ DE SARCHÍ SUR	960	Potable	Azul		SARCHÍ
SISTEMA LA TURBINA (GUIDO STELLER)	990	Potable	Azul		SARCHÍ
SISTEMA PUEBLO NUEVO DE LA LUISA DE SARCHI NORTE	495	Potable	Azul		SARCHÍ
SISTEMA RINCÓN DE ALPÍZAR (WILLO ZAMORA) SARCHÍ SUR	418	Potable	Azul		SARCHÍ
SISTEMA SAN JUAN CENTRO SARCHÍ NORTE	6100	Potable	Azul		SARCHÍ
SISTEMA SARCHÍ SUR (PACO VEGA)	960	Potable	Azul		SARCHÍ
SISTEMA SOMBRA VERDE 1	787	Potable	Azul		SARCHÍ
SISTEMA SOMBRA VERDE 2 (URBANIZACIONES)	621	Potable	Azul		SARCHÍ
SISTEMA VENTURA DE SABANILLA	156	Potable	Azul		SARCHÍ
SISTEMA ZOCOLA LA LUISA DE SARCHI	312	Potable	Azul		SARCHÍ
SAN MARCOS DE TARRAZÚ: SECTOR NACIENTE EL RODEO	1837	Potable	Azul		TARRAZÚ
SAN MARCOS DE TARRAZÚ: SECTOR NACIENTE EL VAPOR	2560	Potable	Azul		TARRAZÚ
SAN MARCOS DE TARRAZÚ: SECTOR NACIENTE SAN CAYETANO	275	Potable	Azul		TARRAZÚ

**Cuadro 8.7.** Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2021.

Sistema de abastecimiento	Población	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Cantón
SAN MARCOS DE TARRAZÚ: SECTOR NACIENTE SAN GUILLERMO	2153	Potable	Azul		TARRAZÚ
CELIN DE TURRIALBA	1125	Potable	Azul		TURRIALBA
PANCHON DE TURRIALBA	10135	Potable	Azul		TURRIALBA
REPASTO DE TURRIALBA	666	Potable	Azul		TURRIALBA
CHITARÍA DE PAVONES DE TURRIALBA	472	No potable	Rojo	Coliformes fecales y cloro bajo	TURRIALBA
RÍO CLARO DE SANTA ROSA DE TURRIALBA	6864	Potable	Azul		TURRIALBA
AZUL DE TURRIALBA	629	Potable	Verde	No clorado	TURRIALBA
GUAYABITO DE TURRIALBA	34	No potable	Naranja	<i>Escherichia coli</i> y no clorado	TURRIALBA
UPALA	10051	Potable	Azul		UPALA
ZARCERO SUR	640	No potable	Rojo	Coliformes fecales y cloro bajo	ZARCERO
ZARECERO, LOS ALPES Y GUADALUPE DE ZARCERO	4000	Potable	Azul		ZARCERO

Fuente: Área de Agua Potable, LNA.

## 9. ANEXOS

**Cuadro 9.1.** Frecuencia de muestreo y número de muestras a recolectar en las fuentes de abastecimiento, tanques de almacenamiento y red de distribución para el nivel 1 del control de calidad.

Población abastecida	Fuentes de abastecimiento <sup>(a) (b)</sup>		Tanques de almacenamiento <sup>(a)</sup>		Red de distribución <sup>(a) (b)</sup>		Total de muestras mínimas por año <sup>(c)</sup>
	Frecuencia	N° muestras	Frecuencia	N° muestras	Frecuencia	N° muestras	
< 5 000	Semestral	1 en cada fuente	Semestral	1 en cada tanque	Semestral	3	10
5 000 a 100 000	Semestral	1 en cada fuente	Trimestral	1 en cada tanque	Trimestral	3	18
100 001 a 500 000	Mensual	1 en cada fuente	Mensual	1 en cada tanque	Mensual	15	120 más 12 por cada 100 000 habitantes <sup>(d)</sup>
> 500 000	Mensual	1 en cada fuente	Mensual	1 en cada tanque	Diaria	15	180 más 12 por cada 100 000 habitantes

Notas:

(a). Aplica para los parámetros microbiológicos del N1.

(b). Aplica para los parámetros fisicoquímicos del N1. En el caso de la red de distribución se realiza una (1) única muestra.

(c) En los acueductos que abastecen poblaciones superiores a 100.000 personas, con historial de calidad, por al menos 2 años, y resultados de:

i. Coliformes fecales y *E.coli* negativos en más del 95% de las muestras anuales.

ii. Cloro residual entre 0,3 mg/L a 0,6 mg/L (en el 90% de las muestras anuales).

iii. Turbiedad menor o igual a 1 U.N.T. (en el 90% de las muestras anuales).

Los entes operadores pueden reducir hasta en un 50% el número de muestras y readecuar la frecuencia de muestreo en concordancia con la mencionada reducción. Para optar por esta reducción, en un acueducto, el ente operador debe probar con datos estadísticos el historial de resultados de la calidad del agua (previa autorización del Ministerio de Salud).

Fuente: Decreto Ejecutivo N° 38924-S, Reglamento para la Calidad del Agua Potable, 2015.

**Cuadro 9.2.** Frecuencia de muestreo y número de muestras a recolectar para análisis fisicoquímicos en las fuentes de abastecimiento y red de distribución para los niveles 2 y 3 del control de calidad.

Población abastecida	Fuentes de abastecimiento		Red de distribución	
	Frecuencia	N° muestras	Frecuencia	N° muestras
< 5 000	Cada 3 años	1 en cada fuente o en la mezcla de todas las, que ingresa a la red de distribución.	Cada 3 años	1
5 000 a 100 000	Cada 2 años	1 en cada fuente o en la mezcla de todas las, que ingresa a la red de distribución.	Cada 2 años	1
100 001 a 500 000	Anual	1 en cada fuente o en la mezcla de todas las, que ingresa a la red de distribución.	Anual	1
> 500 000	Trimestral	1 en cada fuente o en la mezcla de todas las, que ingresa a la red de distribución.	Trimestral	6

Nota: Todo acueducto debe contar con análisis de plaguicidas e hidrocarburos, cuando la inspección sanitaria establece un factor de riesgo, de que estas sustancias puedan estar presentes en el agua.

Fuente: Decreto Ejecutivo N° 38924-S, Reglamento para la Calidad del Agua Potable, 2015.

**Cuadro 9.3.** Parámetros para la evaluación de la calidad del agua para consumo humano.

<b>Parámetros del nivel primero (N1).</b>			
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Alerta (VA)</b>	<b>Valor Máximo Admisible (VMA)</b>
Color Aparente	U-Pt-Co	5	15
Turbiedad	UNT	-	5
Temperatura*	°C		≥30
Conductividad	µS/cm	400	-
Cloro residual libre*	mg/L	0,30	0,60
Coliformes fecales	NMP/100 ml UFC/100 ml	No detectable	No detectable
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml UFC/100 ml	No detectable	No detectable
Cloro residual libre*	mg/L	0,30	0,60
<b>Parámetros del nivel segundo (N2)</b>			
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Alerta (VA)</b>	<b>Valor Máximo Admisible (VMA)</b>
Aluminio	µg/L	-	200,0
Calcio	mg/L	-	100,0
Cloruro	mg/L	25,00	250,00
Cobre	µg/L	1000,0	2000,0
Dureza Total	mg/L	300	400
Fluoruro	mg/L	-	0,70 a 1,50
Hierro <sup>(1)</sup>	µg/L	-	300,0*
Magnesio	mg/L	30,0	50,0
Manganeso <sup>(1)</sup>	µg/L	100,0	500,0*
Potasio	mg/L	-	10,0
Sodio	mg/L	25,0	200,0
Sulfato	mg/L	25,0	250,0
Zinc	µg/L	-	3000,0
<small>(1) En aguas subterráneas donde se encuentran estos dos metales el VMA (Fe + Mn) es 300 µg/L.</small>			
<b>Parámetros del nivel tercero (N3)</b>			
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Alerta (V.A)</b>	<b>Valor Máximo Admisible (V.M.A.)</b>
Amonio	mg/L	0,05	0,50
Antimonio	µg/L	-	5,0
Arsénico	µg/L	-	10,0
Cadmio	µg/L	-	3,0
Cromo	µg/L	-	50,0
Mercurio	µg/L	-	1,0
Níquel	µg/L	-	20,0
Nitrato	mg/L	25,00	50,00
Nitrito	mg/L	-	0,10
Plomo	µg/L	-	10,0
Selenio	µg/L	-	10,0

Fuente: Decreto Ejecutivo N° 38924-S, Reglamento para la Calidad del Agua Potable, 2015.

**Cuadro 9.4.** Criterios microbiológicos para la evaluación de la calidad del agua para consumo según población abastecida.

Calidad del sistema de abastecimiento	Proporción (%) de muestras negativas por <i>E. coli</i>		
	Población < 5 000	Población de 5 000 a 100 000	Población > 100 000
A	90	95	99
B	80	90	95
C	70	85	90
D	60	80	85

Fuente: Guías para la calidad del agua potable, IV edición, OMS, 2017.

**Cuadro 9.5.** Clasificación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos según su efecto en la calidad del agua.

Tipo	Parámetros	Observación
Estéticos	Cloruros	Valores superiores al VMA no representan un riesgo para la salud ni generan rechazo por parte de los consumidores.
	Potasio	
	Sodio	
	Zinc	
	Calcio	Valores superiores al VMA no representan un riesgo para la salud, pero pueden generar rechazo por parte de los consumidores.
	Dureza total	
	Magnesio	
	Sulfatos	
	Hierro	
	Manganeso	Valores superiores al VMA no necesariamente representan un riesgo para la salud, pero generan rechazo por parte de los consumidores.
	Color aparente	
Turbiedad		
Olor		
Operativos	Temperatura	Valores superiores al VMA no representan un riesgo para la salud ni generan rechazo por parte de los consumidores.
	pH	Valores superiores a 8,5 o inferiores a 5,5 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).
	Cloro residual libre	Valores superiores a 1,00 mg/L no representan un riesgo para la salud, pero podrían generar rechazo por parte de los consumidores. Valores inferiores a 0,30 mg/L presentan un riesgo de contaminación microbiana, al no contar con el efecto residual del desinfectante.
	Conductividad	Valores entre (400-1000) $\mu\text{S/cm}$ no representan un riesgo a la salud, indican irregularidades o posible contaminación. Valores superiores a 1000 $\mu\text{S/cm}$ indican presencia de contaminantes; ej.: intrusión salina.
Indicador de contaminación	Amonio	Valores superiores al VMA indican una posible contaminación por materia orgánica, pero que por sí mismo no resulta dañino para la salud.
Significado para la salud	Fluoruros	Valores superiores al VMA pueden generar efectos adversos en la salud.
	Coliformes fecales	Valores superiores al VMA indican una posible contaminación fecal, y pueden generar efectos adversos en la salud.
	Cobre	Valores superiores al VMA pueden generar efectos adversos en la salud y provocar rechazo por los consumidores.
	Nitratos	Valores superiores al VMA indican una posible contaminación antropogénica, y pueden generar efectos adversos en la salud.
	Nitritos	

**Cuadro 9.5.** Clasificación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos según su efecto en la calidad del agua.

Tipo	Parámetros	Observación
	Aluminio	Valores superiores a 900 µg/L pueden ser nocivos para la salud
	Selenio	Valores superiores a 40,00 µg/L pueden ser nocivos para la salud.
	Antimonio	Valores superiores al VMA pueden ser nocivos para la salud.
	Arsénico	
	Cadmio	
	Cianuro	
	Cromo	
	Mercurio	
	Níquel	
	Plomo	
	Nivel 4	

Fuente: Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano, II versión, LNA, 2018.

**Cuadro 9.6.** 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	<b>Apta para ingesta</b>	Continuar suministro de manera normal, continuar control o vigilancia de la calidad del agua.
$5 < x \leq 10$	Riesgo Bajo (RB)	Verde	<b>Apta para ingesta</b> , pero susceptible al deterioro de la calidad	Continuar suministro, implementar control de calidad del agua.
$10 < x \leq 20$	Riesgo Intermedio (RI)	Amarillo	<b>No apta para ingesta</b> , 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	<b>No apta para ingesta</b>	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	<b>No apta para ingesta</b>	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 Emergencias Químicas.

Fuente: Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano, II versión, LNA, 2018.

**Cuadro 9.7.** Escalera del servicio de agua en hogares.

Nivel de servicio	Definición
Gestionado de manera segura	Agua para consumo procedente de una fuente mejorada ubicada dentro de la vivienda o en el patio o parcela, disponible en el momento necesario y libre de contaminación fecal y sustancias químicas prioritarias.
Básico	Agua para consumo procedente de una fuente mejorada cuyo tiempo de recogida no supera los 30 minutos, incluyendo el trayecto de ida y vuelta y tiempo de espera.
Limitado	Agua para consumo procedente de una fuente mejorada, cuyo tiempo de recogida supera los 30 minutos incluyendo trayecto de ida y vuelta y tiempo de espera.
No mejorado	Agua para consumo procedente de un pozo o manantial no protegido.
Agua superficial	Agua para consumo recogida directamente de un río, arroyo, represa, lago, estanque, canal o de un canal de irrigación.

Fuente: UNICEF, 2017.