



INSTITUTO COSTARRICENSE DE
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

COBERTURA Y CALIDAD DEL AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO SUMINISTRADA POR MUNICIPALIDADES Y LA ESPH EN EL 2020

Informe Anual

Laboratorio Nacional de Aguas

Abril, 2021

PÁGINA DE APROBACIONES

Elaborado por:

Jimena Orozco Gutiérrez

Revisado por:

Pablo Rivera Navarro

Luis Zúñiga Zúñiga

David Cambronero Bolaños

Aprobado por:

Darner Mora Alvarado

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	6
2. OBJETIVO GENERAL.....	9
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. Cobertura con agua de calidad potable.....	14
3.5. 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	27
5. CONCLUSIONES	28
6. RECOMENDACIONES	30
7. REFERENCIAS.....	31
8. APÉNDICES.....	33
9. ANEXOS.....	46

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1. Población abastecida y número de acueductos municipales y de la ESPH en el 2020.....	8
Cuadro 1.2. Inventario de fuentes de abastecimiento de acueductos municipales y de la ESPH en el 2020.	9
Cuadro 8.1. Población abastecida por acueductos operados por municipalidades y la ESPH según calidad de agua en el 2020.....	33
Cuadro 8.2. Población abastecida por acueductos clorados operados por municipalidades y la ESPH según calidad de agua en el 2020.	33
Cuadro 8.3. Población abastecida por acueductos no clorados operados por municipalidades y la ESPH según calidad de agua en el 2020.	34
Cuadro 8.4. Número de acueductos operados por municipalidades y la ESPH según calidad de agua en el 2020.	34
Cuadro 8.5. Número de acueductos clorados y no clorados operados por municipalidades y la ESPH según calidad de agua en el 2020.	35
Cuadro 8.6. Calidad de los acueductos operados por la ESPH en el 2020.	36
Cuadro 8.7. Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2020.	36
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.....	46
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.	46
Cuadro 9.3. Parámetros para la evaluación de la calidad del agua para consumo humano.	47
Cuadro 9.4. Criterios microbiológicos para la evaluación de la calidad del agua para consumo según población abastecida.	48
Cuadro 9.5. Clasificación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos según su efecto en la calidad del agua.	48
Cuadro 9.6. Niveles de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano.....	49
Cuadro 9.7. Escalera del servicio de agua en hogares.	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1. Calidad del agua suministrada por acueductos municipales y de la ESPH por cantones en el 2020.....	17
Figura 4.2. Porcentaje de población abastecida por acueductos municipales y de la ESPH con agua potable por cantón en el 2020.	18
Figura 4.3. 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 2020.....	19
Figura 4.4. Población abastecida según calidad del agua suministrada por acueductos municipales y la ESPH en el 2020.	21
Figura 4.5. Número de casos de incumplimiento de parámetros en acueductos municipales y de la ESPH en el 2020.	23
Figura 4.6. Porcentaje de incumplimiento de parámetros en acueductos municipales y de la ESPH en el 2020.	24
Figura 4.7. Escalera del servicio de agua en hogares suministrado por acueductos municipales y de la ESPH en el 2020.	28

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 2020. La evaluación se basa en la información recolectada el por el Laboratorio Nacional de Aguas (LNA) del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), considerado el centro de referencia para análisis de agua según Decreto Ejecutivo N°26066-S. El laboratorio cuenta con al menos 90 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 de realizar las medidas correctivas que correspondan. 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 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 2020. 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 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 las municipalidades o consejos distritales. En el 2020, el LNA reportó un total de 246 acueductos operados por 28 municipalidades, el Concejo Distrital de Cervantes y la ESPH, que abastecieron a una población de 943 021 habitantes, lo que equivale aproximadamente al 13,4 % de la población nacional, según la población de Costa Rica estimada por la Encuesta Nacional de Hogares (INEC, 2020). ESPH operó 15 acueductos clorados, suministrando agua a 258 428 habitantes. De los acueductos municipales, 221 fueron clorados y 10 fueron no clorados. Ninguna de las municipalidades de la provincia de Limón administró ni operó acueductos.

La población abastecida por provincia, así como el respectivo número de acueductos clorados y no clorados, se detalla en el Cuadro 1.1. Con respecto a las fuentes de abastecimiento, para el 2020, solo para la ESPH se reportaron un total de 84 fuentes, de las cuales 53 fueron subterráneas (63 %), 20 nacientes (24 %), y 11 superficiales (13 %); mientras que, para los acueductos municipales se reportaron un total de 453 fuentes, de las cuales 54 fueron subterráneas (12 %), 365 nacientes (81 %), y 34 superficiales (7 %). En el Cuadro 1.2 se detalla la cantidad de fuentes de abastecimiento según provincia.

Cuadro 1.1. Población abastecida y número de acueductos municipales y de la ESPH en el 2020.

Provincia	Población abastecida				Número de acueductos			
	Acueductos clorados		Acueductos no clorados		Total	CI ⁽¹⁾	No CI ⁽²⁾	Total
San José	36166	99,9%	50	0,1%	36216	30	1	31
Alajuela	220360	99,5%	1112	0,5%	221472	68	2	70
Cartago	265126	99,5%	1340	0,5%	266466	69	7	76
Heredia	132674	100%	0	0%	132674	49	0	49
Guanacaste	14234	100%	0	0%	14234	2	0	2
Puntarenas	13531	100%	0	0%	13531	3	0	3
Limón	0	0%	0	0%	0	0	0	0
Municipales⁽³⁾	682091	99,6%	2502	0,4%	684593	221	10	231
ESPH	258428	100,0%	0	0,0%	258428	15	0	15
Total⁽⁴⁾	940519	99,7%	2502	0,3%	943021	236	10	246

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

Fuente: Área de Agua Potable, LNA.

Cuadro 1.2. Inventario de fuentes de abastecimiento de acueductos municipales y de la ESPH en el 2020.

Provincia	Fuentes de abastecimiento			
	Total	Pozos	Nacientes	Superficiales
San José	50	0	48	2
Alajuela	123	0	121	2
Cartago	144	23	112	9
Heredia	83	31	31	21
Guanacaste	30	0	30	0
Puntarenas	23	0	23	0
Limón	0	0	0	0
Municipales⁽¹⁾	453	54	365	34
ESPH	84	53	20	11
Total⁽²⁾	537	107	385	45

(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 de la ESPH, con el fin de prevenir los 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 2020, 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 2020.
- Calcular la cobertura de agua de calidad potable suministrada por acueductos municipales y de la ESPH en el 2020.
- Evaluar el riesgo asociado a la calidad del agua de los acueductos municipales y de la ESPH 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 2020.
- Analizar la evolución de la cobertura y calidad del agua en los acueductos municipales y de la ESPH durante los últimos años.
- Elaborar la escalera del servicio de agua en hogares abastecidos por acueductos municipales y de la ESPH para el 2020.
- Comparar la cobertura de agua potable de las municipalidades operadoras de acueductos, concejo distrital 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 la Municipalidad de Montes de Oro y la Municipalidad de Alajuela.

3.1. Muestreo

Los procedimientos de muestreo y manipulación de muestras de agua se definen en el Manual de Calidad del LNA. Estos procedimientos 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 2020, 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 clasificaron según la calidad del agua que suministran 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 durante el 2020. Los acueductos a su vez se clasificaron en clorados, cuando contaron con el equipo de cloración instalado, y no clorados, cuando carecieron 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.

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 acueductos evaluados cuentan con igual número de muestras recolectadas. Entre mayor sea el número de muestras recolectadas, mayor conocimiento se tendrá de las características del agua.

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*. 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*.

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.

El agua suministrada por un acueducto se consideró de calidad no potable, cuando el riesgo asociado a la calidad del agua fue intermedio (Amarillo), alto (Naranja) o muy alto (Rojo); y se consideró de calidad potable si el riesgo asociado a la calidad del agua fue muy bajo (Azul) o bajo (Verde). 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, 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.

3.4. 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:

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

3.5. 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, los análisis de calidad del agua brindados por la Municipalidad de Montes de Oro y la Municipalidad de Alajuela, además de la información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) mediante la Encuesta Nacional de Hogares en el 2020. 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 se pueden solicitar directamente al Laboratorio Nacional de Aguas (LNA). 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 Potable (Decreto Ejecutivo N° 38924– S). Si bien 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 influye 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 2020. 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 2020, un 89 % de la población abastecida por acueductos municipalidades (609 020 habitantes) recibió agua de calidad potable, un 11 % (75 241 habitantes) recibió agua no potable y un porcentaje muy reducido de aproximadamente 0,05 % (332 habitantes) recibió agua sin evaluar. En el caso de la ESPH, el 100 % de su población recibió agua de calidad potable (258 428 habitantes). 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.

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 14 municipalidades suministraron agua potable al 100 % de su población, las cuales fueron: Tarrazú, Grecia, San Carlos, Zarcero, Jiménez, Barva, Belén, Abangares, Montes de Oro, Flores, Sarchí, Santo Domingo, Naranjo y Upala. La ESPH también suministró agua potable al 100 % de su población distribuida en tres cantones: Heredia, San Isidro y San Rafael. Por el contrario, la municipalidad de Nandayure y Aserri suministraron agua potable al 0 % y 1 % de su población respectivamente. La municipalidad de León Cortés, Oreamuno, Poás y La Unión abastecieron con agua potable al 61 %, 69 %, 71 % y 74 % de su población respectivamente. Ocho municipalidades, junto con el Concejo Distrital de Cervantes, abastecieron con agua potable a más del 85 % de su población, sin llegar al 100 %. La municipalidad Alvarado fue la única que presentó población abastecida con agua sin evaluar que corresponde a 2 % de su población.

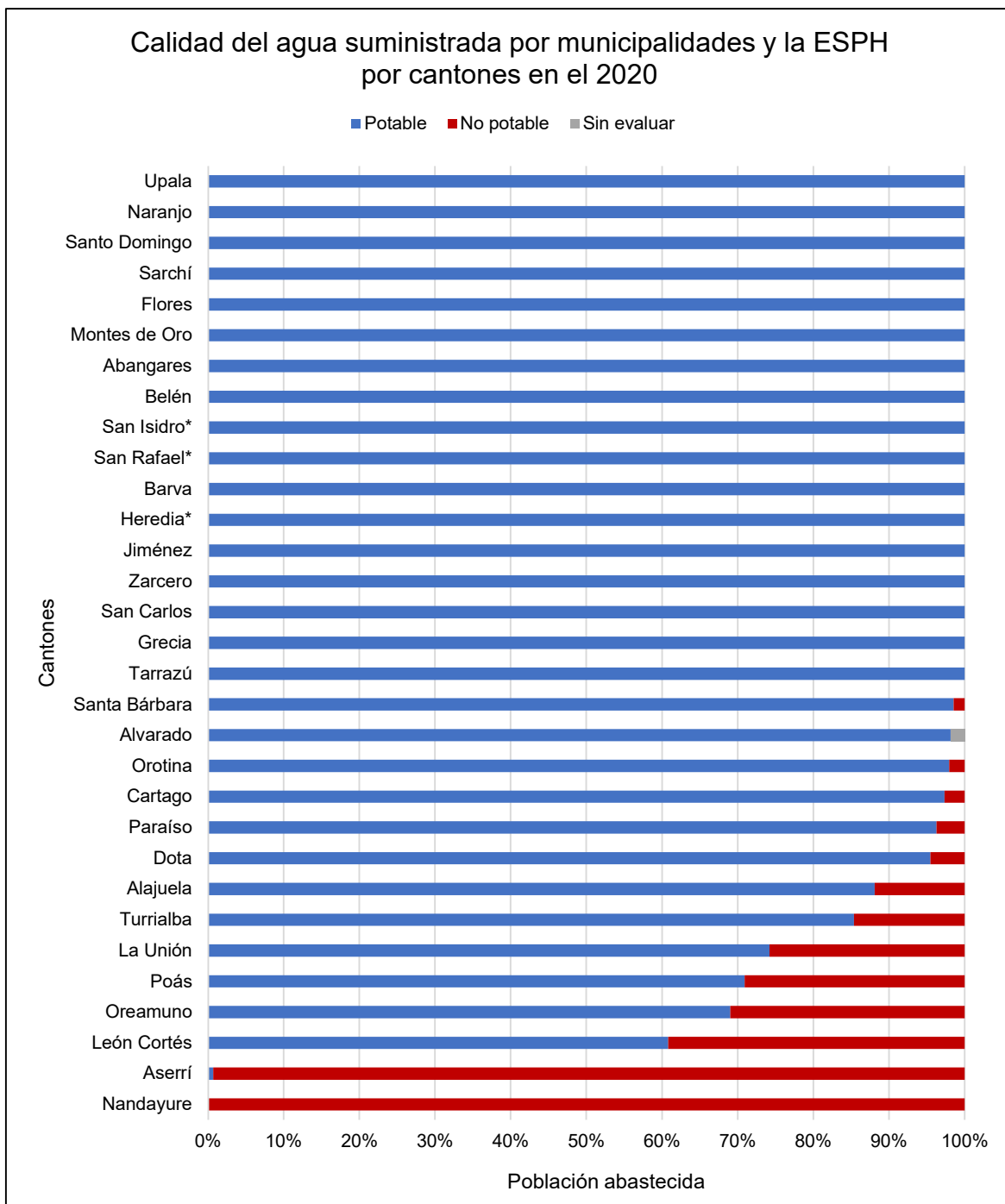


Figura 4.1. Calidad del agua suministrada por acueductos municipales y de la ESPH por cantones en el 2020.

*Los cantones de Heredia, San Isidro y San Rafael fueron abastecidas por 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.

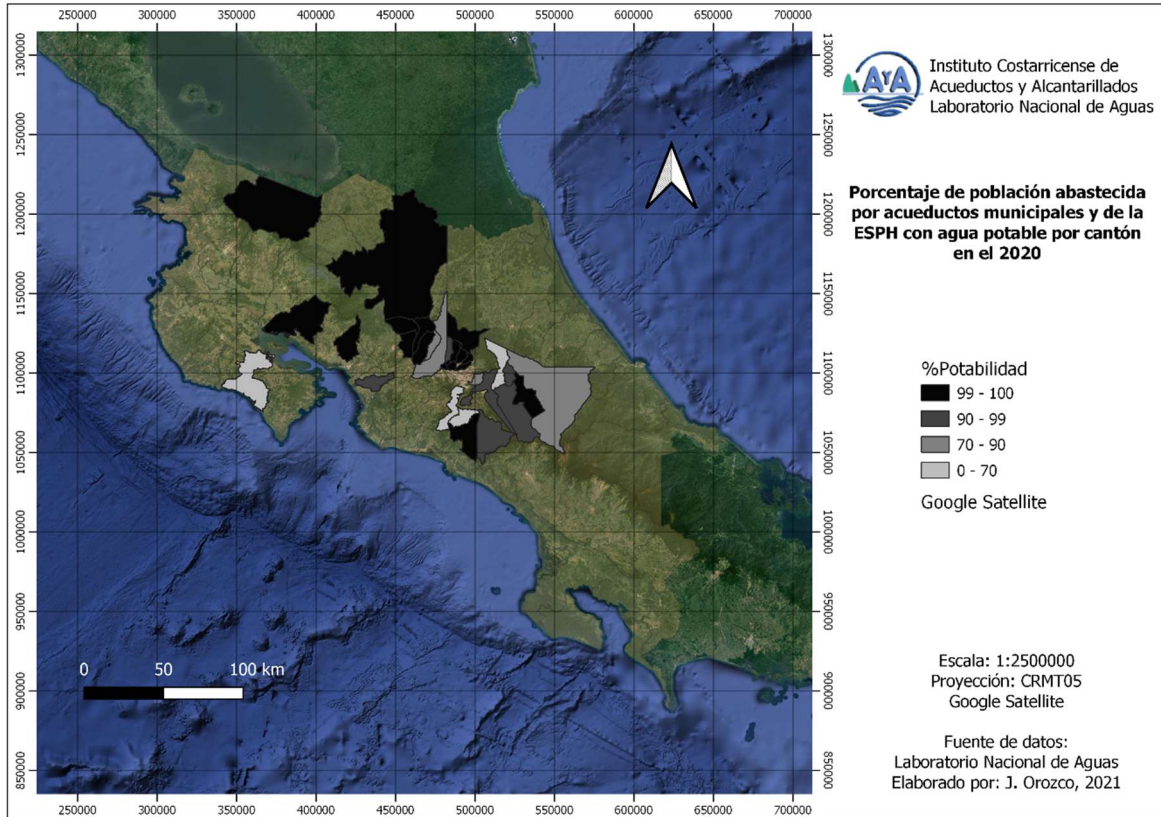


Figura 4.2. Porcentaje de población abastecida por acueductos municipales y de la ESPH con agua potable por cantón en el 2020.

Fuente: Área de Agua Potable, LNA.

En la Figura 4.2 se observan los cantones que fueron abastecidos por municipalidades, el Concejo Distrital de Cervantes y la ESPH, junto con su porcentaje de población abastecida con agua potable. Las municipalidades no necesariamente abastecen la totalidad de la población de sus respectivos cantones, muchas veces abastecen la cabecera del cantón y zonas alrededor, y el resto es abastecido por acueductos comunales o incluso por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA). La población abastecida por acueductos municipales y la ESPH representa aproximadamente al 13,4 % de la población nacional, según la población de Costa Rica estimada por la Encuesta Nacional de Hogares (INEC, 2020).

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 81,3 % de la población abastecida recibió agua de riesgo muy bajo (Azul); 7,7 % de riesgo bajo (Verde); 2,5 % de riesgo Intermedio (Amarillo), 4,2 % de riesgo

alto (Naranja), y 4,3 % 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 2020, que equivale a 684 261 habitantes. En el caso de la ESPH, el 74,8 % de la población abastecida recibió agua de riesgo muy bajo (Azul) y 25,2 % de riesgo bajo (Verde). En la Figura 4.3 se observa el porcentaje de la población abastecida según el nivel de riesgo asociado a la calidad del agua evaluada en el 2020.

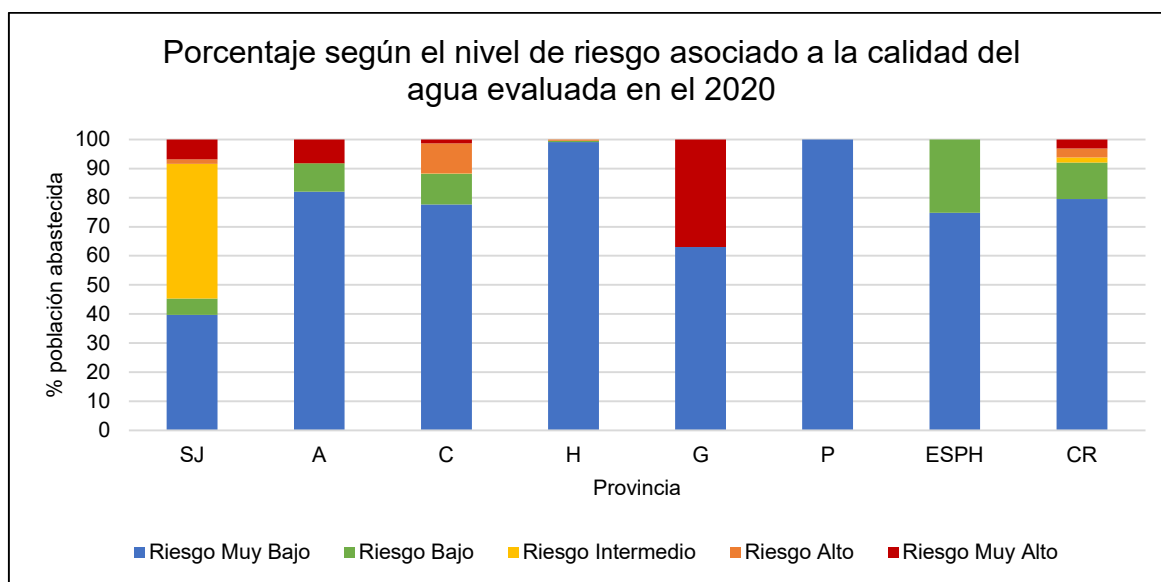


Figura 4.3. Porcentajes de población abastecida por acueductos municipales y de la ESPH evaluados según el nivel de riesgo asociado a la calidad del agua por provincia en el 2020.

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 coliformes fecales. El riesgo alto (Naranja) se debió, además, al incumplimiento de nitratos o a valores muy elevados de color aparente y turbiedad. El riesgo intermedio (Amarillo) se debió al incumplimiento de aluminio y valores de pH inferiores a 5,5; además de incumplimientos de

color aparente y turbiedad. Por otro lado, el principal factor causante del riesgo bajo (Verde) en la calidad del agua, se debió al incumplimiento de cloro residual libre en las muestras recolectadas; aunque también hubo casos de riesgo bajo (Verde) debido a concentraciones de hierro superiores a 300 µg/L y de aluminio que rondaron los 600 µg/L. La alerta por concentraciones de nitratos cercanas al valor máximo admisible también fue motivo para clasificar a varios acueductos comunales como de riesgo bajo (Verde).

4.3. Incumplimiento de parámetros

Para efectos del presente informe, se consideran parámetros microbiológicos los coliformes fecales y el cloro. Los coliformes fecales 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.

En el 2020, el 99,6 % de la población abastecida por acueductos operados por municipalidades recibió agua clorada. Los acueductos no clorados fueron administrados por las municipalidades de Alajuela, Orotina, Alvarado, Turrialba y Aserrí. Mientras que, en el caso de la ESPH, la totalidad de sus acueductos suministraron agua clorada.

La presencia de coliformes fecales fue la principal causa de incumplimiento de los acueductos municipales en el 2020. De los 33 acueductos que suministraron agua de calidad no potable, 26 suministraron agua con presencia de indicadores fecales a 47 736 habitantes aproximadamente. Los cantones en donde se detectó presencia de coliformes fecales fueron: Aserrí, Dota, León Cortés, Alajuela, Poás, Orotina, Nandayure, Santa Bárbara, La Unión, Turrialba y Paraíso.

En la Figura 4.4 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: un 92 % de la población recibió agua potable, un 8 % recibió agua no potable y un porcentaje muy bajo de entre (0,04-0,05) % recibió agua cuya calidad no fue evaluada. En el caso de los acueductos no clorados, un 60 % de la población recibió agua potable, un 36 % recibió agua no potable y un 4 % recibió agua sin evaluar. La calidad no potable de los acueductos no clorados se debió únicamente

al incumplimiento de los criterios microbiológicos.

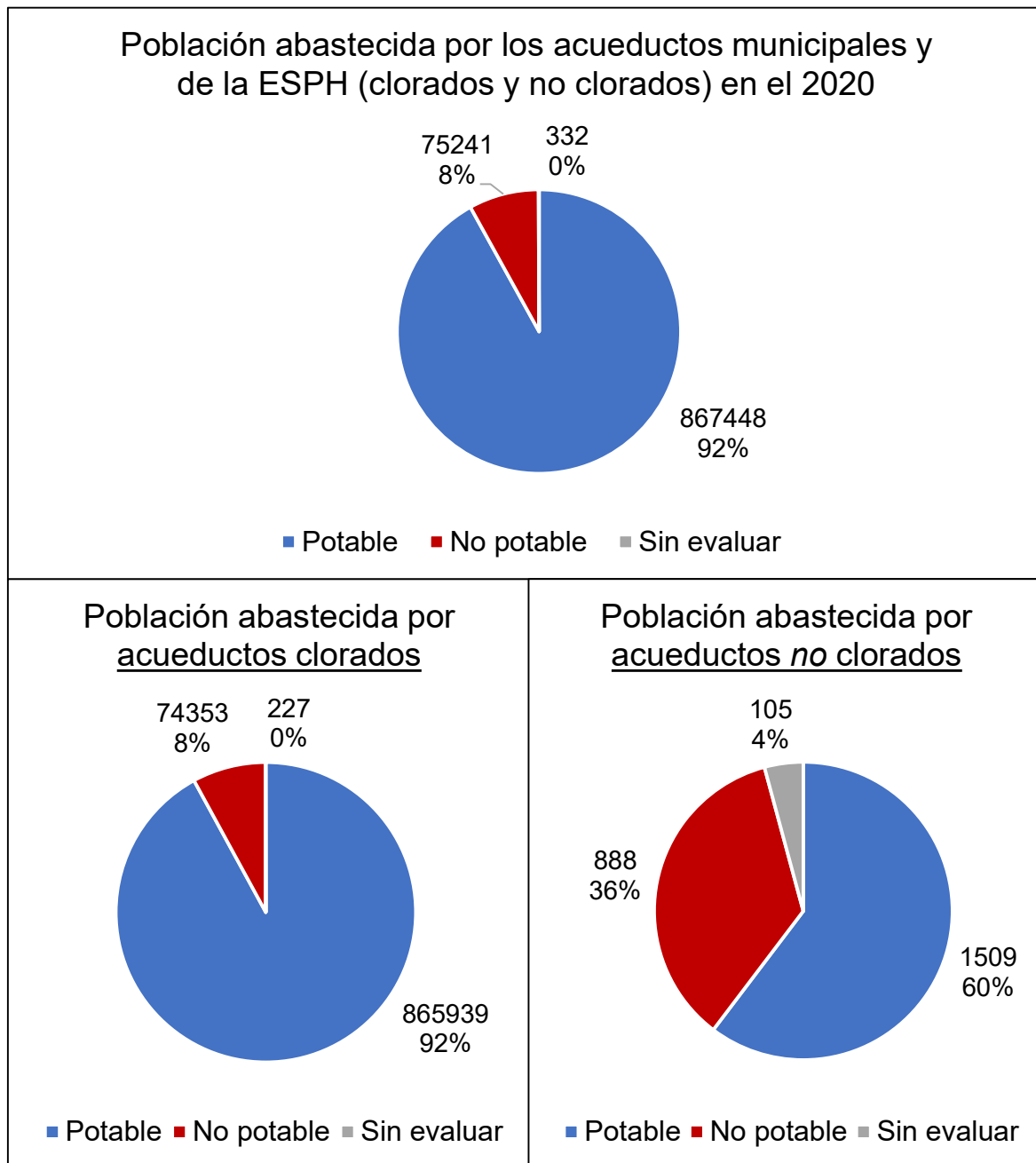


Figura 4.4. Población abastecida según calidad del agua suministrada por acueductos municipales y la ESPH en el 2020.

Fuente: Área de Agua Potable, LNA.

Los resultados evidencian el efecto del cloro sobre la presencia de coliformes fecales en el agua, ya que, generalmente, una adecuada concentración de cloro protege de posibles

contaminaciones microbianas. Sin embargo, la presencia de cloro no garantiza la ausencia de coliformes fecales, puesto que, se detectó la presencia de coliformes fecales en 22 acueductos clorados. Tampoco es posible afirmar que la ausencia del desinfectante implica la presencia de coliformes fecales, ya que cinco acueductos no clorados suministraron agua potable con ausencia de coliformes fecales. Adicionalmente, no todos los acueductos con instalaciones para la cloración mantuvieron un proceso de desinfección eficiente ni constante, puesto que 45 acueductos, con dichas instalaciones, presentaron concentraciones de cloro inferiores a 0,3 mg/L.

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.

La presencia de coliformes fecales fue el incumplimiento con mayor incidencia en el 2020, con 26 casos de acueductos que incumplieron, de los cuales 22 fueron clorados y 4 no clorados. Con respecto a los parámetros fisicoquímicos, los incumplimientos fueron nitratos, color aparente y turbiedad, aluminio, hierro y pH. 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 sugeridos por 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 4.5 se muestra el número de incumplimientos de los parámetros, y en la Figura 4.6 se muestra el porcentaje de incumplimientos por parámetro

El origen de los nitratos en el agua puede ser consecuencia, entre otras cosas, 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. 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 (OMS, 2017). El riesgo de presentar un cuadro de metahemoglobinemia, por medio de la ingesta de agua con altas concentraciones de nitratos, se incrementa si los consumidores presentan simultáneamente infecciones gastrointestinales. Por lo tanto, resulta crucial mantener un proceso de desinfección continuo con una concentración entre (0,3-0,6) mg/L en el agua para disminuir su carga bacteriana.

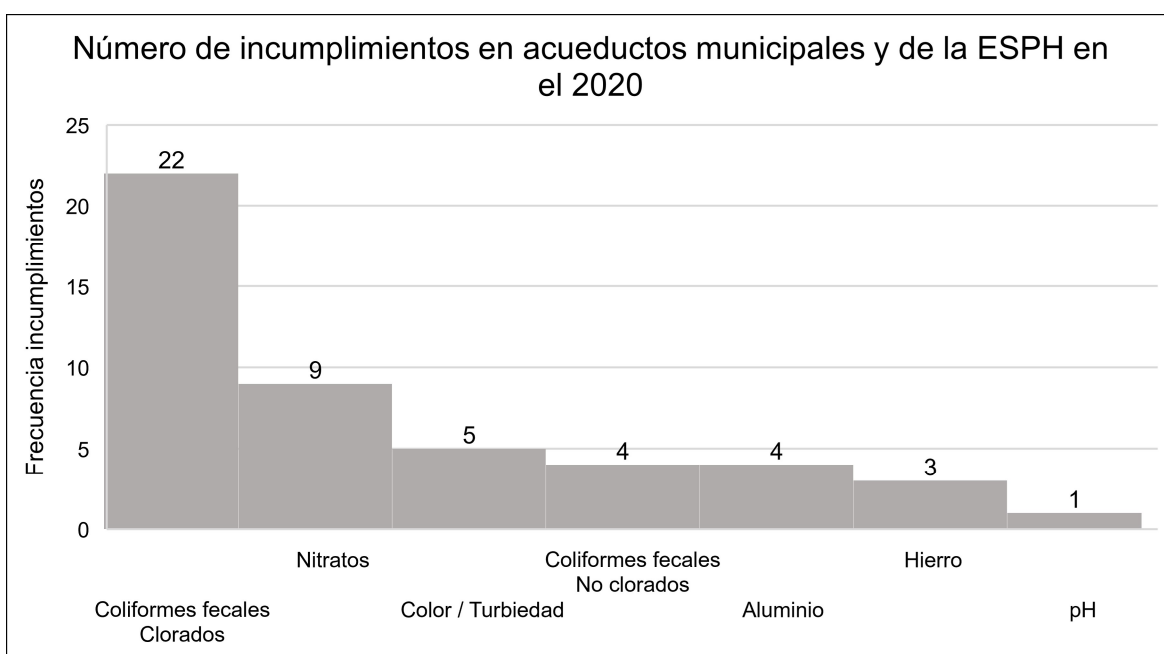


Figura 4.5. Número de casos de incumplimiento de parámetros en acueductos municipales y de la ESPH en el 2020.

Fuente: Área de Agua Potable, LNA.

Las Guías para la Calidad del Agua Potable (OMS, 2017), recomiendan un valor de referencia para la salud de nitratos es de 50,0 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-NO₃), 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 a 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 10 428 habitantes se abastecieron por acueductos municipales que presentaron incumplimiento por nitratos, al presentar concentraciones de nitratos superiores a 50 mg/L, por lo tanto, el agua suministrada fue de calidad no potable con un riesgo alto (Naranja). Los acueductos que incumplieron con las concentraciones de nitratos fueron Banderilla de San Nicolás y San Blas del Carmen de Cartago Sector Norte, ambos del cantón de Cartago, y San Rafael de Oreamuno La Chinchilla Centro. Dos acueductos municipales de Oreamuno, tres de Paraíso y uno de la ESPH se clasificaron como potables de riesgo bajo (Verde), debido a que presentaron concentraciones de nitratos ligeramente inferiores al valor máximo admisible.

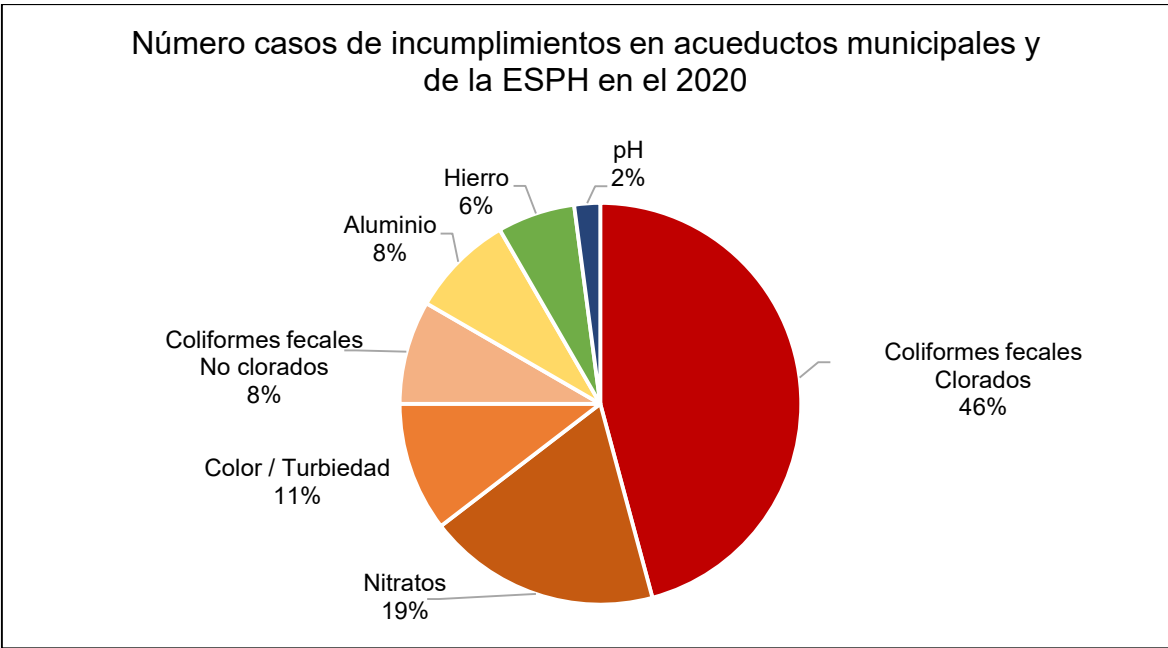


Figura 4.6. Porcentaje de incumplimiento de parámetros en acueductos municipales y de la ESPH en el 2020.

Fuente: Área de Agua Potable, LNA.

Con respecto al incumplimiento de turbiedad y color aparente, los acueductos que incumplieron con alguno de estos parámetros fueron de calidad no potable, ya sea porque incumplieron también con otros parámetros, principalmente coliformes fecales y aluminio, o

porque presentaron concentraciones de color aparente y turbiedad superiores a 30 U-Pt/Co y 8 UNT respectivamente. Aproximadamente 17 349 habitantes se abastecieron por acueductos municipales que incumplieron turbiedad y/o color aparente. Estos acueductos fueron operados por las municipalidades de Aserri y Paraíso.

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.

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 9 825 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, ya que la concentración se mantuvo entre (0,4 – 0,9) mg/L. Estos acueductos incumplieron además con otros parámetros como coliformes fecales, color aparente, turbiedad, hierro y pH inferior a 5,5; por lo que 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 de cada acueducto. El acueducto

Brasilia, operado por la ESPH, se clasificó como potable de riesgo bajo (Verde), ya que presentó concentraciones de aluminio superiores al valor máximo admisible (0,2 mg/L).

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 (Fe^{+2}), que expuesto al oxígeno del aire y al ácido hipocloroso (generado en el proceso de desinfección) se oxida a hierro férrico (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 10 167 habitantes se abastecieron por acueductos municipales que incumplieron con las concentraciones de hierro en el agua, ya que presentaron concentraciones de entre 300 $\mu\text{g/L}$ y 500 $\mu\text{g/L}$. El acueducto municipal Salitrillos de Aserrí sector Quebradas Rincón y Lajas, además de aluminio, incumplió con coliformes fecales, hierro, color aparente y residual de cloro; por lo que se clasificó como no potable de riesgo muy alto (Rojo). Los acueductos municipales Porvenir de Quesada de San Carlos y El Carmen de Cartago sectores Centro y Sur se clasificaron como potables de riesgo bajo (Verde), ya que presentaron concentraciones de entre 300 $\mu\text{g/L}$ y 500 $\mu\text{g/L}$.

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 del agua brindados por la Municipalidad de Montes de Oro y la Municipalidad de Alajuela, además de la información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) mediante la Encuesta Nacional de Hogares en el 2020. 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 92 % de la población; mientras que, los que suministraron agua no potable brindaron un servicio básico, abasteciendo al 8 % de la población. Se suministró agua sin evaluar (se desconoce su calidad) a un 0,04 % de la población. En la Figura 4.7 se detalla la escalera del servicio de agua en hogares suministrado por acueductos municipales y de la ESPH en el 2020.

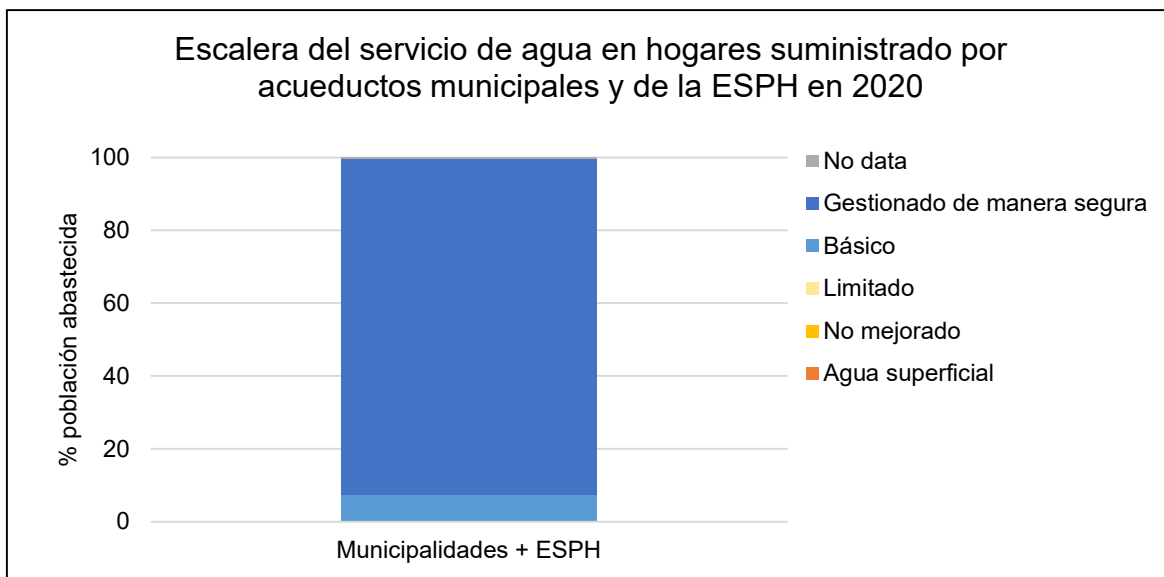


Figura 4.7. Escalera del servicio de agua en hogares suministrado por acueductos municipales y de la ESPH en el 2020.

Fuente: Área de Agua Potable, LNA.

5. CONCLUSIONES

- El 89 % de la población abastecida por acueductos municipalidades (609 020 habitantes) recibió agua de calidad potable, un 11 % (75 241 habitantes) recibió agua no potable y un porcentaje muy reducido de aproximadamente 0,05 % (332 habitantes) recibió agua sin evaluar.
- La ESPH suministró agua potable al 100 % de su población (258 428 habitantes) distribuida en tres cantones: Heredia, San Isidro y San Rafael.
- Un total de 14 municipalidades suministraron agua potable al 100 % de su población, las cuales fueron: Tarrazú, Grecia, San Carlos, Zarcero, Jiménez, Barva, Belén, Abangares, Montes de Oro, Flores, Sarchí, Santo Domingo, Naranjo y Upala.
- La municipalidad de Nandayure y Aserrí suministraron agua potable al 0 % y 1 % de su población respectivamente
- La municipalidad de León Cortés, Oreamuno, Poás y La Unión, que abastecieron con agua potable al 61 %, 69 %, 71 % y 74 % de su población respectivamente. Ocho municipalidades, junto con el Concejo Distrital de Cervantes, abastecieron con agua

potable a más del 85 % de su población, sin llegar al 100 %.

- La municipalidad Alvarado fue la única que presentó población abastecida con agua sin evaluar que corresponde a 2 % de su población.
- De acuerdo con el IRCACH, para el caso de los acueductos municipales, el 81,3 % de la población abastecida recibió agua de riesgo muy bajo (Azul); 7,7 % de riesgo bajo (Verde); 2,5 % de riesgo Intermedio (Amarillo), 4,2 % de riesgo alto (Naranja), y 4,3 % de riesgo muy alto (Rojo); mientras que, en el caso de la ESPH, el 74,8 % de la población abastecida recibió agua de riesgo muy bajo (Azul) y 25,2 % de riesgo bajo (Verde).
- El principal causante del riesgo alto (Naranja) y riesgo muy alto (Rojo) en la calidad del agua fue la presencia de coliformes fecales; sin embargo, el riesgo muy alto (Naranja) se debió, además, al incumplimiento de nitratos o valores muy elevados de color aparente y turbiedad.
- El riesgo intermedio (Amarillo) en la calidad del agua se debió al incumplimiento de aluminio y valores de pH inferiores a 5,5; además de incumplimientos de color aparente y turbiedad.
- El principal factor causante del riesgo bajo (Verde) en la calidad del agua se debió al incumplimiento del residual de cloro libre en las muestras recolectadas; en menor medida hubo casos de riesgo bajo (Verde) debido a concentraciones de hierro superiores a 300 µg/L y de aluminio que rondaron los 600 µg/L; además de la alerta por concentraciones de nitratos cercanas al valor máximo admisible.
- La presencia de coliformes fecales fue la principal causa de incumplimiento de los acueductos municipales en el 2020.
- Aproximadamente 47 736 habitantes se abastecieron por acueductos municipales que incumplieron con los criterios microbiológicos, suministrando agua con presencia de indicadores fecales y se ubicaron en los siguientes cantones: Aserri, Dota, León Cortés, Alajuela, Poás, Orotina, Nandayure, Santa Bárbara, La Unión, Turrialba y Paraíso.
- La calidad no potable de los acueductos no clorados se debió únicamente al incumplimiento de los criterios microbiológicos.
- Hubo una marcada diferencia entre la potabilidad de los acueductos clorados y no clorados: la potabilidad de los acueductos clorados fue de 92 %; mientras que, la potabilidad de los acueductos no clorados fue de 60 %.
- El porcentaje de población que recibió agua sin evaluar fue mayor en el caso de los

acueductos no clorados, siendo de 4 % contra un 0,04 % en acueductos clorados.

- 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 coliformes fecales, 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 en el 2020, seguido del incumplimiento por nitratos, color aparente y turbiedad, aluminio, hierro y pH.
- Aproximadamente 10 428 habitantes se abastecieron por acueductos municipales que presentaron incumplimiento por nitratos.
- Cinco acueductos municipales y uno de la ESPH presentaron concentraciones de nitratos ligeramente inferiores al valor máximo admisible, lo que clasificaron como de riesgo bajo (Verde).
- Aproximadamente 17 349 habitantes se abastecieron por acueductos municipales que incumplieron turbiedad y/o color aparente.
- Aproximadamente 9 825 habitantes se abastecieron por acueductos que incumplieron con las concentraciones de aluminio en el agua.
- Aproximadamente 1 050 habitantes se abastecieron por un acueducto municipal que presentó valores de pH inferiores a 5,5.
- Aproximadamente 10 167 habitantes se abastecieron por acueductos municipales que incumplieron con las concentraciones de hierro en el agua.
- 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 92 % de la población, un servicio básico al 8 % de la población y un porcentaje muy reducido de 0,04 % 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 coliformes fecales.

- Realizar inspecciones sanitarias de las estructuras de los acueductos donde se detectó la presencia de coliformes fecales y concentraciones de nitratos, además de verificar el proceso de desinfección.
- Implementar medidas de protección en las zonas aledañas a las fuentes de abastecimiento superficial y subsuperficial, con el propósito de evitar la contaminación del agua.
- Vigilar las concentraciones de nitratos en las fuentes de abastecimiento que sobrepasaron el nivel alerta.
- 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.

EPA, 2017. *United States Environmental Protection Agency*. [En línea] Available at: <https://www.epa.gov/dwstandardsregulations/secondary-drinking-water-standards-guidance-nuisance-chemicals>

[Último acceso: 31 enero 2018].

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, 2020. *Encuesta Nacional de Hogares (ENAHG)*. [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, 2011. *Guidelines for Drinking-water Quality*, Ginebra, Suiza: Cuarta ed..

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 2020.

Provincia	Total	Totales					
		Potable		No potable		Sin evaluar	
San José	36216	16401	45,3%	19815	54,7%	0	0%
Alajuela	221472	203342	91,8%	18130	8,2%	0	0%
Cartago	266466	234735	88,1%	31399	11,8%	332	0,1%
Heredia	132674	132037	99,5%	637	0,5%	0	0%
Guanacaste	14234	8974	63%	5260	37%	0	0%
Puntarenas	13531	13531	100%	0	0%	0	0%
Limón	0	0	0%	0	0%	0	0%
Municipalidades⁽¹⁾	684593	609020	89%	75241	11%	332	0,05%
ESPH	258428	258428	100%	0	0%	0	0%
Total⁽²⁾	943021	867448	92%	75241	8%	332	0,04%

(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 2020.

Provincia	Total	Clorados					
		Potable		No potable		Sin evaluar	
San José	36166	16401	45,3%	19765	54,7%	0	0%
Alajuela	220360	202405	91,9%	17955	8,1%	0	0%
Cartago	265126	234163	88,3%	30736	11,6%	227	0,1%
Heredia	132674	132037	99,5%	637	0,5%	0	0%
Guanacaste	14234	8974	63%	5260	37%	0	0%
Puntarenas	13531	13531	100%	0	0%	0	0%
Limón	0	0	0,0%	0	0%	0	0%
Municipalidades⁽¹⁾	682091	607511	89,1%	74353	10,9%	227	0,03%
ESPH	258428	258428	100%	0	0%	0	0%
Total⁽²⁾	940519	865939	92,1%	74353	7,9%	227	0,02%

(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 2020.

Provincia	Total	No clorados					
		Potable		No potable		Sin evaluar	
San José	50	0	0%	50	100%	0	0%
Alajuela	1112	937	84,3%	175	15,7%	0	0%
Cartago	1340	572	42,7%	663	49,5%	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%
Municipalidades⁽¹⁾	2502	1509	60,3%	888	35,5%	105	4,2%
ESPH	0	0	0%	0	0%	0	0%
Total⁽²⁾	2502	1509	60,3%	888	35,5%	105	4,2%

(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 2020.

Provincia	Totales			
	Potable	No potable	Sin evaluar	Total
San José	21	10	0	31
Alajuela	62	8	0	70
Cartago	61	13	2	76
Heredia	48	1	0	49
Guanacaste	1	1	0	2
Puntarenas	3	0	0	3
Limón	0	0	0	0
Municipalidades⁽¹⁾	196	33	2	231
ESPH	15	0	0	15
Total⁽²⁾	211	33	2	246

(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	21	9	0	30	0	1	0	1
Alajuela	61	7	0	68	1	1	0	2
Cartago	57	11	1	69	4	2	1	7
Heredia	48	1	0	49	0	0	0	0
Guanacaste	1	1	0	2	0	0	0	0
Puntarenas	3	0	0	3	0	0	0	0
Limón	0	0	0	0	0	0	0	0
Municipalidades⁽¹⁾	191	29	1	221	5	4	1	10
ESPH	15	0	0	15	0	0	0	0
Total⁽²⁾	206	29	1	236	5	4	1	10

(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 2020.

Sistema de abastecimiento	Población	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Municipalidad
BRASILIA	7749	Potable	Verde	Aluminio	SAN RAFAEL
BREÑA MORA	1866	Potable	Azul		SAN ISIDRO
CHAMACO	28312	Potable	Verde	Cloro bajo	SAN RAFAEL
CHILILLAL-SANTA CECILIA-ALBINO	2779	Potable	Verde	Cloro bajo	SAN ISIDRO
CHORRERAS/NOVENTA	7464	Potable	Azul		SAN RAFAEL
CIENEGA	4790	Potable	Azul		SAN RAFAEL
SACRAMENTO VARGAS	219	Potable	Verde	Cloro bajo	BARVA
SAN ISIDRO CENTRO	15642	Potable	Azul		SAN ISIDRO
SANTA LUCÍA	25956	Potable	Verde	Nitratos cerca del VMA	BARVA
TIERRA BLANCA	2451	Potable	Azul		SAN RAFAEL
TIROL/ELMERSANCHEZ/CASTILLO	4309	Potable	Azul		SAN RAFAEL / BARVA
TREBOL	11445	Potable	Azul		HEREDIA
VICTORIA	3486	Potable	Azul		SAN ISIDRO
Joya-Cementerio	64610	Potable	Azul		HEREDIA
Malinches-Carbonal	77350	Potable	Azul		HEREDIA

Fuente: Área de Agua Potable, LNA.

Cuadro 8.7. Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2020.

Sistema de abastecimiento	Población	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Municipalidad
ALAJUELA	35939	Potable	Azul		ALAJUELA
ALAJUELA: SECTOR NORTE	4594	Potable	Verde	Cloro bajo	ALAJUELA
ALTO LA VICTORIA DE JUAN VIÑAS	2145	Potable	Azul		JIMÉNEZ
ALUMBRE DE CORRALILLO DE CARTAGO: PARTE ALTA	239	Potable	Azul		CARTAGO
ASERRÍ: SECTOR ABASTECIDO POR LA PLANTA DE TRATAMIENTO	15750	No potable	Amarillo	Color aparente, turbiedad y cloro bajo	ASERRÍ
ASUNCIÓN DE BELÉN	2677	Potable	Azul		BELÉN

Cuadro 8.7. Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2020.

Sistema de abastecimiento	Población	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Municipalidad
B° EL CARMEN DE NARANJO: SECTOR NACIENTE LA VIRGENCITA	30	Potable	Azul		NARANJO
BAJO TRAPICHE DE SARCHÍ SUR DE SARCHÍ	630	Potable	Azul		SARCHÍ
BANDERILLA DE SAN NICOLÁS	691	No potable	Naranja	Nitratos	CARTAGO
BARRANCA DE SAN JOSÉ DE NARANJO	615	Potable	Azul		NARANJO
BARRIO CAMILO SOLÍS DE SANTA MARÍA DE DOTA	22	Potable	Verde	Cloro bajo	DOTA
BARRIO EL CARMEN DE NARANJO	2200	Potable	Azul		NARANJO
BARRIO LA CLAUDIA DE DESAMPARADOS	787	Potable	Azul		ALAJUELA
BARRIO LA HACIENDA DE CERVANTES	140	Potable	Azul		ALVARADO
BARRIO LA PIEDRA Y BELLA VISTA DE ASERRÍ	627	No potable	Rojo	Coliformes fecales y cloro bajo	ASERRÍ
BARRIO LOS ÁNGELES DE ASERRÍ	123	No potable	Naranja	Coliformes fecales	ASERRÍ
BARRIO LOS ÁNGELES DE SANTA MARÍA	756	Potable	Azul		DOTA
BARVA DE HEREDIA: CENTRO	12198	Potable	Azul		BARVA
BIRRISITO DE PARAÍSO	2772	Potable	Verde	Cloro bajo	PARAÍSO
BUENAVISTA DE SAN PABLO DE BARVA	2518	Potable	Azul		BARVA
CACHÍ DE PARAÍSO: SECTOR CACHÍ Y LOS ROBES	2425	Potable	Azul		PARAÍSO
CALLE CHINCHILLA VIEJA Y YERRIS DE SAN RAFAEL DE OREAMUNO	437	Potable	Verde	Nitratos cerca del VMA	OREAMUNO
CALLE LA FLORY DE CANOAS	4158	Potable	Azul		ALAJUELA
CALLE LUCAS DE OREAMUNO	34	Potable	Azul		OREAMUNO
CALLE VARGAS DE TAMBOR DE ALAJUELA	595	Potable	Azul		ALAJUELA
CANDELARIA DE NARANJO	2165	Potable	Azul		NARANJO
CANOAS DE ALAJUELA	5634	Potable	Azul		ALAJUELA
CARIARI DE LA ASUNCIÓN DE BELÉN	2158	Potable	Azul		BELÉN
CARMONA DE NANDAYURE	5260	No potable	Rojo	Coliformes fecales y cloro bajo	NANDAYURE
CARPINTERA VIEJO Y URBANIZACIÓN CEDROS DE SAN RAFAEL	1024	Potable	Azul		LA UNIÓN
CARTAGO: SECTORES ABASTECIDOS PLANTA DE TRATAMIENTO	60238	Potable	Azul		CARTAGO
CASQUILLO DE SAN PABLO DE LEÓN CORTÉS	1050	No potable	Amarillo	Aluminio y pH bajo	LEÓN CORTÉS
CEBADILLA NORTE DE TURRÚCARES	545	Potable	Azul		ALAJUELA
CEBADILLA SUR DE TURRÚCARES	606	Potable	Azul		ALAJUELA

Cuadro 8.7. Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2020.

Sistema de abastecimiento	Población	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Municipalidad
CELIN DE TURRIALBA	1125	No potable	Rojo	Coliformes fecales y cloro bajo	TURRIALBA
CHILAMATE DE SAN PEDRO DE POÁS	11822	Potable	Verde	Cloro bajo	POÁS
CHITARÍA DE PAVONES DE TURRIALBA	472	No potable	Rojo	Coliformes fecales y cloro bajo	TURRIALBA
CIUDADELA EL SALVADOR Y CALLE LORÍA DE PARAÍSO	1050	Potable	Verde	cloro bajo y nitratos cerca del VMA	PARAÍSO
CONDOMINIOS LUISIANA, EL CAMPANARIO Y LAS FLORES	2324	Potable	Azul		FLORES
CONDOMINIOS MONTE CRISTO Y MONTE FLORES EN SAN JOAQUÍN	290	Potable	Azul		FLORES
CRISTO REY DE LA RIBERA DE BELÉN	156	Potable	Azul		BELÉN
CUESTA CEDRAL DE SANTA MARÍA DE DOTA	105	Potable	Verde	Cloro bajo	DOTA
CUESTA COLORADA DE LA GARITA DE ALAJUELA	856	Potable	Azul		ALAJUELA
DESAMPARADOS DE ALAJUELA: CENTRO	2020	No potable	Rojo	Coliformes fecales y cloro bajo	ALAJUELA
DESAMPARADOS NORTE DE ALAJUELA	834	No potable	Rojo	Coliformes fecales y cloro bajo	ALAJUELA
DESAMPARADOS SUR DE ALAJUELA	1921	Potable	Azul		ALAJUELA
DULCE NOMBRE DE LA GARITA DE ALAJUELA	853	Potable	Azul		ALAJUELA
DULCE NOMBRE, CONCEPCIÓN Y SAN FRANCISCO DE LA UNIÓN	16356	No potable	Naranja	Coliformes fecales	LA UNIÓN
ECHEVERRÍA DE LA RIBERA DE BELÉN	387	Potable	Azul		BELÉN
EL CARMEN DE CARTAGO: SECTORES CENTRO Y SUR	8596	Potable	Verde	Hierro	CARTAGO
EL CARMEN DE DULCE NOMBRE DE LA UNIÓN	4687	Potable	Azul		LA UNIÓN
EL INVU DE LA GARITA	1091	Potable	Azul		ALAJUELA
EL MURO DE NARANJO	680	Potable	Verde	Cloro bajo	NARANJO
EL PORÓ DE TURRIALBA	80	Potable	Verde	Cloro bajo	TURRIALBA
EL SALTO DE OREAMUNO	2489	Potable	Azul		OREAMUNO
GRECIA: SECTOR NACIENTE AMELIA	18908	Potable	Azul		GRECIA
GRECIA: SECTOR NACIENTE PATAL	5521	Potable	Azul		GRECIA
GRECIA: SECTOR NACIENTE SALGUERO	1793	Potable	Azul		GRECIA
GUADALUPE DE ALAJUELA: PARTE ALTA	945	No potable	Rojo	Coliformes fecales y cloro bajo	ALAJUELA
GUATUZA DE SAN RAFAEL DE POÁS	416	Potable	Azul		POÁS
GUATUZA DE SAN RAFAEL DE POÁS: PARTE ALTA	96	Potable	Verde	Cloro bajo	POÁS
GUAYABAL DE SANTA MARÍA DE DOTA	568	Potable	Azul		DOTA

Cuadro 8.7. Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2020.

Sistema de abastecimiento	Población	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Municipalidad
HIGUERONAL DE SANTA MARÍA DE DOTA	1664	Potable	Azul		DOTA
HIGUERONAL DE SANTA MARÍA DE DOTA: PARTE ALTA	96	Potable	Verde	Cloro bajo	DOTA
HIGUERONES DE OREAMUNO	963	Potable	Azul		OREAMUNO
HUERTAS DE BIRRISITO	0	No potable	Rojo	Coliformes fecales y cloro bajo	PARAÍSO
IMAS DE COPEY DE DOTA	310	Potable	Verde	Cloro bajo	DOTA
IMAS Y BARRIO MARINO LEÓN DE SANTA MARÍA DE DOTA	574	Potable	Azul		DOTA
JARDÍN DE DOTA	607	Potable	Azul		DOTA
JUAN VIÑAS	2970	Potable	Azul		JIMÉNEZ
LA GARITA DE ALAJUELA: CENTRO	3648	Potable	Azul		ALAJUELA
LA RIBERA DE BELÉN: PARTE ALTA	2425	Potable	Azul		BELÉN
LA RIBERA DE BELÉN: PARTE BAJA	4441	Potable	Azul		BELÉN
LAS JUNTAS DE ABANGARES	8974	Potable	Azul		ABANGARES
LLANOS DE LA GARITA DE ALAJUELA	945	No potable	Rojo	Coliformes fecales y cloro bajo	ALAJUELA
LLANOS DE SANTA LUCÍA DE PARAÍSO	17325	Potable	Azul		PARAÍSO
LOAIZA DE CACHÍ	242	No potable	Amarillo	Aluminio, color aparente y turbiedad	PARAÍSO
LOS ALPES Y GUADALUPE DE ZARCERO	730	Potable	Azul		ZARCERO
LOS HELECHOS	0	Potable	Azul		PARAÍSO
LOS LAGOS PIRCEM	0	Potable	Verde	Nitratos cerca del VMA	PARAÍSO
LOS SAUCES DE SAN RAFAEL DE LA UNIÓN: PARTE ALTA	1225	Potable	Azul		LA UNIÓN
LOURDES DE AGUACALIENTE DE CARTAGO	93	Potable	Azul		CARTAGO
LOURDES DE ASERRÍ: PARTE ALTA	127	Potable	Verde	Cloro bajo	ASERRÍ
LUISA Y CALLE GUIDO ESTELLES DE SARCHÍ NORTE	990	Potable	Azul		SARCHÍ
MATA DE GUINEO DE LOURDES DE AGUACALIENTE	77	Potable	Verde	Cloro bajo	CARTAGO
MIRAMAR DE MONTES DE ORO DE PUNTARENAS	13237	Potable	Azul		MONTES DE ORO
MONTE LAGO Y MIRAVALLE DE BARVA	115	Potable	Azul		BARVA
MONTES DE ORO DE SAN PABLO	70	Potable	Verde	Cloro bajo	LEÓN CORTÉS
NARANJO CENTRO	7235	Potable	Azul		NARANJO
NARANJO: SECTOR NACIENTE LOS PORRAS	1600	Potable	Azul		NARANJO

Cuadro 8.7. Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2020.

Sistema de abastecimiento	Población	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Municipalidad
OCHOMOGO, QUIRCOT, LOYOLA Y PEDREGAL DE SAN NICOLÁS	8596	Potable	Azul		CARTAGO
OROTINA: SISTEMA 2	8355	Potable	Azul		OROTINA
PANCHON DE TURRIALBA	10135	Potable	Azul		TURRIALBA
PARAÍSO DE CARTAGO: CENTRO	11951	Potable	Verde	Dar seguimiento a nitratos	PARAÍSO
PARAÍSO: INVU, LA SOLEDAD, LA LAGUNA Y CALLE A OROSI	3292	Potable	Azul		PARAÍSO
PARRUÁS DE PARAÍSO	121	Potable	Azul		PARAÍSO
PEDREGOSO DE COPEY DE DOTA	330	No potable	Naranja	Coliformes fecales	DOTA
PEÑAS BLANCAS DE CACHÍ: SECTOR NACIENTE NICANOR	207	Potable	Azul		PARAÍSO
PEÑAS BLANCAS Y URB. MA.REINA:SEC NAC JORGE OBANDO	1767	Potable	Verde	Cloro bajo	PARAÍSO
PUEBLO NUEVO DE LA LUISA DE SARCHI NORTE	495	Potable	Azul		SARCHÍ
QUINTAS JEREMÍAS DE DOTA	46	Potable	Azul		DOTA
QUIRCOT NORTE Y URBANIZACIÓN LAS LOMAS DE SAN NICOLÁS	2447	Potable	Azul		CARTAGO
REPASTO DE TURRIALBA	666	No potable	Rojo	Coliformes fecales y cloro bajo	TURRIALBA
RINCÓN DE ALPÍZAR DE SARCHÍ SUR DE VALVERDE VEGA	418	Potable	Azul		SARCHÍ
RÍO CLARO DE DULCE NOMBRE DE CARTAGO	68	Potable	Azul		CARTAGO
RÍO CLARO DE SANTA ROSA DE TURRIALBA	6864	Potable	Azul		TURRIALBA
RÍO SEGUNDO DE ALAJUELA	7529	Potable	Azul		ALAJUELA
ROSARIO DE SAN PABLO DE LEÓN CORTÉS	280	Potable	Verde	Cloro bajo	LEÓN CORTÉS
SABANA REDONDA DE POÁS	2131	No potable	Rojo	Coliformes fecales y cloro bajo	POÁS
SABANILLA DE RODRÍGUEZ DE VALVERDE VEGA: PARTE ALTA	25	Potable	Azul		SARCHÍ
SABANILLA DE RODRÍGUEZ DE VALVERDE VEGA:PARTE BAJA	495	Potable	Azul		SARCHÍ
SALITRILLOS DE ASERRÍ: SECTOR QUEBRADAS RINCÓN Y LAJAS	784	No potable	Rojo	Coliformes fecales, aluminio, hierro, color aparente y cloro bajo	ASERRÍ
SAN ANTONIO DE BELÉN: CENTRO	7103	Potable	Azul		BELÉN
SAN BLAS DE EL CARMEN DE CARTAGO: CENTRO	4221	Potable	Azul		CARTAGO

Cuadro 8.7. Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2020.

Sistema de abastecimiento	Población	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Municipalidad
SAN BLAS DEL CARMEN DE CARTAGO: SECTOR NORTE O EL ALTO	1713	No potable	Naranja	Nitratos	CARTAGO
SAN JERÓNIMO DE NARANJO: CENTRO	2515	Potable	Azul		NARANJO
SAN JERÓNIMO DE NARANJO: PARTE ALTA	810	Potable	Azul		NARANJO
SAN JOAQUIN DE FLORES: CENTRO	12217	Potable	Azul		FLORES
SAN JUAN DE RODRÍGUEZ DE VALVERDE VEGA	787	Potable	Azul		SARCHÍ
SAN JUAN NORTE Y LOMALARGA DE CORRALILLO	785	Potable	Azul		CARTAGO
SAN JUAN SUR DE SAN JUAN DE POÁS: SECTOR NACIENTE GRACILIANO	722	Potable	Verde	Cloro bajo	POÁS
SAN JUAN SUR DE SAN JUAN DE POÁS:SECTOR NAC. WILLIAM HERRERA	722	Potable	Azul		POÁS
SAN LORENZO DE FLORES	935	Potable	Azul		FLORES
SAN MARCOS DE TARRAZÚ: SECTOR NACIENTE EL RODEO	1836	Potable	Azul		TARRAZÚ
SAN MARCOS DE TARRAZÚ: SECTOR NACIENTE EL VAPOR	2558	Potable	Azul		TARRAZÚ
SAN MARCOS DE TARRAZÚ: SECTOR NACIENTE SAN CAYETANO	273	Potable	Azul		TARRAZÚ
SAN MARCOS DE TARRAZÚ: SECTOR NACIENTE SAN GUILLERMO	2153	Potable	Azul		TARRAZÚ
SAN MIGUEL DE SARCHÍ SUR DE VALVERDE VEGA	960	Potable	Azul		SARCHÍ
SAN MIGUEL DE TURRÚCARES DE ALAJUELA	833	Potable	Azul		ALAJUELA
SAN MIGUEL, SAN LUIS, PARACITO Y LOS ÁNGELES	9359	Potable	Azul		SANTO DOMINGO
SAN PABLO DE BARVA: SECTOR NORTE	247	Potable	Azul		BARVA
SAN PABLO DE LEÓN CORTÉS: CENTRO	2100	Potable	Azul		LEÓN CORTÉS
SAN PABLO DE LEÓN CORTÉS: PARTE ALTA	528	No potable	Rojo	Coliformes fecales y cloro bajo	LEÓN CORTÉS
SAN PANCRACIO DE CERVANTES DE ALVARADO	595	Potable	Azul		ALVARADO
SAN PEDRO DE LA GARITA DE ALAJUELA	1575	Potable	Azul		ALAJUELA
SAN PEDRO DE POÁS: SISTEMA LOS PINITOS	4396	No potable	Rojo	Coliformes fecales y cloro bajo	POÁS
SAN RAFAEL DE NARANJO	1095	Potable	Azul		NARANJO
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 2020.

Sistema de abastecimiento	Población	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Municipalidad
SAN RAFAEL DE OREAMUNO MATA DE MORA (SECTOR NORESTE)	13714	Potable	Azul		OREAMUNO
SAN RAFAEL DE POÁS	1182	Potable	Azul		POÁS
SAN RAFAEL DE SANTA MARÍA DE DOTA: SECTOR ESTE	1006	Potable	Verde	Cloro bajo	DOTA
SAN RAFAEL DE SANTA MARÍA DE DOTA: SECTOR OESTE	168	Potable	Azul		DOTA
SAN RAFAEL DE TAMBOR DE ALAJUELA	999	Potable	Azul		ALAJUELA
SAN RAFAEL Y LOS SAUCES DE LA UNIÓN: PARTE BAJA	1333	Potable	Azul		LA UNIÓN
SANTA EDUVIGES DE SAN RAFAEL DE OREAMUNO	245	Potable	Verde	Nitratos cerca del VMA	OREAMUNO
SANTA MARÍA DE DOTA: CENTRO	1082	Potable	Azul		DOTA
SANTA ROSA DE SANTO DOMINGO	4977	Potable	Azul		SANTO DOMINGO
SANTIAGO DEL MONTE DE SAN DIEGO: PARTE ALTA	61	No potable	Naranja	Coliformes fecales	LA UNIÓN
SANTO DOMINGO DE HEREDIA: CENTRO	8474	Potable	Azul		SANTO DOMINGO
SANTO TOMÁS DE SANTO DOMINGO DE HEREDIA	6167	Potable	Azul		SANTO DOMINGO
SARCHÍ NORTE DE VALVERDE VEGA	6079	Potable	Azul		SARCHÍ
SARCHÍ SUR DE VALVERDE VEGA	960	Potable	Azul		SARCHÍ
SÁUREZ DE ASERRÍ: SECTOR LA CUESTA DEL RIPIO	35	No potable	Naranja	Color aparente y turbiedad	ASERRÍ
SÁUREZ DE ASERRÍ: SECTOR PARTE BAJA DE LOURDES	538	No potable	Rojo	Coliformes fecales, color aparente y cloro bajo	ASERRÍ
SIQUIARES Y SANTA RITA DE TURRÚCARES DE ALAJUELA	1065	Potable	Azul		ALAJUELA
SISTEMA 1 CEBOLLA	183	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SISTEMA 1: CAPELLADES CENTRO	3150	Potable	Azul		ALVARADO
SISTEMA 1: PACAYAS CENTRO	3675	Potable	Azul		ALVARADO
SISTEMA 10 GIRASOLES	616	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SISTEMA 10: PACAYAS LLANO GRANDE 3	280	Potable	Azul		ALVARADO
SISTEMA 11 CUESTA COLORADA	5603	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SISTEMA 12 PORTICO	637	No potable	Naranja	Coliformes fecales	SANTA BÁRBARA

Cuadro 8.7. Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2020.

Sistema de abastecimiento	Población	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Municipalidad
SISTEMA 12: LOURDES LA CAPILLA	227	Sin evaluar	Sin evaluar		ALVARADO
SISTEMA 13 GUACHIPELINES	5625	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SISTEMA 14 B POZA AZUL	3200	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SISTEMA 14 LEÓN CORTES	3600	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SISTEMA 15: LOURDES SECTOR LOS BRENES	210	Potable	Azul		ALVARADO
SISTEMA 16 BELFOR	963	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SISTEMA 16: LOURDES VICENTE SERRANO Y ZENÓN	370	Potable	Verde	Cloro bajo	ALVARADO
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	3425	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SISTEMA 3: CAPELLADES CALLEJÓN (LOURDES)	182	Potable	Verde	Cloro bajo	ALVARADO
SISTEMA 3: PACAYAS PATALILLO BARRIO FÁTIMA	490	Potable	Azul		ALVARADO
SISTEMA 4 SIMÓN	311	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SISTEMA 4: PACAYAS LOS ÁNGELES	437	Potable	Azul		ALVARADO
SISTEMA 5 AMAPOLA	4815	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SISTEMA 6 ROSALES	562	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SISTEMA 7 GONZALO VÍQUEZ	6884	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SISTEMA 7: PACAYAS BUENOS AIRES	262	Potable	Azul		ALVARADO
SISTEMA 8 LA GRUTA	501	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SISTEMA 9 LA PROA	490	Potable	Verde	Cloro bajo	SANTA BÁRBARA
SISTEMAS 8, 9 PACAYAS LLANO GRANDE 1, 2 Y 3	438	Potable	Azul		ALVARADO
SITIO DE SAN RAFAEL DE POÁS	970	Potable	Azul		POÁS
SUBSISTEMA EL ALTO	52	Potable	Verde	Cloro bajo	ALVARADO
SUBSISTEMA EL CENTRO	6300	Potable	Azul		ALVARADO
SUBSISTEMA LAS AGUAS	315	Potable	Azul		ALVARADO
TACACORÍ DE SAN ISIDRO DE ALAJUELA	1701	Potable	Azul		ALAJUELA

Cuadro 8.7. Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2020.

Sistema de abastecimiento	Población	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Municipalidad
TAJO ALTO DE MIRAMAR DE MONTES DE ORO	189	Potable	Azul		MONTES DE ORO
TAMBOR DE ALAJUELA	1690	Potable	Azul		ALAJUELA
TARAS DE SAN NICOLÁS DE CARTAGO	2220	Potable	Azul		CARTAGO
TRES RÍOS CENTRO	36280	Potable	Azul		LA UNIÓN
TUETAL DE SAN JOSÉ DE ALAJUELA	6684	No potable	Rojo	Coliformes fecales y cloro bajo	ALAJUELA
TURRÚCARES CENTRO Y SUROESTE DE ALAJUELA	3780	Potable	Azul		ALAJUELA
UJARRÁS	1386	No potable	Rojo	Coliformes fecales y cloro bajo	PARAÍSO
UPALA	10045	Potable	Azul		UPALA
URASCA DE CACHÍ	606	Potable	Azul		PARAÍSO
URBANIZACIÓN ARMONÍA DE BARVA DE HEREDIA	1148	Potable	Azul		BARVA
URBANIZACIÓN HACIENDA LOS ABUELOS	290	Potable	Azul		FLORES
URBANIZACIÓN LA COLONIA DE SANTO DOMINGO	1274	Potable	Azul		SANTO DOMINGO
URBANIZACIÓN LA GIRALDA DE DESAMPARADOS DE ALAJUELA	1878	Potable	Azul		ALAJUELA
URBANIZACIÓN LAS FLORES DE FLORES	630	Potable	Azul		FLORES
URBANIZACIÓN MONTE HIEDRA (LLEIRA) DE BARVA	1138	Potable	Azul		BARVA
URBANIZACIÓN PETERS DE SAN JUAN DE RODRÍGUEZ	346	Potable	Azul		SARCHÍ
URBANIZACIÓN QUIZARCO DE SANTO DOMINGO	1519	Potable	Azul		SANTO DOMINGO
URBANIZACIÓN SANTANDER DE BARVA DE HEREDIA	381	Potable	Azul		BARVA
URBANIZACIÓN SIGLO 21 DE LLORENTE DE FLORES	2313	Potable	Azul		FLORES
URBANIZACIÓN SILVIA EUGENIA DE DESAMPARADOS DE ALAJUELA	1606	Potable	Verde	Cloro bajo	ALAJUELA
URBANIZACIÓN VILLA HERMOSA EN DULCE NOMBRE	1347	Potable	Azul		LA UNIÓN
VELÁZQUEZ DE TAJO ALTO DE MIRAMAR	105	Potable	Azul		MONTES DE ORO
VILLA FLORES DE BARRANTES DE FLORES	612	Potable	Azul		FLORES
VOLIO DE CACHÍ	866	Potable	Azul		PARAÍSO
YERBABUENA DE SAN RAFAEL DE LA UNIÓN	1333	Potable	Azul		LA UNIÓN
ZARCERO CENTRO	730	Potable	Azul		ZARCERO

Cuadro 8.7. Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2020.

Sistema de abastecimiento	Población	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Municipalidad
AZUL DE TURRIALBA	629	No potable	Naranja	Coliformes fecales y no clorado	TURRIALBA
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	Sin evaluar	Sin evaluar		ALVARADO
URBANIZACIÓN EL REY DE ALAJUELA	937	Potable	Verde	No clorado	ALAJUELA
GUAYABITO DE TURRIALBA	34	No potable	Naranja	Coliformes fecales y no clorado	TURRIALBA
EL LLANO DE OROTINA	175	No potable	Naranja	Coliformes fecales y no clorado	OROTINA
ASERRÍ: SECTOR ABASTECIDO POR LA QUEBRADA AGUA BLANCA	50	No potable	Naranja	Coliformes fecales y no clorado	ASERRÍ
SISTEMA 11: PACAYAS LLANO GRANDE 4	35	Potable	Verde	No clorado	ALVARADO
PORVENIR DE QUESADA DE SAN CARLOS	787	Potable	Verde	Hierro	SAN CARLOS
CIUDAD QUESADA DE SAN CARLOS	24173	Potable	Azul		SAN CARLOS
LA ISLA DE CIUDAD QUESADA	420	Potable	Verde	Cloro bajo	SAN CARLOS

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 ^{(a) (b)}		Tanques de almacenamiento ^(a)		Red de distribución ^{(a) (b)}		Total de muestras mínimas por año ^(c)
	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 ^(d)
> 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.

Parámetros del nivel primero (N1).			
Parámetro	Unidad	Valor Alerta (VA)	Valor Máximo Admisible (VMA)
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
Parámetros del nivel segundo (N2)			
Parámetro	Unidad	Valor Alerta (VA)	Valor Máximo Admisible (VMA)
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 ⁽¹⁾	µg/L	-	300,0*
Magnesio	mg/L	30,0	50,0
Manganeso ⁽¹⁾	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>			
Parámetros del nivel tercero (N3)			
Parámetro	Unidad	Valor Alerta (V.A)	Valor Máximo Admisible (V.M.A.)
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	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 control de 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 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.