

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS



Informe Anual 2019
Cobertura y Calidad del Agua para Consumo y Uso Humano en Acueductos
Municipales y de la ESPH

Elaborado por:

M.Sc. Jimena Orozco Gutiérrez

Revisado por:

Dr. Pablo Rivera Navarro

Aprobado por:

Dr. Darner Mora Alvarado

Mayo 2020



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Centro de Documentación e Información
UEN Investigación y Desarrollo



**AUTORIZACIÓN INSTITUCIONAL PARA PUBLICAR TESIS, ESTUDIOS,
ARTÍCULOS Y/O INFORMES PROPIEDAD INTELECTUAL DE AyA EN EL
REPOSITORIO DIGITAL DEL CEDI**

Yo, **Eric Alonso Bogantes Cabezas**

N° Cédula: 5-251-0327

Dependencia: **Gerencia General**

Autorizo como Gerente General y representante legal del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) cédula jurídica 4-000-042138 al Centro de Documentación e Información (CEDI) de la UEN Investigación y Desarrollo la inclusión, publicación y difusión en su Repositorio Digital y Catálogo en línea (OPAC).

Se trata de estudios y documentos cuyos derechos intelectuales y de uso son exclusivos de nuestra institución.

E-mail: gerenciageneral@aya.go.cr N° Teléfono: 2242-5090



Firma: _____

Firmado digitalmente
por ERIC ALONSO
BOGANTES CABEZAS
(FIRMA)
Fecha: 2021.06.16
17:21:24 -06'00'

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	3
2. OBJETIVO GENERAL.....	7
1.1. Objetivos Específicos.....	7
3. METODOLOGÍA.....	7
1.2. Muestreo.....	8
1.3. Métodos de análisis.....	8
1.4. Interpretación de los resultados.....	9
1.1. Cobertura con agua de calidad potable.....	11
1.2. Escalera del agua de hogares de la Organización Mundial de la Salud.....	12
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13
1.1. Cobertura con agua potable.....	13
4.1. Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano.....	15
4.2. Parámetros incumplidos	16
1.1. Escalera del agua de hogares de la Organización Mundial de la Salud.....	22
5. CONCLUSIONES.....	24
6. RECOMENDACIONES.....	27
7. REFERENCIAS	28
8. APÉNDICES.....	30
9. ANEXOS	45

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1. Número de acueductos operados por municipalidades y ESPH junto con su población abastecida por provincia durante el 2019.....	6
Cuadro 1.2. Fuentes de abastecimiento de los acueductos operados por municipalidades y la ESPH durante el 2019.	6
Cuadro 8.1. Población abastecida por acueductos operados por municipalidades y la ESPH según calidad de agua en el 2019.....	30
Cuadro 8.2. Población abastecida por acueductos clorados operados por municipalidades y la ESPH según calidad de agua en el 2019.	30
Cuadro 8.3. Población abastecida por acueductos no clorados operados por municipalidades y la ESPH según calidad de agua en el 2019.	31
Cuadro 8.4. Número de acueductos operados por municipalidades y la ESPH según calidad de agua en el 2019.....	31

Cuadro 8.5. Número de acueductos clorados y no clorados operados por municipalidades y la ESPH según calidad de agua en el 2019.	32
Cuadro 8.6. Calidad de los acueductos operados por la ESPH en el 2019.	33
Cuadro 8.7. Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2019.	33
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.	45
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.	45
Cuadro 9.3. Parámetros para la evaluación de la calidad del agua para consumo humano.	46
Cuadro 9.4. Criterios microbiológicos para la evaluación de la calidad del agua para consumo según población abastecida.	47
Cuadro 9.5. Clasificación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos según su efecto en la calidad del agua.	47
Cuadro 9.6. Niveles de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano.	48
Cuadro 9.7. Escalera del servicio de agua en hogares.	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1. Calidad del agua suministrada por municipalidades y la ESPH por cantones en el 2019.	14
Figura 4.2. Porcentajes de población abastecida según el nivel de riesgo asociado a la calidad del agua en el 2019.	16
Figura 4.3. Población abastecida según calidad del agua suministrada por acueductos municipales en el 2019.	18
Figura 4.4. Número de casos de incumplimientos de los distintos parámetros en acueductos municipales en el 2019.	19
Figura 4.5. Escalera del servicio de agua en hogares suministrado por acueductos municipales y de la ESPH en el 2019.	23

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 2019. La evaluación se basa en la información recolectada el por el Laboratorio Nacional de Aguas (LNA), 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 17025:2005; 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 las medidas correctivas pertinentes. 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.

El LNA realizó el control de calidad de los acueductos de las municipalidades que firmaron un convenio. En dicho convenio, la municipalidad, en calidad de ente operador, contrata al LNA para que realice el muestreo y análisis de calidad del agua, con la salvedad, de que la información generada sea de conocimiento público. El número de muestras y la frecuencia de muestreo de estos acueductos se establecen en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable (Decreto Ejecutivo N° 38924-S, 2015), y varían en función de su población abastecida.

En el caso de las municipales que carecieron de un convenio, sus acueductos fueron monitoreados como parte de la vigilancia de la calidad del agua que realiza el LNA, que consiste en al menos un muestreo por acueducto al año. 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 (S. Romero, UEN Gestión Ambiental, comunicación personal, abril, 7, 2016).
- Pozo o subterránea: 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 (S. Romero, UEN Gestión Ambiental, comunicación personal, abril, 7, 2016).
- 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, comunicación personal, abril, 7, 2016).

El agua de las fuentes subsuperficiales y subterráneas, normalmente no presenta niveles altos de turbiedad, y 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, previo a la cloración. La alta turbiedad en el agua es un factor que entorpece la cloración 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, 2011). La ingesta de agua superficial sin el tratamiento adecuado, implica un alto riesgo para la salud. El reglamento (Decreto Ejecutivo N° 38924– S), en el artículo 18, establece que toda agua superficial para consumo humano, debe recibir tratamiento previo para cumplir con los valores máximo admisibles y garantizar la eficiencia de la desinfección.

El reglamento (Decreto Ejecutivo N° 38924-S, 2015) establece en el artículo 17, el uso de cloro como agente desinfectante, con el fin de mantener un residual que garantice la calidad del agua, ante eventuales contaminaciones microbianas 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. La función principal del cloro es reducir la carga microbiana y prevenir posibles cuadros clínicos asociados a la presencia de patógenos (OMS, 2011).

Para el 2019, el LNA reportó un total de 256 acueductos operados por 28 municipalidades, el Concejo Distrital de Cervantes y la ESPH, que abastecieron a una población de 948 879 habitantes, lo que equivale aproximadamente al 18,8 % de la población nacional, al compararlo contra la población de Costa Rica estimada por la Encuesta Nacional de Hogares (INEC, 2019). ESPH operó 14 acueductos clorados, suministrando agua a 224 665 habitantes. De los acueductos municipales, 230 fueron clorados y 12 fueron no clorados. Las municipalidades que firmaron convenios con el LNA fueron: Alajuela, Alvarado, Jiménez, La Unión, Montes de Oro, Naranjo, Oreamuno, Santo Domingo, Tarrazú y Upala. Ninguna de las municipalidades de la provincia de Limón administró ni operó acueductos. El Concejo Distrital de Cervantes operó ocho 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 2019, se reportaron un total de 513 fuentes, de las cuales 80 fueron subterráneas (16 %), 389 nacientes (76 %), y 44 superficiales (9 %). En el Cuadro 1.2 se detalla la cantidad de fuentes de abastecimiento según región operacional.

Cuadro 1.1. Número de acueductos operados por municipalidades y ESPH junto con su población abastecida por provincia durante el 2019.

Provincia	Población abastecida					Número de sistemas		
	Clorados	%	No CI ⁽¹⁾	%	Total	Clorados	No CI ⁽¹⁾	Total
San José	36197	99,9	50	0,1	36247	32	1	33
Alajuela	210944	582,0	998	2,8	211942	71	3	74
Cartago	320407	884,0	2722	7,5	323129	68	8	76
Heredia	124942	344,7	0	0,0	124942	53	0	53
Guanacaste	14234	39,3	0	0,0	14234	2	0	2
Puntarenas	13720	37,9	0	0,0	13720	4	0	4
Limón	0	0,0	0	0,0	0	0	0	0
Municipalidades⁽²⁾	720444	1987,6	3770	10,4	724214	230	12	242
ESPH	224665	619,8	0	0,0	224665	14	0	14
Total⁽³⁾	945109	2607,4	3770	10,4	948879	244	12	256

(1) No CI: Acueductos no clorados; (2) sumatoria de los acueductos municipales de cada provincia; (3) sumatoria de la ESPH y municipalidades.

Fuente: Área de Agua Potable, LNA.

Cuadro 1.2. Fuentes de abastecimiento de los acueductos operados por municipalidades y la ESPH durante el 2019.

Provincia	Fuentes de abastecimiento			
	Total	Naciente	Pozo	Superficial
San José	75	47	0	28
Alajuela	129	117	11	1
Cartago	146	138	4	4
Heredia	109	74	33	2
Guanacaste	4	0	3	1
Puntarenas	9	9	0	0
Limón	0	0	0	0
Municipalidades⁽¹⁾	472	385	51	36
ESPH	41	4	29	8
Total⁽²⁾	513	389	80	44

(1) Sumatoria de los acueductos municipales de cada provincia; (2) sumatoria de la ESPH y municipalidades.

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 y ejecución de la recolección de muestras de agua para consumo.

2. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad y cobertura del agua de consumo en los acueductos operados por municipalidades y la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) durante el 2019, 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).

1.1. Objetivos Específicos

- Evaluar el cumplimiento de la reglamentación vigente referente a la calidad del agua suministrada por acueductos municipales y de la ESPH.
- Calcular la cobertura de agua de calidad potable en los acueductos municipales y de la ESPH en el 2019.
- Evaluar el riesgo asociado a la calidad del agua de los distintos acueductos municipales y de la ESPH, utilizando el IRCACH.
- Identificar los acueductos municipales y de la ESPH susceptibles a la contaminación del agua.
- Identificar los parámetros con mayor número de incumplimientos que afectan la calidad del agua en los acueductos operados por municipalidades y la ESPH.
- Comparar la cobertura con agua potable de las distintas municipalidades operadoras de acueductos, la ESPH y el Concejo Distrital de Cervantes.
- Elaborar la escalera del servicio de agua en hogares abastecidos por acueductos comunales.

3. METODOLOGÍA

El presente informe se basó en los datos recolectados y procesados por el Laboratorio Nacional de Aguas (LNA).

1.2. Muestreo

Los procedimientos de muestreo y manipulación de muestras de agua se definen en el Manual de Calidad del LNA, los cuales a su vez, se basan en el *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* 23 Ed. (American Public Health Association, et al., 2017); mientras que las especificaciones de muestreo, como número mínimo de muestras a recolectar y la frecuencia, se definen en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable (Decreto Ejecutivo N° 38924-S, 2015). Las especificaciones de muestreo para el control de calidad del agua, varían en función de la población abastecida por el acueducto. 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. En cambio, para la vigilancia de la calidad del agua, se realiza como mínimo 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.

El LNA se encarga de realizar el control de calidad del agua de los acueductos pertenecientes a las diez municipalidades que firmaron convenio; por lo tanto, el número de muestras recolectadas por año de estos acueductos debe ser igual o superior a lo establecido en el reglamento (Decreto Ejecutivo N° 38924-S, 2015). Los acueductos que no firman convenio con el LNA presentan una frecuencia de muestreo menor, ya que el LNA solo les realiza la vigilancia de la calidad del agua.

Con respecto a 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.

1.3. 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 EEUU (*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 17025:2005.

1.4. 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-Alvarado, *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 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 2019. 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 de los acueductos es anual y se basa en análisis puntuales, realizados en un momento y lugar específico. 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 determinación de la calidad del agua se realiza tomando en cuenta solo los ensayos de parámetros efectuados en la red de distribución; es decir, se evalúa el agua como producto final suministrado a viviendas y demás instalaciones. 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 para evaluar la calidad del agua se muestran en el Cuadro 9.3 de Anexos, junto con su valor máximo admisible; 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 acueducto 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 vigente, se establece el criterio de cumplimiento de la normativa para los acueductos clorados:

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

No obstante, las Guías para la calidad de agua potable (OMS, 2011), 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 acueductos, 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:

- El agua potable cumple los criterios de la calidad microbiológica en aquellos sistemas de suministro de agua clorada, cuya población abastecida es inferior a 5 000 habitantes, si el porcentaje de negatividad es igual o superior al 90 % para coliformes fecales; y en los sistemas que abastecen a poblaciones iguales o superiores a 5 000 habitantes, si el porcentaje de negatividad es igual o superior al 95 %.
- En los acueductos 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*.

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 presentara 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 en organolépticos, de significado para la salud, operativos e indicadores de contaminación.

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 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-Alvarado, *et al.*, 2018); la cual establece que, para las evaluaciones anuales, donde se cuenta con más de un reporte puntual, se analizan 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 cuenta 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-Alvarado, *et al.*, 2018). Los niveles de riesgo asociado a la calidad del agua del IRCACH se describen en el Cuadro 9.6 de Anexos.

1.1. 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 por provincia fue la siguiente:

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

1.2. Escalera del agua de hogares de la Organización Mundial de la Salud

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), se utilizó para determinar la cobertura según el nivel de servicio de abastecimiento suministrado por los acueductos municipales y de la ESPH. La elaboración de dicha escalera 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 2019. 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 municipales y de la ESPH recibió un servicio de al menos 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. 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 municipales y de la ESPH que suministraron agua de calidad potable fueron considerados como servicios gestionados de manera segura.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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 es cierto, las evaluaciones puntuales por sí solas no definen la calidad del agua suministrada, éstas son fundamentales para detectar los problemas sanitarios que provocar 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).

1.1. Cobertura con 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 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, de la ESPH y del Concejo Distrital registrados en la base de datos del LNA para finales del 2019. En dichos cuadros se detalla la población abastecida por cada acueducto, la calidad del agua, el riesgo asociado a la calidad y parámetros incumplidos.

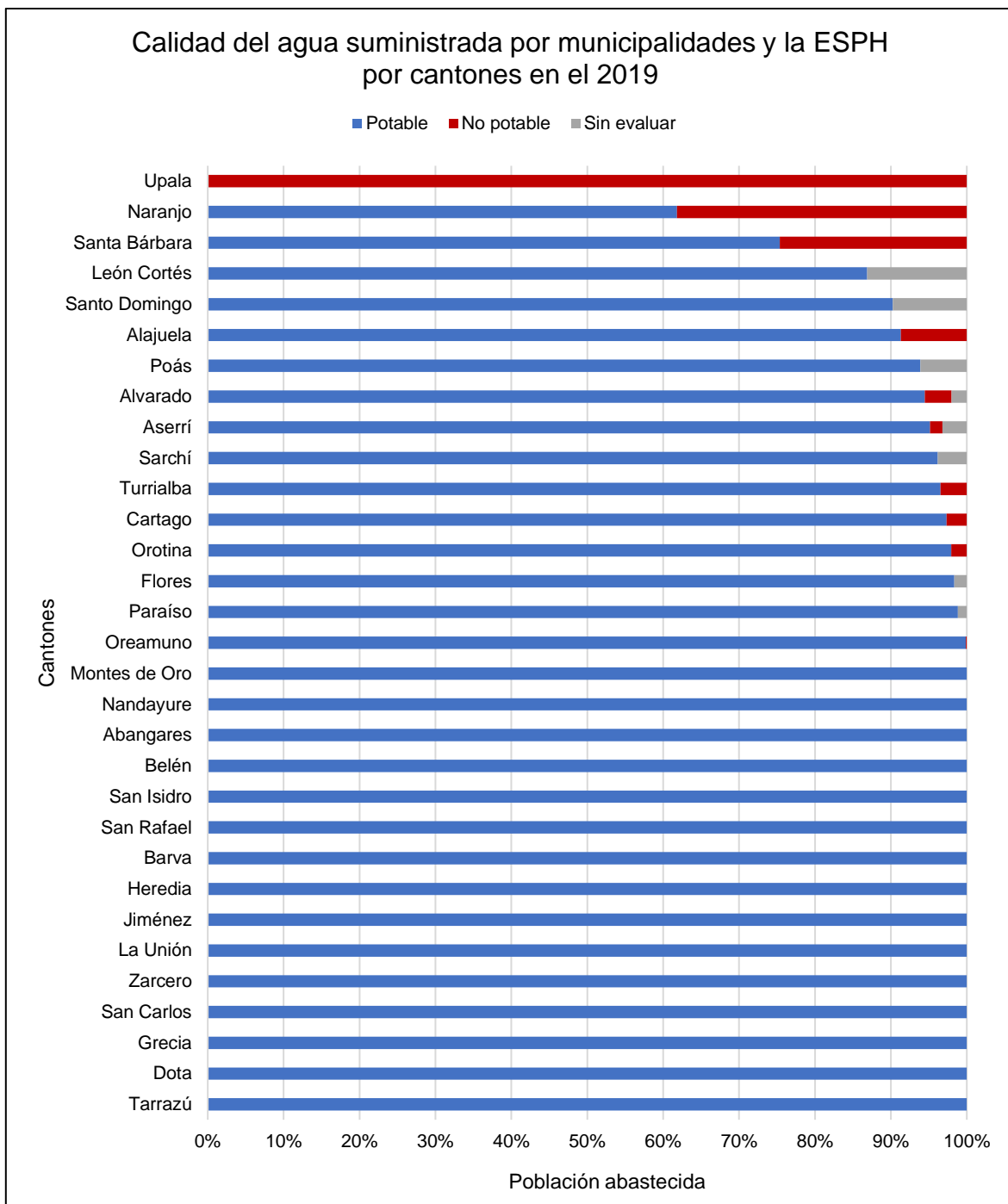


Figura 4.1. Calidad del agua suministrada por municipalidades y la ESPH por cantones en el 2019.

Fuente: Área de Agua Potable, LNA.

En el 2019, un 93,8 % de la población abastecida por acueductos municipalidades (679 041 habitantes) recibió agua de calidad potable, un 5,2 % (37 585 habitantes) recibió

agua no potable y el restante 1,0 % (7 588 habitantes) recibió agua sin evaluar. En el caso de la ESPH, el 100 % de su población recibió agua de calidad potable (224 665 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. Doce municipalidades suministraron agua potable al 100 % de su población, éstas fueron: Tarrazú, Dota, Grecia, San Carlos, Zarcero, La Unión, Jiménez, Barva, Belén, Abangares, Nandayure y Montes de Oro. 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 Upala no suministró agua potable a su población. La municipalidad de Naranjo, Santa Bárbara y León Cortés abastecieron con agua potable al 62 %, 75 % y 87 % de su población respectivamente. Doce municipalidades, junto con el Concejo Distrital de Cervantes, abastecieron con agua potable a más del 90 % de su población, sin llegar al 100 %. Las municipalidades de León Cortés y Santo Domingo presentaron los mayores porcentajes de población abastecida con agua sin evaluar, siendo un 13 % y 10 % respectivamente.

4.1. 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 las municipalidades, el 81,7 % de la población abastecida recibió agua de riesgo muy bajo (Azul); 13,1 % de riesgo bajo (Verde); 0,0 % de riesgo Intermedio (Amarillo), 4,9 % 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 2019, que equivale a 716 626 habitantes. En el caso de la ESPH, el 100 % de la población abastecida recibió agua de riesgo muy bajo (Azul). En la Figura 4.2 se observa el porcentaje de la población abastecida según el nivel de riesgo asociado a la calidad del agua por provincia y por la ESPH.

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). El riesgo alto (Naranja) se debió, además, al incumplimiento de nitratos. Por otro lado, el principal factor causante del riesgo bajo (Verde) en la calidad del agua, fue la ausencia o la insuficiente concentración 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 450 µg/L. La alerta por concentraciones de nitratos cercanas al valor máximo admisible, también fueron motivo para considerar a dos acueductos de riesgo bajo (Verde).

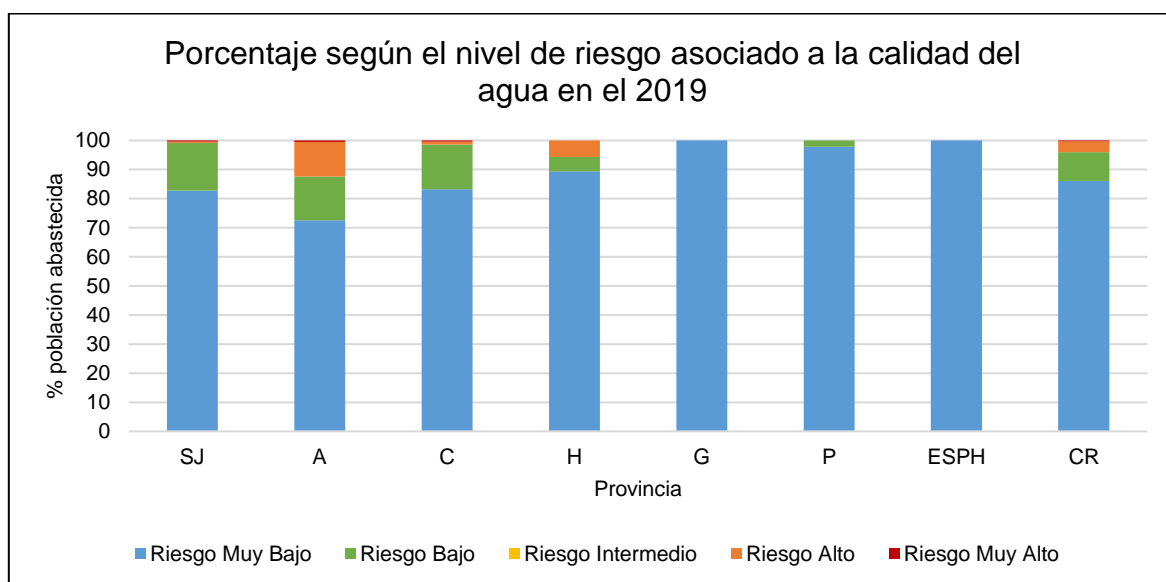


Figura 4.2. Porcentajes de población abastecida según el nivel de riesgo asociado a la calidad del agua en el 2019.

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.

4.2. Parámetros incumplidos

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, 2011). 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 2018, el 99 % de la población abastecida por acueductos operados por municipalidades recibió agua clorada. Los acueductos no clorados fueron administrados por las municipalidades de Alajuela, Poás, 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 2019. De los 20 acueductos que suministraron agua de calidad no potable, 18 suministraron agua con presencia de contaminación fecal a 35 181 habitantes aproximadamente. Los cantones en donde se detectó presencia de coliformes fecales fueron: Alajuela, Alvarado, Aserrí, Naranjo, Oreamuno, Orotina, Santa Bárbara, Turrialba y Upala.

En la Figura 4.3 se muestran los porcentajes de población abastecida por municipalidades 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 94 % de la población recibió agua potable, un 5 % recibió agua no potable y el restante 1 % recibió agua cuya calidad no fue evaluada. En el caso de los acueductos no clorados, un 71 % de la población recibió agua potable, un 18 % recibió agua no potable y un 11 % recibió agua sin evaluar. La calidad no potable de los acueductos no clorados se debió únicamente al incumplimiento de los criterios microbiológicos.

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 14 acueductos clorados. Tampoco es posible afirmar que la ausencia del desinfectante implica la presencia de coliformes fecales, ya que seis 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, ya que 48 acueductos, con dichas instalaciones, presentaron concentraciones de cloro inferiores a

0,3 mg/L.

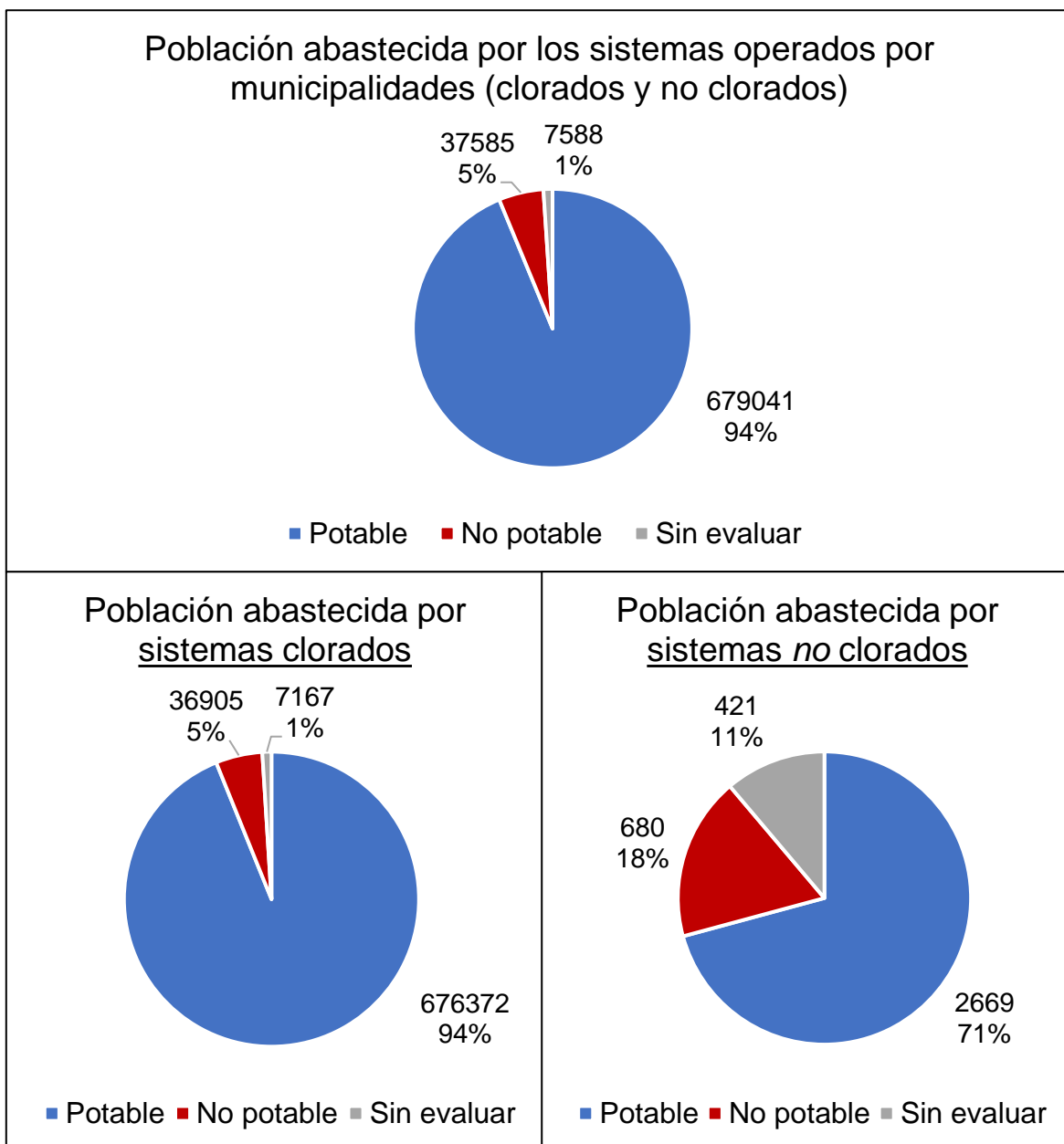


Figura 4.3. Población abastecida según calidad del agua suministrada por acueductos municipales en el 2019.

Fuente: Área de Agua Potable, LNA.

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 en acueductos clorados fue el incumplimiento con mayor incidencia en el 2019, con 14 casos de incumplimiento, seguido de la presencia de coliformes fecales en acueductos no clorados con cuatro casos, incumplimientos por aluminio con tres casos, incumplimientos por nitratos con cuatro casos y dos casos de incumplimiento por hierro. 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. En un mismo acueducto podría haber más de un caso de incumplimiento, es decir, un acueducto que incumpla con más de un parámetro. En la Figura 4.4 se muestran los parámetros incumplidos con mayor número de casos.

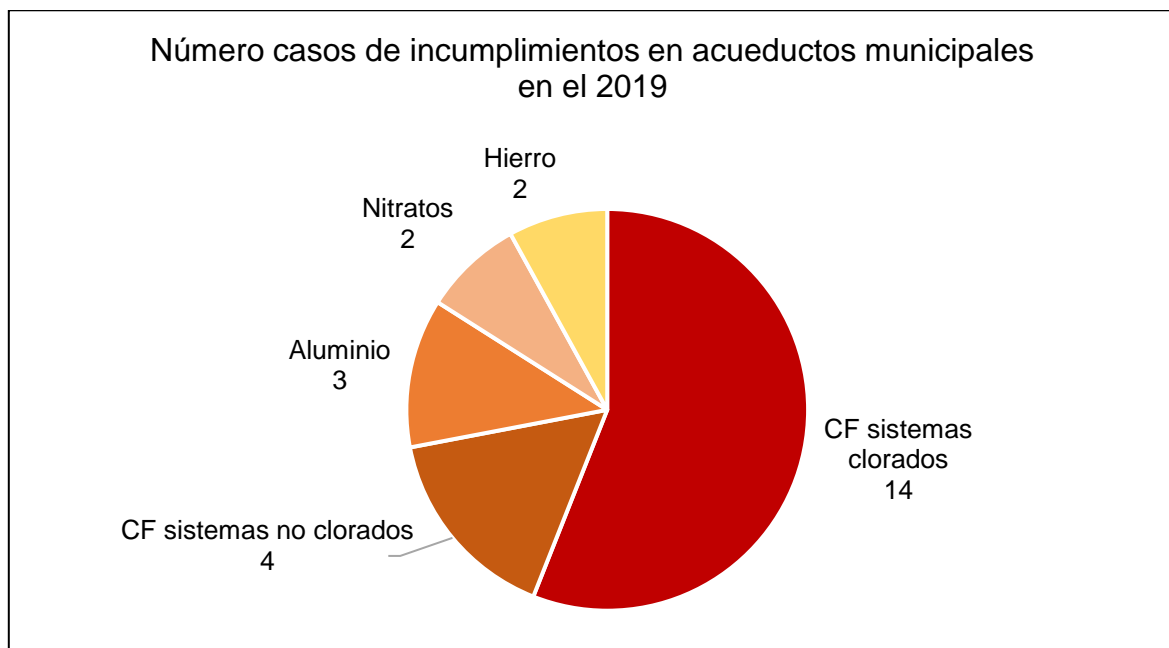


Figura 4.4. Número de casos de incumplimientos de los distintos parámetros en acueductos municipales en el 2019.

CF: coliformes fecales.

Fuente: Área de Agua Potable, LNA.

Según las Guías para la Calidad del Agua Potable (OMS, 2011), 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, para la especiación y solubilidad del aluminio (OMS, 2011). 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 las especificaciones de las Guías para la Calidad del Agua Potable (OMS, 2011), se definió un valor de referencia de riesgo para la salud del consumidor de 0,9 mg/L, para lo cual se le atribuye un 20 % del PTWI al agua para consumo y se utiliza como referencia un adulto de 60 kg que ingiere al día 2 L de agua.

Aproximadamente 2 888 habitantes se abastecieron por tres acueductos municipales que presentaron incumplimiento por aluminio. El acueducto Casquillo de San Pablo de León Cortés presentó valores de aproximadamente 450 µg/L de aluminio, por encima del valor máximo admisible de 200 µg/L. Este acueducto se consideró de calidad potable con un riesgo bajo (Verde), ya que las concentraciones de aluminio se mantuvieron por debajo del valor de referencia para la salud. Los otros dos acueductos con incumplimiento de aluminio son Barrio Los Ángeles de Santa María de Dota y de Santa María de Dota Centro. En el 2015, se detectaron concentraciones de aluminio superiores a 900 µg/L (valor de referencia para la salud) en las nacientes de estos acueductos del cantón de Dota. Debido a la carencia de datos de los últimos cuatro años, referentes a los parámetros de los niveles 2 y 3 en la red de distribución, se determinó que el riesgo asociado a la calidad suministrada por estos acueductos es bajo (Verde).

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. De acuerdo con las Guías para la Calidad del Agua Potable (OMS, 2011), 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 (OMS, 2011); es decir, el riesgo a la salud aumenta significativamente cuando el agua presenta coliformes fecales, además de altas concentraciones de nitratos.

Las Guías para la Calidad del Agua Potable (OMS, 2011), 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 (OMS, 2011). No obstante, la Agencia de Protección Ambiental de EEUU (*United States Environmental Protection Agency*, EPA), 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 consideró 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.

Aproximadamente 2 404 habitantes se abastecieron por dos acueductos municipales que presentaron concentraciones de nitratos superiores a 50 mg/L, por lo tanto, el agua suministrada se consideró 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 o El Alto. Los acueductos San Rafael de Oreamuno La Chinchilla Centro y San Rafael de Oreamuno Mata de Mora Sector Noreste fueron considerados de riesgo bajo (Verde), debido a que la red de distribución presentó concentraciones de 44 mg/L y 49 mg/L respectivamente.

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.

El hierro es considerado por las Guías para la Calidad del Agua Potable (OMS, 2011) como un parámetro, cuya presencia en el agua de consumo, puede afectar la aceptabilidad de la misma por parte de los consumidores, pero que no representa un riesgo para la salud a las concentraciones normalmente encontradas en el agua de consumo. Las fuentes subterráneas por lo general contienen hierro ferroso (Fe⁺²), que expuesto al oxígeno del aire y al ácido hipocloroso (agente desinfectante en la cloración) 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 µg/L, el agua puede dañar tuberías y teñir la ropa cuando se lava.

Aproximadamente 9 383 habitantes se abastecieron por dos acueductos municipales que presentaron concentraciones de hierro entre 300 µg/L y 500 µg/L. Los acueductos que incumplieron con las concentraciones de hierro fueron Porvenir de Quesada de San Carlos y El Carmen de Cartago Sector Centro y Sur, los cuales suministraron agua considerada de calidad potable con un riesgo bajo (Verde). El IRCACH evalúa la suma de las concentraciones de hierro y manganeso; en el caso de estos acueductos, las concentraciones de manganeso se detectaron por debajo de 30 µg/L, siendo las concentraciones de hierro las que sobrepasaron los 300 µg/L.

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 probablemente, más materia orgánica en las fuentes superficiales, debido a la escorrentía, donde el agua de lluvia arrastra consigo partículas de tierra hasta el cuerpo de agua.

1.1. 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 acueducto municipales y de la ESPH se basó en los registros administrativos del control de calidad realizado por el Laboratorio Nacional de Aguas (LNA). 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, se espera que el suministro de agua haya sido 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.



Figura 4.5. Escalera del servicio de agua en hogares suministrado por acueductos municipales y de la ESPH en el 2019.

Fuente: Área de Agua Potable, LNA.

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 95,2 % de la población; mientras que, los que suministraron agua no potable brindaron un servicio básico, abasteciendo al 4,0 % de la población, y del restante 0,8 % de la población no se obtuvieron datos de calidad del agua suministrada. En la Figura 4.5 se detalla la escalera del servicio de agua en hogares suministrado por acueductos municipales y de la ESPH para el 2019.

5. CONCLUSIONES

- En el 2019, un 93,8 % de la población abastecida por municipalidades (679 041 habitantes) recibió agua de calidad potable, un 5,2 % (37 585 habitantes) recibió agua no potable y el restante 1,0 % (7 588 habitantes) recibió agua sin evaluar; mientras que, la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) suministró con agua potable al 100 % de su población (224 665 habitantes).
- Doce municipalidades suministraron agua potable al 100 % de su población abastecida por acueductos municipales, éstas fueron: Tarrazú, Dota, Grecia, San Carlos, Zarceró, La Unión, Jiménez, Barva, Belén, Abangares, Nandayure y Montes de Oro.
- La ESPH suministró agua potable al 100 % de su población distribuida en tres cantones: Heredia, San Isidro y San Rafael.
- La municipalidad de Upala suministró agua no potable a la totalidad de su población.
- La municipalidad de Naranjo, Santa Bárbara y León Cortés abastecieron con agua potable al 62 %, 75 % y 87 % de su población respectivamente.
- Doce municipalidades, junto con el Concejo Distrital de Cervantes, abastecieron con agua potable a más del 90 % de su población, sin llegar al 100 %.
- Las municipalidades de León Cortés y Santo Domingo presentaron los mayores porcentajes de población abastecida con agua sin evaluar, siendo un 13 % y 10 % respectivamente.
- De acuerdo con el IRCACH, en el caso de las municipalidades el 81,7 % de la población abastecida recibió agua de riesgo muy bajo (Azul); 13,1 % de riesgo bajo (Verde); 0,0 % de riesgo Intermedio (Amarillo), 4,9 % de riesgo alto (Naranja), y 0,4 % de riesgo muy alto (Rojo); mientras que, en el caso de la ESPH el 100 % de la población abastecida recibió agua de riesgo muy bajo (Azul).
- El principal causante del riesgo alto (Naranja) y riesgo muy alto (Rojo) en la calidad

del agua en los acueductos, fue la presencia de coliformes fecales; sin embargo, el riesgo alto (Naranja) se debió, además, al incumplimiento de nitratos.

- El principal factor causante del riesgo bajo (Verde) en la calidad del agua en los acueductos, fue la ausencia o la insuficiente concentración de cloro residual libre. En menor medida hubo casos de riesgo bajo (Verde) debido a concentraciones de hierro superiores a 300 µg/L, de aluminio que rondaron los 450 µg/L y de nitratos cercanas al valor máximo admisible.
- La presencia de coliformes fecales fue la principal causa de incumplimiento de los acueductos municipales en el 2019.
- Aproximadamente 35 181 habitantes se abastecieron por acueductos municipales que incumplieron con los criterios microbiológicos, suministrando agua con contaminación fecal, y se ubican en los siguientes cantones: Alajuela, Alvarado, Aserrí, Naranjo, Oreamuno, Orotina, Santa Bárbara, Turrialba y Upala.
- Hubo una marcada diferencia entre la potabilidad de los acueductos clorados y no clorados: la potabilidad de los acueductos clorados fue de 94 %; mientras que, la potabilidad de los acueductos no clorados fue de 71 %.
- El bajo porcentaje de potabilidad de los acueductos no clorados se debió al incumplimiento de los criterios microbiológicos.
- El porcentaje de población que recibió agua sin evaluar fue mayor en el caso de los acueductos no clorados, siendo de 11 % contra un 1 % en acueductos clorados.
- 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.
- Del total de los acueductos que contaron con instalaciones para la aplicación de cloro, 48 presentaron concentraciones de cloro inferiores a 0,3 mg/L.
- La presencia de coliformes fecales en acueductos clorados fue el incumplimiento con

mayor incidencia, con 14 casos de incumplimiento, seguido de la presencia de coliformes fecales en acueductos no clorados con cuatro casos, incumplimientos por aluminio con tres casos, incumplimientos por nitratos con cuatro casos y dos casos de incumplimiento por hierro.

- Aproximadamente 2 888 habitantes se abastecieron por tres acueductos municipales que presentaron incumplimiento por aluminio.
- El acueducto Casquillo de San Pablo de León Cortés que incumplió con las concentraciones de aluminio, con valores de aproximadamente 450 µg/L, por lo que se consideró de calidad potable con un riesgo bajo (Verde).
- Los acueductos Barrio Los Ángeles de Santa María de Dota y Santa María de Dota Centro se consideraron de calidad potable con riesgo bajo (Verde); ya que, en el 2015, se detectaron concentraciones de aluminio superiores al valor de referencia para la salud de 900 µg/L en las nacientes.
- Aproximadamente 2 404 habitantes se abastecieron por dos acueductos municipales que presentaron concentraciones de nitratos superiores a 50 mg/L.
- Los acueductos considerados de calidad no potable de riesgo alto (Naranja) por incumplir con las concentraciones de nitratos fueron Banderilla de San Nicolás y San Blas del Carmen de Cartago sector Norte o El Alto.
- Los acueductos San Rafael de Oreamuno La Chinchilla Centro y San Rafael de Oreamuno Mata de Mora Sector Noreste fueron considerados de riesgo bajo (Verde), debido a que la red de distribución presentó concentraciones de nitratos de 44 mg/L y 49 mg/L respectivamente.
- Aproximadamente 9 383 habitantes se abastecieron por dos acueductos municipales que presentaron concentraciones de hierro entre 300 µg/L y 500 µg/L.
- Los acueductos que incumplieron con las concentraciones de hierro fueron Porvenir de Quesada de San Carlos y El Carmen de Cartago Sector Centro y Sur, los cuales

suministraron agua considerada de calidad potable con un riesgo bajo (Verde).

- 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 95,2 % de la población, un servicio básico al 4,0 % de la población y del restante 0,8 % de la población no se obtuvieron datos de calidad del agua suministrada.

6. RECOMENDACIONES

- Mantener un residual de cloro de (0,3 a 0,6) mg/L en la red de distribución, además de implementar un proceso de desinfección continuo y eficiente, especialmente en los acueductos donde se detectó la presencia de coliformes fecales o un residual bajo o nulo de cloro.
- 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, con el fin de identificar las causas de la contaminación y deficiencias en el proceso.
- Dar prioridad a los acueductos municipales sin evaluar en el 2019, en el programa de muestreo del 2020.
- 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; lo que conlleva a una mejora en la calidad del agua y disminución en los costos de operación, a la hora de potabilizar el agua.
- Monitorear la calidad de los acueductos San Rafael de Oreamuno La Chinchilla Centro y San Rafael de Oreamuno Mata de Mora Sector Noreste, en los cuales se detectaron concentraciones de nitrato cercanas al valor máximo admisible, ya que representan un potencial riesgo de contaminación antropogénica.
- 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.

- Realizar el muestreo de los acueductos Barrio Los Ángeles de Santa María de Dota y Santa María de Dota Centro, cuya evaluación de los niveles N2 y N3 fue realizada por última vez en el 2015, con el fin de monitorear las concentraciones de aluminio.
- Alertar a los acueductos municipales que incumplen los criterios fisicoquímicos para que busquen asesoramiento y valoren el caso de contaminación e implementen las acciones correctivas apropiadas.
- Verificar que el agua, que se utilice para lavar los tanques de almacenamiento y demás infraestructura, provenga de una fuente de abastecimiento de buena calidad, con el fin de evitar contaminaciones.

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, 2020. *National Primary Drinking Water Regulations. Chemical Contaminant Rules Summary*. [En línea]
Available at: <https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/national-primary-drinking-water-regulations#Inorganic>
- 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, 2019. *Encuesta Nacional de Hogares (ENAH0)*. [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-Alvarado, D. y otros, 2018. Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Costa Rica (IRCACH). *Tecnología En Marcha*, 31(3), pp. 3-14.
- OMS, 2011. *Guidelines for Drinking-water Quality*, Ginebra, Suiza: Cuarta ed..
- 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.

8. APÉNDICES

Cuadro 8.1. Población abastecida por acueductos operados por municipalidades y la ESPH según calidad de agua en el 2019.

Provincia	Total	Totales					
		Potable		No potable		Sin evaluar	
San José	36247	34819	96,1%	300	0,8%	1128	3,1%
Alajuela	211942	184645	87,1%	26029	12,3%	1268	0,6%
Cartago	323129	317788	98,3%	4446	1,4%	895	0,3%
Heredia	124942	113835	91,1%	6810	5,5%	4297	3,4%
Guanacaste	14234	14234	100%	0	0%	0	0%
Puntarenas	13720	13720	100%	0	0%	0	0%
Limón	0	0	0%	0	0%	0	0%
Municipalidades⁽¹⁾	724214	679041	93,8%	37585	5,2%	7588	1,0%
ESPH	224665	224665	100%	0	0%	0	0%
Total⁽²⁾	948879	903706	95,2%	37585	4,0%	7588	0,8%

(1) Sumatoria de los acueductos municipales de cada provincia; (2) sumatoria de la ESPH y municipalidades.

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 2019.

Provincia	Total	Clorados					
		Potable		No potable		Sin evaluar	
San José	36197	34819	96,2%	250	0,7%	1128	3,1%
Alajuela	210944	183698	87,1%	26029	12,3%	1217	0,6%
Cartago	320407	316066	98,6%	3816	1,2%	525	0,2%
Heredia	124942	113835	91,1%	6810	5,5%	4297	3,4%
Guanacaste	14234	14234	100%	0	0%	0	0%
Puntarenas	13720	13720	100%	0	0%	0	0%
Limón	0	0	0,0%	0	0%	0	0%
Municipalidades⁽¹⁾	720444	676372	93,9%	36905	5,1%	7167	1,0%
ESPH	224665	224665	100%	0	0%	0	0%
Total⁽²⁾	945109	901037	95,3%	36905	3,9%	7167	0,8%

(1) Sumatoria de los acueductos municipales de cada provincia; (2) sumatoria de la ESPH y municipalidades.

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 2019.

Provincia	Total	No clorados					
		Potable		No potable		Sin evaluar	
San José	50	0	0%	50	100%	0	0,0%
Alajuela	998	947	94,9%	0	0%	51	5,1%
Cartago	2722	1722	63,3%	630	23,1%	370	13,6%
Heredia	0	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⁾	3770	2669	70,8%	680	18,0%	421	11,2%
ESPH	224665	0	100%	0	0%	0	0%
Total⁽²⁾	3770	2669	70,8%	680	18,0%	421	11,2%

(1) Sumatoria de los acueductos municipales de cada provincia; (2) sumatoria de la ESPH y municipalidades.

Fuente: Área de Agua Potable, LNA.

Cuadro 8.4. Número de acueductos operados por municipalidades y la ESPH según calidad de agua en el 2019.

Provincia	Totales			
	Potable	No potable	Sin evaluar	Total
San José	27	3	3	33
Alajuela	65	6	3	74
Cartago	66	8	2	76
Heredia	48	3	2	53
Guanacaste	2	0	0	2
Puntarenas	4	0	0	4
Limón	0	0	0	0
Municipalidades⁽¹⁾	212	20	10	242
ESPH	14	0	0	14
Total⁽²⁾	226	20	10	256

(1) Sumatoria de los acueductos municipales de cada provincia; (2) sumatoria de la ESPH y municipalidades.

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 2019.

Provincia	Clorados				No clorados			
	Potable	No potable	Sin evaluar	Total	Potable	No potable	Sin evaluar	Total
San José	27	2	3	32	0	1	0	1
Alajuela	63	6	2	71	2	0	1	3
Cartago	62	5	1	68	4	3	1	8
Heredia	48	3	2	53	0	0	0	0
Guanacaste	2	0	0	2	0	0	0	0
Puntarenas	4	0	0	4	0	0	0	0
Limón	0	0	0	0	0	0	0	0
Municipalidades⁽¹⁾	206	16	8	230	6	4	2	12
ESPH	14	0	0	14	0	0	0	0
Total⁽²⁾	220	16	8	244	6	4	2	12

(1) Sumatoria de los acueductos municipales de cada provincia; (2) sumatoria de la ESPH y municipalidades.

Fuente: Área de Agua Potable, LNA.

Cuadro 8.6. Calidad de los acueductos operados por la ESPH en el 2019.

Acueducto	Población abastecida	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Municipalidad
HEREDIA ZONA 1	33495	Potable	Azul		HEREDIA
HEREDIA ZONA 2	43200	Potable	Azul		HEREDIA
HEREDIA ZONA 3A	17150	Potable	Azul		HEREDIA
HEREDIA ZONA 3B	21504	Potable	Azul		HEREDIA
HEREDIA ZONA 4	10764	Potable	Azul		HEREDIA
HEREDIA ZONA 5	17459	Potable	Azul		HEREDIA
BREÑA MORA DE SAN ISIDRO DE HEREDIA	2808	Potable	Azul		SAN ISIDRO
CONCEPCIÓN CHILILLAL DE SAN ISIDRO	245	Potable	Azul		SAN ISIDRO
SAN ISIDRO CENTRO DE HEREDIA	13174	Potable	Azul		SAN ISIDRO
SANTA CECILIA DE SAN ISIDRO DE HEREDIA	1918	Potable	Azul		SAN ISIDRO
SANTA ELENA-ESTE DE SAN ISIDRO	2914	Potable	Azul		SAN ISIDRO
SAN RAFAEL DE HEREDIA CHAVERRI	28595	Potable	Azul		SAN RAFAEL
SAN RAFAEL DE HEREDIA CONCEPCIÓN	5350	Potable	Azul		SAN RAFAEL
SAN RAFAEL DE HEREDIA TIROL	26089	Potable	Azul		SAN RAFAEL

Fuente: Área de Agua Potable, LNA.

Cuadro 8.7. Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2019.

Acueducto	Población abastecida	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Municipalidad
AGUAS DE CERVANTES DE ALVARADO	315	Potable	Azul		ALVARADO
ALAJUELA	35939	Potable	Azul		ALAJUELA
ALAJUELA: SECTOR NORTE	4594	Potable	Verde	Cloros bajos	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	Potable	Azul		ASERRÍ
ASERRÍ: SECTOR ABASTECIDO POR LA QUEBRADA AGUA BLANCA	50	No potable	Naranja	Coliformes fecales y no clorado	ASERRÍ

Cuadro 8.7. Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2019.

Acueducto	Población abastecida	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Municipalidad
ASUNCIÓN DE BELÉN	2677	Potable	Azul		BELÉN
AZUL DE TURRIALBA	1409	Potable	Verde	No clorado	TURRIALBA
B° EL CARMEN DE NARANJO: SECTOR NACIENTE LA VIRGENCITA	30	Potable	Azul		NARANJO
BAJO GUADALUPE DE SANTO DOMINGO DE SANTA BÁRBARA	88	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
BAJO TRAPICHE DE SARCHÍ SUR DE VALVERDE VEGA	630	Potable	Verde	Cloros bajos	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	132	Potable	Verde	Cloros bajos	DOTA
BARRIO EL CARMEN DE NARANJO	2200	Potable	Azul		NARANJO
BARRIO EL TAJO DE BIRRI DE JESÚS	122	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
BARRIO ESTADIO DE SANTA BÁRBARA	263	Potable	Verde	Cloros bajos	SANTA BÁRBARA
BARRIO LA CLAUDIA DE DESAMPARADOS	787	Potable	Azul		ALAJUELA
BARRIO LA HACIENDA DE CERVANTES	140	No potable	Rojo	Coliformes fecales y cloros bajos	ALVARADO
BARRIO LA PIEDRA DE ASERRÍ	300	Sin evaluar	Sin evaluar		ASERRÍ
BARRIO LA PIEDRA Y BELLA VISTA DE ASERRÍ	627	Potable	Azul		ASERRÍ
BARRIO LOS ÁNGELES DE ASERRÍ	123	No potable	Naranja	Coliformes fecales	ASERRÍ
BARRIO LOS ÁNGELES DE SANTA MARÍA	756	Potable	Azul		DOTA
BARRIO SAN JOSÉ DE ALTAGRACIA DE JESÚS DE SANTA BÁRBARA	700	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
BARVA DE HEREDIA: CENTRO	12198	Potable	Azul		BARVA
BIRRÍ DE JESÚS DE SANTA BÁRBARA: SECTOR CENTRO Y SUR	300	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
BIRRÍ NORTE Y JESÚS DE SANTA BÁRBARA: SECTOR NOROESTE	105	No potable	Naranja	Coliformes fecales	SANTA BÁRBARA
BIRRÍ Y CALLE CAJÓN DE JESÚS DE SANTA BÁRBARA	3802	No potable	Naranja	Coliformes fecales	SANTA BÁRBARA

Cuadro 8.7. Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2019.

Acueducto	Población abastecida	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Municipalidad
BIRRISITO DE PARAÍSO	2772	Potable	Azul		PARAÍSO
BELLA VISTA DE ASERRÍ	300	Sin evaluar	Sin evaluar		ASERRÍ
BUENAVISTA DE SAN PABLO DE BARVA	2518	Potable	Azul		BARVA
CACHÍ DE PARAÍSO: SECTOR NACIENTE CHILAMATE	2425	Potable	Azul		PARAÍSO
CALLE CHINCHILLA VIEJA Y YERRIS DE SAN RAFAEL DE OREAMUNO	437	Potable	Azul		OREAMUNO
CALLE GUACHIPELINES DE JESÚS DE SANTA BÁRBARA: PARTE ALTA	210	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
CALLE LA FLORY DE CANOAS	4158	Potable	Azul		ALAJUELA
CALLE LUCAS DE OREAMUNO	34	No potable	Rojo	Coliformes fecales y cloros bajos	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	Verde	Cloros bajos	BELÉN
CARMONA DE NANDAYURE	5260	Potable	Azul		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	Potable	Verde	Aluminio	LEON CORTÉS
CEBADILLA NORTE DE TURRÚCARES	545	Potable	Azul		ALAJUELA
CEBADILLA SUR DE TURRÚCARES	606	Potable	Azul		ALAJUELA
CERVANTES DE ALVARADO: CENTRO	6300	Potable	Azul		ALVARADO
CERVANTES DE ALVARADO: SECTOR LA CASITA	52	Potable	Azul		ALVARADO
CHAGÜITE DE SANTO DOMINGO DE SANTA BÁRBARA	1050	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
CHILAMATE DE SAN PEDRO DE POÁS	1771	Potable	Azul		POÁS
CHITARÍA DE PAVONES DE TURRIALBA	676	Potable	Verde	Cloros bajos	TURRIALBA

Cuadro 8.7. Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2019.

Acueducto	Población abastecida	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Municipalidad
CINCO ESQUINAS DE SAN JUAN DE SANTA BÁRBARA	1102	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
CIUDAD QUESADA DE SAN CARLOS	24173	Potable	Azul		SAN CARLOS
CIUADAELA EL SALVADOR Y CALLE LORÍA DE PARAÍSO	1050	Potable	Azul		PARAÍSO
CIUADAELA LOS ROBLES DE CACHÍ	525	Sin evaluar	Sin evaluar		PARAÍSO
CONDOMINIOS LUISIANA, EL CAMPANARIO Y LAS FLORES	2324	Potable	Verde	Cloros bajos	FLORES
CONDOMINIOS MONTE CRISTO 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	Azul		DOTA
CUESTA COLORADA DE LA GARITA DE ALAJUELA	856	Potable	Azul		ALAJUELA
DESAMPARADOS DE ALAJUELA: CENTRO	2020	Potable	Azul		ALAJUELA
DESAMPARADOS NORTE DE ALAJUELA	834	Potable	Azul		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	Potable	Azul		LA UNIÓN
ECHEVERRÍA DE LA RIBERA DE BELÉN	387	Potable	Verde	Cloros bajos	BELÉN
EL BAJO DE CERVANTES DE ALVARADO	295	No potable	Naranja	Coliformes fecales y no clorado	ALVARADO
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 DESCANSO DE CERVANTES DE ALVARADO	207	No potable	Naranja	Coliformes fecales y no clorado	ALVARADO
EL INVU DE LA GARITA	1091	Potable	Azul		ALAJUELA
EL LLANO DE OROTINA	175	No potable	Rojo	Coliformes fecales y cloros bajos	OROTINA
EL MURO DE NARANJO	680	Potable	Azul		NARANJO
EL PORÓ DE TURRIALBA	350	Potable	Azul		TURRIALBA

Cuadro 8.7. Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2019.

Acueducto	Población abastecida	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Municipalidad
EL ROBLE DE SANTO DOMINGO DE SANTA BÁRBARA	2800	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
EL SALTO DE OREAMUNO	2489	Potable	Azul		OREAMUNO
GRECIA: SECTOR NACIENTE AMELIA	16170	Potable	Azul		GRECIA
GRECIA: SECTOR NACIENTE PATAL	4290	Potable	Azul		GRECIA
GRECIA: SECTOR NACIENTE SALGUERO	2640	Potable	Azul		GRECIA
GUACHIPELINES DE JESÚS DE SANTA BÁRBARA	700	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
GUADALUPE DE ALAJUELA: PARTE ALTA	945	No potable	Naranja	Coliformes fecales	ALAJUELA
GUATUZA DE SAN RAFAEL DE POÁS	416	Potable	Azul		POÁS
GUAYABAL DE SANTA MARÍA DE DOTA	568	Potable	Verde	Cloros bajos	DOTA
GUAYABO DE TURRIALBA	128	No potable	Naranja	Coliformes fecales y no clorado	TURRIALBA
HIGUERONAL DE SANTA MARÍA DE DOTA	1018	Potable	Azul		DOTA
HIGUERONAL DE SANTA MARÍA DE DOTA: PARTE ALTA	63	Potable	Azul		DOTA
HIGUERONES DE OREAMUNO	963	Potable	Azul		OREAMUNO
IMAS DE COPEY DE DOTA	310	Potable	Azul		DOTA
IMAS Y BARRIO MARINO LÉON DE SANTA MARÍA DE DOTA	574	Potable	Azul		DOTA
JARDÍN DE DOTA	607	Potable	Azul		DOTA
JESÚS DE SANTA BÁRBARA	2903	No potable	Naranja	Coliformes fecales	SANTA BÁRBARA
JUAN VIÑAS	2970	Potable	Azul		JIMÉNEZ
LA GARITA DE ALAJUELA: CENTRO	3648	Potable	Azul		ALAJUELA
LA GUARIA DE TURRIALBA	1750	Potable	Azul		TURRIALBA
LA HILDA DE SAN PEDRO DE POÁS	10	Potable	Verde	No clorado	POÁS
LA ISLA DE CIUDAD QUESADA	420	Potable	Verde	Cloros bajos	SAN CARLOS
LA RIBERA DE BELÉN: PARTE ALTA	2425	Potable	Azul		BELÉN
LA RIBERA DE BELÉN: PARTE BAJA	4441	Potable	Azul		BELÉN
LA TRINIDAD DE CERVANTES	173	Potable	Verde	No clorado	ALVARADO
LAS JUNTAS DE ABANGARES	8974	Potable	Azul		ABANGARES

Cuadro 8.7. Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2019.

Acueducto	Población abastecida	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Municipalidad
LLANOS DE LA GARITA DE ALAJUELA	945	No potable	Rojo	Coliformes fecales y cloros bajos	ALAJUELA
LLANOS DE SANTA LUCÍA DE PARAÍSO	17325	Potable	Azul		PARAÍSO
LOAIZA DE CACHÍ	242	Potable	Verde	Cloros bajos	PARAÍSO
LOS ALPES Y GUADALUPE DE ZARCERO	730	Potable	Azul		ZARCERO
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	No potable	Rojo	Coliformes fecales y cloros bajos	ASERRÍ
LUISA Y CALLE GUIDO ESTELLES DE SARCHÍ NORTE	990	Potable	Verde	Cloros bajos	SARCHÍ
MATA DE GUINEO DE LOURDES DE AGUACALIENTE	77	Potable	Azul		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	Cloros bajos	LEON CORTÉS
NARANJO CENTRO	7235	No potable	Naranja	Coliformes fecales	NARANJO
NARANJO: SECTOR NACIENTE LOS PORRAS	1600	Potable	Azul		NARANJO
OCHOMOGO, QUIRCOT, LOYOLA Y PEDREGAL DE SAN NICOLÁS	8596	Potable	Azul		CARTAGO
OROTINA: SISTEMA 2	8355	Potable	Verde	Cloros bajos	OROTINA
PARAÍSO DE CARTAGO: CENTRO	11951	Potable	Verde	Cloros bajos	PARAÍSO
PARAÍSO: INVU, LA SOLEDAD, LA LAGUNA Y CALLE A OROSI	3292	Potable	Azul		PARAÍSO
PARRUÁS DE PARAÍSO	121	Potable	Verde	Cloros bajos	PARAÍSO
PEDREGOSO DE COPEY DE DOTA	330	Potable	Azul		DOTA
PEÑAS BLANCAS DE CACHÍ: SECTOR NACIENTE JORGE OBANDO	1767	Potable	Verde	Cloros bajos	PARAÍSO
PEÑAS BLANCAS DE CACHÍ: SECTOR NACIENTE NICANOR	207	Potable	Azul		PARAÍSO

Cuadro 8.7. Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2019.

Acueducto	Población abastecida	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Municipalidad
PLATANILLO DE CARILLOS DE SAN PEDRO DE POÁS	51	Sin evaluar	Sin evaluar		POÁS
PORVENIR DE QUESADA DE SAN CARLOS	787	Potable	Verde	Hierro	SAN CARLOS
PUEBLO NUEVO DE LA LUISA DE SARCHI NORTE	495	Potable	Verde	Cloros bajos	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	1238	No potable	Rojo	Coliformes fecales y cloros bajos	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 SEGUNDO DE ALAJUELA	7529	Potable	Azul		ALAJUELA
RÍO SEGUNDO DE ALAJUELA: SECTOR VILLA ELIA	2582	Potable	Azul		ALAJUELA
ROSALES DE SAN PEDRO DE SANTA BÁRBARA	553	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
ROSARIO DE SAN PABLO DE LEÓN CORTÉS	280	Potable	Verde	Cloros bajos	LEON CORTÉS
SABANA REDONDA DE POÁS	2131	Potable	Verde	Cloros bajos	POÁS
SABANILLA DE RODRÍGUEZ DE VALVERDE VEGA: PARTE ALTA	495	Potable	Verde	Cloros bajos	SARCHÍ
SABANILLA DE RODRÍGUEZ DE VALVERDE VEGA: PARTE BAJA	495	Sin evaluar	Sin evaluar		SARCHÍ
SALITRILLOS DE ASERRÍ: SECTOR QUEBRADAS RINCÓN Y LAJAS	784	Potable	Verde	Cloros bajos	ASERRÍ
SAN ANTONIO DE BELÉN: CENTRO	7103	Potable	Azul		BELÉN
SAN BLAS DE EL CARMEN DE CARTAGO: CENTRO	4221	Potable	Azul		CARTAGO
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

Cuadro 8.7. Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2019.

Acueducto	Población abastecida	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Municipalidad
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	Verde	Cloros bajos	SARCHÍ
SAN JUAN DE SANTA BÁRBARA	2520	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SAN JUAN NORTE Y LOMALARGA DE CORRALILLO	785	Potable	Azul		CARTAGO
SAN JUAN SUR DE SAN JUAN DE POÁS: SECTOR NACIENTE FEGARA	722	Sin evaluar	Sin evaluar		POÁS
SAN JUAN SUR DE SAN JUAN DE POÁS: SECTOR NACIENTE GRACILIANO	280	Potable	Azul		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	Verde	Cloros bajos	SARCHÍ
SAN MIGUEL DE TURRÚCARES DE ALAJUELA	833	Potable	Verde	Cloros bajos	ALAJUELA
SAN MIGUEL, SAN LUIS, PARACITO Y LOS ÁNGELES	9359	Potable	Azul		SANTO DOMINGO
SAN PABLO DE BARVA: SECTOR NORTE	247	Potable	Verde	Cloros bajos	BARVA
SAN PABLO DE LEÓN CORTÉS: CENTRO	2100	Potable	Azul		LEON CORTÉS
SAN PABLO DE LEÓN CORTÉS: PARTE ALTA	528	Sin evaluar	Sin evaluar		LEON CORTÉS

Cuadro 8.7. Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2019.

Acueducto	Población abastecida	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Municipalidad
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	Potable	Azul		POÁS
SAN PEDRO DE SANTA BÁRBARA	1400	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SAN RAFAEL DE NARANJO	1095	Potable	Azul		NARANJO
SAN RAFAEL DE OREAMUNO LA CHINCHILLA: CENTRO	8024	Potable	Verde	Vigilar nitratos	OREAMUNO
SAN RAFAEL DE OREAMUNO MATA DE MORA (SECTOR NORESTE)	13714	Potable	Verde	Vigilar nitratos	OREAMUNO
SAN RAFAEL DE POÁS	1182	Potable	Azul		POÁS
SAN RAFAEL DE SANTA MARÍA DE DOTA: SECTOR ESTE	1006	Potable	Verde	Cloros bajos	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 BÁRBARA CENTRO: SECTOR ESTE	2100	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SANTA BÁRBARA CENTRO: SECTOR OESTE	2100	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SANTA EDUVIGES DE SAN RAFAEL DE OREAMUNO	245	Potable	Azul		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	Potable	Azul		LA UNIÓN
SANTO DOMINGO DE HEREDIA: CENTRO	13402	Potable	Azul		SANTO DOMINGO

Cuadro 8.7. Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2019.

Acueducto	Población abastecida	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Municipalidad
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	Potable	Verde	Cloros bajos	ASERRÍ
SÁUREZ DE ASERRÍ: SECTOR PARTE BAJA DE LOURDES	538	Potable	Azul		ASERRÍ
SETILLAL NORTE DE PURABA DE SANTA BÁRBARA	525	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SETILLAL SUR DE PURABA DE SANTA BÁRBARA	1750	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
SIQUIARES Y SANTA RITA DE TURRÚCARES DE ALAJUELA	1065	Potable	Verde	Cloros bajos	ALAJUELA
SISTEMA 1: CAPELLADES CENTRO	3150	Potable	Azul		ALVARADO
SISTEMA 1: PACAYAS CENTRO	3675	Potable	Azul		ALVARADO
SISTEMA 1: PACAYAS CENTRO SECTOR MOCHON	370	Sin evaluar	Sin evaluar		ALVARADO
SISTEMA 10: PACAYAS LLANO GRANDE 3	280	Potable	Azul		ALVARADO
SISTEMA 11: PACAYAS LLANO GRANDE 4	35	Potable	Verde	No clorado	ALVARADO
SISTEMA 12: LOURDES LA CAPILLA	227	Potable	Verde	Cloros bajos	ALVARADO
SISTEMA 14: LOURDES ENCIERRILLO	105	Potable	Verde	No clorado	ALVARADO
SISTEMA 15: LOURDES SECTOR LOS BRENES	210	Potable	Azul		ALVARADO
SISTEMA 16: LOURDES VICENTE SERRANO Y ZENÓN	370	Potable	Verde	Cloros bajos	ALVARADO
SISTEMA 3: CAPELLADES CALLEJÓN (LOURDES)	182	Potable	Verde	Cloros bajos	ALVARADO
SISTEMA 3: PACAYAS PATALILLO BARRIO FÁTIMA	490	Potable	Verde	Cloros bajos	ALVARADO
SISTEMA 4: PACAYAS LOS ÁNGELES	437	Potable	Azul		ALVARADO
SISTEMA 7: PACAYAS BUENOS AIRES	262	Potable	Verde	Cloros bajos	ALVARADO

Cuadro 8.7. Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2019.

Acueducto	Población abastecida	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Municipalidad
SISTEMAS 8, 9 PACAYAS LLANO GRANDE 1, 2 Y 3	438	Potable	Azul		ALVARADO
SITIO DE SAN RAFAEL DE POÁS	970	Potable	Verde	Cloros bajos	POÁS
TACACORÍ DE SAN ISIDRO DE ALAJUELA	1701	Potable	Verde	Cloros bajos	ALAJUELA
TAJO ALTO DE MIRAMAR	189	Potable	Verde	Cloros bajos	MONTES DE ORO
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 RIOS CENTRO	36280	Potable	Azul		LA UNIÓN
TRES RÍOS CENTRO	36280	Potable	Azul		LA UNIÓN
TUETAL DE SAN JOSÉ DE ALAJUELA	6684	No potable	Naranja	Coliformes fecales	ALAJUELA
TURRIALBA: SECTOR NACIENTE RÍO CLARO	14341	Potable	Azul		TURRIALBA
TURRIALBA: SISTEMA LA RONCHA 1	19463	Potable	Azul		TURRIALBA
TURRÚCARES CENTRO Y SUROESTE DE ALAJUELA	3780	Potable	Verde	Cloros bajos	ALAJUELA
UJARRÁS Y URBANIZACIÓN MARÍA REINA	1386	Potable	Azul		PARAÍSO
UPALA	10045	No potable	Naranja	Coliformes fecales	UPALA
URASCA DE CACHÍ	606	Potable	Azul		PARAÍSO
URBANIZACIÓN ARMONÍA DE BARVA DE HEREDIA	1148	Potable	Azul		BARVA
URBANIZACIÓN EL REY DE ALAJUELA	937	Potable	Verde	No clorado	ALAJUELA
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	Verde	Cloros bajos	ALAJUELA
URBANIZACIÓN LAS CARRETAS DE LLORENTE DE FLORES	327	Sin evaluar	Sin evaluar		FLORES
URBANIZACIÓN LAS FLORES DE FLORES	630	Potable	Verde	Cloros bajos	FLORES

Cuadro 8.7. Calidad de los acueductos operados por municipalidades en el 2019.

Acueducto	Población abastecida	Calidad	IRCACH	Parámetros incumplidos	Municipalidad
URBANIZACIÓN LOS GIRASOLES DE SANTA BÁRBARA	280	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
URBANIZACIÓN MESÉN DE BIRRÍ (JESÚS)	1563	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
URBANIZACIÓN MONTE HIEDRA (LLEIRA) DE BARVA	1138	Potable	Azul		BARVA
URBANIZACIÓN PETERS DE SAN JUAN DE RODRÍGUEZ	346	Potable	Azul		SARCHÍ
URBANIZACIÓN PETERS DE SAN JUAN DE RODRÍGUEZ	346	Potable	Azul		SARCHÍALFAR
URBANIZACIÓN QUIZARCO DE SANTO DOMINGO	1519	Potable	Azul		SANTO DOMINGO
URBANIZACIÓN QUIZARCO Y LA COLONIA DE SANTO DOMINGO	3970	Sin evaluar	Sin evaluar		SANTO DOMINGO
URBANIZACIÓN RUISEÑOR DE JESÚS DE SANTA BÁRBARA	280	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
URBANIZACIÓN SIGLO 21 DE LLORENTE DE FLORES	2313	Potable	Azul		FLORES
URBANIZACIÓN SILVIA EUGENIA DE DESAMPARADOS DE ALAJUELA	1606	Potable	Azul		ALAJUELA
URBANIZACIÓN VILLA HERMOSA EN DULCE NOMBRE	1347	Potable	Verde	Cloros bajos	LA UNIÓN
VELÁZQUEZ DE TAJO ALTO DE MIRAMAR	105	Potable	Verde	Cloros bajos	MONTES DE ORO
VILLA FLORES DE BARRANTES DE FLORES	612	Potable	Azul		FLORES
VILLA MARGARITA DE SANTA BÁRBARA	409	Potable	Azul		SANTA BÁRBARA
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

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: 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: 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
Temperatura*	°C		≥30
Conductividad	µS/cm	400	-
Cloro residual libre*	mg/L	0,30	0,60
Coliformes fecales	NMP/100 ml o UFC/100 ml	No detectable	No detectable
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml o 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
(1) En aguas subterráneas donde se encuentran estos dos metales el VMA (Fe + Mn) es 300 µg/L.			
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, 2011.

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.