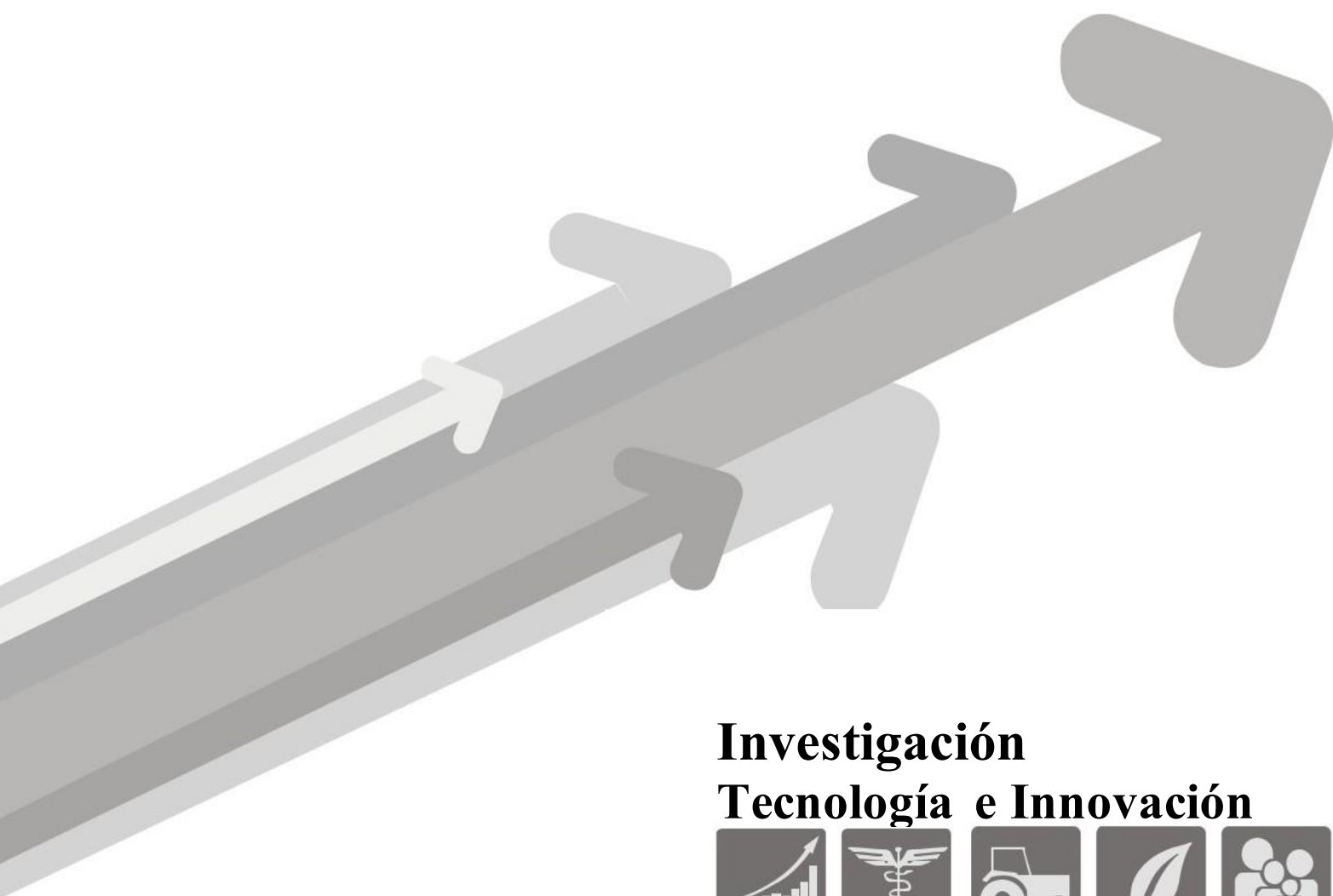


Calidad del Agua y Tratamiento para consumo humano

Water Quality and Treatment for drinking

Fabián Alfredo Neira Ruiz



**Investigación
Tecnología e Innovación**



Calidad del Agua y Tratamiento para consumo humano

Water Quality and Treatment for drinking

Fabián Alfredo Neira Ruiz ¹

Como citar: Neira Ruiz, F. A. (2026). Calidad del Agua y Tratamiento para consumo humano. *Investigación, Tecnología e Innovación*. 18(25s1), 141-150.
DOI: <https://doi.org/10.53591/iti.v18i25s1.3329>

RESUMEN

Contexto: El agua, elemento esencial para la vida humana, no se encuentra en la naturaleza como agua “pura”, diferentes procesos como evaporación, precipitación, escorrentía superficial incorporan diferentes componentes al agua, siendo necesario seleccionar procesos de tratamiento adecuado para que esta pueda ser consumida de manera segura. Aunque en nuestro país el acceso al agua segura se ha incrementado, es necesario que existan sistemas de tratamiento adecuados para la fuente de agua que será aprovechada como recurso para potabilizar. **Objetivo:** Es necesario identificar si el tipo de fuente de agua es suficiente en cantidad y calidad antes de definir un sistema de tratamiento con la finalidad de dar soluciones técnicas adecuadas y aprovechar de manera sustentable el recurso. **Método:** Es necesario considerar dentro de la selección de una fuente y proceso de tratamiento los posibles efectos sobre el ambiente. **Resultados:** Como son sobreexplotación de la fuente, generación de residuos, y otros. **Conclusiones:** La correcta identificación y evaluación de las fuentes de agua es un paso fundamental para garantizar un suministro seguro y sostenible. La implementación de procesos de tratamiento adecuados no solo asegura la calidad del agua para consumo humano, sino que también contribuye a la protección del medio ambiente. En este sentido, es imprescindible adoptar un enfoque integral que considere tanto aspectos técnicos como ambientales, promoviendo el uso responsable y sustentable del recurso hídrico.

Palabras clave: Agua pura, Potabilización, Agua Segura, Selección de la fuente.

Artículo presentado en el 1er Foro Académico del Agua 2025, y seleccionado por el comité científico para su publicación en esta edición especial de la revista ITI.

ABSTRACT

Context: Water, an essential element for human life, is not found in nature as "pure" water. Different processes such as evaporation, precipitation, and surface runoff add various components to the water, making it necessary to select appropriate treatment processes so that it can be safely consumed. Although access to safe water has increased in our country, it is necessary to have adequate treatment systems for the water source that will be used as a resource for drinking water purification. **Objective:** It is necessary to identify whether the type of water source is sufficient in quantity and quality before defining a treatment system in order to provide appropriate technical solutions and use the resource sustainably. **Method:** It is necessary to consider the possible environmental effects when selecting a water source and treatment process. **Results:** These include overexploitation of the source, waste generation, and others. **Conclusions:** The correct identification and evaluation of water sources is a fundamental step to guarantee a safe and sustainable supply. The implementation of appropriate treatment processes not only ensures the quality of water for human

¹ Magister en Ingeniería, Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: fabialfredo@yahoo.com



consumption but also contributes to environmental protection. In this sense, it is essential to adopt a comprehensive approach that considers both technical and environmental aspects, promoting the responsible and sustainable use of water resources.

Keywords: Pure water, Drinking Water, Safe water consumption, Source selection.

Fecha de recepción: Enero 12, 2026.

Fecha de aceptación: Mayo 15, 2026.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso esencial para la vida en nuestro planeta, su potabilización y distribución para consumo son considerados servicios básicos en nuestro país y además de acuerdo con el marco institucional vigente el acceso al agua es un derecho, el recurso hídrico es de esta manera considerado parte del patrimonio nacional estratégico de uso público (Constitución del Ecuador, 2008). Sin embargo, de manera general el agua no se encuentra en estado puro y difícilmente puede ser consumida (de manera segura) sin realizar procesos de potabilización para remover uno o varios constituyentes específicos que en exceso se pueden considerar contaminantes o nocivos para la salud. En todo nuestro planeta menos del 3% del agua existente es “dulce” o considerable para potabilizar, esta se encuentra principalmente en ríos, lagos, glaciares o en los acuíferos. De este volumen de agua, menos del 1% se encuentra de manera accesible y su distribución no suele ser equitativa (USGS, 2019) en nuestro país esto también es una realidad.

Mientras que a nivel mundial el acceso al agua se ha incrementado hasta llegar a un 73% en el período 2015 – 2022 (United Nations, 2024), en nuestro país, se reporta que un 91% de los municipios cuentan con uno o más sistemas de tratamiento o potabilización de agua, y que el 86% de estos cumplen con la norma de calidad INEN 1108 (INEC, 2023). Siendo la provisión de agua potable competencia municipal, estos gestionan el recurso por medio de unidades, departamentos, direcciones o empresas públicas. Existen diferencias en la calidad del servicio en las áreas urbana y rural, siendo pocas las localidades que tienen agua de manera continua las 24 horas y en promedio 5 horas más de continuidad en el área urbana que en el área rural (INEC, 2023).

Los proveedores del servicio de agua potable deben asegurar el cumplimiento de la normativa nacional vigente, en específico la Norma INEN 1108 pero también con otras normas que regulan aspectos relacionados, como son las normas técnicas para construcción de sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento (Código Ecuatoriano de la Construcción) y las del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE, Libro VI del TULSMA). El objetivo de este marco legal es normar no solo la calidad del agua que se distribuye a la población, también aspectos relacionados a la calidad de la fuente y al tipo de tratamiento que se debe seleccionar.

Calidad del agua para consumo humano

En todo caso, es necesario que la selección de la fuente de abastecimiento se realice con base en criterios técnicos y económicos. La potencial fuente de agua debe ser analizada y caracterizada en detalle en lo que se refiere a calidad y cantidad, garantizando el cumplimiento de la normativa arriba citada pero también que pueda proveer el caudal necesario y un abastecimiento ininterrumpido sin alterar el sistema hidrológico. Debe existir además tecnología accesible para su aprovechamiento.

Aspectos como la calidad de la fuente y la tecnología disponible para su aprovechamiento permiten clasificar las fuentes de agua en: convencionales y no convencionales (CONAGUA, 2014). Siendo las primeras las que son más accesibles o cuyo tratamiento se basa en tecnologías comprobadas, mientras que las no convencionales son aquellas cuyo tratamiento es más costoso (desalinización) o se basa en tecnologías emergentes (aguas residuales).



En Ecuador como en la mayoría de país las fuentes de agua para aprovechamiento son en su mayoría de carácter convencional, es decir, subterráneas o superficiales. Inclusive entre estas fuentes convencionales las características del agua son muy específicas como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Principales características de aguas superficiales y subterráneas

Característica	Aguas Superficiales	Aguas Subterráneas
Temperatura	Variable, estacional	Relativamente constante
Turbiedad	Variable, generalmente considerable	Baja o nula
Contenido de minerales	Variable, función de varios factores	Constante, generalmente alta
Dióxido de Carbono	Generalmente ausente	Generalmente presente
Oxígeno Disuelto	En condiciones normales cercano a saturación	Ausente en la mayoría de casos
Ácido sulfhídrico	Ausente	Generalmente presente
Nitratos	Poco abundante en general	Contenido a veces elevado
Microorganismos	Bacterias (algunos patógenos), Virus, otros patógenos	Bajo contenido microbiano

Fuente: Adaptado de CONAGUA (2014)

Así mismo, los factores que afectan la calidad y cantidad del recurso hídrico son diferentes en cada caso. Las fuentes superficiales suelen verse afectadas por la cuenca de drenaje, las descargas controladas y no controladas de aguas servidas aguas arriba de la captación, condiciones geológicas naturales, actividad agrícola. Las fuentes de agua subterránea por otro lado son afectadas por la naturaleza de las capas geológicas, nivel freático con relación a aguas superficiales y acuíferos, actividad minera.

En todo caso, las características de estos dos tipos de fuente de agua definirán el tren de tratamiento que el ingeniero proyectista deba diseñar. En ambos casos se recomienda realizar desinfección previa a la distribución.

Un tren de tratamiento típico para agua superficial es la combinación de varios procesos como pueden ser coagulación – floculación, sedimentación, filtración, pre y post desinfección, como se muestra en la figura 1, procesos que tienen como finalidad remover sólidos presentes en el agua causantes de color y turbiedad y remoción de microorganismos patógenos (desinfección). Por otro lado, los trenes de tratamiento de agua subterránea (figura 2), al ser de baja o nula turbiedad, suelen estar enfocados a la remoción o reducción de concentraciones de minerales presentes, ajuste de pH, olores y también a la oxigenación del agua.

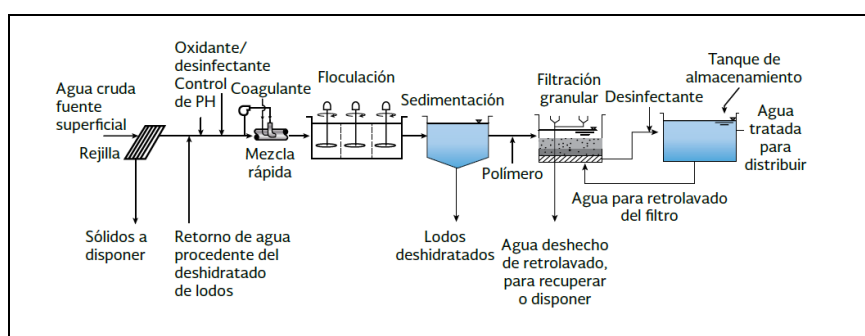


Figura 1. Tren de tratamiento típico para aguas superficiales (CONAGUA, 2014)

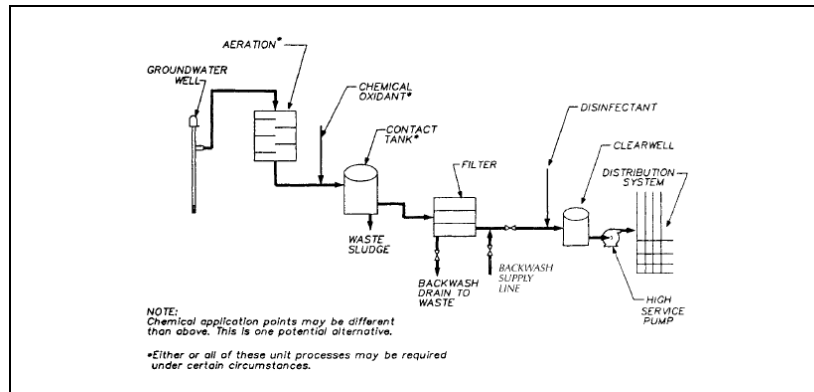


Figura 2. Tren de tratamiento típico para aguas subterráneas (AWWA, 1999)

Table 2. Procesos de tratamiento sugeridos de acuerdo con los contaminantes presentes en el agua

Categoría Contaminantes	Aeración y remoción de gases	Coagulación, Sedimentación o DAF, filtración	Filtración con pre-cap	Ablandamiento con Cal	Oxidación química y desinfección	Procesos de Membrana			Intercambio Iónico		Adsorción		
						Nanofiltración	Ósmosis Inversa	Electrodialisis	Aniones	Cationes	Carbón Activado Granular	Carbón activado en polvo	Alúmina activado
Inorgánicos													
Arsénico (+3)		XO		XO			X	X	X				X
Cadmio		X		X			X	X		X			
Cromo (+6)							X	X	X				
Cianuro					X								X
Fluoruros				X			X	X					X
Plomo ^a													
Mercurio (inorgánico)				X			X	X					
Nitrato							X	X	X				
Nitrito							X	X	X				
Contaminantes orgánicos													
Orgánicos volátiles	X						X				X		
Orgánicos sintéticos							X				X	X	
Pesticidas Herbicidas						X	X				X	X	
Carbón orgánico disuelto		X				X	X				X	X	
Contaminantes Secundarios o constituyentes asociados con prolemas estéticos													
Dureza				X		X	X	X		X			
Hierro		XO	XO	X						X			



Manganeso	XO	XO	X					X		
Sólidos Disueltos Totales						X	X			
Cloruros						X	X			
Sulfatos				X		X	X			
Zinc			X			X	X	X		
Color	X			X	X	X			X	X
Olor y Sabor	X			X					X	X

Fuente: Elaboración Propia a partir de AWWA (1999)



A nivel internacional, organismos como la AWWA en Estados Unidos de América, en México la CONAGUA o el RAS en Colombia proponen diferentes alternativas de trenes de tratamiento dependiendo de las características de la fuente de agua a potabilizar. La tabla 2 presenta un cuadro resumido de estos criterios en función de los contaminantes más comunes presentes en las fuentes de agua superficial o subterránea.

La normativa del Código de Práctica Ecuatoriano, del Instituto Ecuatoriano de Normalización, establece normas y criterios específicos para el diseño de sistemas de agua potable, esta normativa merece un estudio aparte ya que se ha mantenido prácticamente sin cambios desde que fue emitida. Se establecen concentraciones máximas aceptables de constituyentes del agua, independientemente de la fuente que sea seleccionada, pero también se sugieren lineamientos generales pertinentes al diseño y dimensionamiento del tren de tratamiento adecuado.

La selección del tren de tratamiento adecuado para la fuente de abastecimiento es un aspecto crucial que definirá los costos de implementación de un proyecto de abastecimiento de agua, operación y mantenimiento y dependerá en mucho de una prolija caracterización del agua.

Abastecimiento de agua en Ecuador

El abastecimiento de agua es competencia municipal en Ecuador, esto de acuerdo con la Constitución de la República del Ecuador (2008) y el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD), en estos se indica que los gobiernos municipales son responsables directos de la Captación y Potabilización del agua y su distribución y facturación al usuario. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) Municipales reportaban hasta el año 2022 (INEC, 2023) el aprovechamiento de 1197 fuentes de agua cruda, de las cuales el 51% corresponde a aguas subterráneas (pozos y vertientes) y 583 a fuentes de agua superficial (ríos y quebradas).

Complementando esta información, la Agencia de Regulación y Control del Agua, ARCA, reporta periódicamente el cumplimiento de los parámetros de calidad del agua. En el caso de la Provincia del Guayas, la ARCA (2023) reporta el cumplimiento de los cantones por Indicadores de Nivel de Conformidad en análisis físico – químicos (ARCA, 2023), además de los porcentajes de cobertura del servicio de agua potable.

La tabla 3 presenta la desagregación a nivel nacional y de la provincia del Guayas del tipo de fuente utilizado para abastecimiento de agua, información detallada por cantón puede encontrarse en los registros del ARCA con carácter de oficial.

Tabla 3. Tipos de fuentes de abastecimiento de aguas en Ecuador y Provincia del Guayas

Desagregación	Fuente-Superficial							Fuente-Subterráneo							Total fuentes de captación	
	Subtipo de Fuente-Superficial							Subtipo de Fuente-Subterráneo								
	Río	Lago	Embalse o Canal	Arroyos	Esteros	Quebrada	Sub- Total	Manantiales	Vertientes	Galerías	Pozo Somero	Pozo Profundo	Pozo Excavado	Pozo Perforado		Sub- Total
Nacional	177	8	32	63	45	258	583	12	241	5	11	310	-	35	614	1197
	14.80 %	0.70 %	2.70 %	5.30 %	3.80 %	21.60 %	49 %	1.00 %	20.10 %	0.40 %	0.90 %	25.90 %	-	2.90 %	51 %	100%



	14	-	4	-	2	-	20	-	-	-	1	111	-	10	122	142
Guayas	9.90	-	2.80	-	1.40	-	14	-	-	-	0.70	78.20	-	7.00	86	100.00
	%		%		%		%				%	%		%	%	%

Fuente: Adaptado de “Registro de Agua Potable y Alcantarillado” (2022)

Agua, Saneamiento y preservación de las fuentes

En el caso de la Provincia del Guayas como puede observarse en la tabla 3, la distribución entre fuentes de abastecimiento de tipo superficial y subterráneo es prácticamente equitativa, siendo importante contar con un estimado de los caudales que se extraen para potabilizar. Podría decirse que los cantones de la provincia del Guayas tienen dos principales fuentes de abastecimiento, la cuenca del Río Daule (Superficial) y el acuífero de El Chobo (Subterránea).

Factores como el cambio climático, cambio de uso de suelo, crecimiento poblacional, tienen incidencia directa en el deterioro de la fuente de abastecimiento. En el caso del Río Daule, esta es la fuente de abastecimiento de la ciudad más poblada del país (Guayaquil) pero también es el cuerpo de receptor de descargas de agua residual tratada en el mejor de los casos, sin embargo, se identifican también a lo largo del recorrido del río descargas de origen industrial, agrícola, etc. También existe degradación por remoción de la cobertura vegetal lo cual afecta la calidad del agua del río.

Lo anterior se refleja en problemas como son: altas concentraciones de coliformes fecales, turbiedad, etc (figura 3). Esto tiene incidencia directa en el tratamiento, costo y seguridad del servicio (CEPIS/OPS, 2004) como se observa en la Tabla 4.

Tabla 4. Factores que inciden en el tratamiento de agua superficial				
Parámetros	Unidad	90% del tiempo	80% del tiempo	Esporádicamente
Turbiedad	UNT	< 1000	< 800	< 1500; si excede, considerar presedimentación
Color	UC Pt-Co	< 150	< 70	
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	< 600		si excede de 600, considerar predesinfección

Fuente: Elaboración Propia a partir de CEPIS/OPS (2004)



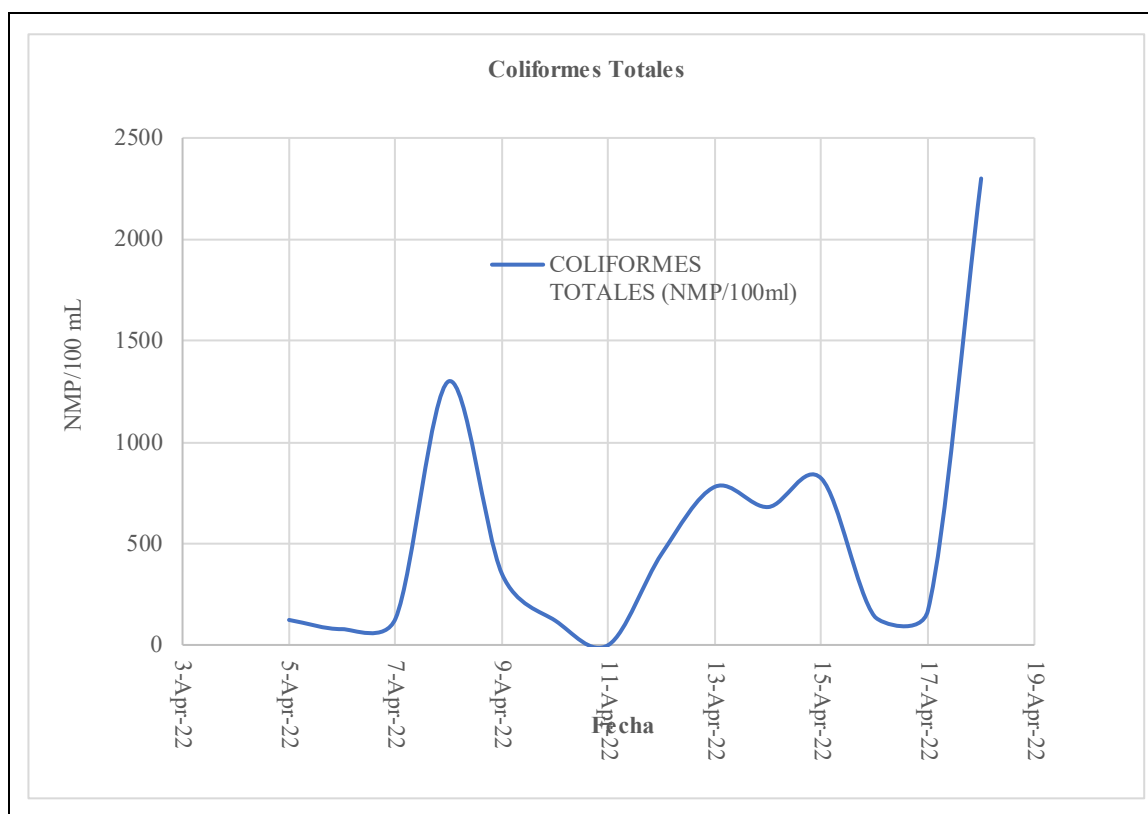


Figura 2. Concentraciones de Coliformes fecales en el Río Daule a la altura de La Aurora, Elaboración propia (2022)

CONCLUSIONES

Es necesario que a nivel nacional y de la Provincia del Guayas exista un adecuado conocimiento de los aspectos relacionados al aprovechamiento de agua para abastecimiento humano. No deben dejarse de lado aspectos técnicos para la selección adecuada de la fuente de agua a potabilizar, de acuerdo al estado del arte de la ingeniería, los diferentes procesos y trenes de tratamiento están enfocados a la remoción de contaminantes o constituyentes específicos. Desde este punto de vista no deberían existir plantas para remoción de turbiedad utilizadas para aguas subterráneas, a menos que exista evidencia sólida científica que justifique esta necesidad.

En el caso de que existan diferentes alternativas para abastecimiento, entiéndase agua superficial vs agua subterránea, la selección será determinada por aspectos como la sostenibilidad del recurso en el tiempo y análisis de tipo beneficio / costo, considerando costos de implementación del proyecto y costos de operación y mantenimiento a lo largo de todo el período de horizonte de diseño.

Finalmente, es esencial que los diferentes niveles de gobierno asuman como compromiso el cuidado y preservación de las fuentes de agua ya sean subterráneas o superficiales, controlando las descargas y el tratamiento del agua de tipo residual o industrial que finalmente será descargado a un cuerpo receptor.

Estudios de consultoría ya deben considerar los efectos del cambio climático y el agotamiento de la fuente con la finalidad de definir tasas sustentables de extracción del recurso hídrico y preservarlo para futuras generaciones.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Federico Von Buchwald, Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil por considerar mi participación en la iniciativa Foro del Agua y al Dr. Douglas Iturburu, Decano de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil, organizadores del Foro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA). (2023). *Benchmarking de prestadores públicos de los servicios de agua potable y saneamiento en el Ecuador*.

American Water Works Association. (1999). *Water quality and treatment: A handbook on drinking water* (5th ed.). McGraw-Hill.

Asamblea Nacional del Ecuador. (2010). *Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)*. Registro Oficial Suplemento No. 347, 28 de mayo de 2010.

Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Registro Oficial No. 449, 20 de octubre de 2008.

Código Ecuatoriano de la Construcción (2019). (año de publicación). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1 000 habitantes*.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2004). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Diseño de Plantas Potabilizadoras de Tecnología Simplificada*.

Comisión Panamericana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano: Plantas de filtración rápida. Manual II: Diseño de plantas de tecnología apropiada*. Organización Panamericana de la Salud (OPS). https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/55254/OPSCEPISIT487_spa.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2023). *Estadística de información ambiental económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales 2023*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/gad-municipales/>

United Nations Department of Economic and Social Affairs. (2025). *The Sustainable Development Goals Report 2025*. United Nations. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2025/>

U.S. Geological Survey. (2019). *Distribution of water on, in, and above the Earth* [Imagen]. U.S. Department of the Interior. <https://www.usgs.gov/media/images/distribution-water-and-above-earth#:~:text=About%2071%20percent%20of%20the,in%20you%20and%20your%20dog>

