



Caracterización fisicoquímica del agua de la planta potabilizadora Guarumo, provincia de Manabí, Ecuador

Cadenas-Martínez, Rubén; Barreiro-Vinces, Jesús D.

Caracterización fisicoquímica del agua de la planta potabilizadora Guarumo, provincia de Manabí, Ecuador

CIENCIA *ergo-sum*, vol. 30, núm. 1, marzo-junio 2023 | e189

Ciencias Naturales y Agropecuarias

Universidad Autónoma del Estado de México, México

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.



Cadenas-Martínez, R. y Barreiro-Vinces, J. D. (2023). Caracterización fisicoquímica del agua de la planta potabilizadora Guarumo, provincia de Manabí, Ecuador. *CIENCIA ergo-sum*, 30(1). <http://doi.org/10.30878/ces.v30n1a7>

Caracterización fisicoquímica del agua de la planta potabilizadora Guarumo, provincia de Manabí, Ecuador

Physical-chemical characterization of water from the Guarumo potabilizing plant, province of Manabi, Ecuador

Rubén Cadenas-Martínez*

Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador

ruben.cadenas@unesum.edu.ec

 <http://orcid.org/0000-0002-3248-2767>

Recepción: 22 de octubre de 2020

Aprobación: 11 de octubre de 2021

Jesús D. Barreiro-Vinces

Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador

jesusda1996@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0002-6500-6759>

RESUMEN

Se caracteriza la calidad del agua proveniente de la planta potabilizadora Guarumo a través de medidas de parámetros fisicoquímicos básicos. Las medidas se compararon con los valores establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana 1108 Quinta revisión. Los resultados muestran que los parámetros básicos para tener en cuenta son la turbiedad, la temperatura, el cloro residual y el pH. Los parámetros analizados cumplen con los requisitos establecidos en la norma para el periodo considerado y pueden utilizarse para monitorear permanentemente la calidad del agua, la cual se concluye que es de buena calidad.

PALABRAS CLAVE: calidad del agua, planta potabilizadora, parámetros fisicoquímicos.

ABSTRACT

The objective of this work was to characterize the quality of the water coming from the Guarumo water treatment plant through measurements of basic physicochemical parameters. For this, a selection of the parameters to be measured was made and these measurements were compared with the values established in the Ecuadorian Technical Standard 1108-2014 Fifth Revision. The results show that the basic parameters to take into account are turbidity, temperature, residual chlorine and pH. The parameters analyzed comply with the requirements established in the standard for the period of analysis and can be used to permanently monitor the quality of the water and it is concluded that the water is of good quality.

KEYWORDS: water quality, water treatment plant, physicochemical parameters.

INTRODUCCIÓN

El agua tiene un papel fundamental en todos los sectores de la economía y es esencial para alcanzar un desarrollo sostenible y para cumplir los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM). Según un informe de INEC-Unicef (Molina *et al.*, 2018), hay alrededor de 663 millones de personas que no tienen acceso a *fuentes de agua mejoradas*, entendiéndose el concepto como el agua que proviene de la tubería en la vivienda, de la tubería en el patio o parcela, de la llave o pileta pública, de pozos protegidos, de manantiales protegidos, de botella o funda, de lluvia almacenada en un contenedor, de tanque o cisterna y de carro repartidor o tanquero.

Si el agua proviene de una fuente mejorada, puede considerarse como segura. Al respecto, los ODM plantean que el indicador de *agua segura* debe tener tres componentes fundamentales: calidad, suficiencia y cercanía de la fuente.

AUTOR PARA CORRESPONDENCIA

ruben.cadenas@unesum.edu.ec

La calidad de este recurso para el consumo humano tiene algunas características microbiológicas y químicas que se encuentran estipuladas en la *Guías para la calidad del agua potable* de la OMS (2006). En términos generales, para que sea considerada segura se esperaría que esté libre de agentes patógenos y de sustancias tóxicas.

Para 2016, en Ecuador el 83.6% de los hogares ya contaba con acceso al agua por red pública (Molina *et al.*, 2018). De estos, a nivel nacional, el 70.1% de la población cuenta con agua segura, es decir sin contaminación por residuos fecales, con instalaciones cercanas, suficientes y con fuentes mejoradas. Estos resultados indican que el problema ya no es de acceso sino de calidad, ya que la cobertura más baja se encuentra en este componente, que alcanza el 79.3% de la población. Comparando las regiones, en la Sierra el 75.7% tiene agua segura, la Costa presenta una cobertura de 68.1% y la región con menor población beneficiada es la Amazonía, con sólo el 42.5% (Molina *et al.*, 2018).

Según la medición efectuada en 2010 (Molina *et al.*, 2018), existen 27 cantones con coberturas de servicio básico de agua de hasta el 25% de la población en sus territorios. Es decir, aproximadamente 3 de cada 4 personas no cuentan con agua suministrada por red pública y que tenga la fuente en la vivienda, lote o terreno. Los cantones en mayor situación de pobreza de la Costa pertenecen a las provincias de Manabí, Esmeraldas y Los Ríos; por su parte, las coberturas de agua en Muisne y Pedernales, cantones de Manabí y Esmeraldas, que ya eran bajas en 2010, resultaron aún más afectadas por el terremoto del 16 de abril del 2016.

En particular, entre los cantones con mejores coberturas –aquellos con cifras mayores al 75% de saneamiento básico (servicio higiénico adecuado y de uso exclusivo) según el Censo de Población y Vivienda 2010– está el de Santa Ana de Manabí, el cual presenta el 85% de saneamiento básico (Molina *et al.*, 2018). De hecho, es en este lugar donde se ubica la planta potabilizadora Guarumo, siendo el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Santa Ana el encargado de su manejo.

La planta potabilizadora de Guarumo posee un laboratorio para el análisis físico, químico y microbiológico que es capaz de analizar las distintas características de agua cruda, proveniente de la presa Poza Honda, y de agua potable, en donde se realiza un muestreo permanente para precisar su calidad. Los requisitos que debe cumplir el agua potable para el consumo humano están establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana del INEN (2014), la cual es una adaptación de las *Guías para la calidad del agua potable* de la OMS (2011). Estas normas se aplican no sólo a la determinación fisicoquímica y bacteriológica del agua, sino también a las actividades de inspección que garanticen su consumo para la población.

Los parámetros o variables seleccionados para evaluar la calidad del agua depende en gran medida del criterio de un experto, así como también de la información existente, del tiempo y de la localización y su importancia como estándar de calidad (Samboni *et al.*, 2007). Así, la selección de variables podría servir para evaluar las características organolépticas (color, olor y sabor) de la fuente, efecto sobre la vida acuática y la salud humana (Samboni *et al.*, 2007). Otro conjunto de variables tiene en cuenta el tipo de uso de la fuente, por ejemplo agua para consumo, recreación, riego, industria, entre otros (Samboni *et al.*, 2007). Ambos tipos de selección han sido tomadas en cuenta en la redacción del *Texto unificado de legislación secundaria* del Ministerio del Ambiente (2015) y de la Norma Técnica Ecuatoriana del INEN (2014).

La selección de los parámetros se agrupa en cuatro categorías: *a*) Las características fisicoquímicas del agua, en cuyo caso se evalúa la turbiedad, los sólidos (disueltos o en suspensión), el color, el olor, el sabor, la temperatura y el pH. *b*) La eutrofización, el cual es un proceso natural o antropogénico que consiste en el enriquecimiento de las aguas con nutrientes, nitratos y fosfatos; en este caso se miden las concentraciones de nitritos, nitratos, y compuestos del fósforo (P), entre ellos los ortofosfatos. *c*) Los aspectos de salud, los cuales se analizan por la presencia (o ausencia) de coliformes totales y fecales. *d*) El nivel de oxígeno en cuyo caso los parámetros que se miden son la demanda de oxígeno (DO), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO) (tabla 1).

TABLA 1
Selección de parámetros a medir según la categoría que debe cumplir el agua

Categorías	Parámetros a medir
Características físico-químicas	Turbiedad, sólidos (disueltos o en suspensión), color, olor, sabor, temperatura, cloro residual, pH y conductividad
Eutrofización	NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , ortofosfatos
Aspectos de salud	Coliformes totales y fecales
Nivel de oxígeno	OD, DBO, DQO

Fuente: elaboración propia basada en Samboni *et al.*, (2007).

Nota: DO = demanda de oxígeno, DBQ = demanda bioquímica de oxígeno, DQO = demanda química de oxígeno

El cloro residual, la turbiedad y el pH son parámetros claves porque están relacionados de forma directa con la desinfección; los dos últimos, en especial con el mantenimiento del grado de cloro libre residual en el agua y, por lo tanto, con la posibilidad de transmisión de agentes patógenos (Aurazo, 2004). Estos tres parámetros se caracterizan por ser muy inestables y, por ese motivo, se recomienda su análisis periódico en el campo o en un laboratorio, pero en el lapso requerido para cada uno, que en promedio son dos horas después de efectuado el muestreo (Aurazo, 2004). De allí se tomarían como parámetros fisicoquímicos básicos la turbiedad, la temperatura, el cloro residual y el pH.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

La planta de agua potabilizadora Guarumo está ubicada en la parroquia Honorato Vázquez del cantón Santa Ana. Su captación de agua cruda proviene por gravedad de la represa Poza Honda; en la actualidad distribuye agua potable a diferentes cantones como son Santa Ana, 24 de mayo y una parte del cantón Portoviejo.

La Corporación Reguladora del Manejo Hídrico de Manabí (CRM) construyó la planta entre 1969 y 1970. Con el paso del tiempo se convirtió en la principal fuente de dotación de agua potable de la provincia de Manabí. De ella se han abastecido varios cantones, entre ellos Portoviejo, que desde el 2000 cuenta con Cuatro Esquinas, su propia planta potabilizadora.

El municipio del cantón Santa Ana se hizo cargo del sistema de potabilización en 2011. Si bien la planta potabilizadora ya cumplió su vida útil, ha seguido con el funcionamiento y abastecimiento a las poblaciones aledañas. Sin embargo, debido a los problemas técnicos por los que atraviesa, de los 44 000 a 50 000 m³ de agua por día que debería producir en condiciones óptimas, sólo está produciendo entre 22 000 y 24 000 m³ diarios (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Santa Ana, 2019).

Para los análisis de los parámetros cloro residual, turbiedad y pH se tomaron muestras del agua de la planta entre enero y octubre de 2018, mientras que la temperatura se midió sólo en dos ocasiones por razones que se indican más adelante. La técnica de muestreo depende del tipo de análisis, los cuales siguieron los estándares establecidos por la American Public Health Association (2012).

Los datos recolectados se tabularon y compararon con aquellos valores fijados por la Norma Técnica Ecuatoriana del INEN (2014), la cual establece la calidad del agua potable.

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.1. Turbiedad

En el cuadro 1 se muestran los valores obtenidos para la turbiedad en enero, abril y octubre de 2018. De acuerdo con los resultados, los valores de turbiedad a la entrada de la planta son superiores a los de salida; en el caso de abril, esta diferencia es muy notable.

CUADRO 1
Turbiedad del agua medida a la entrada y a la salida de la planta potabilizadora Guarumo

a)			b)			c)		
Enero 2018			Abril 2018			Octubre 2018		
Día de muestreo	Turbiedad (NTU)		Día de muestreo	Turbiedad (NTU)		Día de muestreo	Turbiedad (NTU)	
	Entrada	Salida		Entrada	Salida		Entrada	Salida
4	3.95	0.80	2	69.31	2.96	3	5.11	0.71
10	4.52	1.10	3	61.22	1.92	18	3.95	0.78
16	3.98	0.95	5	48.01	2.05	29	6.37	0.63
Promedio	4.15	0.95	10	86.11	3.21	Promedio	5.14	0.71
Desviación estándar	0.32	0.15	12	89.23	2.34	Desviación estándar	1.21	0.08
			16	41.07	1.97			
			18	39.14	1.85			
			21	52.14	2.97			
			24	45.15	1.79			
			27	34.52	1.51			
			Promedio	56.59	2.26			
			Desviación estándar	19.37	0.59			

Fuente: elaboración propia.

Nota: NTU = Nephelometric Turbidity Unit.

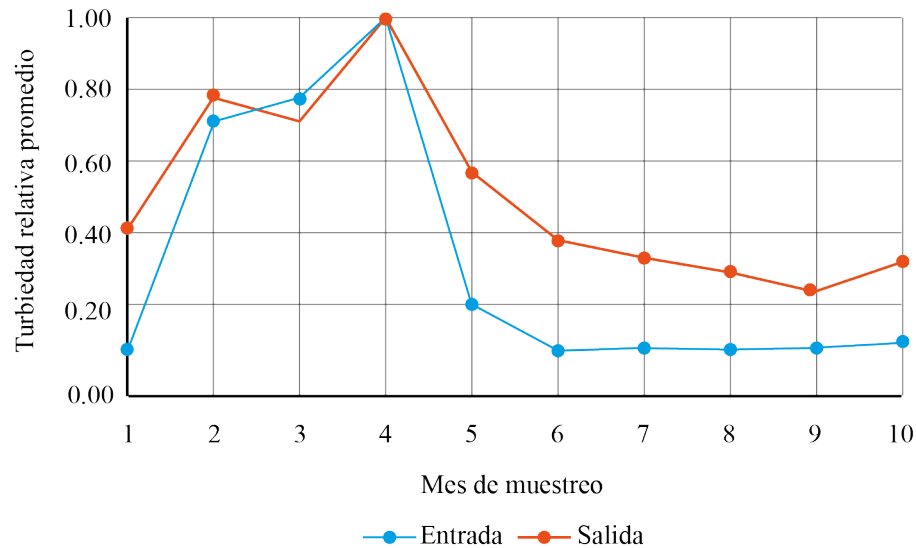
En el cuadro 2 se presentan los resultados obtenidos para la turbiedad del agua de la planta Guarumo, mientras que en la gráfica 1 la variación relativa promedio de la turbiedad en la planta entre enero y octubre de 2018. Estos valores se obtuvieron al dividir el valor de la turbiedad entre el valor mayor para la situación considerada (entrada o salida).

CUADRO 2
Valores obtenidos para la turbiedad del agua de la planta potabilizadora de Guarumo

Mes	Turbiedad (NTU)	
	Entrada	Salida
Enero	4.15 ± 0.32	0.95 ± 0.15
Febrero	40.65 ± 24.39	1.78 ± 0.63
Marzo	44.15 ± 10.35	1.63 ± 0.74
Abril	56.59 ± 19.37	2.26 ± 0.59
Mayo	11.76 ± 8.34	1.29 ± 0.24
Junio	4.32 ± 0.44	0.88 ± 0.11
Julio	4.43 ± 0.56	0.77 ± 0.12
Agosto	4.29 ± 0.23	0.66 ± 0.05
Septiembre	4.55 ± 0.49	0.55 ± 0.66
Octubre	5.16 ± 1.21	0.71 ± 0.08

Fuente: elaboración propia.

Nota: NTU = Nephelometric Turbidity Unit.



GRÁFICA 1

Variación relativa de la turbiedad promedio a la entrada y salida de la planta

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el cuadro 2, la turbiedad a la entrada de la planta es notablemente superior a la salida. Los valores mayores de turbiedad, tanto a la entrada de la planta como a la salida, corresponden a febrero, marzo, abril y mayo, los cuales coinciden con la época de lluvia en el cantón Santa Ana de la provincia de Manabí, zona en donde se ubica la planta potabilizadora de Guarumo. De febrero a mayo llega más agua a la planta, pero con más partículas en suspensión (arcilla, limo, tierra finamente dividida, etc.). Sin embargo, los valores de turbiedad a la salida de la planta son inferiores al valor establecido como máximo por la Norma Técnica Ecuatoriana del INEN (2014), lo que indica la eficacia de los procesos tendientes a eliminación de la turbiedad en la planta potabilizadora de Guarumo.

En términos relativos, la gráfica 1 exhibe la variación de la turbiedad promedio a la entrada y de salida de la planta. De acuerdo con la gráfica, el comportamiento de ambas curvas son bastantes similares y consideramos que son un reflejo de la época lluviosa en la que fueron tomados los datos. El hecho que la curva de salida sea parecida a la de entrada indica, a nuestro parecer, que la cantidad de turbiedad removida a la salida depende de la cantidad de turbiedad a la entrada; entre más turbiedad entra a la planta, más turbiedad será removida, lo que de nuevo da cuenta de la eficacia de los métodos de remoción de turbiedad aplicados.

2. 2. Temperatura

Las altas temperaturas impactan de modo negativo en la calidad del agua al favorecer el crecimiento de microorganismos que pueden afectar el sabor, olor y color (OMS, 2011). Por lo tanto, es primordial que la temperatura no esté demasiado alta para no tener proliferación microbiana. La temperatura afecta las actividades biológicas, químicas y físicas en el agua y además un aumento provoca la disminución de la solubilidad del oxígeno.

A menos de que existan, aguas arriba de la planta, instalaciones industriales que utilicen el agua en sus procesos, la temperatura del agua de la planta reflejará la temperatura ambiente originada en el ciclo natural de las estaciones. Este es el caso que se observa en este artículo, por lo que sólo se midieron los valores del 7 de marzo y del 2 de abril. En ambos casos el valor obtenido fue de 28.6 °C.

2. 3. pH

En el cuadro 3 se concentran los valores obtenidos para el pH del agua de la planta potabilizadora de Guarumo. Aunque el pH no suele afectar de manera directa a los consumidores, es uno de los parámetros operativos más imprescindibles de la calidad del agua (OMS, 2011). Valores de pH iguales o superiores a 6.5 son los que se recomiendan en el agua potable para prevenir la corrosión (Oyem *et al.* 2014). Valores de pH por arriba de 8.0 hacen que los métodos de tratamiento y desinfección con cloro no sean tan eficaces (OMS, 2011). Así, los valores de pH comprendidos entre 6.5 y 8.5 son los que se consideran indicadores de buena calidad del agua. De acuerdo con la cuadro 3, los valores obtenidos para el pH (promedio 7) están entre estos valores, lo cual garantiza también conseguir mayor desinfección del agua con una menor dosificación de desinfectante (Lahora *et al.*, 2019).

CUADRO 3
Valores del pH del agua de la planta de Guarumo medidos en diferentes épocas de 2018

Mes	Día	pH
Enero	4	7.00
	10	7.00
	16	7.00
Febrero	5	7.00
Marzo	6	7.20
	7	6.80
Abril	2	7.00
Mayo	16	7.00
Junio	13	7.00
Julio	12	6.80
Agosto	16	7.00
Septiembre	17	7.20
Octubre	3	7.00
	18	7.00
	29	7.00

Fuente: elaboración propia

2. 4. Cloro residual

El cloro es el desinfectante de mayor uso debido a su bajo costo, a su fácil comercialización y a que tiene un efecto residual sobre el agua. Al proceso de desinfección mediante el cloro se le denomina *cloración*. En la cloración se producen dos tipos de cloro residual: el libre y el combinado. El remanente de cloro en el agua después de que parte del añadido reaccione en su proceso de desinfección, se denomina *cloro residual libre*. Este es un agente oxidante más activo y de acción bactericida más lenta que el cloro residual combinado (Aurazo, 2004).

La reglamentación técnico-sanitaria establece que las aguas distribuidas para consumo humano deberán contener en todo momento cloro residual libre o combinado u otros agentes desinfectantes. En el cuadro 4 se apuntan los valores del cloro residual libre obtenido para el agua de la planta de Guarumo medido para diferentes fechas.

Como se observa, todos los valores del cloro libre medidos se encuentran entre 1.2 y 1.5 mg/l (promedio 1.4 mg/l); estos valores están comprendidos en el intervalo 0.3-1.5 mg/l establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana del INEN (2011) como cantidad de cloro libre que debe cumplir el agua potable.

CUADRO 4
Valores del cloro residual libre obtenido para el agua de la planta de Guarumo

Mes	Día	Cl libre (mg/L)	Mes	Día	Cl libre (mg/L)	Mes	Día	Cl libre (mg/L)
Enero	4	1.2	Abril	2	1.2	Junio	5	1.2
	10	1.2		3	1.5		8	1.5
	16	1.3		5	1.5		13	1.5
Febrero	2	1.2		10	1.5		21	1.5
	5	1.5		12	1.5		25	1.5
	9	1.5		16	1.5		29	1.5
	15	1.3		18	1.3	Julio	4	1.5
	19	1.5		21	1.3		12	1.5
	21	1.5	24	1.3	23	1.5		
Marzo	26	1.5	Mayo	3	1.2	Agosto	16	1.4
	6	1.5		7	1.5		28	1.5
	9	1.5		9	1.5	Septiembre	6	1.5
	14	1.5		14	1.5		17	1.5
	20	1.3		16	1.2		27	1.5
	23	1.5		21	1.2	Octubre	3	1.5
28	1.5	23		1.5	18		1.5	
		25		1.5	29		1.5	
		30		1.5	Promedio	1.4 mg/L		
					Desviación estándar	0.1 mg/L		

Fuente: elaboración propia.

ANÁLISIS PROSPECTIVO

Entre los derechos humanos fundamentales se reconoce el derecho a un medioambiente sano relacionado con condiciones sanitarias básicas, suministro adecuado de agua y de factores ambientales que contribuyan a mejorar la salud. Así, el derecho a un adecuado nivel de vida contiene, entre otros, servicios adecuados de agua y saneamiento, Este planteamiento está recogido en “Agua limpia y saneamiento”, sexto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (2015), el cual propone garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos mediante dos metas específicas: *a*) lograr el acceso universal y equitativo al agua segura para beber y *b*) lograr el acceso equitativo a servicios de saneamiento e higiene adecuados para todos y poner fin a la defecación al aire libre, además de prestar especial atención a las necesidades de las mujeres y las niñas y las personas en situaciones vulnerables.

Ecuador es uno de los países en Latinoamérica con mayor cantidad de agua dulce por habitante y si bien el 70% de la población cuenta con agua segura, un 30% aún no lo hace y se expone a consumir agua con contaminación fecal. Además, alrededor de un 90% de las aguas residuales no son tratadas en el país. A esta problemática se suma el crecimiento de la población, pues ejerce cada vez más presión sobre los recursos hídricos y los efectos del cambio climático que, de no tomar de inmediato las previsiones indicadas por las Naciones Unidas, podría generar escasez de agua dulce en las próximas décadas. Todo lo anterior es motivo de preocupación en el ámbito mundial, puesto que se ha venido afectando la calidad del agua y con ello, en forma directa, en la salud humana.

En particular, en las áreas rurales el problema principal para la calidad del agua de bebida es la contaminación de tipo biológico, en especial la bacteriana. Por lo general, la calidad del agua se determina comparando las

características fisicoquímicas y microbiológicas de una muestra con unas directrices de calidad o estándares ya establecidos en las diversas normativas de calidad nacionales o internacionales. En este artículo se mostró que, aun cuando no se efectúen análisis bacteriológicos, se puede monitorear permanentemente la calidad a través de cuatro aspectos fisicoquímicos de importancia práctica: el cloro residual, la turbiedad, el pH y la temperatura. Aun así, es necesario llevar a cabo estudios de los indicadores microbiológicos con el fin de garantizar que el agua sea segura para el consumo humano.

CONCLUSIONES

La turbiedad, la temperatura, el pH y el cloro residual pueden ser utilizados como parámetros fisicoquímicos básicos para monitorear permanentemente la calidad del agua. En cuanto a los valores presentados en este artículo, la turbiedad a la entrada de la planta es superior a la de salida; sin embargo, los valores de esta última se encuentran en el intervalo (1.15 ± 0.57) NTU (Nephelometric Turbidity Unit), muy por debajo de los 5 NTU, que es el valor límite establecido por el INEN. Los valores de la turbiedad a la salida son imperceptibles por los usuarios e indican que los procesos de reducción de la turbiedad empleados en la planta son eficaces.

La temperatura del agua de la planta refleja la temperatura ambiente originada en el ciclo natural de las estaciones y que no existen, aguas arriba de la planta potabilizadora, instalaciones industriales que utilizan el agua proveniente de la presa Poza Honda en sus procesos. Esto indica que el agua que llega a la planta no es utilizada previamente ni en procesos industriales ni como elemento refrigerante.

Los valores de pH obtenidos (promedio 7) indican que el agua no es corrosiva y garantiza, además, que los métodos de tratamiento y desinfección con cloro son eficaces. Los valores del cloro residual alcanzados (1.4 ± 0.1 mg/l) indican la presencia de un remanente del desinfectante capaz de asegurar la inhibición o muerte de las bacterias patógenas.

Dados los resultados conseguidos para los parámetros fisicoquímicos básicos, todos los cuales cumplen los requisitos establecidos en la normativa ecuatoriana para el agua potable, se puede concluir que el agua que suministra la planta potabilizadora de Guarumo es de buena calidad. A pesar de ello, si bien los resultados indican que la mayor parte de la turbiedad es removida por los procesos de la planta, y que además existe cloro residual en el agua, se recomienda realizar la determinación de coliformes totales y *E. Coli* por medio de métodos estándares para garantizar que el agua sea microbiológicamente segura para el consumo humano.

REFERENCIAS

- APHA (American Public Health Association). (2012). *Standard Methods for examination of water and wastewater* (22nd edition).
- Aurazo, M. (2004). *Organización Panamericana de la Salud. Manual para análisis básicos de calidad del agua de bebida*. Disponible en <http://elaguapotable.com/manual%20analisis%20basicos%20CA.pdf>
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Santa Ana (2019). *Sistema de Agua Potable de Guarumo presenta problemas para dotar de agua*. Disponible en <http://santaana.gob.ec/2019/06/26/sistema-de-agua-potable-de-guarumo-presenta-problemas-para-dotar-de-agua-potable-a-cantones-manabitas/>
- INEN (Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización). (2014). *Norma Técnica Ecuatoriana. Agua potable: Requisitos. NTE INEN 1108 Quinta revisión 2014-01*. Disponible en <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1108.pdf>
- Lahora, A., Ayuso, L. y Martínez, S. (2019). Subproductos de la desinfección de aguas residuales con hipoclorito: cloratos y trihalometanos. *TecnoAqua*, 35, 54-63. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/332228092>

- Le Chevallier, M. W. & Norton, W. D. (1992). Examining relationships between particle counts and Giardia, Cryptosporidium, and Turbidity. *Journal of the American Water Works Association*, 84, 54-60. Disponible en <https://doi.org/10.1002/j.1551-8833.1992.tb05902.x>
- Marcó, L., Azario, R., Metzler, M. y Garcia, M. (2004). La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadoras a partir de fuentes superficiales. *Higiene y Sanidad Ambiental*, 4, 72-82. Disponible en [http://www.salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510156890491c_Hig.Sanid.Ambient.4.72-82\(2004\).pdf](http://www.salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510156890491c_Hig.Sanid.Ambient.4.72-82(2004).pdf)
- Ministerio del Ambiente (2015). *Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua. Texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente*. Disponible en <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>.
- Molina, A., Pozo, M. y Serrano, J. (2018). *Agua, saneamiento e higiene: medición de los ODS en Ecuador*. INEC-UNICEF. Disponible en https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Libros/AGUA._SANEAMIENTO_e_HIGIENE.pdf
- Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de desarrollo Sostenible*. Disponible en <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- OMS (Organización Mundial de la Salud). (2006). *Guías para la calidad del agua potable*. Disponible en https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf?ua=1
- OMS (Organización Mundial de la Salud). (2011). *Guías para la calidad del agua de consumo humano*, cuarta edición. Disponible en <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?ua=1>
- Oyem, H., Oyem, I. & Ezeweali, D. (2014). Temperature, pH, electrical conductivity, total dissolved solids and chemical oxygen demand of groundwater in Boji-BojiAgbor/Owa area and immediate suburbs. *Research Journal of Environmental Sciences*, 8(8), 444-450. Disponible en <https://doi.org/10.3923/rjes.2014.444.450>.
- Samboni, N., Carvajal, Y. y Escobar, J. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Revista Ingeniería e Investigación*, 27(3), 172-181. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64327320>

CC BY-NC-ND