

Procesos de calidad de agua en la Planta Potabilizadora

Antonio Yepes De León



Water quality processes in the Antonio Yepes De León Water Treatment Plant

Rudas, Dayra; Trejos, Marian; Farnum Castro, Francisco; De La Cruz Cabrera, Vera

 Dayra Rudas

dayra.rudas@up.ac.pa

Universidad de Panamá, Panamá

 Marian Trejos

mtrejos1@idaan.gob.pa

Instituto de Alcantarillado y Acueductos Nacionales,
Panamá

 Francisco Farnum Castro

francisco.farnum@up.ac.pa

Universidad de Panamá, Panamá

 Vera De La Cruz Cabrera

vera.delacruz@up.ac.pa

Universidad de Panamá, Panamá

Guacamaya

Universidad de Panamá, Panamá

ISSN-e: 2616-9711

Periodicidad: Semestral

vol. 8, núm. 1, 2023

solismu@yahoo.com

Recepción: 17 Mayo 2023

Aprobación: 23 Julio 2023

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/212/2124647003/>

DOI: <https://doi.org/10.48204/j.guacamaya.v8n1.a4316>

Resumen: El agua es necesaria para la vida y sus propiedades físicas y químicas son muy importantes para la supervivencia de los ecosistemas. Siendo un recurso natural permite el desarrollo y sostenimiento de una sociedad. Su tratamiento involucra procesos haciéndola apta para el consumo humano o animal, riego, uso industrial, entre otros. Por esta razón, el agua puede estar expuesta a contaminantes que ponen en riesgo su calidad. En este estudio realizado en la Planta Potabilizadora Antonio Yepes De León (AYDL) se verificó la calidad del agua, se realizaron evaluaciones analíticas sustentadas con la normativa de agua potable y su monitoreo continuo. En ese sentido, se puede mencionar que las evaluaciones comparativas permiten comprobar que dichos procesos de potabilización cumplen con el propósito para el suministro de agua potable. La metodología utilizada se basó en la revisión de procesos fisicoquímicos y microbiológicos del laboratorio que determinaron parámetros físicos *in situ*, análisis químicos especiales, análisis bacteriológicos y ficológicos en el agua, caracterizando la importancia de las técnicas analíticas empleadas en la gestión y control de calidad de agua de los afluentes o efluentes de la planta de potabilización.

Palabras clave: planta potabilizadora, clorofila, calidad de agua, parámetros químicos, cianobacterias..

Abstract: Water is necessary for life and its physical and chemical properties are very important for the survival of ecosystems. Being a natural resource allows the development and maintenance of a society. Its treatment involves processes making it suitable for human or animal consumption, irrigation, industrial use, among others. For this reason, water may be exposed to contaminants that put its quality at risk. In this study carried out at the Antonio Yepes De León (AYDL) water treatment plant, the water quality was verified, analytical evaluations were carried out supported by the drinking water regulations and their continuous monitoring. In this sense, it can be mentioned that the comparative evaluations allow to verify that said purification processes fulfill the purpose for the supply of drinking water. The methodology used was based on the review of physicochemical and microbiological processes in the laboratory that determined physical parameters *in situ*, special chemical analyses, bacteriological and phycological analyzes in the water, characterizing the importance of the analytical

techniques used in the management and quality control of water from tributaries or effluents from the purification plant.

Keywords: water treatment plant, chlorophyll, water quality, chemical parameters, cyanobacteria.

INTRODUCCIÓN

El agua es esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un suministro satisfactorio (suficiente, y accesible). Su calidad puede verse afectada por diversos factores tanto naturales o por actividades antropogénicas, y está asociada a la aparición de enfermedades. Existen diversos parámetros de calidad de agua útiles que determinan las actividades en las que se puede utilizar, en el caso del agua para consumo humano se establecen estándares más estrictos y para su cumplimiento se establecen pruebas y procesos fisicoquímicos y biológicos que determinan la concentración de elementos contaminantes (Calderón Carrascal & *et al* 2008; Guzmán & *et al*, 2015; De La Cruz C., Taylor, & Farnum C., 2020). El agua para consumo humano debe reunir condiciones que eviten enfermedades, libre de patógenos, de agentes químicos y físicos que afecten la salud cumpliendo con procesos que garanticen su calidad (Carvajal & *et al*, 2019; UNESCO, 2021).

Existen procesos y estructuras que cumplen con la responsabilidad de transformar agua captada de un sistema natural en agua para el consumo humano, llámese ríos, lagos, embalse, agua subterránea o incluso el mar. A esta tecnología se le conoce como planta potabilizadora de agua, y cumple con el tratamiento de agua cruda para convertirla en agua potable. Cabe mencionar que para este tipo de tecnología se requiere de inversiones económicas importantes para cumplir con el tratamiento y distribución del agua potable en áreas urbanas, sin embargo, existen comunidades rurales que no cuentan con la tecnología ni mucho menos con los recursos lo que convierte su situación en un riesgo para la salud humana, por la falta de purificación del agua (Lugo & Lugo 2018).

El agua tal cual se presenta en la naturaleza contiene componentes como sólidos en suspensión (arena, sedimentos), microorganismos (virus, hongos y bacterias), que no son saludables o incluso pueden ser tóxicos para el consumo humano y considerado como uno de los principales problemas ambientales (Abd-Elmaksoud, Naranjo & Gerba, 2013). Para su tratamiento se debe partir de los análisis fisicoquímicos que determinan los componentes químicos importantes que dan mal sabor o mal aspecto al agua (hierro, manganeso) que provocan lo que se conoce como “agua dura” minerales (sales de calcio y magnesio) e incluso metales tóxicos que pueden traer enfermedades graves si se consumen con frecuencia, como el arsénico (Vilchez, 2005; Tejada-Tovar & *et al*, 2015; Londoño & *et al*, 2016). Al mismo tiempo incluye procesos bacteriológicos que garantizan que el agua sea apta para el consumo humano y su desinfección elimina los microorganismos patógenos que no han sido descartados en procesos iniciales (Arango Ruíz, 2005; Arjona & *et al* 2012; Pabón & *et al*, 2020; Pachamaca-Llumiquinga, 2020).

En ese sentido, la determinación de los parámetros de calidad del agua debe realizarse en base a criterios físicos, químicos y biológicos, los cuales aportan información de su influencia de la vida acuática. Dichos parámetros consideran la dinámica de los procesos y elementos que los afectan, así como la capacidad del recurso o del ecosistema para soportar presiones y de su poder de autodepuración (Samboni Ruiz & *et al*, 2007; Ministerio de Ambiente, Panamá 2020, Pabón & *et al*, 2020). Estos parámetros de calidad se fijan de manera diferenciada, de conformidad con los diversos usos a los que se va a destinar este recurso hídrico (consumo humano, riego, industria, ganadería, recreación, vida acuática, entre otros)

En la provincia de Colón, el instituto de acueductos y alcantarillados nacionales (IDAAN) administra la planta potabilizadora de Sabanitas “Antonio Yépez De León”, la cual ofrece servicio de agua potable a los corregimientos de gran parte del distrito de Colón, siendo la fuente de agua cruda el Lago Gatún, el cual forma parte de la cuenca hidrográfica del Canal de Panamá.

La finalidad de desarrollar este estudio en la planta potabilizadora Antonio Yepes De León (AYDL) fue la de revisar los procesos físicos-químicos y microbiológicos, verificar la calidad de agua y realizar evaluaciones analíticas sustentadas con la normativa de agua potable y su monitoreo en nuestro país, comprobando que los procesos de potabilización de agua cumplen con el propósito para su distribución, resaltando la importancia de las técnicas analíticas empleadas en la gestión y controles en los afluentes o efluentes de la planta de potabilización.

Como valor agregado, esto permitió fortalecer conocimientos sobre el análisis de la calidad y tratamiento de agua en la toma de agua cruda y de agua tratada del sistema de potabilización. Además, fortaleció las competencias adquiridas como profesional de la biología ambiental para el trabajo dentro del laboratorio como en campo, participando en los procesos requeridos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en el laboratorio de calidad de agua, en la planta potabilizadora Antonio Yepes De León (AYDL), ubicada en 9°20'33" N Y 79°48'44" E, Provincia de Colón, en el distrito del mismo nombre, corregimiento de Sabanitas, Barriada del maestro, República de Panamá. Dicha planta mantiene un proceso de filtración directa y muestra en sus etapas la entrada de agua cruda, pre-cloración, filtrado (ocho filtros), post-cloración y almacenamiento de agua tratada. La fuente de agua cruda utilizada para este sistema de potabilización proviene del Lago Gatún, un cuerpo artificial de agua dulce léntico y forma parte de la cuenca hidrográfica Del Canal de Panamá rodeado de cobertura boscosa influyendo en su ciclo hidrológico (De La Cruz, Taylor & Farnum, 2020), siendo uno de los más importantes de la República de Panamá. Los aportes hídricos del Lago Gatún ofrecen múltiples usos: para el consumo humano en las ciudades de Panamá, Colón y alrededores, para el funcionamiento del canal y en la generación de energía hidroeléctrica (Calderón & *et al*, 2008; Martínez & *et al*, 2009).

Los datos evaluados se obtuvieron en un periodo de cuatro (4) meses, iniciando en el mes de agosto hasta el mes de noviembre del año 2022, considerando la época lluviosa con porcentaje de humedad de 89% y una precipitación pluvial aproximada de 1373 mm para la Provincia de Colón (Climate-Data, 2021), sin embargo, durante esta etapa de muestreo (8:00 a.m. A 9:00 a.m.), el clima se mantuvo soleado.

La toma de agua cruda del sistema de potabilización Antonio Yepes De León (AYDL), se encuentra rodeada de bosque tropical húmedo secundario (Pérez & *et al*, 2021), cercano a áreas de desarrollo de actividades recreativas y probablemente influyendo en la calidad del agua por actividades antropogénicas.

Marco legal

En cuanto a la normativa que sustenta los aspectos legales nacionales e internacionales sobre el funcionamiento y procesos de una planta potabilizadora en la República de Panamá, se presentan las siguientes:

- a) Normativas nacionales
 - DGNI-COPANIT 21 – 2019: reglamento que establece los requisitos físicos, químicos, biológicos y radiológicos que debe cumplir el agua potable. Este reglamento aplica para los sistemas de abastecimiento de aguas en áreas urbanas como rurales.
- b) Normativas internacionales
 - APHA: AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, por sus siglas en inglés.

AWWA: AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, por sus siglas en inglés.

WEF: water environment federation, por sus siglas en inglés.

SM: standard methods for the examination of water and waste water.

Con respecto al análisis de la calidad del agua en la toma de agua cruda y en el agua tratada del sistema de potabilización Antonio Yepes De León (AYDL), se tomaron en cuenta parámetros físicos, químicos, bacteriológicos y ficológicos.

En los procesos físicos se consideró lo siguiente:

- Multiparámetros: se determinaron parámetros de pH, conductividad eléctrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$) y total de sólidos disueltos (mg/l) por medio del equipo multiparamétrico HACH HQ440D (figura 1).
- Colorimetría: se determinó cloro residual en mg/l en 10ml de agua de las muestras con reactivo DPD HACH y colorímetro HACH DR300.
- Turbidímetro: se determinó turbiedad en NTU (Nephelometric Turbidity Unit), con el equipo HACH TL2300, para conocer la presencia de partículas en suspensión en las muestras de agua (figura 2).
- Color: las determinaciones de color se realizaron por medio de un espectrofotómetro de UV visible marca HACH DR 1900.

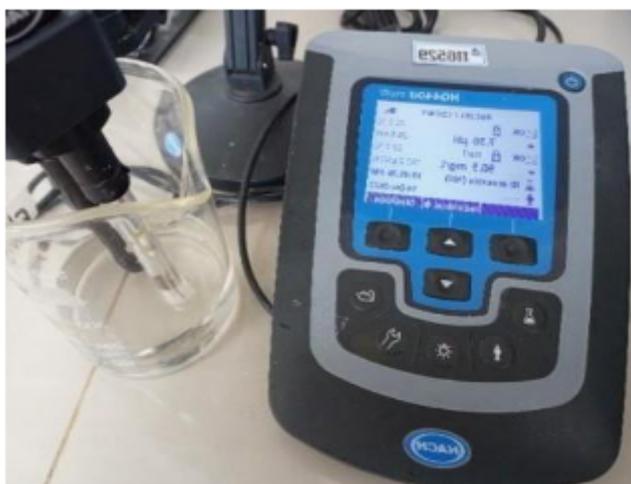


FIGURA 1

Medición de sólidos disueltos (mg/l), (conductividad) eléctrica (ms/cm) y pH.

Nota: Instrumento para obtener información de parámetros físicos.



FIGURA 2
Medición de sólidos suspendidos.
Nota: Instrumento para obtener información de parámetros físicos.

En cuanto a los procesos químicos, se consideró los siguientes procesos:

- a) Volumetría: se realizó el análisis de dureza, calcio, alcalinidad y cloruros por medio del proceso de titulación. (ver figura 3)
 - Alcalinidad: indicador azul bromocresol ($C_{27}H_{28}BR_2O_5S$) para determinar pH ácidos preferiblemente en pH (presenta color verde en solución acida); titulante, ácido sulfúrico (H_2SO_4).
 - Cloruros: indicador es el cromato de potasio (K_2CRO_4) (se utiliza para identificar la concentración de ion cloruro en una solución con nitrato de plata); titulante nitrato de plata ($AgNO_3$).
 - Calcio: indicador murexida ($C_8H_8N_6O_6$); titulante EDTA, reacciona de color rosado a morado.
 - Dureza: indicador eriocromo negro ($C_{20}H_{12}N_3O_7SNA$). Titulante EDTA reacciona de color morado a azul.
- b) Espectrofotometría:

en relación a la demanda química de oxígeno (DQO) en el agua, se determinó mediante espectrofotometría WTW 7600 UV – VIS en muestras de agua cruda y agua tratada, mostrando una alta actividad química de materia orgánica en descomposición, indicando que, a mayor demanda química de oxígeno, más contaminada está el agua (figura 3). Al mismo tiempo, se determinaron parámetros de nitritos (NO_2^-) y nitratos (NO_3^-) en agua cruda y agua tratada para identificar presencia de actividad biológica y actividad química mediante un espectrofotómetro WTW 7600 UV – VIS lo que permite analizar especies químicas que evidencien contaminación del agua por trazas bacteriana.



FIGURA 3.
Estación de espectrofotometría

Para los procesos biológicos, se realizaron los siguientes análisis:

a) Bacteriología:

Se obtuvieron las muestras y se conservaron en frascos estériles con tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) marca IDEXX. Método SM 9060A. Como resultado se detectaron coliformes totales y fecales utilizando sustrato definido COLILERT, IDEXX. Método SM 9223, prueba sustrato definido (ver figura 4). Para este proceso se utilizaron bandejas de 97 posillos para agua cruda (agua superficial) y de 51 posillos para agua tratada, marca IDEXX. Con el objeto de proteger las bandejas se utilizó el sellador QUANTI TRAY plus marca IDEXX (ver figura 5). De igual manera, para el adecuado manejo de las muestras se utilizó una cámara de bioseguridad marca FISON FM-BSC-A201, para evitar posibles alteraciones. Dichas muestras se mantuvieron en una incubadora marca PRECISION SCIENTIFIC 51221087, a una temperatura de 35°C a 37°C.

b) Microscopia:

Se colectaron muestras de 100ml para agua cruda y 1000ml de agua tratada, conservadas en envases ámbar y preservados con Lugol (Scharlau). Las muestras fueron procesadas por el sistema de filtración de membranas utilizando papel filtro WHATMAN con diámetro de 0.45 micras para su retención algal. Con respecto a la observación ficológica de algas y cianobacterias (ver figura 6.), se utilizó microscopia directa por medio de un microscopio invertido marca MOTIC AE2000. La cuantificación se realizó a través de una cámara SEDG EWICKRAFTER con conteo de 150 celdas, empleando la tabla de conversión SEDGEWICKRAFTER.

c) Espectrofotometría biológica:

El análisis de clorofila se realizó para conocer el estado fisiológico del fitoplancton utilizando un espectrofotómetro UV marca WTW 7600UV-VIS y el método de absorbancia para clorofila-*a* y feofitina-*a* por acidificación. Igualmente, el método tricromático por absorbancia de clorofila-*a,b,c*. MÉTODO SM 10200 H. CHLOROPHYLL-2.



FIGURA 4

Detección de coliformes totales y fecales con sustrato definido.

Nota: para este proceso se utilizaron muestras de agua cruda y agua tratada en los meses de agosto a noviembre 2022.



FIGURA 5 Y 6

Cuantificación bacteriológica de agua cruda por bandeja de 97 pocillos. Procesos ficológicos. Microscopia de algas y cianobacterias.

Nota: Se colectaron muestras de 100ml para agua cruda y 1000ml de agua tratada en los meses de agosto a noviembre 2022.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los procesos biológicos muestran los siguientes resultados

Bacteriología

Se analizaron un total de 48 muestras colectadas para agua cruda y agua tratada durante un periodo de cuatro (4) meses (agosto-noviembre) del año 2022 en horario de 8:00 a 9:00 a.m. Dichas muestras fueron colocadas en frascos estériles con tiosulfato de sodio, para luego ser trasladadas al laboratorio dando inicio al proceso en la cámara de bioseguridad (ver figura 4). Para la reacción bacteriológica, se utilizó sustrato definido COLILERT, IDEXXN con bandejas de 97 pocillos para muestras de agua cruda y 51 pocillos para muestras agua tratada. Con todas las bandejas se utilizó el sellador QUANTI TRAY IDEXX, sometiéndolas a una temperatura de 37°C por un período de 24 horas. Este proceso permitió la detección de coliformes totales y fecales, utilizando nutrientes indicadores ONPG Y MUG como fuentes principales de carbono en la metabolización de la enzima coliforme β -galactosidasa y la enzima e. Coli β -glucuronidasa (ver figura 5). Los resultados fueron interpretados con una tabla de conversión IDEXX, en números más probables (nmp/10ml).

La tabla 1 muestra que no hay variabilidad en los valores de coliformes totales y *E. Coli* en el agua cruda entre los meses de muestreo, igualmente se observa que el agua tratada mantiene una desinfección efectiva en su tratamiento y está dentro de los parámetros de la normativa DGNTI-COPANIT 21-2019 de agua potable. Este comportamiento se ve reflejado en la figura 7, lo que representa cambios significativos en la disminución bacteriana dentro del sistema de potabilización AYDL.

TABLA 1.
Valores promedios por mes de coliformes totales (CT) y E. Coli (EC) de agua cruda y agua tratada.

Datos bacteriológicos. (mp/1(0ml)						
Meses	Agua cruda		Agua tratada		Copanit 21-2019 *vp	
	Ct	Ec	Ct	Ec	Ct	Ec
Agosto	701.2	5.7	<1	<1	<1	<1
Septiembre	759.9	9.5	<1	<1	<1	<1
Octubre	1042.1	5.6	<1	<1	<1	<1
Noviembre	809.8	15	<1	<1	<1	<1

elaborada por D. Rudas. Noviembre 2021.

Nota: Datos obtenidos de DGNTI- COPANIT 21-2019 de agua potable, vp: valor permitido.

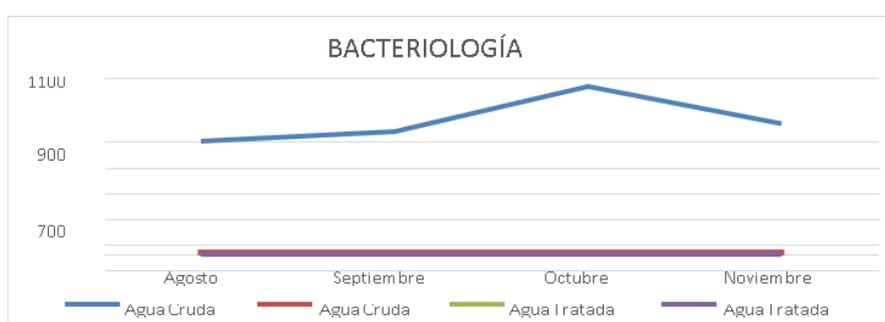


FIGURA 7

Datos bacteriológicos de coliformes totales y E. coli.

Nota: Representa cambios significativos en la disminución bacteriana dentro del sistema de potabilización en los meses de agosto a noviembre del año 2022.

Algas y cianobacterias

Para el análisis de algas y cianobacterias se colectaron un total de 20 muestras de agua cruda y agua tratada por un periodo de 4 meses (5 muestras por mes). Dichas muestras fueron procesadas por el método de filtración de membrana para su rápida cuantificación. Este método consiste en filtrar el volumen determinado de las muestras con papel filtro (WHATMAN 0.45 micras) reteniendo los microorganismos algales. (ver figura 6). Posteriormente, el papel filtro es colocado en un envase de 100ml y enjuagado a presión con 50ml de agua destilada. Para su observación, se esperó por un lapso aproximado de 5 a 10 minutos permitiendo la sedimentación de lavado, para luego extraer 1ml de la muestra obtenida para proceder a su lectura a través de una cámara SEDGEWICHRAFTER con conteo de 150 celdas, empleando la tabla de conversión.

La tabla 2 muestra los valores de cianobacterias en el agua cruda, los cuales se encuentran por encima o cerca de los niveles de vigilancia en base al sistema de monitoreo representado por Giannuzzi *et al*, (2009); sin embargo, dentro del sistema de potabilización (agua tratada) se refleja disminución en su densidad. El mismo esquema se observa en el grupo de algas verdes lo que representa una tasa de remoción de 89% en el sistema de potabilización.

TABLA 2
Promedio de grupos de algas verdes y cianobacterias obtenidos por microscopía ficológica.

Algas y cianobacterias					
Tratamientos	Agua cruda		Agua tratada		*Giannuzzi <i>et al.</i> , 2009 Nivel de Vigilancia
	Cianobacterias	Algas Verdes	Cianobacterias	Algas Verdes	
Agosto	544	60.6	62.42	8.5	>500 <u>unit/ml</u>
Septiembre	634	74	63	8.1	
Octubre	416	33	43	3	
Noviembre	407	29.4	37.3	2.46	
%Remoción total			89%		

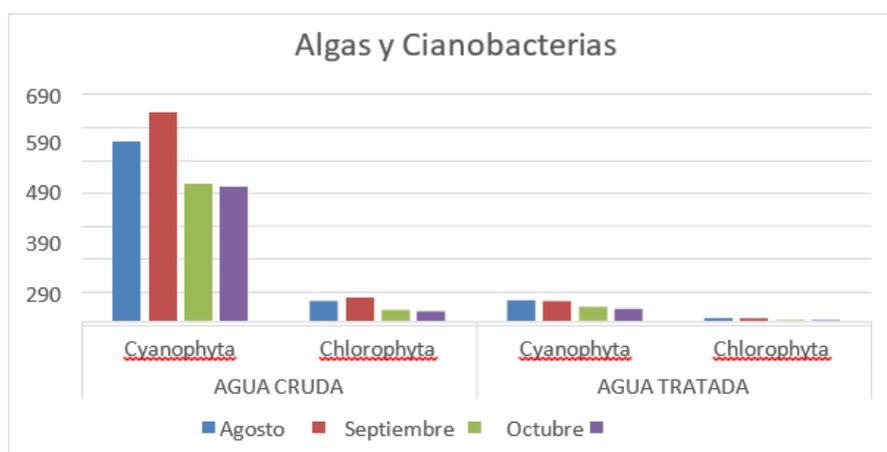


FIGURA 8
Phylum más representativos, cyanophyta y chlorophyta, en las muestras de agua cruda y agua tratada. Tomado de los muestreos de agosto a noviembre de 2022.

En la Figura 8, el phylum más representativo en ambos tratamientos, de acuerdo a la observación ficológica, corresponde a las cyanophytas con mayor incidencia, sin embargo, se refleja disminución significativa de la biomasa algal en las muestras de agua tratada, indicando remoción por parte del sistema de potabilización.

Clorofila

Para la determinación de clorofila *a, b, c* y feofitina *a* (ver tabla 3), se realizaron dos muestreos en el mes de septiembre y noviembre respectivamente, con el fin de conocer el estado fisiológico del fitoplancton. Para ellos se colectaron 250ml de agua cruda y agua tratada en envases ámbar y se preservaron con sulfato de magnesio ($MgSO_4$) por un periodo de 24 horas. Dichas muestras fueron procesadas con filtros de fibra de vidrio WHATMAN de diámetro de 47mm para ayudar a romper las células algales. La lisis celular se realizó introduciendo el papel filtrado dentro de un tubo sellado con papel aluminio a $-20^{\circ}C \pm 10^{\circ}C$, por un periodo de 24 horas.

En el proceso de extracción, los filtros después de ser temporizados, se les agregó 10 ± 2 ml de acetona (C_3H_6O) al 90% y sometiéndolos a un proceso de trituración por un (1) minuto de tiempo, posteriormente se colocó la pulpa al fondo del tubo, para refrigerarlos en posición vertical a $4 \pm 2^{\circ}C$, por un periodo de 18 a 24 horas.

Temporizada la muestra, se centrifugó por 10 minutos a unos 2500 rpm (revoluciones por minuto), y el sobrenadante se colocó en un tubo sellado de 15ml, posteriormente se realizó su lectura por medio de un espectrofotómetro UV WTW 7600UV-VIS midiendo longitudes de onda de 664 y 760 nm para clorofila-*a*. La muestra se acidificó con 0.1ml de ácido clorhídrico (HCL) por unos 90s (segundos), para luego realizar las mediciones a 665 y 750 nm, para los valores de feofitina-*a*. Para la medición de clorofila *a*, *b*, *c* se realizó por el método tricromático, midiendo la absorbancia a 630, 647, 664 y 750nm.

TABLA 3
Análisis de clorofila a, b y c e índice de estado fisiológico.

Pigmentos	Clorofila			
	Septiembre		Noviembre	
	Cruda	Tratada	Cruda	Tratada
Clorofila <i>a</i>	3.4	9.54	7.2	2.04
Clorofila <i>b</i>	11.2	14.96	10	2.6
Clorofila <i>c</i>	68	3.08	10	3.08
Estado fisiológico	1.7	1.3	1.0	1.1

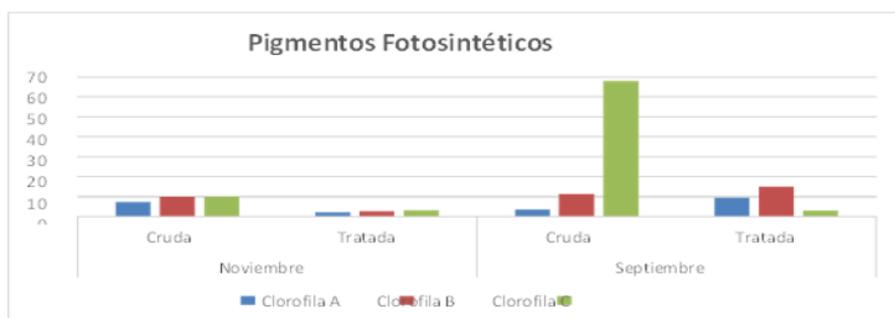


FIGURA 9
Relación en pigmentos fotosintéticos en el agua cruda y tratada.

Nota: Datos obtenidos entre los meses de septiembre y noviembre 2022.

Elaboración por D. Rudas.

En la figura 9 se observa la relación de los pigmentos fotosintéticos de clorofila *a*, *b* y *c*, con la biomasa observada por microscopia, mostrando una disminución en la densidad en el sistema de potabilización.

Procesos físicos

Para las determinaciones primarias, en un periodo de 4 meses, se colectaron 48 muestras de agua cruda y agua tratada en la planta potabilizadora Antonio Yepes De León (AYDL). Las muestras colectadas, fueron trasladadas al laboratorio para su posterior cuantificación. Se realizaron mediciones de turbiedad (NTU) con el equipo HACH TL2300, de pH (ver figura 1), conductividad eléctrica (µs/cm), total de sólidos disueltos(mg/l) y temperatura (°C) por medio del multiparámetro HACH HQ44OD. Por su parte, se realizaron mediciones de color (PTCO) por espectrofotometría HACH DR 1900 para comparar los cambios efectuados por el sistema de dosificación. (ver tabla 4).

TABLA 4
Resultado de parámetros físicos-químicos de la potabilizadora Antonio Yepes De León, AYDL.

Parámetros físicos			COPANIT21-2019
Parámetros	Cruda	Tratada	*VP
Potencial de hidrogeno (pH)	7.35	7.28	6.5-8.5
<u>Tds</u> (mg/l)	115.64	115.79	500
Cond é (µs/cm)	255.93	259.77	850
Turbiedad (<u>ntu</u>)	1.55	0.81	1.0
Color (<u>ptco</u>)	28.00	14.64	15
<u>T°</u>	27.42	28.56	--

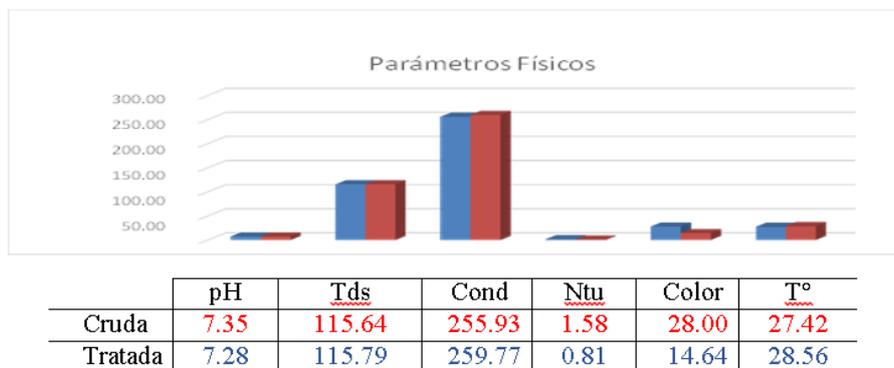


FIGURA 10
Relación de mediciones físico-químicas en la planta potabilizadora Antonio Yepes De León AYDL.

Los resultados obtenidos en las evaluaciones de parámetros fisicoquímicos en la planta potabilizadora Antonio Yepes De León - AYDL (ver figura 10), no representan cambios significativos entre ambas fuentes por la ecología trófica del agua cruda, sin embargo, se puede observar cambio representativo en el color del agua, mismo que puede ser atribuido o relacionado con la presencia algal en la fuente de agua cruda y su disminución representativa en el agua tratada.

Proceso químico

Para las determinaciones secundarias se colectaron 48 muestras de agua cruda y agua tratada en la planta potabilizadora Antonio Yepes De León - AYDL, durante un periodo de 4 meses (agosto-noviembre). Dichas muestras fueron trasladadas al laboratorio para su respectivo análisis (ver tabla 5), que comprendió volumetría química para la determinar la alcalinidad, cloruros, calcio y dureza verificando posible presencia de iones en el proceso de potabilización que pueden producir problemas en la salud del consumidor (WAYBACK MACHINE, 2014). En la medición de la alcalinidad en el agua cruda y tratada, se agregó

100ml de agua en un vaso químico, se utilizó un indicador de azul bromo cresol ($C_{27}H_{28}BR_2O_5S$) y como titulante ácido sulfúrico (H_2SO_4), dando como resultado una reacción que pasó del color azul a verde, mostrando la acidificación en la dosificación del coagulante. Por su parte, en la determinación de cloruro se vertió 50ml de la muestra agregando como indicador el cromato de potasio (K_2CrO_4), también se agregó nitrato de plata ($AgNO_3$) para la titulación e identificación de la concentración de ion cloruro en un solución. Para la determinación de calcio, las muestras fueron tratadas añadiendo 25ml de agua cruda y 25ml de agua tratada, como indicador se utilizó murexida ($C_8H_8N_6O_6$), y el titulante EDTA dando como resultado una reacción que pasó de color rosado a morado. Para los análisis de dureza, a las muestras se le agregaron 25ml de agua cruda y 25 ml de agua tratada, utilizando como indicador eriocromo negro ($C_{20}H_{12}N_3O_7SNA$) y como titulante EDTA, dando como resultado una reacción que pasó del color morado a azul.

TABLA 5
Resultado de parámetros químicos por volumetría en la potabilizadora Antonio Yepes De León AYDL.

Volumetría química		
Parámetros	Agua cruda	Agua tratada
Alcalinidad	55.17	53.82
Dureza	59.8	59.25
Calcio	12.46	12.41
Cloruros	32.025	37.37

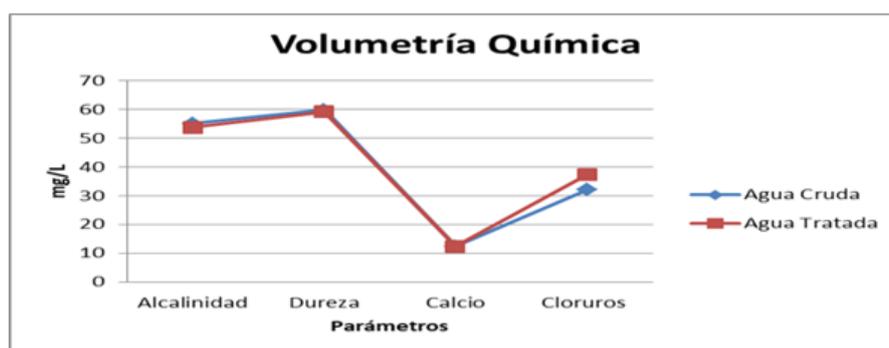


FIGURA 11

Relación de mediciones químicas por volumetría en la planta potabilizadora Antonio Yepes De León (AYDL).

Igualmente, en la figura 11 mediante los análisis de volumetría química se obtuvieron cambios en los cloruros resultante de la dosificación de cloro líquido en el sistema de potabilización, reflejando cambios de desinfección en el tratamiento.

TABLA 6
*Resultado de parámetros químicos por Espectrofotometría
 en la potabilizadora Antonio Yepes De León (AYDL).*

Espectrofotometría química		
Parámetros	Agua Cruda	Agua Tratada
DQO	5.14	4.97
NO ₂ -N	0.031	0.014
NO ₃ -3	0.145	0.185

Para las determinaciones de los parámetros de nitrito (NO₂), nitrato (NO₃) y demanda química de oxígeno (DQO) a través del análisis de espectrofotometría, que consistió en colocar la muestra en una cubeta de cuarzo de 10mm, lo que permitió medir la concentración. Estas mediciones determinaban químicamente trazas de contaminación bacteriana. (ver tabla 6).

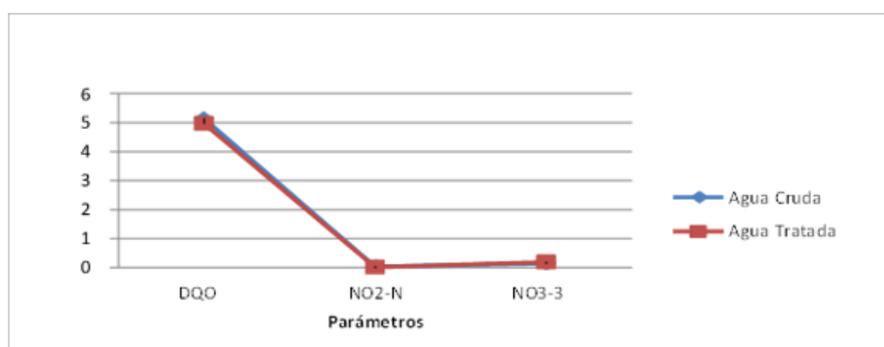


FIGURA 12.
*Relación de mediciones químicas por espectrofotometría en
 la planta potabilizadora Antonio Yepes De León (AYDL).*

En la figura 12 se observa los valores DQO (Demanda Química de Oxígeno), nitrato (NO₂) y nitrito (NO₃) mostrando una leve disminución lo que sugiere que los valores de entrada (agua cruda) no representan alta contaminación bacteriana y puede ser tratada y disminuida en los procesos dentro del sistema de potabilización.

CONCLUSIÓN

En el laboratorio de calidad de agua de la planta potabilizadora Antonio Yepes De León (AYDL) se evidenció la importancia de las técnicas analíticas empleadas en la gestión y control de calidad de agua de los afluentes o efluentes de la planta de potabilización. Las evaluaciones de turbiedad, pH, y cloro residual pueden ser establecidos como parámetros fisicoquímicos básicos y alertas en el monitoreo de la calidad de agua. El análisis de bacterias coliformes totales y fecales (*E. Coli*) mostró la poca variabilidad bacteriana en el agua cruda permitiendo un tratamiento más estable en el sistema de potabilización, también muestra poca influencia de

actividades que aumente el nivel trófico del Lago Gatún en la toma de agua cruda de la planta potabilizadora Antonio Yepes De León (AYDL). Durante la metodología empleada para el control de floraciones de algas y cianobacterias, en los periodos de evaluación y de cuantificaciones, no se registraron niveles de alerta en el agua cruda o agua tratada en el sistema de potabilización. Fue posible realizar la extracción y cuantificación de clorofila lo que permitió comparar el estado fisiológico de las especies algales y su biomasa con las cuantificaciones realizadas por microscopia en el laboratorio, contribuyendo a proponer recomendaciones en la potabilización del agua. A través del estudio se demostró que los procesos de potabilización de agua de la planta potabilizadora Antonio Yepes De León (AYDL) cumplen con el propósito para su distribución, resaltando la importancia de las técnicas analíticas empleadas en la gestión y controles en los afluentes o efluentes de la planta de potabilización.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arango, A., 2005. La biofiltración, una alternativa para la potabilización del agua.
- Abd-Elmaksoud, S.; Naranjo, J.E.; Gerba, C.P. 2013. Assessment of a portable handheld UV light device for the disinfection of viruses and bacteria in water. *Food and environmental virology* (Estados Unidos). 5(2):87-90.
- Arjona, S.; Torres, P.; Cruz, C.; Loaiza, D.; Escobar, J. 2012. Efecto del punto de percloración sobre la formación de trihalometanos en procesos convencionales de potabilización de agua. *Rev. Ingenierías Universidad de Medellín* (Colombia). 11(20):57-66.
- Calderón Carrascal, G., Suárez Esquivia, L., & Beltrán Reales, A. (2008). Problemática Ambiental de los cuerpos de agua de Cartagena de Indias. *Teknos Revista científica*, 4(1). Recuperado a partir de <https://revistatecnologica.comfenalco.info/index.php/teknos/article/view/710>
- Carvajal, A., Riquelme, A., Echezuri, L., Fernández, M., & Aurentis, J. C. (junio de 2019). Recomendaciones sobre el consumo de agua y alimentos en circunstancias especiales. *Boletín Venezolano de Infectología*, 30(1).
- Climate-data (2021) <https://en.climate-data.org>
- De La Cruz C., V., Taylor, F. & Farnum C., F. (15 de julio de 2020). Calidad y disponibilidad del recurso hídrico del lago Gatún, provincia de Colón, República de Panamá. *Revista Científica Orbis Cognita*, 4(2), 41-65
- Guzmán, Blanca Lisseth, Nava, Gerardo, & Díaz, Paula. (2015). La calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbilidad en Colombia, 2008- 2012. *Biomédica*, 35(spe), 177-190. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v35i0.2511>
- Londoño Franco, L. F., Londoño Muñoz, P. T., & Muñoz García, F. G. 2016. "Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal," *biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, vol. 14, no. 2, p.45. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/bsaa(14)145-153)
- Lugo, J. L., & Lugo, E. R. (junio de 2018). Beneficios socioambientales por potabilización del agua en los pueblos palafíticos de la Ciénaga Grande de Santa Marta-Colombia. *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica*, 21(1), 259-264.
- Martínez Romero, A., Fonseca Gómez, K., Ortega Sánchez, J., & García-Luján, C. (2009). Monitoreo de la calidad microbiológica del agua en la cuenca hidrológica del Río Nazas, México. *Química Viva*, 8(1), 35-47
- Pabón, S. E., Benítez, R., Sarria, R. A., & Gallo, J. A. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *Entre ciencia e ingeniería*, 14(27), 9-18. Epub March 20, 2021. <https://doi.org/10.31908/19098367.0001>
- Pachamaca-Illuniquinga, J. E. (2020). Utilización de productos para potabilización del agua. *Revista Polo del Conocimiento*, 5(8).
- Pérez, H., Anrango, M. J., Villagra, G., Ortiz, D., Chela, L., & Fernández, L. (octubre de 2021). Determinación biogeográfica (zonas de vida) en la Provincia de Pichincha. *Ecuadorian Science Journal*, 5(3), 239-261

- Samboni Ruiz, N. E., Carvajal Escobar, Y., & Escobar, J. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e investigación*, 27(3), 172-181. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0120-56092007000300019&lng=en&tlng=es
- Tejada-Tovar, C, Villabona-Ortiz, Á. And L. Garcés-Jaraba, 2015. “Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico,” *Tecno lógicas*, vol. 18, no. 34, pp. 109–123.
- Vilchez, R. 2005. “Eliminación de metales pesados de aguas subterráneas mediante Sistemas de lechos sumergidos: estudio microbiológico de las biopelículas,” Universidad de Granada
- Villena Chávez, Jorge Alberto. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista peruana de medicina experimental y salud pública*, 35(2), 304-308. <https://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>
- Wayback Machine, 2014. Titulaciones con formación de complejos. Determinación de calcio y magnesio en agua. Universidad Nacional de Catamarca, Argentina