Optimización del tratamiento de agua para consumo humano en la inspección de policía de Cambao del municipio de San Juan de Rioseco, Cundinamarca, Colombia

Juan Camilo Bejarano Suescún, Juan Diego Poveda Gómez, Jesús Flaminio Ospitia Prada

Universidad Piloto de Colombia
Girardot, Colombia

Resumen

El suministro de agua potable es indispensable en beneficio de la salud humana y el desarrollo socio-económico, su óptima calidad se alcanza cumpliendo con los parámetros físicos, químicos y microbiológicos que no comprometen la salud del ser humano, como resultado de un tratamiento específico conforme con las caracterizaciones del agua cruda, que es sometida al proceso de purificación. Las tecnologías de potabilización que se seleccionan, diseñan y operan, deben cumplir altos estándares, además del control de calidad del proceso para verificar la remoción de los contaminantes, sin embargo, en muchas localidades a nivel nacional se cuenta con plantas de tratamiento de agua potable (PTAP) con controles de calidad poco rigurosos y métodos de tratamiento que no suplen la necesidad de la tratabilidad de los contaminantes presentes en las fuentes de agua cruda.

La PTAP que suministra agua tratada a la inspección de policía de Cambao del municipio de San Juan de Rioseco, cuya población es de 1357 habitantes; no cuenta con un manejo adecuado en el tratamiento del agua cruda, específicamente en la dosificación de coagulante debido a que no se tiene una curva de calibración con la cual identificar la dosis óptima de coagulante para el proceso de floculación y sedimentación.

Lo anterior, puede generar problemas en la calidad del agua ya sea porque se esté aplicando poco o mucho coagulante. En ambos casos, la calidad del agua frente a la turbiedad es inadecuada ya que la turbiedad es una medida de sólidos suspendidos en el agua; si se agrega poco

coagulante quedan partículas de carga negativa, dichas partículas pueden ser refugio de bacterias y /o virus que afectan la salud del consumidor, en caso contrario, donde se agregue más coagulante del requerido, habrán partículas suspendidas de aluminio residual provenientes del mismo hidrocloruro de aluminio, coagulante que se usa en la PTAP de estudio.

La evaluación en la investigación requiere del estudio y caracterización del agua cruda que llega a la planta por lo que se realizaron laboratorios para identificar las dosis óptimas de coagulante según la turbiedad inicial presente en el agua.

Palabras clave: turbiedad; tratamiento; coagulante

Abstract

The supply of drinking water is essential for the benefit of human health and socioeconomic development, its optimal quality is achieved by complying with physical, chemical and microbiological parameters that do not compromise human health, as a result of specific treatment by the characterization of raw water, which is subjected to the purification process. The purification technologies that are selected, designed, and operated, must meet high standards, in addition to the quality control of the process to verify the removal of contaminants, however, in many locations nationwide there are drinking water treatment plants (PTAP) with little rigorous quality controls and treatment methods that do not meet the need for the treatability of contaminants present in raw water sources. The PTAP that supplied treated water to the Cambao police inspection of the municipality of San Juan de Rioseco, whose population is 1,357 inhabitants; does not have adequate management in the treatment of raw water, specifically in the dosage of coagulant due to the lack of a calibration curve with which to identify the optimal dose of coagulant for the flocculation and sedimentation process.

The foregoing can generate problems in the quality of the water, either because too little or too much coagulant is being applied. In both cases, the water quality versus turbidity is inadequate since turbidity is a measure of suspended solids in the water; If little coagulant is added, negatively charged particles remain, these particles can be a refuge for bacteria and/or viruses that harm the health of the consumer, otherwise, where more coagulant than required will be added, there will be suspended particles of residual aluminum from it. aluminum hydrochloride, a coagulant used in the study PTAP.

The evaluation in the investigation requires the study and characterization of the raw water that arrives at the plant, for which laboratories were carried out to identify the optimal doses of coagulant according to the initial turbidity present in the water.

***Keywords**: turbidity; treatment; coagulant*

1. Introducción

El agua es un recurso importante en la vida del hombre, tiene impacto en la industria, calidad de vida, economía y desarrollo social; "la reducción de sus existencias puede reflejarse en una desaceleración del crecimiento económico. Las tasas de crecimiento económico de algunas regiones podrían reducirse en hasta un 6 % del PIB en 2050" (Banco Mundial, 2022). Pese a su importancia, la presencia en la vida de las personas a nivel mundial no es completa, alrededor de "2200 millones de personas en todo el mundo no tienen acceso a servicios de agua potable gestionados de manera segura" (Banco Mundial, 2022) lo que representa que *3 de cada 10 personas no cuenten con el servicio de agua potable de manera segura* (Naciones Unidas, s. f).

Aproximadamente el 2,5% de agua en nuestro planeta se considera dulce, poco menos del 0,5% se haya en depósitos subterráneos y el 0,01% lo está en los ríos y lagos. El 90% del agua que se considera dulce la encontramos en la Antártida. El 70% de la totalidad de agua dulce se encuentra congelada y el 30% en acuíferos y cuerpos de agua superficiales. De toda esta cantidad de agua, sólo el 0,025% es potable lo que significa que sólo el 0,007% del agua de la Tierra es potable, sin embargo, este valor se afectado por la contaminación hídrica lo que resulta en una disminución del mismo.

> *Nuestro planeta azul contiene unos 1386 millones de km3 de agua, una cantidad que no ha disminuido ni aumentado en los últimos dos mil millones de años. Se calcula que el 97% es agua salada y sólo el sólo el 2.5% del agua que existe en la Tierra se considera dulce. Si tenemos en cuenta que el 90% de los recursos disponibles de agua dulce del planeta están en la Antártida esta sensación de abundancia merma. Sólo el 0.5% de agua dulce se encuentra en depósitos subterráneos y el 0.01% en ríos y lagos… El agua dulce se distribuye en un 70% en agua congelada en glaciares y un 30% en la humedad del suelo o acuíferos. Respecto al resto, un 1% se encuentra en cuencas hidrográficas y… tan solo un 0,025% es potable. Datos oficiales afirman, por tanto, que sólo el 0.007% del agua existente en la Tierra es potable, y esa cantidad se reduce año tras año debido a la contaminación. (AQUAE FUNDACIÓN, s. f)*

A pesar de que contamos con una porción tan pequeña de agua potable, la demanda por ella va en aumento día tras día. *Tan sólo el siglo pasado la población mundial se triplicó lo que provocó que la extracción de agua aumentara seis veces, disparando la presión sobre las fuentes del recurso hídrico* (Gobierno de México, 2019). Según las Naciones Unidas:

> *La escasez de agua afecta a más del 40% de la población mundial y se prevé que este porcentaje aumente. Más de 1700 millones de personas viven actualmente en cuencas fluviales en las que el consumo de agua supera la recarga. (s. f)*

Al verse un suministro tan reducida de agua potable, se han implementado plantas de tratamiento de agua potable (PTAP). Dichas instalaciones cuentan con tecnologías que nos permite realizar tratamientos en el agua para modificar sus características físicas, químicas y biológicas de tal forma que se vuelva apta para el consumo humano. En Colombia se evaluaron *1019 municipios, 738 (incluye Bogotá) no cumplen con los estándares de calidad para que sea apta para el consumo humano tan sólo 281 cumplen los requisitos completamente a nivel nacional* (Jiménez, 2019).

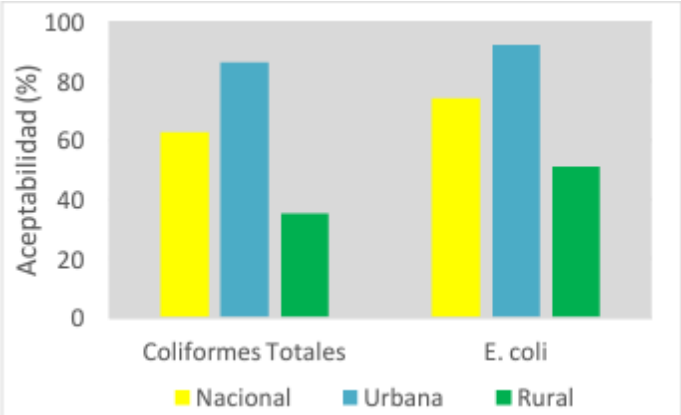
El ingerir agua no apta para consumo humano puede ocasionar diversas enfermedades, dentro de ellas: hepatitis A, cólera, enfermedades diarreicas, fiebre tifoidea y la poliomielitis. Lastimosamente la población más vulnerable frente a estas afecciones son los menores de 5 años, principalmente por enfermedades diarreicas agudas (EDA). *Al día mueren alrededor de 1000 niños por motivos relacionados con las EDA* (Naciones Unidas, s. f)

> *El agua no potable y el saneamiento deficiente son las principales causas de mortalidad infantil. La diarrea infantil -asociada a la escasez de agua, saneamientos inadecuados, aguas contaminadas con agente patógenos de enfermedades infecciosas y falta de higiene- causa la muerte a 1,5 millones de niños al año. La mayoría de ellos menores de cinco años en países en desarrollo. (Naciones Unidas, s. f)*

En el 2015 se llevó a cabo un estudio en Colombia para estudiar y evaluar la calidad del agua distribuida a las poblaciones de país. Allí se evidencia las falencias que se tiene en cuanto a la calidad de agua proporcionada a la ciudadanía.

> *…el 62.5 % de las muestras cumplieron con los estándares para Coliformes totales, es decir que el 37.5 % de las muestras tuvieron presencia de Coliformes Totales, indicando un tratamiento del agua inadecuado que afecta la seguridad de la misma y también que el 73.99 % de las muestras a nivel nacional, cumplieron con los estándares exigidos para E. Coli, lo cual evidenció que el 26.01 % presentaron contaminación fecal, representando un alto riesgo para la salud. (Instituto Nacional de Salud , 2015)*

Ilustración 1. Presencia de patógenos biológicos en Colombia



(Instituto Nacional de Salud , 2015)

2. Metodología

La investigación es cuantitativa y cualitativa con diseño metodológico descriptivo y exploratorio, que comprende visitas técnicas a la PTAP de la localidad para hacer su reconocimiento e inspección de sus condiciones existentes, que comprende un sistema de floculación hidráulica vertical, sedi-

mentación de alta tasa, filtración rápida mixta descendente y desinfección, cuyo efluente se deposita en un tanque de almacenamiento y luego a la red de distribución. La PTAP posee laboratorio de control de calidad y toda ella es operada por un funcionario del municipio.

Ilustración 2. Vista general de la PTAP Cambao

Autoría propia

Ilustración 3. Laboratorio de control de calidad

Autoría propia

El laboratorio cuenta con dispositivos para realizar test de jarras; medir turbiedad, cloro y ph. El coagulante que se usa y aplica en la planta es el hidroxicloruro de aluminio, suministrado por medio de dispositivos electrónicos que impulsan la dosificación dada por el operario hasta el cono de mezcla.

La determinación de la dosis de coagulante es hecha de manera empírica, es decir, el operario no realiza test de jarras y no cuenta con una curva de calibración que le permita saber la dosis optima según la turbiedad del agua, sino que se basa en la experiencia que tiene con dicha actividad. También, es de resaltar que la planta no cuenta con una fuente propia de energía eléctrica lo que provoca que el operario deba aplicar el coagulante de manera manual cuando no hay flujo eléctrico.

Ilustración 4. Aplicación manual del coagulante

Autoría propia

Debido al problema de incertidumbre con la dosis optima de coagulante, en la investigación se realizan pruebas de laboratorios usando el agua que llega a la planta y usando la instrumentación presente: test de jarras - floculador (4 puestos), coagulante en solución (hidroxicloruro de aluminio), jarras de 1 litro cada una (beaker), jeringas plásticas de 10 ml, turbidímetro Hach 2100Q y pHmetro; para determinar dosis óptimas.

Ilustración 5. Equipo de jarras, turbidímetro, jeringas y muestra de coagulante

Autoría propia

Ilustración 6. Toma de muestra

Autoría propia

Para la elaboración de los laboratorios, se implementó la norma técnica colombiana NTC 3903 que indica el procedimiento para realizar el test de jarras. El paso a paso que se realizó fue el siguiente:

2.1. Se toma una muestra de 1000 ml de agua y se deposita en un beaker.

Ilustración 7. Muestra de 1000 ml

Autoría propia

2.2. Se agregan 10 ml de coagulante a la muestra tomada para obtener una disolución al 1%.

Ilustración 8. Coagulante para disolución

Autoría propia

2.3. Se verifica la turbiedad inicial del agua cruda mediante el turbidímetro Hach 2100Q.

Ilustración 9. Turbiedad inicial

Autoría propia

2.4. Se toman cuatro muestras de 1000 ml de agua cruda.
2.5. Se sacan cuatro dosis diferentes de coagulante.

Ilustración 10. Dosis diferentes de coagulante

Autoría propia

2.6. Se ubican las cuatro muestras de agua cruda en el equipo de jarras, con su correspondiente paleta de agitación.

Ilustración 11. Montaje

Autoría propia

2.7. Se activa el equipo de jarras a 100 rpm para simular la mezcla rápida.

Ilustración 12. Mezcla rápida

Autoría propia

2.8. A cada muestra de agua cruda se le agrega una cantidad distinta de coagulante al 1% al mismo tiempo.

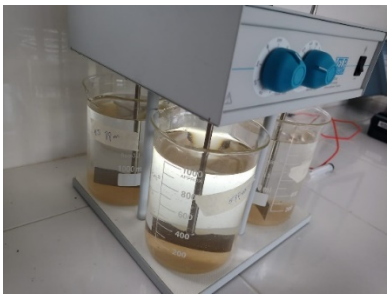
2.9. Pasado 1 min de mezcla rápida, se gradúa el equipo de jarras para que haya mezcla lenta (40 rpm), esto durante 20 min.

Ilustración 13. Mezcla lenta

Autoría propia

2.10. Al finalizar los 20 min, se deja sedimentando por 15 min.

Ilustración 14. Sedimentación



Autoría propia

2.11. Se toma una muestra de cada jarra y se halla su turbiedad en el turbidímetro.

3. Resultados

Inicialmente se realizaron dos test de jarras. Uno de ellos manejaba una turbiedad inicial de 41,7 UNT y el otro de 44 UNT.

Ilustración 15. Turbiedades iniciales

Autoría propia

En ambos ensayos se manejaron las mismas dosificaciones de disolución al 1% del coagulante. Las dosis fueron: 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm y 20 ppm. Los resultados después de realizar el ensayo son las siguientes:

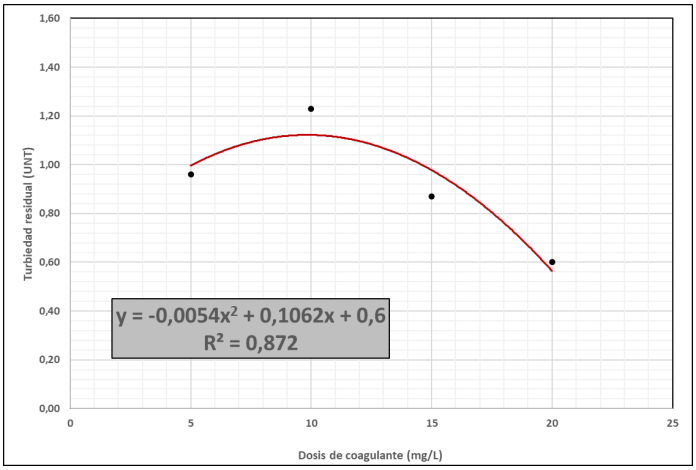
Tabla 1. Resultados

Turbiedad 1 (41,7 UNT)	
Dosis de disolución al 1%	Turbiedad final (UNT)
5	0.96
10	1.23
15	0.87
20	0.6
Turbiedad 2 (44 UNT)	
Dosis de disolución al 1%	Turbiedad final (UNT)
5	1.09
10	2.04
15	1.2
20	0.71

Autoría propia

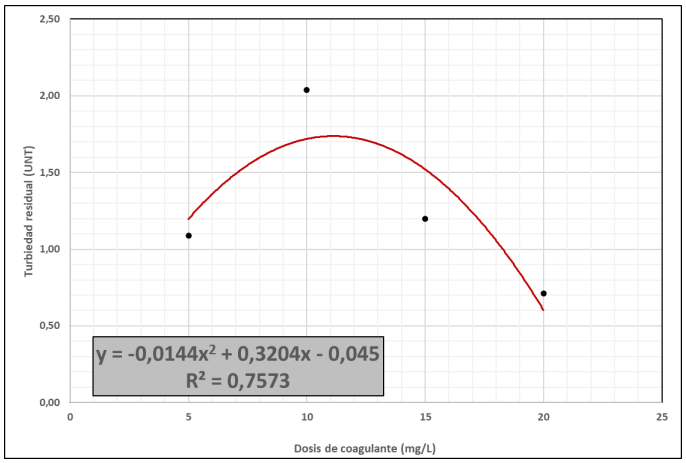
Se grafica en un plano cartesiano los resultados obtenidos, para determinar la línea de tendencia más apropiada para cada ensayo, que corresponde a una regresión polinómica de grado 2 y con coeficiente de correlación entre el 76% y 87%, como se describe en las gráficas 1 y 2.

Gráfica 1. Turbiedad residual-dosis de coagulante



Autoría propia

Gráfica 2. Turbiedad residual-dosis de coagulante



Autoría propia

Los ensayos arrojan preliminarmente que la dosis óptima es superior a 20 mg/L, siendo necesario realizar otros ensayos con concentraciones más altas de coagulante.

Con los datos recolectados actualmente y posteriores, se pretende construir una curva de calibración para dosis optimas según la turbiedad con la que se encuentre el agua que llega a la planta, para que el operador solo requiera determinar la turbiedad de agua cruda y obtener inmediatamente la dosis de coagulante a aplicar y así mejorar el control de calidad y tener mayor eficiencia.

4. Referencias

- AQUAE FUNDACIÓN. (s. f). *¿Cuánta agua potable hay en la Tierra?* Obtenido de https://www.fundacionaquae.org/wiki/cantidad-de-agua-potable-fuente-de-vida/

- Banco Mundial. (2022). *Agua*. Obtenido de https://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview#1
- Gobierno de México. (9 de octubre de 2019). *Agua en el Mundo*. Obtenido de https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/agua-en-el-mundo#:~:text=A%20nivel%20mundial%20se%20estima,son%20agua%20dulce%20(2.5%25).
- Instituto Nacional de Salud. (octubre de 2015). *Enfermedades Vehiculizadas por Agua-EVA e Índice de Riesgo de la Calidad-IRCA. Colombia 2014.* Obtenido de https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacin%20SIVICAP/2015%20Enfermedades%20Vehiculizadas%20por%20Agua%202014.pdf
- Jiménez, A. F. (15 de octubre de 2019). *¿Qué tan potable es el agua en Colombia?* Obtenido de https://plazacapital.co/zona-eco/3910-que-tan-potable-es-el-agua-en-colombia
- Lou, L. (2 de septiembre de 2020). *Colombia: rica en agua, pero con sed de inversiones*. Obtenido de https://elpais.com/economia/2020-09-02/colombia-rica-en-agua-pero-con-sed-de-inversiones.html#:~:text=Todav%C3%ADa%20persisten%20deficiencias%20considerables%20en,a%20tan%20solo%20el%2017%25.
- Naciones Unidas. (s. f). *Agua*. Obtenido de https://www.un.org/es/global-issues/water
- Naciones Unidas. (s. f). *Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos*. Obtenido de https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/
- Rede de Desarrollo Sostenible. (15 de octubre de 2014). *El 50% del agua en Colombia es de mala calidad*. Obtenido de https://rds.org.co/es/novedades/el-50-del-agua-en-colombia-es-de-mala-calidad

Sobre los autores

- **Juan Camilo Bejarano Suescún**: estudiante de ingeniería civil de la Universidad Piloto de Colombia, Seccional del Alto Magdalena. juan-bejarano4@upc.edu.co
- **Juan Diego Poveda Gómez**: estudiante de ingeniería civil de la Universidad Piloto de Colombia, Seccional del Alto Magdalena. juan-poveda1@upc.edu.co
- **Jesús Flaminio Ospitia Prada**: Ingeniero Civil, especialista en Gerencia Integral de Obras, profesor de ingeniería civil de la Universidad Piloto de Colombia, Seccional del Alto Magdalena. jesus-ospitia@unipiloto.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2022 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)