



Implementación de SeaQuest en el Tratamiento de Potabilización del Agua: Optimización de la Química Utilizando Seaquest

Valentina Noguera Neira

Trabajo de grado presentado para optar al título de Ingeniera Química

Asesor

Jaime Andres Becerra Chalá, Doctor (PhD) en Ingeniería Química

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Química
Medellín, Antioquia, Colombia
2024

| | |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cita | (Noguera Neira, 2024) |
| Referencia | (Noguera Neira Valentina, 2024). <i>Implementación de SeaQuest en el Tratamiento de Potabilización del Agua: Optimización de la Química Utilizando Seaquest</i> , [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. |
| Estilo APA 7 (2020) | |



Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

Iniciar la aventura de estudiar en la Universidad de Antioquia nos sumerge en un viaje de transformación inimaginable. Nos enfrentamos a un trayecto arduo que demanda disciplina y sacrificios constantes. A medida que avanzamos, la carga académica parece crecer en lugar de disminuir, y nos vemos envueltos en cuadros de estrés y desaliento. Los traspasos interminables a menudo no se ven recompensados con las calificaciones esperadas, y nos asaltan dudas sobre nuestras capacidades para afrontar los desafíos universitarios. En esos momentos de desesperación, surgen nuestros salvavidas, a quienes deseo dedicar este trabajo de grado.

A mis padres León y Kelly quienes siempre han sido un apoyo fundamental en toda esta trayectoria, que siempre han confiado en mí y en lo que puedo lograr, que, aunque sabían que el camino iba a ser largo nunca dudaron en que llegaría a la meta, cada palabra de aliento, cada esfuerzo era un motivo más para dar lo mejor de mí. A mi prometido Anderson que estuvo presente en cada lágrima, en cada traspaso y siempre me motivó para no quebrantarme y no dudar de mis capacidades y lo que puedo lograr. A mi prima Laura por ayudarme siempre que la necesité, a enviar trabajos, correos y a transcribir textos, cada pequeño acto y apoyo es fundamental, aunque no lo creamos. A mi amiga Elizabeth y colega quien vivió conmigo cada etapa, quien fue mi compañera de estudio, trabajos, risas, lágrimas, enojos, rabias y una de las mejores amigas que la universidad me pudo regalar. A mi familia, por su comprensión y aliento en cada paso de este camino. A mis amigos, por su compañía, ánimo y momentos de distracción que mantuvieron mi equilibrio durante este proceso. Este logro es también suyo. Gracias por creer en mí y por ser parte de este viaje.

Agradecimientos

Primeramente, agradecer a Dios y a mi familia, por su paciencia y acompañamiento en todo este proceso. A mis profesores y mentores, por su guía y sabiduría compartida. A Tratamientos Químicos Industriales SAS BIC por permitirme realizar mis prácticas profesionales y acogerme de la mejor manera. A todas las personas que de una forma u otra contribuyeron a la realización de este trabajo, mi más sincero agradecimiento.

Tabla de contenido

| | |
|------------------------------------|----|
| Resumen | 9 |
| Abstract | 10 |
| Introducción | 11 |
| 1 Planteamiento del problema | 12 |
| 1.1 Antecedentes | 12 |
| 2 justificación | 13 |
| 3 Objetivos | 14 |
| 3.1 Objetivo general | 14 |
| 3.2 Objetivos específicos..... | 14 |
| 4 Marco teórico | 14 |
| 5 metodología..... | 18 |
| 6 Resultados y discusión | 19 |
| 8 Conclusiones | 26 |
| Referencias | 28 |

Listado de tablas

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Concentración y dosificación usada en las pruebas para el hipoclorito de sodio | 19 |
| Tabla 2. Seguimiento del color y el cloro residual a través del tiempo | 20 |
| Tabla 3. Seguimiento del color y el cloro residual a través del tiempo para la réplica de las pruebas. | 20 |
| Tabla 4. Aumento de cloro residual. | 23 |
| Tabla 5. Variación en el cloro residual prueba 1..... | 23 |
| Tabla 6. Variación en el cloro residual prueba 2(replica) | 24 |

Listado de ilustraciones

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 1. Esquema general del proceso de potabilización de agua..... | 16 |
| Ilustración 2. Seguimiento del color a la prueba 1 través del tiempo..... | 21 |
| Ilustración 3. Seguimiento del color a la prueba 2 (réplica) través del tiempo. | 21 |
| Ilustración 4. Seguimiento del cloro residual a la prueba 1 través del tiempo. | 22 |
| Ilustración 5. Seguimiento del cloro residual a la prueba 2 (replica) través del tiempo..... | 22 |
| Ilustración 6. Cambios físicos de los filtros a través del tiempo | 25 |

Siglas, acrónimos y abreviaturas

| | |
|-------------|------------------------------------|
| EPM | Empresas Públicas de Medellín |
| Cms. | Centímetros |
| Um | Micras |
| ppm. | Partes por millón. |
| SQ | SeaQuest |
| TQI | Tratamientos Químicos Industriales |

Resumen

Durante el proceso de tratamiento para potabilización del agua es necesario que este pase por varios cambios fisicoquímicos, los cuales pueden mejorarse haciendo el uso del aditivo químico SeaQuest. Este es un inhibidor de metales compuesto por orto-polifosfatos los cuales ayudan a disminuir las dosificaciones de hipoclorito de sodio, ya que, al inactivar los metales presentes en el agua como el hierro y manganeso, no reaccionan con el agente oxidante y así se logra garantizar el residual de cloro exigido por normativa. A su vez, ayuda a desincrustar las tuberías de distribución y con esto, evitar la contaminación posterior al tratamiento de potabilización, con el fin de garantizar un agua de calidad en los hogares de los consumidores. Para demostrar los beneficios descritos anteriormente, en este proyecto de trabajo de grado se realizarán pruebas en el agua posterior a la etapa fisicoquímica en la cual se dosifica policloruro de aluminio y floculante catiónico en la planta de potabilización de EPM Rionegro. Se dosificará el aditivo SeaQuest y posteriormente hipoclorito de sodio, se medirán parámetros como: color, turbidez, manganeso, hierro, pH y cloro residual, teniendo en cuenta los tiempos de residencia iguales a los de operación en planta. Posteriormente, los resultados obtenidos empleando el aditivo SeaQuest se van a comparar con una prueba similar, pero en ella sólo se dosificará hipoclorito de sodio, y se medirán los mismos parámetros, y así con los resultados poder evidenciar los beneficios de la aplicación.

Palabras clave: SeaQuest, potabilización, incrustación, cloro residual, inhibidor.

Abstract

During the water treatment process for potabilization, it's necessary for the water to undergo various physicochemical changes, which can be enhanced through the use of the chemical additive SeaQuest .It's a metal inhibitor composed of orthophosphates that helps reduce the doses of sodium hypochlorite. By inactivating metals present in the water such as iron and manganese, they do not react with the oxidizing agent, thus ensuring the chlorine residual required by regulations. Additionally, SeaQuest helps minimize the buildup of scale in distribution pipes, thus preventing contamination after the potabilization treatment, with the aim of ensuring quality water for consumers' households.

To demonstrate the aforementioned benefits, this undergraduate thesis project will conduct tests on water following the physicochemical stage where aluminum polychloride and cationic flocculant are dosed at the EPM Rionegro potabilization plant. SeaQuest additive will be dosed followed by sodium hypochlorite, and parameters such as color, turbidity, manganese, iron, pH, and residual chlorine will be measured, considering residence times equal to those in the plant's operation. Subsequently, the results obtained using the SeaQuest additive will be compared with a similar test, but only dosing sodium hypochlorite, and the same parameters will be measured. This comparison aims to demonstrate the benefits of using SeaQuest.

Keywords: SeaQuest, Potabilization, Scaling, Residual chlorine, Inhibitor

Introducción

El proceso de potabilización de agua es una responsabilidad social, debido a que se debe garantizar el cumplimiento de las normas de calidad del agua para consumo humano establecidas en la normatividad local y mundial, velando por la salud de quienes la consumen, evitando cualquier tipo de restricción para ello. Por lo anterior, en la planta de potabilización de EPM-Rionegro siempre están implementando los mejores tratamientos posibles en la potabilización del agua. La planta de tratamiento recibe un caudal aproximado de 300 L/s, el cual es captado del río Negro. El flujo pasa por una fase preliminar donde se dosifica 0,2 ppm de dióxido de cloro y así, controlar la microbiología presente, luego el caudal de agua es dividido y suministrado al módulo 1 y módulo 2, los cuales cuentan con caudales aproximados de 130 L/s y 170 L/s respectivamente. En estos módulos se incluyen diferentes etapas físicas y químicas que generan una remoción de las sustancias que podrían afectar la salud de los organismos y comprometer la calidad del agua para su consumo. Estas etapas de tratamiento implican costos de inversión, los cuales pueden ser muy elevados debido a las problemáticas asociadas a los procesos llevados a cabo. El alto consumo de productos químicos para la remoción de impurezas es el principal problema en planta ya que debido a estos los costos de tratamiento son demasiado elevados. Al dosificar el aditivo SeaQuest, después de aplicar el policloruro de aluminio (PAC 10) y el floculante catiónico, se busca inhibir los metales presentes en el medio como hierro y manganeso, para disminuir la cantidad de agente oxidante suministrado y a su vez bajar la cantidad de colmatación en los filtros para aumentar los tiempos entre un retro lavado y otro. Esta aplicación también tiene el potencial de disminuir las incrustaciones de sustancias en los sistemas de conducción de agua. La presencia de metales pesados en estos conductos son las principales características que encarecen los procesos de potabilización.

1 Planteamiento del problema

La planta de potabilización de Empresas Públicas de Medellín en Rionegro ha enfrentado diversos desafíos a lo largo de los años, entre ellos, la calidad del agua que llega a los hogares de los consumidores. A pesar de que el agua suministrada por la planta sale en óptimas condiciones, la contaminación cruzada en la red de distribución afecta la calidad final del agua para los consumidores. Además, otro desafío importante es que el agua captada proviene de una fuente superficial, la cual está sujeta a la contaminación aguas arriba. Esto genera condiciones muy variables en el agua cruda, lo que complica el proceso de potabilización.

1.1 Antecedentes

En proceso de tratamiento de agua potable se ha implantado el SeaQuest para optimizar la cantidad de agente oxidante usado en sanitización y disminuir las incrustaciones causadas por la contaminación cruzada, el SeaQuest está presente en más de 40 países y ha tratado más de 8 trillones de galones de agua, a continuación, se enuncian algunos países donde ha habido casos de éxito, toda esta información fue extraída de (*Tratamientos Químicos Industriales*. (2019, noviembre 8)):

- Vallejuelos, Republica -Dominica, se realizó limpieza con SeaQuest en las tuberías de distribución.
- Brunswick, GA, se realizó limpieza con SeaQuest en las tuberías de distribución.
- California, US, Con SeaQuest se pudo mantener los niveles de cloro residual en la distribución, lo que redujo los HPC (Heterotrophic Plate Count), la bioincrustación y las aguas negras.
- Naussau, Bahamas, SeaQuest se utilizó para evitar el agua roja y que se pudiera generar más residuos de cloro en un entorno extremadamente corrosivo (LSI: -0,9 (Langelier Saturation index))

- Statesboro, GA, Debido a los altos niveles de hierro, los clientes con frecuencia experimentaron agua sucia, con SeaQuest se realizó una limpieza de pozos, con esto se produjo agua limpia, se puso en servicio el pozo, evitando gastar \$30,000, el SeaQuest ahora se usa en más de 100 pozos como mantenimiento preventivo más económico.
- Tampa, FL, Con SeaQuest se realizó una rehabilitación de pozos, mejorando la calidad del agua.

2 justificación

La planta de potabilización de EPM-Rionegro ha enfrentado varios desafíos a lo largo de los años debido a su dependencia de fuentes superficiales para la captación de agua. Esta situación conlleva una inestabilidad significativa, ya que se pueden producir vertimientos puntuales de contaminantes aguas arriba, y durante las temporadas de invierno, el aumento de la lluvia puede alterar las propiedades del agua. Esta combinación de factores hace que la planta sea una de las más susceptibles a la inestabilidad entre las operadas por Empresas Públicas de Medellín.

Para abordar estos desafíos, se propone la implementación de un plan de mejoras en el tratamiento de agua potable, utilizando el producto químico SeaQuest suministrado por Tratamientos Químicos Industriales BIC S.A.S. SeaQuest es reconocido por su capacidad para optimizar y mejorar estos procesos al actuar como inhibidor de metales como el hierro y el manganeso. Estos minerales son comunes en el agua captada durante el proceso de potabilización y, si no se controlan adecuadamente, pueden representar un grave problema tanto para la salud pública como para la viabilidad económica del proceso de potabilización. El control insuficiente de estos minerales puede dar lugar a un aumento en el consumo de productos químicos, lo que genera costos adicionales y hace que el tratamiento sea inviable.

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Evaluar el mejoramiento de la calidad de las aguas y el costo de tratamiento, con la dosificación de la tecnología SEAQUEST

3.2 Objetivos específicos

- Evaluar la reducción en la dosificación de hipoclorito de sodio usado como agente oxidante en los diferentes puntos de aplicación.
- Cuantificar la estabilidad de la concentración de cloro residual en las aguas que se entregan a la comunidad.
- Analizar el efecto en la eficiencia del sistema de filtración al aumentar los tiempos entre un retro lavado y otro.

4 Marco teórico

Tratamiento de aguas

Importancia del proceso de tratamiento de agua: “El tratamiento de aguas es un proceso, una acción que permite tratar las aguas residuales para que alcancen la calidad definida en los diferentes normativas y las legislaciones locales. La depuración de las aguas residuales se realiza en una estación de tratamiento de aguas residuales (EDAR).” (*¿Qué es el tratamiento de aguas?* (s. f.)). Estos tratamientos no solo son para agua residual sino también para agua potable, “reciben la calificación de “medio natural” cualquier curso de agua, río, lago... La etapa de saneamiento es muy importante porque permite no perturbar el equilibrio de la naturaleza. En efecto, los compuestos contaminantes y las bacterias contenidas en el agua constituyen un peligro para la supervivencia de la flora y la fauna acuática” (*¿Qué es el tratamiento de aguas?* (s. f.)).

- Tipos de tratamiento de agua: extraído de la referencia (De aguas residuales, E. E. T. se P. un E. G. de T).

1. Tratamiento Primario: remueve productos orgánicos e inorgánicos mediante procesos físico- químicos.

2. Tratamiento Secundario: elimina materia orgánica, principalmente disuelta, mediante procesos biológicos.

3. Tratamiento Terciario: remueve materia inorgánica y recalcitrantes.

- Etapas de la potabilización del agua:” El proceso de potabilización del agua está formado por seis etapas que permiten la purificación del agua y eliminar cualquier rastro de olor, sabor, etc.” (*¿Cómo se potabiliza el agua?* (2020, julio 8)).

- a) Pretratamiento del agua: “para empezar, se eliminan elementos sólidos de gran tamaño con la colocación de una reja. Esta evita que se cuelen ramas y grandes objetos, además de proteger a peces que puedan ser absorbidos por el sistema. Después, con la ayuda de un desarenador, se separa la arena del agua para evitar que pueda dañar las bombas de la planta potabilizadora. En esta etapa también se lleva a cabo una pre-desinfección para destruir algunas sustancias orgánicas.”(*¿Cómo se potabiliza el agua?* (2020, julio 8)).

- b) Coagulación-Floculación: "las bombas de baja presión transportan el agua a una cámara de mezcla. Ahí se incorporan los componentes para la potabilización del agua. En esta fase se ajusta el pH añadiendo ácidos y agentes coagulantes.” (*¿Cómo se potabiliza el agua?* (2020, julio 8)).

- c) Decantación: “en el decantador se lleva a cabo la separación mediante la gravedad de las partículas en suspensión que transporta el agua. Los sedimentos nocivos más densos se quedan en el fondo, donde se eliminan. Los menos densos continúan disueltos en el agua decantada.” (*¿Cómo se potabiliza el agua?* (2020, julio 8)).

- d) Filtración: “se hace pasar el agua por un medio poroso que elimina los sedimentos menos densos para terminar de colar impurezas. Existen diferentes tipos de filtros, que pueden ser abiertos y por gravedad, o cerrados y a presión.” (*¿Cómo se potabiliza el agua?* (2020, julio 8)).

e) Desinfección del agua: “en este proceso se añade cloro para que desaparezca cualquier tipo de bacteria o virus. La exclusión de agentes patógenos de aguas subterráneas o manantiales naturales se puede conseguir también con la irradiación de rayos ultravioletas y la aplicación de ozono.” (*¿Cómo se potabiliza el agua?* (2020, julio 8)).

Proceso de tratamiento de agua en la planta de potabilización EPM-Rionegro

La planta de tratamiento EPM-Rionegro recibe un caudal aproximado de 300 L/s, el cual es captado del río Negro, el flujo pasa por una fase preliminar donde se dosifica 0,2 ppm de dióxido de cloro, luego el caudal de agua es dividido y suministrado al módulo 1 y módulo 2, los cuales cuentan con caudales aproximados de 130 L/s y 170 L/s respectivamente. En estos módulos se les dosifica 2 ppm de carbón activado al 16% de concentración, posteriormente los flujos pasan por una canaleta parshall donde se les agregan entre 18 y 20 ppm de PAC 10 (policloruro de aluminio). El flujo del módulo 1 pasa por un floculador de baffles y el flujo del módulo 2 pasa por un floculador mecánico donde se dosifican 0,03 ppm de polímero catiónico, luego el flujo de cada módulo pasa a su respectivo sedimentador de alta tasa. Después de este proceso se dosifica el aditivo químico SeaQuest para mejorar el tratamiento de potabilización y en disminuir costos.

Ilustración 1. *Esquema general del proceso de potabilización de agua*



SeaQuest: “es un agente químico desincrustante de alta tecnología, que se encarga de inactivar metales pesados. Su aplicación permite la remoción de incrustaciones en tuberías y accesorios, del mismo modo, es utilizado para eliminar problemas de coloración en el agua potable e industrial debido a la presencia de metales pesados. SeaQuest es una mezcla balanceada, segura y no tóxica de orto polifosfatos, que al adicionarse al agua inactiva y suspende metales y minerales, como hierro (Fe), Magnesio (Mg), calcio (Ca), manganeso (Mn), cobre (Cu) y silicio (Si), que se encuentran presentes en los sistemas de agua potable.” *Tratamientos Químicos Industriales*. (2019, noviembre 8). El “SeaQuest está indicado para ser aplicado en sistemas de agua potable estatales o municipales, pozos de agua y petroleros, plantas de energía, plantas manufactures de papel y acero, refinerías, conservación de calderas, torres de enfriamiento, plantas químicas o de tratamiento de aguas, sistemas de irrigación, lavanderías etc. SeaQuest trabaja bien en el rango de pH entre 5 y 11.” *Tratamientos Químicos Industriales*. (2019, noviembre 8).

En la etapa de distribución de agua potable es muy común que exista contaminación cruzada debido a el slime presente en los conductos, este es formado por los residuales de hierro y manganeso que quedan de la etapa de oxidación. Por esto, al dosificar el aditivo SeaQuest, no se tendrán estos problemas en los conductos de distribución. El SeaQuest no solo los previene, sino que también los reduce paulatinamente hasta su eliminación. En la planta de potabilización de

Rionegro, para esta etapa final se dosifican aproximadamente 4 ppm de hipoclorito de sodio para cada módulo, finalmente cada flujo pasa por un proceso de filtración y son mezclados.

Para garantizar el residual de cloro, nuevamente se dosifican 4 ppm de hipoclorito de sodio y se llevan un tanque de almacenamiento para su distribución, estas aplicaciones constantes del agente oxidante son una muestra clara de esta contaminación cruzada, por eso con SeaQuest se busca disminuir esta aplicación en un 40%, es un producto totalmente apto para este tipo de tratamientos y cuenta con verificación NSF(National Sanitation Foundation), la cual certifica que el producto es apto en los tratamientos de agua potable.

5 metodología

5.1. VERIFICACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE HIPOCLORITO DE SODIO Y CLORO RESIDUAL A PARTIR DE LA DOSIFICACIÓN OPTIMA DE SEAQUEST

Verificación de dosificación en el módulo 1:

- A. Valorar la concentración de la solución de hipoclorito dosificada y calcular la dosis aplicada en este módulo.
- B. Tomar Agua clarificada del módulo 1 y llenar cuatro jarras de 2 litros cada una
- C. Setear en la prueba de jarras 100 RPM por 1 minuto dosificando a las jarras 3 y 4, 1 ppm de SeaQuest.
- D. Pasados 40 segundos adicionar a las cuatro jarras la dosis real de hipoclorito que se está dosificando (verificada en el inciso A)
- E. Pasados 20 minutos (tiempo de retención) extraer de las jarras 300 ml de volumen y aplicar el siguiente procedimiento:
 - I. Filtrar las muestras en filtros de 0.45 Um (mínimo 250 ml) y almacenar en un recipiente ámbar las muestras.
 - II. Medir: a las muestras filtradas, color, cloro residual, así mismo dejar plasmado los valores medidos al agua clarificada empleada para el ensayo.
 - III. Plasmar los resultados iniciales

IV. Realizar la medición a los parámetros de cloro residual y color a las 12, 24 y 36 horas.

F. Repetir todo el procedimiento del inciso A al E variando la dosificación de SeaQuest del inciso C, utilizando 0 ppm, 0,2 ppm. 0,5 ppm y 2 ppm

5.2. VERIFICACIÓN DE LOS TIEMPOS ENTRE UN RETRO LAVADO Y OTRO:

1. Realizar recolección del agua antes de la oxidación y realizar una filtración con un filtro de 0,45 Um.
2. Dejar secar el filtro en condiciones normales y observar la coloración del filtro pasadas 6, 12 y 24 horas.
3. Repetir el paso 1 y 2, dosificando al agua recolectada 0,2 ppm y 0,5 ppm de SeaQuest.

6 Resultados y discusión

6.1.Evaluación de la reducción en la dosificación de hipoclorito de sodio:

A continuación, se muestran los resultados de las pruebas mencionadas en el numeral 5.1 de la metodología, estas se realizaron 2 veces en las mismas condiciones para tener una réplica de los datos registrados y así concluir mejor respecto a estos.

Tabla 1. Concentración y dosificación usada en las pruebas para el hipoclorito de sodio

| Parámetro | Oxidación | |
|-------------------------------------|------------------|------|
| Concentración de Hipoclorito | 5,9 | g/L |
| Dosificación usada | 5,6 | mg/L |

Tabla 2. Seguimiento del color y el cloro residual a través del tiempo

| Prueba 1: Agua Clarificada + SQ + Hipoclorito (oxidante) + filtración | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------|---------|-----------|---------|---------|-----------|
| Tiempo de contacto | Parámetros | Jarra 1 | Jarra 2 | Jarra 3 | Jarra 4 | Jarra 5 |
| | | Sin SQ | 0.5ppm SQ | 1ppm SQ | 2ppm SQ | 0.2ppm SQ |
| 0 horas | Color | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | Cloro residual | 1,99 | 2,16 | 2,18 | 2,17 | 2,14 |
| 12 horas | Color | 21 | 17 | 18 | 19 | 17 |
| | Cloro residual | 1,74 | 2,15 | 1,77 | 1,78 | 2,18 |
| 24 horas | Color | 22 | 20 | 20 | 19 | 18 |
| | Cloro residual | 1,74 | 2,12 | 1,74 | 1,76 | 2,1 |
| 36 horas | Color | 25 | 24 | 25 | 26 | 24 |
| | Cloro residual | 1,68 | 2,1 | 1,64 | 1,69 | 2,12 |

Tabla 3. Seguimiento del color y el cloro residual a través del tiempo para la réplica de las pruebas.

| Prueba 2: Agua Clarificada + SQ + Hipoclorito (oxidante) + filtración | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------|---------|-----------|---------|---------|-----------|
| Tiempo de contacto | Parámetros | Jarra 1 | Jarra 2 | Jarra 3 | Jarra 4 | Jarra 5 |
| | | Sin SQ | 0.5ppm SQ | 1ppm SQ | 2ppm SQ | 0.2ppm SQ |
| 0 horas | Color | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Cloro residual | 1,87 | 2,11 | 1,98 | 2,08 | 2,12 |
| 12 horas | Color | 6 | 5 | 4 | 4 | 5 |
| | Cloro residual | 1,65 | 1,74 | 1,67 | 1,67 | 1,73 |
| 24 horas | Color | 9 | 8 | 10 | 8 | 8 |
| | Cloro residual | 1,51 | 1,62 | 1,56 | 1,57 | 1,63 |
| 36 horas | Color | 16 | 15 | 16 | 16 | 14 |
| | Cloro residual | 1,51 | 1,63 | 1,52 | 1,54 | 1,63 |

Ilustración 2. Seguimiento del color a la prueba 1 través del tiempo

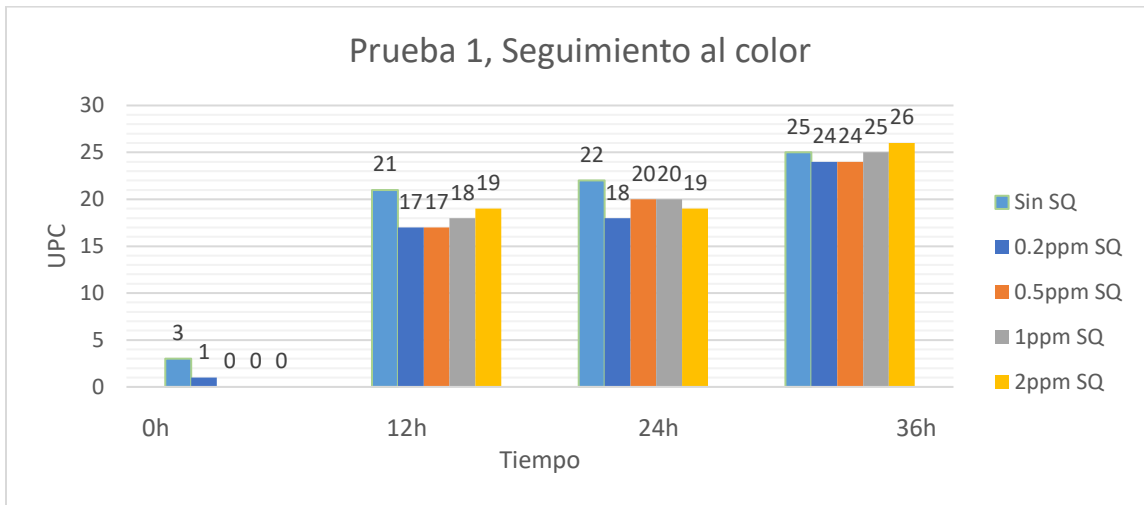
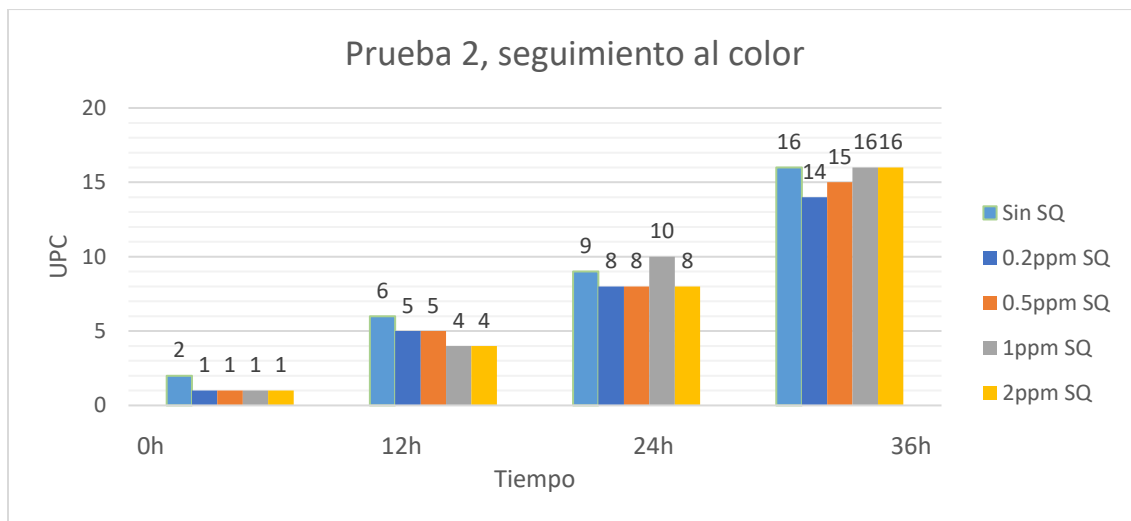


Ilustración 3. Seguimiento del color a la prueba 2 (réplica) través del tiempo.



En las ilustraciones 2 y 3 se puede observar como el color aumenta en menor proporción con la dosificación de SeaQuest, logrando también que la intensidad del color sea menor al del agua (que no tiene el inhibidor), esto es una muestra de que, si no se dejan precipitar los metales posteriores a la oxidación, se tiene un control en la coloración del agua.

Ilustración 4. Seguimiento del cloro residual a la prueba 1 través del tiempo.

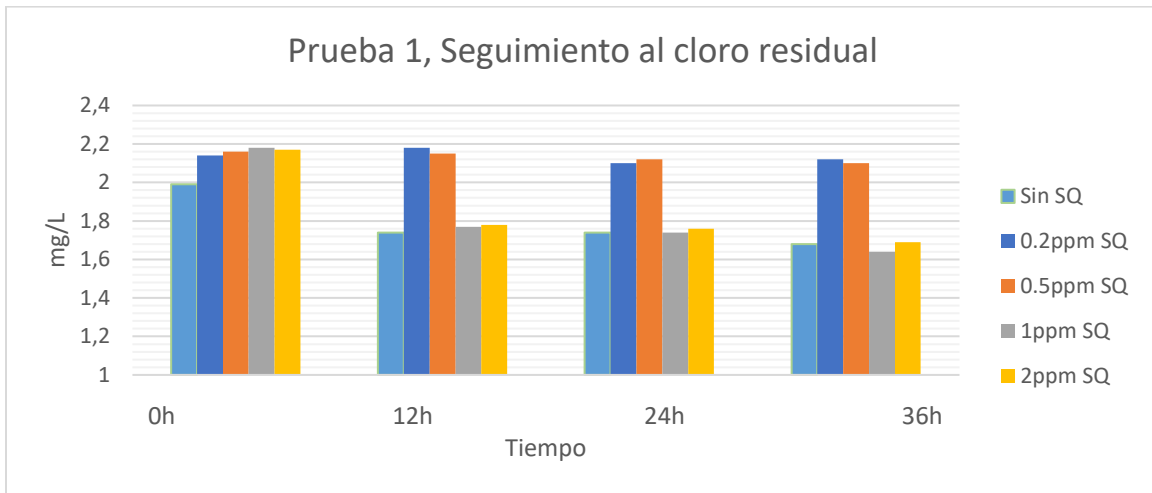
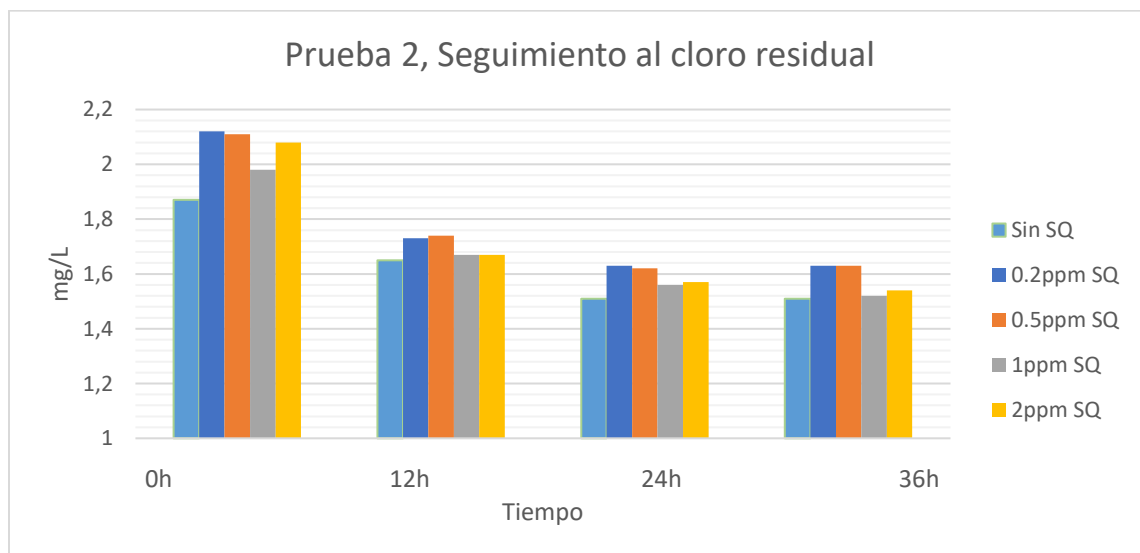


Ilustración 5. Seguimiento del cloro residual a la prueba 2 (replica) través del tiempo.



En las ilustraciones 4 y 5, se puede observar cómo al dosificar el SeaQuest se tiene un aumento en el cloro residual aproximadamente del 20%, tomando como base la concentración de cloro residual en el agua sin SeaQuest versus la concentración de cloro residual al dosificar 0,2 ppm de SeaQuest pasadas 12 horas en ambos casos.

Tabla 4. Aumento de cloro residual respecto al agua sin SQ.

| Tiempo de contacto | Parámetros | Jarra 1 | Jarra 2 | Jarra 3 | Jarra 4 | Jarra 5 |
|--------------------|-----------------------------------|---------|-----------|---------|---------|-----------|
| | | Sin SQ | 0.5ppm SQ | 1ppm SQ | 2ppm SQ | 0.2ppm SQ |
| 36 horas | Aumento cloro residual (prueba 1) | 0,00% | 20,00% | -2,44% | 0,59% | 20,75% |
| 36 horas | Aumento cloro residual (prueba 2) | 0,00% | 7,36% | 0,66% | 1,95% | 7,36% |

En la tabla 4 se puede observar cómo después de 36 horas el residual de cloro en el agua a la cual se dosificó SeaQuest sigue siendo mayor, lo que nos garantiza que, para la oxidación y sanitización del agua, se puede ajustar una dosis menor de hipoclorito de sodio, también se nota que la dosis óptima para el agua de la planta debido a la naturaleza de la misma es 0,2 ppm de SeaQuest.

Aunque en la réplica no se logra el mismo porcentaje de aumento, aun así, sigue siendo mayor, estas diferencias de resultados pueden deberse a que a pesar de que las pruebas se realizaron el mismo día, el agua de la captación es proveniente de una fuente superficial lo que puede provocar que los resultados tengan estas variaciones.

6.2. Cuantificación de la estabilidad de la concentración de cloro residual

Tabla 5. Variación en el cloro residual prueba 1.

| Prueba 1: Agua Clarificada + SQ + Hipoclorito (oxidante) + filtración + Hipoclorito (desinfectante) | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------|-----------|---------|---------|-----------|
| Tiempo de contacto | Parámetros | Jarra 1 | Jarra 2 | Jarra 3 | Jarra 4 | Jarra 5 |
| | | Sin SQ | 0.5ppm SQ | 1ppm SQ | 2ppm SQ | 0.2ppm SQ |
| 0 horas | Variación cloro residual | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| 12 horas | Variación cloro residual | 12,56% | 0,46% | 18,81% | 17,97% | 1,87% |
| 24 horas | Variación cloro residual | 0,00% | 1,40% | 1,69% | 1,12% | 3,67% |
| 36 horas | Variación cloro residual | 3,45% | 0,94% | 5,75% | 3,98% | 0,95% |
| Variación promedio de cloro residual | | 4,00% | 0,70% | 6,56% | 5,77% | 1,62% |

Tabla 6. Variación en el cloro residual prueba 2 (réplica)

| Prueba 2: Agua Clarificada + SQ + Hipoclorito (oxidante) + filtración + Hipoclorito (desinfectante) | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------|------------------|----------------|----------------|------------------|
| Tiempo de contacto | Parámetros | Jarra 1 | Jarra 2 | Jarra 3 | Jarra 4 | Jarra 5 |
| | | Sin SQ | 0.5ppm SQ | 1ppm SQ | 2ppm SQ | 0.2ppm SQ |
| 0 horas | Variación cloro residual | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| 12 horas | Variación cloro residual | 11,76% | 17,54% | 15,66% | 19,71% | 18,40% |
| 24 horas | Variación cloro residual | 8,48% | 6,90% | 6,59% | 5,99% | 5,78% |
| 36 horas | Variación cloro residual | 0,00% | 0,62% | 2,56% | 1,91% | 0,00% |
| Variación promedio de cloro residual | | 5,06% | 6,26% | 6,20% | 6,90% | 6,04% |

En las tablas 5 y 6 se puede observar que las mayores variaciones en el agua con y sin SeaQuest se obtienen a las 12 de contacto, pero, a través del tiempo estas empiezan a disminuir y finalmente se vuelven casi cero, cabe notar que el comportamiento de estas variaciones es muy similar, lo que nos garantiza que la dosificación de SeaQuest no va afectar la estabilidad y el comportamiento del cloro residual a través del tiempo.

Aunque dosificando 0.5 ppm de SeaQuest se tienen también muy buenos resultados, la dosificación optima sigue siendo 0,2 ppm ya que el comportamiento es muy similar, entonces, los beneficios serian casi iguales y con un costo de aplicación mucho menor.

6.3.Efecto en la eficiencia del sistema de filtración

- A continuación, se muestran los resultados cualitativos del numeral 5.2 de la metodología.

Ilustración 6. Cambios físicos de los filtros a través del tiempo

| Registro fotográfico de los filtros | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Sin SeaQuest | | | |
| 0 horas | 6 horas | 12 horas | 24 horas |
|  |  |  |  |
| 0,2 ppm SeaQuest | | | |
| 0 horas | 6 horas | 12 horas | 24 horas |
|  |  |  |  |
| 0,5 ppm SeaQuest | | | |
| 0 horas | 6 horas | 12 horas | 24 horas |
|  |  |  |  |

En la ilustración 6 se puede observar cómo los filtros usados con el agua a la que se dosifica SeaQuest presentan menos coloración debido a que no deja que los metales presentes en el agua se oxiden a condiciones ambientales; El filtro usado con el agua sin dosificar inhibidor se torna de un color anaranjado debido a la oxidación del mismo, estos sólidos y colmataciones provocan taponamientos en los mismos, lo que obliga a realizar los retro lavados para un buen funcionamiento del mismo

Los resultados de la tabla 6 nos confirma que al dosificar SeaQuest se aumenta los tiempos entre un retro lavado y otro ya que estas colmataciones y solidos se demoran mucho mas tiempo en convertirse en un problema de operación, a su vez esto aumentaría la vida útil de los filtros debido a la disminución en las intervenciones para dichas limpiezas.

8 Conclusiones

Al dosificar SeaQuest se logra una disminución de los productos químicos utilizados en el tratamiento de potabilización del agua tales como los agentes oxidantes en la remoción de metales y sanitización del agua, como se pudo observar en los resultados del numeral 6.1 de la metodología; A su vez extiende el tiempo de vida útil de los sistemas evitando colmataciones e incrustaciones que deterioran los equipos lo que también favorecen los retro lavados, ya que estos no se van a realizar tan constantemente, evitando que se detenga la operación por el mantenimiento de los filtros.

SeaQuest es un agente químico diseñado específicamente para mejorar el tratamiento del agua, elaborado con componentes seguros para el consumo humano. Su uso beneficia a las compañías de suministro de agua al facilitar la gestión de problemas como las incrustaciones, la corrosión y la formación de biofilm. Aquellas empresas que incorporan SeaQuest en sus procesos garantizan a sus clientes un suministro de agua potable de alta calidad, transparente y libre de impurezas, lo que resulta en una reducción de quejas por parte de los usuarios, un menor costo operativo y una prolongación de la vida útil de la infraestructura hidráulica.

Los procesos industriales contemporáneos constantemente procuran ser respetuosos con el medio ambiente, dada la creciente preocupación por los elevados niveles de contaminación. Según los resultados obtenidos durante esta investigación, el producto en cuestión se ha demostrado eficaz en la purificación del agua destinada al consumo humano. Además, se recomienda su uso debido a que SeaQuest no presenta toxicidad ni impacto adverso sobre la fauna y flora terrestre y acuática.

Referencias

¿Cómo se potabiliza el agua? (2020, julio 8). Fundación Aquae. https://www.fundacionaquae.org/wiki/potabilizacion-agua/amp/?gclid=CjwKCAiApaarBhB7EiwAYiMwqmPPkWCZw_wBE73jvV4EU7tr_ILTGfyvDDPiBGsEQIksH2ob-SLEPhoCN8IQAxD_BwE.

De aguas residuales, E. E. T. se P. un E. G. de T., de las siguientes etapas: pretratamiento, Q. C., Primario, T., Terciario, S. y., & de agua residual., y. D. C. U. de D. E. C. de D. T. y. M. E. P. C. N. de T. S. el T. (s. f.). *Técnicas y métodos de tratamiento para diferentes tipos de aguas residuales*. Bcn.cl. Recuperado 12 de marzo de 2024, de https://www.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/25552/2/Informe_Tratamiento_Aguas_Residuales.pdf.

¿Qué es el tratamiento de aguas? (s. f.). Airliquide.com. Recuperado 12 de marzo de 2024, de <https://es.airliquide.com/soluciones/tratamiento-aguas/que-es-el-tratamiento-de-aguas>.

Tratamientos Químicos Industriales. (2019, noviembre 8). TQI. <https://tqi.co/>.