



Aplicación de coagulantes naturales obtenidos de las semillas de habas (*Vicia faba*) y durazno (*Prunus persica*) en la potabilización del agua

Application of natural coagulants obtained from bean (*Vicia faba*) and peach seeds (*Prunus persica*) in the potabilization of water

Jacquelin Moreira Limongi¹, Carlos Moreira Mendoza²

¹ Universidad Técnica de Manabí, Instituto de Posgrado, Maestría Profesional en Química, Portoviejo, Manabí, Ecuador. jmoreira6271@utm.edu.ec. ORCID: 0000-0003-3680-6121

² Universidad Técnica de Manabí, Facultad de ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Portoviejo, Manabí, Ecuador. carlos.moreira@utm.edu.ec. ORCID: 0000-0001-5980-0713

Resumen

La eliminación de turbiedad en el tratamiento de agua es uno de los parámetros más importantes y relevantes en la potabilización del agua. El objetivo de esta investigación es la obtención de coagulantes naturales a partir de la semilla de durazno (*Prunus persica*) y haba (*Vicia faba*), y aplicarlos a muestras de agua tomadas del Río Portoviejo. Se determinó el porcentaje de remoción de turbiedad, se evaluaron los efectos del pH sobre la acción coagulante de ambas semillas, obteniendo un mejor resultado a pH de 4.74 con 16.02 mg/l de biocoagulante en el caso del durazno (*Prunus persica*) a una concentración del 10%; y a pH de 9 con 5 mg/l de biocoagulante a una concentración del 5% en el caso del haba (*Vicia faba*). En este estudio se evaluaron ambas semillas como coagulantes naturales, los ensayos realizados se llevaron a cabo por el método de test de jarra. Los resultados mostraron que el coagulante obtenido de la semilla de durazno (*Prunus persica*) tiene un porcentaje de remoción del 89.07%; mientras que la semilla de haba (*Vicia faba*) su porcentaje de remoción es de 93.13%. Se concluye que ambas semillas actúan con eficacia en la reducción de la turbidez del agua siendo alternativas viables con bajo costo en su aplicación, baja producción de lodos y beneficios al medio ambiente.

Palabras clave: Biocoagulante; turbiedad; remoción; semilla de haba; semilla de durazno.

Abstract

The elimination of turbidity in water treatment is one of the most important and relevant parameters in water purification. The objective of this investigation was to obtain natural coagulants from peach (*Prunus persica*) and bean seeds (*Vicia faba*) and apply them to water samples taken from the Portoviejo River. The percentage of turbidity removal was determined the effects of pH on the coagulant action of both seeds were evaluated, obtaining a better result at pH of 4.74 with 16.02 mg/l of biocoagulant in the case of peaches (*Prunus persica*) at a concentration of 10%; and at pH of 9 with 5 mg/l of biocoagulant at a concentration of 5% in the case of broad beans (*Vicia faba*). In this study, both seeds were evaluated as natural coagulants, the tests performed were achieved by the "Método de Jarra". The results showed that the coagulant obtained from the peach seed (*Prunus persica*) has a removal percentage of 89.07%; while the bean seed (*Vicia faba*) its removal percentage is 93.13%. It is concluded that both seeds act effectively in reducing the turbidity of the water, being viable alternatives with low cost in their application, low production of sludge and benefits to the environment.

Keywords: Biocoagulant; turbidity; removal; bean seed; peach seed.

Introducción

La turbidez es uno de los parámetros más importantes en la calidad del agua de consumo, y su remoción uno de los principales objetivos de su tratamiento, la técnica que es usada comúnmente para la desestabilización de impurezas coloidales y disueltas se conoce como coagulación (Rodríguez Santos *et al.*, 2018). La coagulación es el proceso de desestabilización de partículas acuosas inicialmente presentes en una suspensión mediante la adición de un coagulante (natural o sintético), de modo que las partículas cargadas se neutralizan para permitir que se atraigan entre sí para formar flóculos sedimentables (Obiora-Okafo *et al.*, 2020).

El coagulante más usado es el sulfato de aluminio, el cual presenta muy buenos resultados en cuanto a la remoción de contaminantes, sin embargo, el impacto económico y medioambiental debido a su uso es muy alto. Además, su uso genera grandes cantidades de lodos de desecho, los cuales son difíciles de tratar (Choque-Quispe *et al.*, 2018). En la actualidad se hace frecuente y necesario la búsqueda de otros compuestos orgánicos de origen natural obtenidos a partir de extractos de plantas o sus semillas para la coagulación/floculación en el tratamiento de aguas debido a su nula toxicidad y a su alta biodegradabilidad, motivo por el cual este tipo de extractos son comúnmente llamados coagulantes naturales (Barreto *et al.*, 2020).

Los coagulantes naturales son una nueva alternativa de clarificación. Los procesos, por ser amigables con el medio ambiente, no son tóxicos y son renovables. Por ello se hace indispensable la búsqueda de alternativas amigables con el ambiente, que no alteren las propiedades químicas naturales del agua, de menor costo, que produzcan menos lodos tóxicos y que no generen impactos ambientales ni a la salud humana. La semilla de durazno (*Prunus persica*) contiene proteínas y almidón que son las características que le dan la propiedad de coagulación. Principalmente las proteínas al presentarse de manera catiónica desestabilizan a las partículas coloidales de carga negativa haciendo que se atraigan unas con otras formando los coágulos y posterior a ello, los flóculos. Una semilla de durazno (*Prunus persica*) tiene un porcentaje de humedad de 7%, aceites y grasas de 51.40%. Además, retrasan las reacciones químicas, microbiológicas, y la formación de enzimas por lo que contribuyen en el tratamiento de aguas, estas características las vuelven uno de los coagulantes naturales más usados y con mejores características (Barbarán-Silva, López-Chávez & Chico-Ruiz, 2017).

La harina de haba (*Vicia faba*) tiene propiedades coagulantes como son las proteínas catiónicas seguidas de los compuestos fenólicos como taninos y ácido fítico, siendo estas propiedades del haba las que permiten ser eficientes como ayudante de la coagulación (Ibíd). El objetivo del presente artículo científico es la obtención de coagulantes naturales a partir de semillas de habas (*Vicia faba*) y duraznos (*Prunus persica*), que contribuirán a la sedimentación de las partículas en suspensión en el menor tiempo posible, evaluando el porcentaje de remoción aplicados en la reducción de turbidez de una muestra de agua obtenida del Río Portoviejo de baja

turbiedad. Ambas semillas se encuentran reportadas en la literatura científica con actividad coagulante y floculante y las convierten en sustituyentes de productos químicos.

Metodología

Extracción y preparación de los coagulantes naturales

Durazno: Se extrajo el mesocarpio manualmente, dejando únicamente la semilla del durazno (*Prunus persica*), se introdujo a la estufa (marca “Heat”) por un período de 6 horas a 50.8 °C para eliminar la humedad. Mediante una balanza térmica (BOECO Germany, modelo BMA 150) se comprueba que la humedad es del 8.5%. Se procede a triturar con un molino eléctrico (High-Speed Multi-function Comminutor) y pasarlo por tamices de marca Humboldt de 355 - 150 - 75 micras respectivamente y así se obtuvo un polvo homogéneo de harina de semilla de durazno (*Prunus persica*). Para la preparación de coagulantes aplicados en diferentes concentraciones, se hicieron disoluciones de 50 g en 1000 ml de agua destilada obteniendo una solución del (5%) y se aplicaron al test de jarra.

Haba: El haba (*Vicia faba*) seca se trituró con un molino eléctrico (High-Speed Multi-function Comminutor) posterior se pasó por tamices de marca Humboldt de 355 - 150 - 75 micras respectivamente y así se obtuvo un polvo homogéneo de harina de semilla de haba (*Vicia faba*), con una humedad de 10%. Para la preparación de coagulantes aplicados en diferentes concentraciones, se hicieron disoluciones de 100 g en 1000 ml de agua destilada obteniendo una solución del (10%) y se aplicaron al test de jarra.

Toma de muestra de agua a tratar

El muestreo se realizó a través de un efluente de agua superficial. La muestra fue tomada en galones de cuatro litros, bajo la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169:2013 que establece las técnicas y precauciones en la toma, conservación y transporte de muestras de agua.

Figura 1

Prueba de Jarra HACH, 4 paletas



Determinación experimental de la dosis óptima del coagulante

Para la determinación de las dosis óptimas se realizaron 36 ensayos de cada coagulante, con 3 niveles de pH, 4 concentraciones diferentes de cada biocoagulante, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Condiciones experimentales de los tratamientos realizados para la semilla del haba (*Vicia faba*) y durazno (*Prunus persica*)

Variable Dependiente	Niveles			
pH	Dosis de Coagulante mg/l			
Bajo	5	10	15	20
Medio	5	10	15	20
Alto	5	10	15	20

Utilizando un equipo test de jarra HACH de 4 paletas y base iluminada (Figura 1), se agregó un litro del agua muestra a los tres vasos de precipitado, aplicando agitación rápida de 120 rpm por 1 minuto y posterior mezcla lenta de 30 rpm por 15 minutos, dejando en reposo por 10 minutos para tomar la lectura del turbidímetro y corroborar la acción del coagulante y su eliminación de la turbidez. Se adicionaron las diferentes dosis de la solución de ambos biocoagulantes preparada anteriormente (5, 10, 15, 20 mg/l), realizando 3 corridas de cada dosis en 3 niveles de pH (4 / 5 / 7.9 para el durazno (*Prunus persica*) y 5 / 7.9 / 9 para el haba (*Vicia faba*)). El pH se modifica con NaOH ó H₂SO₄, hasta obtener el valor necesario a utilizar.

Resultados y Discusión

Caracterización físico-química del agua muestra

Las condiciones iniciales del agua son las siguientes que se muestran en la Tabla 2. Determinación del pH Inicial 7.9 (pHmetro Hanna HI 98127), determinación de turbidez inicial de 245 NTU con el turbidímetro HACH 2100 N, determinación de TDS 587 ppm (equipo HM digital TDS-3). Se determinó por volumetría cloruros 62.75 ppm, dureza del agua 340 ppm y alcalinidad 167.28 mg CaCO₃/l.

En el pre-tratamiento, la determinación del porcentaje de humedad de ambas semillas se desarrolló según la metodología descrita por (Tunco Cabana, 2019) obteniendo una humedad del 10% para el haba (*Vicia faba*) y 8.5% para el durazno (*Prunus persica*), siendo condiciones similares al 7% de humedad reportado en su estudio.

Las Figuras 2 y 3 presentan la variación del porcentaje de remoción de turbiedad y el pH de los dos coagulantes ensayados a distintas dosis.

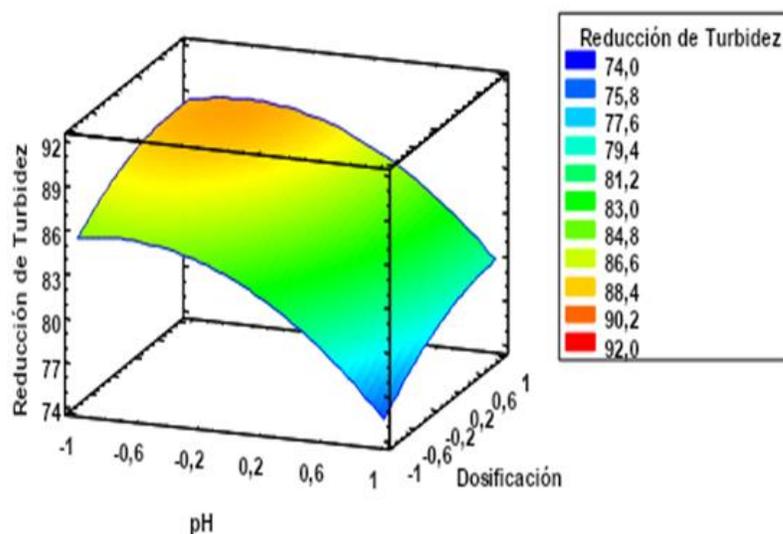
Tabla 2

Caracterización físico - química del agua muestra inicial

Caracterización Físico - Química Del Agua Muestra		
Parámetro Inicial	Valores	Método
pH	7.9	Electrométrico
Turbidez	245 NTU	Turbidímetro
TDS	587 ppm	Electrométrico
Cloruros	62.75 ppm	Volumetría
Dureza	340 ppm	Volumetría
Alcalinidad	167.28 mg CaCO ₃ /L.	Volumetría

Figura 2

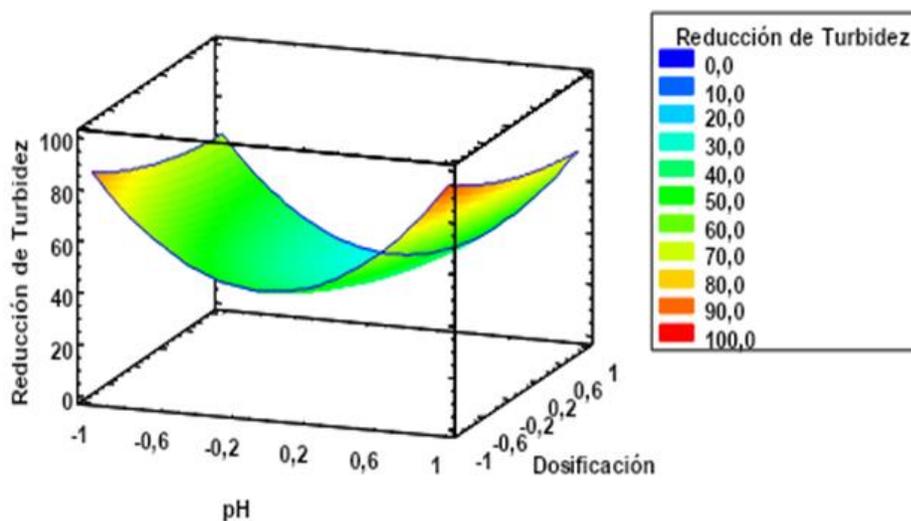
Diagrama de superficie del coagulante a base de durazno (Prunus persica)



Se puede apreciar que el coagulante de durazno (*Prunus persica*) permitió alcanzar un porcentaje máximo de remoción de turbidez del 89.07% a pH 4,74 con la dosis de 16.02 mg/l. (Figura 2).

Figura 3

*Diagrama de superficie del coagulante a base de haba (*Vicia faba*)*



Así mismo el coagulante de haba (*Vicia faba*) permitió alcanzar un porcentaje máximo de remoción de turbidez del 93.13% a pH 9 con la dosis de 5 mg/l (Figura 3).

Tabla 3

Resultados promedios del porcentaje de remoción usando biocoagulante de durazno (Prunus persica)

<i>Dosis de</i>				
<i>Biocoagulante de</i>	5	10	15	20
<i>Durazno (mg/l)</i>				
pH Inicial	% de Remoción Promedio			
Bajo	85.59	87.98	87.21	89.07
Medio	81.92	87.94	87.85	86.99
Alto	76.40	76.65	78.70	80.60

Tabla 4

Resultados promedios del porcentaje de remoción usando biocoagulante de haba (Vicia faba)

<i>Dosis de</i>				
<i>Biocoagulante</i>	5	10	15	20
<i>de Haba (mg/l)</i>				
pH Inicial	% de Remoción Promedio			
Bajo	83.60	75.08	67.44	71.80
Medio	51.71	38.44	22.83	14.44
Alto	88.22	83.75	78.22	74.21

pH óptimo

Algunos parámetros fisicoquímicos que pueden influir en la eficiencia de la capacidad coagulante son: dosis de coagulante, turbidez inicial de agua, pH y temperatura. Los coagulantes orgánicos durante el proceso de clarificación de agua no consumen alcalinidad en comparación con los coagulantes sintéticos, es por ello que se pueden omitir ajustes de pH después del tratamiento. Sin embargo, es necesario realizar ajustes previos, en el caso del durazno (*Prunus persica*) llevar a pH ácido y en el caso del haba (*Vicia faba*) a pH alcalino, el pH se modifica con hidróxido de sodio (NaOH) o ácido sulfúrico (H₂SO₄) (Gómez Vargas *et al.*, 1970) según corresponda, para un mejor rendimiento y eficiencia del coagulante.

Los coagulantes son muy sensibles al pH y a la alcalinidad, si el pH no está en el rango adecuado la clarificación es pobre. Es así que para este estudio se comprobó que los resultados de dosis óptimas obedecen a las cantidades indicadas en la tabla 5, para ambos biocoagulantes.

El durazno (*Prunus persica*) contiene vitaminas del complejo A B y C, minerales como el potasio, sodio, fósforo y fitoquímicas, como la luteína, zeaxantina, criptoxantina y betacarotenos. También aporta una diversa cantidad de ácidos: ácido nicotínico, ácido pantoténico o B5, ácido málico y ácido cítrico (Africano *et al.*, 2015). La cantidad de ácidos son componentes activos para que su acción coagulante se dé en mejor porcentaje cuando el agua a tratar se encuentra con un pH ácido.

Las semillas de durazno (*Prunus persica*) son un residuo orgánico que puede ser utilizado como coagulante natural, los resultados obtenidos de este estudio en remoción de turbidez aplicando la harina de la semilla del durazno (*Prunus persica*) permitieron alcanzar un porcentaje máximo de remoción de turbidez del 89.07% a pH 4,74 con la dosis de 16.02 mg/l. Por otra parte, se corroboraría el trabajo de Uriol Sopriano con una remoción superior al 90% (Africano *et al.*, 2015).

El uso de coagulantes de haba (*Vicia faba*), puede ser eficaz tanto en la eliminación de turbidez, coliformes y metales pesados, lo que convierte al extracto del haba (*Vicia faba*), en una planta a seguir en estudios experimentales, además viable económicamente, ya que se puede

cultivar localmente. Diferentes estudios sugieren que las proteínas de esta planta son las principales responsables de los procesos de coagulación (Bravo, 2017). Dada la alta cantidad de proteínas que contiene, su coagulación es óptima en pH alcalino ya que uno de los agentes que pueden desnaturar a una proteína son las sustancias que modifican el pH y el efecto más visible de este fenómeno es que las proteínas se hacen menos solubles o insolubles, afectando directamente a la clarificación del agua a tratar. Esto ha sido evidenciado mediante este estudio, al obtener el porcentaje máximo de remoción de turbidez del 93.13% a pH 9 (alcalino), valor cercano al 93.4% obtenido por (Riaños-Donado *et al.*, 2019) en su investigación sobre la semilla de Moringa oleífera, uno de los coagulantes naturales más estudiados. Sin embargo, la harina de haba (*Vicia faba*) presenta una ventaja ya que son escasos los coagulantes orgánicos, que sean utilizados en la reducción de metales pesados (Bravo, 2017).

Kurniawan *et al.* (2020) en su estudio sobre la *Azadirachta* (árbol de neem) obtiene un 70% de remoción de turbiedad; por su parte Martínez-Morris *et al.* (2017) menciona que a una dosis de 50 a 100 mg/l obtienen una reducción de turbidez del 97.8% en su investigación sobre el extracto de la semilla del mango (*Mangifera indica*) como coagulante.

Tabla 5

*Resultados de dosis óptimas utilizando biocoagulante de durazno (*Prunus persica*) y haba (*Vicia faba*)*

Factor	Bajo	Alto	Óptimos Durazno	Óptimos Haba	Óptimo Remoción Durazno	Óptimo Remoción Haba
pH	-1	1	-0,6448	1	4.74	9.0
Dosis mg/l	-1	1	0,8012	-1	16.02	5.0



Conclusiones

Las observaciones realizadas durante las pruebas de jarras y los datos de turbiedad indican que la harina de durazno (*Prunus persica*) utilizado es efectivo como biocoagulante. La aplicación demostró tener un efecto en la disminución de la turbiedad, aplicado en la dosis 16.02 mg/l a pH de 4.74 del agua muestra, y una turbiedad inicial de 227 NTU y final de 27 NTU es decir una reducción del 89.07%.

Por otro lado, aplicando la harina de haba (*Vicia faba*) se obtiene una reducción de la turbiedad del 93.13% a la dosis de 5 mg/l a pH de 9; a pH normal del agua 7.8 no se tuvo remoción.

La utilización de ambos coagulantes naturales en concentraciones apropiadas son alternativas ecológicas que actúan como coagulante eliminando la turbidez del agua cruda de hasta un 94%, sin el uso adicional de coagulantes inorgánicos.

La utilización de biocoagulantes / biofloculantes en el agua potable y en el tratamiento de aguas residuales tiene muchas ventajas, entre las principales que se pueden lograr es que son una tecnología respetuosa con el medio ambiente, exhiben un rendimiento confiable, dan como resultado la reducción de desechos / utilización de recursos locales, son aplicables en áreas remotas, reducen la producción de lodos (Kurniawan *et al.*, 2020).

Referencias Bibliográficas

- Africano, L., Almanza, P. & Balaguera, H. (2015). Fisiología y bioquímica de la maduración del fruto de durazno [*Prunus persica* (L.) Batsch]. Una Revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 9(1), 161–172. <https://doi.org/10.17584/rcch.2015v9i1.3754>
- Barbarán-Silva, H., López-Chávez, J. & Chico-Ruiz, J. (2017). Remoción de la turbiedad de agua con coagulantes naturales obtenidos de semillas de durazno (*Prunus persica*) y palta

(*Persea americana*). *Sagasteguiana*, 5(1), 7–16.

<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/REVSAGAS/article/view/2611>

Barreto, S., Vargas, D., Ruiz, L., & Gómez, S. (2020). Evaluación de coagulantes naturales en la clarificación de aguas. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 11(1), 105–116.

<https://doi.org/10.22490/21456453.3081>

Bravo, M. A. (2017). Coagulantes y floculantes naturales usados en la reducción de turbidez, sólidos suspendidos, colorantes y metales pesados en aguas residuales. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.

<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Choque-Quispe, D., Choque-Quispe, Y., Solano-Reynoso, A. & Ramos-Pacheco, B. (2018). Capacidad floculante de coagulantes naturales en el tratamiento de agua. *Tecnología Química*, 38(2), 298–309. <https://doi.org/10.1590/2224-6185.2018.2>

Gómez Vargas, J. M., Pitty, A. & Miselem, J. M. (1970). Efecto del pH del agua en la efectividad de los herbicidas Glifosato, Fluazifop-p-butyl y Bentazon. *Ceiba*, 47(1–2), 19–23.

<https://doi.org/10.5377/ceiba.v47i1-2.443>

Kurniawan, S. B., Abdullah, S. R. S., Imron, M. F., Said, N. S. M., Ismail, N., ‘Izzati, Hasan, H. A., Othman, A. R., & Purwanti, I. F. (2020). Challenges and opportunities of biocoagulant/biofloculant application for drinking water and wastewater treatment and its potential for sludge recovery. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(24), 1–33. <https://doi.org/10.3390/ijerph17249312>

Martínez-Morris, U. G., Marquina-Gelvez, C. E., Carrasquero-Ferrer, S., Martínez-Soto, M. E., Rodríguez-Monroy, C. & Morris-Díaz, A. T. (2017). El extracto de semillas de mango (*Mangifera indica* L) como coagulante natural en la potabilización de aguas. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology 2017*, (July), 19–21. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2017.1.1.227>



- Obiora-Okafo, I. A., Onukwuli, O. D. & Eli-Chukwu, N. C. (2020). Evaluation of bio-coagulants for colour removal from dye synthetic wastewater: Characterization, adsorption kinetics, and modelling approach. *Water SA*, 46(2), 300–312. <https://doi.org/10.17159/wsa/2020.v46i2.8246>
- Riaños-Donado, K., Meza-Leones, M. C. & Mercado-Martínez, I. D. (2019). Clarification of the water of wetlands using a mixture of natural coagulants. *DYNA*, 86(209), 73–78. <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n209.73687>
- Rodríguez Santos, J., Ortiz Ayoví, D., Rodríguez Baquerizo, E. & Santos Baquerizo, E. (2018). Diseño de un filtro potabilizador ecológico para comunidades rurales, utilizando la Moringa Oleifera. *Revista Lasallista de Investigación*, 15(2), 118–130. <https://doi.org/10.22507/rli.v15n2a9>
- Tunco Cabana, S. V. (2019). Eficacia de la harina de haba (*Vicia faba*) como ayudante de coagulación del sulfato de aluminio en el tratamiento de agua para consumo humano. [Tesis de Grado, Universidad Peruana Unión]. <http://hdl.handle.net/20.500.12840/2641>