

Modelo cinético de degradación de cobre mediante el uso de *Pontederia azurea* (Camalote) e *Hydrilla verticillata* (Hydrilla)

Kinetic model of copper degradation through the use of *Pontederia azurea* (Water hyacinth) and *Hydrilla verticillata* (Hydrilla)

Alberto Lizondro¹, Laura Guerrero¹, Ana Gabriela Hernández¹, Viccelda Domínguez^{2*}

¹Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería Civil, Programa de Licenciatura en Ingeniería Ambiental

²Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería Civil, Departamento de Hidráulica, Sanitaria y Ciencias Ambientales

Fecha de recepción: 26 de febrero de 2024. **Fecha de aceptación:** 15 de junio de 2024.

***Autor de correspondencia:** viccelda.dominguez@utp.ac.pa

Resumen. Esta investigación consistió en analizar la capacidad de fitorremediación del Camalote e Hydrilla mediante el uso de un modelo cinético de velocidad de consumo. Se realizó un montaje experimental para cada planta en forma de triplicado, cada una con un baja, mediana y alta carga en concentraciones de cobre (10 mg/L, 20 mg/L, 30 mg/L), se analizó su comportamiento durante 8 días, donde se tomaron en cuenta parámetros como la alcalinidad, carbonato y potencial de hidrógeno. Con la finalidad de evaluar la cinética de consumo, se obtuvo una disminución del 90% para el Camalote y un 86% para la Hydrilla en la concentración del 10 mg/L y en concentraciones de 20 mg/L de cobre se obtuvo una disminución del 65% para el Camalote, y de un 60% para la Hydrilla. Ambas plantas mantuvieron una adaptación aceptable frente al metal, siendo el Camalote la planta con mayor consumo. La variación del potencial de hidrógeno tuvo un comportamiento inversamente proporcional con respecto a las concentraciones de cobre.

Palabras clave. Camalote, cobre, degradación, Hydrilla.

Abstract. This research consisted of analyzing the phytoremediation capacity of Camalote and Hydrilla using a kinetic model of consumption speed. An experimental assembly was performed for each plant in triplicate form, each with a low, medium and high load in copper concentrations (10 mg/L, 20 mg/L, 30 mg/L), its behavior was analyzed for 8 days, where parameters such as alkalinity were taken into account, carbonate and hydrogen potential. In order to evaluate the consumption kinetics, a decrease of 90% was obtained for Camalote and 86% for Hydrilla in the concentration of 10 mg/L and in concentrations of 20 mg/L of copper, a decrease of 65% was obtained for Camalote, and 60% for Hydrilla. Both plants maintained an acceptable adaptation against metal, being the Camalote plant with the highest consumption. The variation in hydrogen potential behaved inversely in relation to copper concentrations.

Keywords. Water hyacinth, copper, degradation, Hydrilla.

1. Introducción

El crecimiento poblacional y económico han impulsado un rápido incremento en la demanda de recursos hídricos, el 36% de la población mundial vive en regiones con escasez de agua. En América Latina y el Caribe, alrededor del 60% de la población está conectada a un sistema de alcantarillado y un 30% a 40% de las aguas residuales captadas de la región captadas llegan a ser tratadas [1].

En los últimos años se ha incrementado la contaminación de los cuerpos de agua debido al manejo inadecuado de las aguas residuales urbanas [2]. En Latinoamérica, menos del 5%

de las aguas residuales reciben tratamiento y el 95% de dichas aguas son vertidas a los cuerpos superficiales generando riesgos para la salud humana y el ecosistema [3]. Siendo América Latina una de las regiones más biodiversas del mundo y dueña de un tercio de las fuentes de agua del mundo, la contaminación del agua representa consecuencias ecológicas adversas [4]. El tratamiento de aguas residuales es importante para volver a utilizar el agua, evitar su contaminación y la del ambiente, especialmente por sus efectos en la producción agropecuaria, y por salud pública [5].

Una preocupación es la contaminación del agua que proviene de la presencia de altos niveles de arsénico inorgánico, plomo y cadmio por sus consecuencias negativas tales como cáncer, diabetes mellitus, y enfermedades cardiovasculares [4]. Existen tratamientos no convencionales, como alternativas para disminuir la carga contaminante por medio de sistemas biológicos como la implementación de lagunas de estabilización o humedales artificiales [6].

Las aguas residuales domésticas son el resultado de las actividades propias del ser humano, provenientes de la preparación de alimentos y aseo personal; estas aguas contienen residuos orgánicos que provocan la alteración de la calidad, lo que implica realizar tratamientos para su disposición final [7]. La reutilización de las aguas residuales tratadas se ha convertido en los últimos años, en una opción factible para disminuir los problemas de escasez de agua [7].

La fitorremediación no es un concepto nuevo, pues desde hace 3000 años los hombres han utilizado la capacidad natural de purificación de las plantas para el tratamiento del agua. Desde la década de 1970 esta práctica ha encontrado un renovado interés, en particular para el tratamiento de los plaguicidas y de los metales [8].

La fitorremediación es un conjunto de tecnologías que utilizan las plantas para reducir, degradar o inmovilizar compuestos orgánicos contaminantes (naturales o sintéticos), de la tierra, del agua o del aire y que provienen de las actividades humanas. Esta técnica también puede tratar la contaminación por compuestos inorgánicos (metales pesados o radioisótopos). Las plantas van a absorber el contaminante para metabolizarlo o almacenarlo, reduciendo o evitando la liberación de contaminantes en otras zonas del medio (Fito estabilización). Con mucha frecuencia, los compuestos orgánicos (xenobióticos o no) puede ser degradados y metabolizados para el crecimiento de la planta [7].

En la última década se han reportado, en la literatura internacional, algunos impactos en salud derivados de exposición a cobre por consumo de agua potable. El cobre es un metal de alto interés en calidad de agua de consumo porque tiene un doble carácter, es un metal esencial para el ser humano y puede, tanto por deficiencia como por exceso, producir efectos perjudiciales en la salud. El carácter esencial del cobre deriva de su incorporación a un gran número de proteínas con fines catalíticos y estructurales. Su toxicidad bioquímica, cuando supera el control homeostático, deriva de sus efectos en la estructura y función de variadas biomoléculas [9].

El cobre es un metal ampliamente usado en el mundo por presentar una combinación de propiedades altamente deseables como son: durabilidad, ductilidad, maleabilidad y conductividad eléctrica y térmica. Algunos autores destacan,

además, sus propiedades bactericidas. Muchos de los materiales que se usan en los sistemas de distribución de aguas de consumo o en sistemas de griferías contienen cobre como elemento principal o formando parte de aleaciones [10].

La presencia de cobre en aguas de consumo puede ser de origen natural o antrópico, Este último por efecto de lixiviación/corrosión a causa de las características fisicoquímicas de la matriz del agua que entra en contacto con los materiales que contienen cobre. Si bien los metales liberados del material de fontanería, usados dentro del hogar, se consideran responsabilidad del propietario de la casa, la empresa sanitaria o el productor del agua pueden tener una gran responsabilidad en el tema, porque la solubilidad de los metales del sistema de distribución está determinada, principalmente, por la agresividad del agua en la que algunos parámetros que podrían ser controlados en la planta de tratamiento de agua, juegan un rol importante [10].

1.1 Impacto del cobre en Panamá

La minería metálica, ha traído consigo un aumento en la explotación de recursos naturales, pero también ha generado preocupaciones significativas sobre la destrucción de la biodiversidad. Aunque se han implementado regulaciones y prácticas de responsabilidad empresarial, la magnitud del impacto en la biodiversidad y destrucción de bosques irremplazables sigue siendo un tema de debate. La sostenibilidad a largo plazo de la minería metálica en Panamá debe ser objeto de un examen continuo y una evaluación rigurosa para garantizar la conservación de la rica biodiversidad del país. La protección de estos ecosistemas es esencial no solo para la vida silvestre, sino también para el bienestar de las comunidades locales y la futura prosperidad de Panamá [11].

Ante los antecedentes expuestos esta investigación de manera experimental planea una solución al problema de la contaminación del agua por metales pesados.

El objetivo de este trabajo es analizar el comportamiento de Camalote vs la Hydrilla planteando un modelo cinético que ayude a conocer las velocidades de consumo y de esta manera recomendarla como método de solución frente a la contaminación del agua por metales pesados. Cumpliendo así con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 3 “Salud y bienestar”, 6 “Agua limpia y saneamiento”, 11 “Ciudades y comunidades sostenibles”, 14 “Vida submarina”, enfocados en la reducción de contaminantes vertidos en cuerpos de aguas, que tienen un impacto significativo en la salud humana y biodiversidad.

2. Materiales y Métodos

Se colocó un montaje experimental para cada planta (figura 1), cada una con un baja, mediana y alta carga en concentraciones de cobre (10 mg/L, 20 mg/L, 30 mg/L). Se utilizó agua del grifo y se le aplicó el desclorificador con Tetra AquaSafe, para que el cloro no interfiriera en los resultados del muestreo.

La evaluación propuesta del sistema tiene una duración establecida de 1 semana.

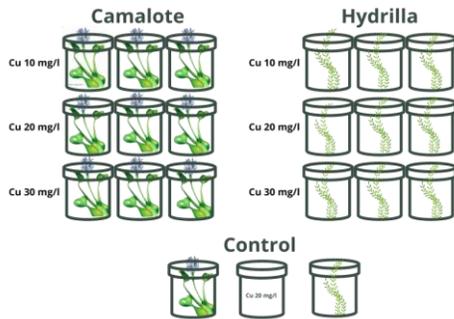


Figura 1. Composición de los envases

2.1 Materiales y equipos

Para ejecutar los bioensayos se emplearon los siguientes materiales:

- 18 envases de 1 galón (3.75 L).
- 10 plantas de Camalote *Pontederia azurea*.
- 10 plantas de Hydrilla.
- Multiparameter: Water Test kit SJ WAVE.
- Sulfato de cobre (II) pentahidratado.

Procedimientos

- Cortar los envases de 1 galón.
- Llenar dos litros de agua desclorificada con pH (6.8) en cada galón.
- Colocar nueve plantas de Camalote e Hydrilla, tres por cada concentración (10 mg/L, 20 mg/L, 30 mg/L). (figura 2).
- Colocar los tres puntos de control, un envase de dos litros sólo agua con Hydrilla, un envase de dos litros sólo agua con Camalote, y un envase de agua con 20 mg/L de cobre. (figura 2).



Figura 2. Colocación final de los envases con las plantas

- Se pesó la cantidad de sulfato de cobre (figura 3) necesario para realizar las disoluciones, y se mezclaron con 2 litros de agua cada una.

- Para 10 mg/L: 0.078577 g de $CuSO_4 \cdot 5H_2O$
- Para 20 mg/L: 0.157154 g de $CuSO_4 \cdot 5H_2O$
- Para 30 mg/L: 0.235732 g de $CuSO_4 \cdot 5H_2O$



Figura 3. Pesa de muestra de $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ en el Laboratorio de Sanitarias.

2.2 Monitoreo (evaluación de la concentración de metales pesados)

Se midieron las concentraciones de cobre, cada día, con la ayuda del kit de prueba *Water Test kit SJ WAVE* y adicionalmente se tomaron en cuenta parámetros como la alcalinidad, carbonato y pH, como controles. En la tabla 1 se presentan los rangos de medición.

Tabla 1. Rangos de medición de las concentraciones del *Water Test kit SJ WAVE*

Parámetro	Concentración (mg/L)						
Dureza	0.0	25.0	50.0	120.0	250.0	425.0	
Cobre	0.0	0.5	1.0	3.0	10.0+		
Alcalinidad total	0.0	40.0	80.0	120.0	180.0	240.0	
Carbonato	0.0	40.0	80.0	120.0	180.0	240.0	
pH	6.0	6.4	6.8	7.2	7.6	8.2	9.0

3. Resultados

Se demuestra una disminución en la concentración del cobre por día, siendo el Camalote la planta con mayor capacidad absorbente, ya que disminuyó a un 90% el cobre en concentración de 10 mg/L, siguiendo por la Hydrilla con una capacidad del 86 % a concentración de 10 mg/L (figura 4).

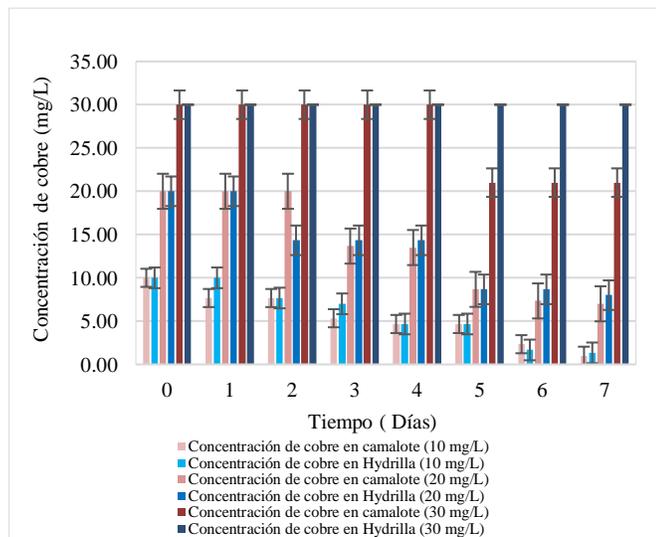


Figura 4. Gráfica de consumo de cobre por día.

Comparando con el estudio de Bustamante *et al.* [12], dónde la Hydrilla presentaba un proceso de absorción del 51.7% de hierro a diferencia de un 60% de cobre en este estudio. Dando a señalar que la Hydrilla posee un mayor consumo al hierro que al cobre comparando su concentración inicial, y esto podría deberse a que las plantas poseen un mayor desarrollo de mecanismos de captación de hierro, que incluyen la liberación de compuestos orgánicos exudados por sus raíces, también que el cobre no forma complejos con los compuestos orgánicos lo que dificulta la consumo por parte de la planta [13]. Cabe señalar que las variaciones de la disminución de los metales pesados presentes en el agua pueden variar dependiendo de la concentración, pH y presencia de otros compuestos presentes en el agua [14].

En la figura 5, se puede observar que el que el Camalote (5 a) tuvo un tiempo de adaptación más lento a las condiciones de bioensayo, la concentración de Cu se mantuvo en la inicial (20 mg/L) por tres (3) días; sin embargo, el pH empezó a aumentar por dos (2) días y luego mantuvo constante por un (1) día. Del tercer al cuarto día en el Camalote la concentración de Cu empezó a disminuir (5.7 mg/L) y luego se mantuvo constante por un día; sin embargo, el pH aumentó y luego disminuyó, respectivamente.

Caso contrario a la Hydrilla (5 b), que se llegó a adaptar más rápido, ya que en un (1) día se mantuvo la concentración de Cu (20 mg/L) y de pH (6.3) y al segundo día empezó a disminuir (5.7 mg/L), coincidiendo con un aumento del pH (0.4).

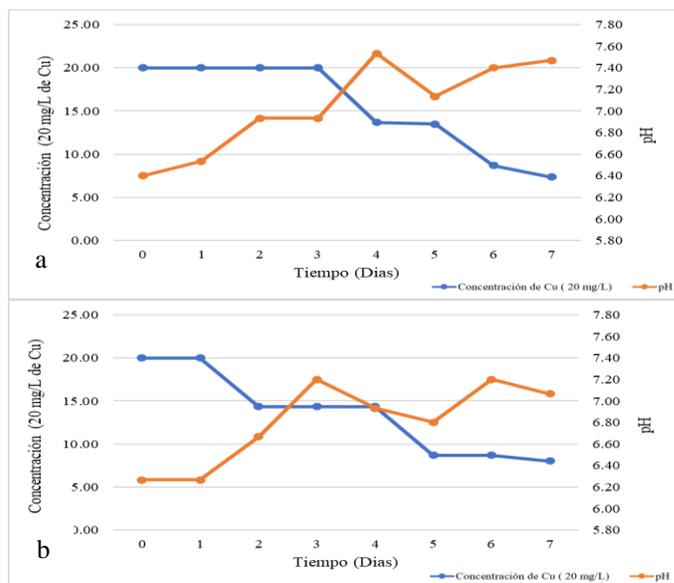


Figura 5. Comparación del comportamiento de concentración de Cu en función del pH. (a) Camalote (b) Hydrilla.

Se puede deducir que, a mayor concentración de cobre en el agua, mayor es la afectación al pH, volviéndolo más ácido.

Los tratamientos demostraron que la adaptación tanto para el camalote e Hydrilla resultan de una adaptación favorable a las concentraciones del cobre.

En la figura 6 se presenta la condición final de las plantas de Camalote e Hydrilla.



Figura 6. Muestra de la condición final del Camalote (a) e Hydrilla(b) con concentraciones de 10, 20 y 30 mg/L de izquierda a derecha, respectivamente.

Como se observa en la figura 6, hay un deterioro en concentraciones mayores a 20 mg/L, lo que coincide con los resultados de Barreto y Paredes [14], a partir de la concentración de 30 mg/L, el crecimiento del camalote resultó más lento, en esta se obtuvo una disminución final de 1.202 mg/L en un periodo de 20 días, en donde se vio afectado el crecimiento de la planta (figura 6). La cinética de consumo está dada por la siguiente ecuación:

$$V_{\text{absorción}} = \frac{C_0 - C_f}{\Delta t} \quad (1)$$

En la figura 7 se muestra el resultado de los modelos cinéticos para el Camalote y la Hydrilla, en el caso de esta última muestra un comportamiento de modelo de Andrews con inhibición.

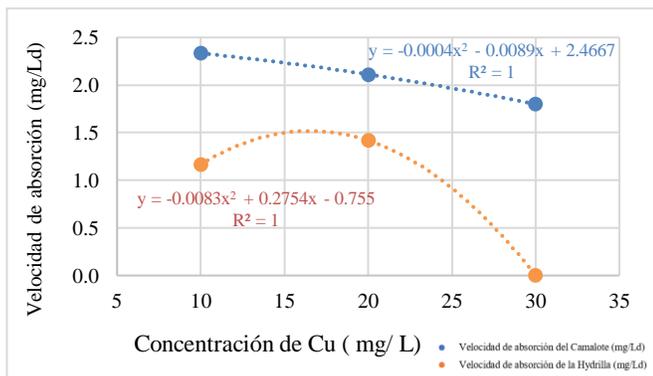


Figura 7. Gráfica de la concentración del cobre con respecto a la velocidad de absorción.

Las ecuaciones 2 (Camalote) y 3 (Hydrilla) surgen de las tendencias presentadas en la figura 7.

$$V = -0.0004C^2 - 0.0089C + 2.4667 \quad (2)$$

$$V = -0.0083C^2 + 0.2754C - 0.755 \quad (3)$$

Dónde:

V = velocidad de consumo (mg(L/d)

C = concentración de cobre (mg/L)

Se presentó una mayor velocidad en el consumo del cobre por día en el Camalote de una forma indirecta, ya que se estimó directamente por pruebas realizadas en el agua. Se presume que pudieron existir otras cinéticas que influyeron en la degradación del cobre (i.e. biodegradación y/o absorción).

Comparando la cinética de consumo de la Hydrilla (1.17 mg/L/d) con respecto al camalote (2.35 mg/L/d), se observa una velocidad significativamente más lenta, en el tiempo de prueba no se logró percibir variación en la disminución de concentración de 30 mg/L.

En concentraciones bajas o moderadas tanto la Hydrilla como el Camalote posee una capacidad alta de absorción por medio de sus raíces, debido a que el cobre es un micronutriente y en parte funciona en el metabolismo de las plantas, aumentando su velocidad de consumo. Se muestra en la figura 7 que para concentraciones mayores a 20 mg/L supera los niveles tolerables y empieza a verse afectada.

Cabe señalar que la Hydrilla presentó un punto de quiebre donde la planta no logró retener mayor concentración y la velocidad de consumo bajo, siendo el cuarto y sexto día el tiempo de mayor capacidad absorbente.

Al último día de prueba (día ocho) se observaron cambios físicos en las plantas, presentado en la figura 8, siendo las plantas expuestas a concentraciones altas de cobre las mayormente afectadas por la clorosis.



Figura 8. Efecto de clorosis en hoja de camalote.

La clorosis se presenta en el cambio en la pigmentación de las hojas a una tonalidad amarillenta [14].

3.1 Desarrollo del prototipo

El mercado al que va dirigido este proyecto es principalmente a las comunidades rurales que se encuentran cercanas a las minas de extracción de cobre, como también a empresas que deseen implementar tratamientos de fitorremediación, ya que estudios reflejan la eficiencia de estas plantas en la remoción de parámetros como Oxígeno disuelto (mg/L), sólidos totales, e incluso plomo [15].

El crecimiento del Camalote es rápido debido su capacidad reproductiva y resistencia a ambientes adversos (20°C - 30°C), y su crecimiento es de forma horizontal sobre el cuerpo receptor del agua.

Su cobertura está expresada en unidad de peso del número de plantas entre el área a ocupar (peso/m²) [18].

Según un estudio [16], se necesitan alrededor de 83 plantas adultas (entre cinco y siete hojas) del camalote arraigado que sería capaz reducir 245 mg de cadmio en 1 m², con 10 cm de profundidad en un periodo de 3 meses. El cadmio comparte similitudes con el cobre con respecto a sus propiedades, densidad y propia toxicidad hacia la salud humana.

El costo del prototipo fue de 27.00 dólares para nueve plantas de Camalote, y 22.50 dólares para nueve plantas de Hydrilla. Siendo el Camalote la que presentó mayor capacidad de degradación del cobre, se tendrá un presupuesto de 249.00 dólares en el costo de esta planta, para poder reducir las concentraciones de cobre en 1 m².

Cómo posibles riesgos se tendría el aumento de la población de la especie en los cuerpos de agua, causando eutrofización [17].

Se tendría que disponer de controles, cómo barreras físicas, controles biológicos o constante recortes, para evitar que la planta crezca incontrolablemente evitando que causen algún riesgo [18].

4. Conclusión

Durante los ocho días de muestreo se logró determinar que el Camalote (*Pontederia azurea*) posee una mayor capacidad de consumo del 17.7 % a comparación a la Hydrilla.

Con respecto a los parámetros medidos de dureza, carbonato y la alcalinidad se logró relacionar directamente con el aumento del pH, se logró observar que a los días las concentraciones de cobre en los envases disminuían, pero esto hacía que el pH aumentara, debido a que el pH funciona como agente regulador del cobre, haciendo que sus niveles de concentración bajen, pero a su vez perjudican la propia calidad del agua, que esta no debería tener un pH mayor a 8.

Se encontraron caracoles pequeños en las raíces del camalote, los cuales son bioindicadores de calidad del agua, su presencia puede indicar que existe una tolerancia aceptable de oxígeno disuelto, indicando buena calidad del agua.

La capacidad para absorber los metales pesados es mediante a sus raíces, ya que soportan altas masas activas de microorganismos que ayudan a remover los contaminantes.

El uso de Camalote e Hydrilla constituyen una alternativa indirecta, fácil y económica para amortiguar los problemas de vertidos o de escapes de metales a cuerpos de agua, debido a su rápido consumo a concentraciones medias. La capacidad reproductiva de estas plantas es alta, así que es recomendable usar un método de control para evitar un ambiente eutrofizado por el crecimiento acelerado de estas plantas.

El cobre tiene un impacto negativo en las aguas, crea muchas alteraciones y atenta contra la biodiversidad. Esta investigación brinda una alternativa ecológica frente a este problema, y que la fitorremediación entra en las propuestas para lograr una mejor calidad del agua.

AGRADECIMIENTOS

Un sincero reconocimiento a Alberto Lizondro por ayudar a conseguir las plantas, y a José Guerrero por su apoyo en la obtención de los materiales. Su aporte fue fundamental para la realización de este trabajo.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener algún conflicto de interés.

REFERENCIAS

- [1] Rodríguez, D. J., Serrano, H., Delgado, A., Nolasco, D., & Saltiel, G. (2020). De residuo a recurso: Cambiando paradigmas para intervenciones más inteligentes para la gestión de aguas residuales en América Latina y el Caribe. *Washington DC: World Bank*.
- [2] Hoyos, A. A., Ramirez, A., Fernandez, V. A., & Sanchez, N. E. (2016). Lenteja de agua (*Lemna minor*) para el tratamiento de las aguas residuales que provienen del lavado de la fibra de fique (*Furcraea bedinghausii*). *Ingeniería y competitividad*, 18(2), 25-34.
- [3] Reynolds, K. A. (2001). Tratamiento de aguas residuales en Latinoamérica. *Latinoamérica*, 2001, 4849.
- [4] Meoño, F. L., Taranco, C. G., & Olivares, Y. M. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Saber y hacer*, 2(2), 8-25.
- [5] Mundial, B. (2013). *Un 70% de las aguas residuales de Latinoamérica vuelven a los ríos sin ser tratadas*. World Bank. <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/02/rios-de-latinoamerica-contaminados>
- [6] Correa Restrepo, G., Cuervo Fuentes, H., Mejía Ruíz, R., & Aguirre, N. (2012). Monitoreo del sistema de lagunas de estabilización del municipio de Santa Fé de Antioquia, Colombia. *Producción+ limpia*, 7(2), 36-51.
- [7] Ingeniería química. Org. (2012). *Tratamiento de aguas residuales*. <https://www.ingenieriaquimica.org/articulos/introduccion-tratamiento-aguas-residuales>. [Último acceso: 9 Junio 2023].
- [8] Geoinnova. (2015). *Restauración ambiental, técnicas de descontaminación: La Fitorremediación*. Geoinnova. https://geoinnova.org/blog-territorio/curso-restauracion-fitorremediacion/?gad=1&gclid=EAIaIQobChMI2IrUvOTI_gIVwR9ICh2mnw18EAAYASAAEgIxzvD_BwE.

- [9] Sancha, A. M., & Lira, L. (2005). Presencia de cobre en aguas de consumo humano: causas, efectos y soluciones. *Ing. sanit. ambient*, 56-9.
- [10] Contyquim. (2022). Importancia del tratamiento de aguas residuales. *Contyquim*. <https://contyquim.com/blog/importancia-del-tratamiento-de-aguas-residuales>
- [11] Panamawildlife. (2023). *La Minería Metálica en Panamá: Un Análisis de Cobre Panamá, Subsidiaria de First Quantum Minerals y su Impacto en la Biodiversidad - Panama Wildlife Conservation*. Panama Wildlife Conservation. <https://panamawildlife.org/news/la-mineria-metalica-en-panama-un-analisis-de-cobre-panama-subsidiaria-de-first-quantum-minerals-y-su-impacto-en-la-biodiversidad/>
- [12] Bustamante, A., González, M., Solano, A. I. M., Valdivieso, E., & Domínguez, V. (2022). Capacidad de fitorremediación de hierro de las lentejas de agua (*Lemna minor*) y la hydrilla (*Hydrilla verticillata*). *Revista de Iniciación Científica*, 8(2), 43-49.
- [13] Marschner, H. (Ed.). (2012). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Academic press.
- [14] Barreto, Y., & Paredes, J. (2018). Determinación Del Potencial De Absorción De Cobre En Solución Acuosa De Las Especies. *RevIA*, 5(1 y 2).
- [15] Baldeón, L. Q., Chavez, J. B. A., Suarez, C. F. M., & Huaranga, M. C. (2017). Eficiencia de la especie macrófita *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) para la remoción de parámetros fisicoquímicos, metal pesado (Pb) y la evaluación de su crecimiento en función al tiempo y adaptación al medio en una laguna experimental. *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 1(1).
- [16] Draghi, C. (2019). *Camalotes contra los pesados*. nexciencia.exactas.uba.ar. <https://nexciencia.exactas.uba.ar/camalotes-contra-los-pesados>
- [17] Lozano Lozano, C. (2010). Determinación espacial de la distribución de la *Eichhornia Crassipes* "Jacinto de Agua" en las fuentes de aguas lóxicas ubicadas en la margen derecha del río Mayo.
- [18] Sosa, A., & Cecere, M. C. (2018) Control Biológico De *Eichhornia Crassipes* En La Laguna Del Ojo, Reserva San Vicente.