



ELABORACIÓN DE UN MICROCOSMO INTERCONECTADO PARA PROCESOS DE FITORREMEDIACIÓN A ESCALA DE LABORATORIO UTILIZANDO MACRÓFITAS ACUÁTICAS DE LA CIUDAD DE NEIVA, COLOMBIA

ELABORATION OF AN INTERCONNECTED MICROCOSM FOR PROCESSES OF PHYTOREMEDIATION AT LABORATORY SCALE USING AQUATIC MACROPHITES FROM THE CITY OF NEIVA, COLOMBIA

¹ Jhonatan Gutiérrez Garaviz,
² Manuel David Romero Cantillo

Recibido: 15-03-2019
Aceptado: 20-12-2019

Resumen

El tratamiento de aguas residuales es uno de los grandes desafíos que tiene el hombre actualmente; una de las soluciones ha sido el empleo de macrófitas acuáticas, aplicación biotecnológica rentable que evita la utilización de químicos u otro tipo de tecnologías costosas, además es amigable con el medio ambiente. Con la presente investigación se elaboró un microcosmo interconectado como prototipo para procesos de fitoremediación a escala de laboratorio. Para el diseño y construcción se tuvo en cuenta dos elementos importantes; el primero relacionado con un inventario botánico preliminar en algunos ecosistemas lénticos presentes en la ciudad de Neiva, con el propósito de conocer los especímenes existentes; como segundo elemento, y teniendo en cuenta los taxones colectados, se realizó una lluvia de ideas, analizando en cada propuesta los requerimientos de hábitat, luz, temperatura, espacio y sustrato. Se identificaron 22 especies de macrófitas acuáticas, seleccionando *Eleocharis* sp., *Najas wrightiana* y *Eichhornia crassipes*; en cuanto al diseño, se propusieron 34 ideas, seleccionando una propuesta formada por 3 módulos relacionados con 3 hábitos de crecimiento (flotante, sumergida y emergente). El prototipo modular se adaptó a las característi-

- 1 Colombiano Magíster en Ciencias Biológicas; Instructor SENNOVA, Centro de la Industria, la Empresa y los Servicios, SENA Regional Huila; Grupo de Investigación para el Desarrollo Social y Tecnológico, SENA Regional Huila; línea de investigación en Ciencias Naturales y Tecnologías Emergentes.
Correo: jhotas24@gmail.com
- 2 Colombiano Aprendiz, Tecnoacademia Neiva, Centro de la Industria, la Empresa y los Servicios, SENA Regional Huila; línea de investigación en Ciencias Naturales y Tecnologías Emergentes, red de Biotecnología.
Correo:

cas de las 3 especies seleccionadas, teniendo en cuenta su hábito de crecimiento.

Palabras claves: macrófitas acuáticas, prototipo modular, hábitos de crecimiento, lénticos.

Abstract

Wastewater treatment is one of the greatest challenges for men today; one of the solutions has been the use of aquatic macrophytes, a cost-effective biotechnological application that avoids the use of chemicals or other expensive technologies, and that is also environmentally friendly. With this research, an interconnected microcosm was developed as a prototype for phytoremediation processes at laboratory scale. For design and construction, two important elements were taken into account; the first one related to a preliminary botanical inventory in some lentic ecosystems present in the city of Neiva, with the purpose of knowing the existing specimens; as a second element, and taking into account the taxa collected, a brainstorming session was carried out, analyzing in each proposal the habitat, light, temperature, space and substrate requirements. 22 species of aquatic macrophytes were identified, *Eleocharis* sp., *Najas wrightiana* and *Eichhornia crassipes* were selected; in terms of design, 34 ideas were proposed, selecting a proposal formed by 3 modules related to 3 growth habits (floating, submerged and emerging). The modular prototype was adapted to the characteristics of the 3 selected species, taking into account their growth habits.

Keyword: aquatic macrophytes, modular prototype, growth habits, lentic

Introducción

El desarrollo activo del ser humano ha afectado drásticamente los ecosistemas acuáticos,

a través de efluentes producto de actividades industriales, mineras, agrícolas, pecuarias y urbanísticas, generando aguas residuales que sin un tratamiento adecuado, caen directamente al ambiente, afectando su biodiversidad y calidad (Gutierrez Garaviz, Zamora González, & Andrade-Sossa, 2014). Estos tensores pueden restringir su uso a futuro, en términos de potabilidad, riego, recreación, pesca, o cualquier otro servicio ecosistémico (Aurazo de Zumaeta, 2004), esto genera una preocupación que conlleva a implementar diferentes tecnologías para su recuperación (González-Cabrera, et al., 2014).

La fitorremediación es un proceso que permite evaluar la capacidad que tienen las plantas para absorber, estabilizar, volatilizar o transformar diferentes contaminantes presentes en la masa de agua (Delgadillo-López, González-Ramírez, Prieto-García, Villagómez-Ibarra, & Acevedo-Sandoval, 2011; Delgadillo López & González Ramírez, 2011; Ecosistemas, 2007). Es una aplicación biotecnológica de bajo costo, amigable con el ambiente (Arias Martínez, Betancur Toro, Gómez Rojas, Salazar Giraldo, & Hernández Ángel, 2017), de mantenimiento sencillo, flexible y que no está influenciada significativamente por el caudal para su funcionamiento.

Las macrófitas acuáticas son un grupo ideal para los procesos de fitorremediación (Curt, 2010; Jaramillo Jumbo & Flores Campoverde, 2012; Mera Ponce, 2016), teniendo en cuenta que sus organismos están asociados directamente a los ecosistemas acuáticos a través de sus hábitos de crecimiento, identificando plantas flotantes, sumergidas y enraizadas emergentes (Ramos Montaña, Cárdenas-Avella, & Herrera Martínez, 2013) the availability of niches for other trophic levels, the nutrient cycling and the stabilizing of sediments. Research in relation of aquatic macrophytes in neotropical lakes of high Andean mountains is scarce and necessary to approach a better comprehension of the functioning of the-



se ecosystems. We made the characterization the community of aquatic macrophytes in the lakes Cristalina, Media and Pozo, in La Rusia Paramo (Boyacá-Colombia; sus estructuras vegetales como el sistema radicular, hojas y tallos pueden retener diferentes contaminantes, a través de procesos de rizofiltración, fitoestabilización, volatilización o transformación (Curt, 2010).

Sus diferentes especies se pueden utilizar como biomodelos de laboratorio para evaluar la capacidad de retención de contaminantes (Tello Zevallos, Wilfredo ; Loureiro, Dana Belén ; Reeves, María Cecilia ; Yujnovsky, Fabiana ; Salvatierra, & Matías ; Pérez, 2016), con la ayuda de plantas piloto, microcosmos o prototipos de

evaluación, con condiciones ambientales modeladas para su desarrollo y experimento.

En la presente investigación se diseñó y construyó un microcosmos interconectado como prototipo para procesos de fitorremediación a escala de laboratorio, teniendo en cuenta tres hábitos de crecimiento identificados en algunos ecosistemas lénticos de la ciudad de Neiva.

Diseño metodológico

Área de estudio: los ejemplares de macrófitas acuáticas fueron colectados en 6 ecosistemas lénticos (**Tabla 1**) identificados en el municipio de Neiva y sus alrededores, cuyo origen de formación es antrópico.

Tabla 1. Información geográfica.

PUNTO DE MUESTREO	NORTE	OESTE	ALTURA
Lago 1	2°53'49.7''	75°16'19.5''	463
Lago 2	2°53'45.3''	75°16'8.97''	465
Lago 3	2°53'12.0''	75°15'13.3''	489
Lago 4	2°53'10.81''	75°14'58.2''	491
Lago 5	2°58'04.2''	75°17'41.9''	464
Lago 6	2°57'42.4''	75°19'32.3''	458

Fuente. Elaboración propia

Fase de campo y laboratorio: el tiempo de muestreo para recolección de especímenes, comprendió los meses de septiembre a noviembre de 2017. El material colectado se identificó utilizando las guías y claves especializadas de Velásquez (1994), Velosa et al. (2000), Posada y López (2011) y (Fernández, Bedoya, & Madriñán, 2015).

Diseño y construcción de prototipo: teniendo en cuenta los requerimientos de luz, sustrato, espacio, temperatura y hábitos de crecimiento, a partir de una lluvia de ideas con aprendices de la tecnoacademia de Neiva de la línea de biotecnología, se diseñaron diferentes modelos,

sustentando cada propuesta elaborada dentro del espacio de formación. Utilizando el software "Sketchup pro 2017 V. prueba" se diseñó el modelo de prototipo en 3D, para su posterior construcción en el laboratorio de biotecnología de la Tecnoacademia de Neiva.

Resultados y discusión

Macrófitas acuáticas: se colectaron 3 clases, 11 órdenes, 14 familias, 17 géneros y 22 especies (**Tabla 2**). La clase Magnoliopsida con el género *Nymphaea* fue el grupo con mayor riqueza de taxones.

Tabla 2. Composición de macrófitas acuáticas.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	La. 1	La. 2	La. 3	La. 4	La. 5	Lag. 6
Charophyceae	Charales	Characeae	Chara	Chara braunii					x	
Magnoliopsida	Alismatales	Araceae	Lemna	Lemna aequinoptalis	x	x	x	x		
			Wolffia	Wolffia brasiliensis			x	x		
		Alismataceae	Limnocariss	Limnocariss flava					x	
			Najas	Najas wrightiana			x		x	x
	Apiales	Araliaceae	Hydrocotyle	Hydrocotyle umbelata	x					
				Eichhornia crassipes	x	x				
		Lentibulariaceae	Utricularia	Utricularia sp.	x	x	x			
				Ludwigia sedoides	x	x				
		Nymphaeaceae	Nymphaea	Nymphaea ampla	x	x				
				Nymphaea sp1	x	x				
				Nymphaea sp2			x			
				Nymphaea sp3						x
				Nymphaea sp4						x
	Poales	Cyperaceae	Brachiaria	Brachiaria sp.					x	
			Cyperus	Cyperus sp1	x					
			Eleocharis	Eleocharis sp.	x					x
				Cyperus sp2	x					
	Polypodiopsida	Pteridaceae	Ceratopteris	Ceratopteris thalictroides	x					
				Azolla filiculoides	x				x	
		Marsileaceae	Marsilea	Marsilea sp.	x	x				
		Poaceae	Paspalum	Paspalum sp.	x		x			x
3	10	14	17	22						

Fuente. Elaboración propia.

La clase Magnoliopsida se reconoce por agrupar todas las plantas con flores, generalmente vasculares, monocotiledóneas y dicotiledóneas, con presencia de raíz, hojas, tallo cilíndrico y estructuras reproductivas (presente en las flores) dioicas, monoicas o hermafroditas (Cronquist, 1981). Presentan una diversificación ecológica, estimando más de 250.000 especies actualmente, dominando en cualquier ecosistema (Villaseñor & Ortiz, 2014).

El género *Nymphaea* son plantas acuáticas perennes o anuales, dependiendo de la disponibilidad de agua, caracterizadas por sus hojas flotantes con borde entero o crenulado, denticulado, ondulado; presentan flores vistosas diurnas o nocturnas con aroma fácil de percibir y rizomas cilíndricos (Prance & Anderson, 2017) a night flowering species, was studied around Manaus and Belém. It is visited by the scarab beetle *Cyclocephala castanea* Oliv. in the Manaus vicinity



and by *C. verticalis* Burm. in the Belém vicinity. *N. rudgeana* is protogynous and cross-pollination is quite frequent. *N. ampla* (Salisb. De acuerdo a lo observado en campo, estas plantas se pueden adaptar fácilmente al medio, incluso en algunos sitios sobrevivían bajo condiciones de estrés (ausencia casi total de agua).

Los requerimientos para selección de especie se indican en la **Tabla 3**. Se escogen las especies *Eleocharis* sp., *Naja wrightiana* y *Eichhornia crassipes*, teniendo en cuenta su capacidad de resistencia en laboratorio y mantenimiento, su hábito de crecimiento, presencia común en lagos y tamaño, adaptándose fácilmente al diseño de prototipo.

Tabla 3. Requerimientos de selección.

Especie	Hábito de crecimiento	Presencia	Tamaño	Mantenimiento en laboratorio
<i>Chara braunii</i>	Sumergida	1	Pequeña	Alto mantenimiento
<i>Lemna aequinoptalis</i>	Flotante	4	Pequeña	Alto mantenimiento
<i>Wolffia brasiliensis</i>	Flotante	2	Pequeña	Alto mantenimiento
<i>Limncharis flava</i>	Flotante	1	Grande	Bajo mantenimiento
<i>Najas wrightiana</i>	Sumergida	3	Pequeña	Alto mantenimiento
<i>Hydrocotyle umbellata</i>	Flotante-Enraizada	1	Grande	Bajo mantenimiento
<i>Eichhornia crassipes</i>	Flotante	2	Mediana	Alto mantenimiento
<i>Utricularia</i> sp.	Sumergida	3	Pequeña	Alto mantenimiento
<i>Ludwigia sedoides</i>	Flotante	2	Mediana	Bajo mantenimiento
<i>Nymphaea ampla</i>	Flotante	2	Grande	Bajo mantenimiento
<i>Nymphaea</i> sp1	Flotante	2	Grande	Bajo mantenimiento
<i>Nymphaea</i> sp2	Flotante	1	Grande	Bajo mantenimiento
<i>Nymphaea</i> sp3	Flotante	1	Grande	Bajo mantenimiento
<i>Nymphaea</i> sp4	Flotante	1	Grande	Bajo mantenimiento
<i>Brachiaria</i> sp.	Enraizada	1	Grande	Bajo mantenimiento
<i>Cyperus</i> sp1	Enraizada	1	Grande	Bajo mantenimiento
<i>Eleocharis</i> sp.	Enraizada	2	Mediana	Mantenimiento medio
<i>Cyperus</i> sp2	Enraizada	1	Grande	Bajo mantenimiento
<i>Paspalum</i> sp.	Enraizada	3	Grande	Bajo mantenimiento
<i>Ceratopteris thalictroides</i>	Flotante-Enraizada	1	Grande	Bajo mantenimiento
<i>Azolla filiculoides</i>	Flotante	2	Pequeña	Alto mantenimiento
<i>Marsilea</i> sp.	Flotante-Enraizada	2	Mediana	Mantenimiento medio

Fuente. Elaboración propia

La utilización de especies locales garantiza una fuente vegetal propia con fines biotecnológicos

a mayor escala; las especies seleccionadas se pueden colectar y acondicionar a medios *in vitro*

futuros, evaluando su capacidad de retención de contaminantes en diferentes aguas residuales. *Eleocharis* sp. es una planta enraizada que podría inmovilizar los contaminantes por medio de un proceso de fitoestabilización, fijándolos en la rizosfera, utilizando el sistema radicular; estudios con especies del género *Eleocharis* sp. han demostrado la capacidad para retener material radioactivo (Hidalgo, Montano, & Sandoval, 2005) y metaloides (Núñez- Montoya, Alarcón-Herrera, Melgoza-Castillo, Rodríguez-Almeida & Ro-yo-Márquez, 2007).

Najas wrightiana es una especie sumergida cuyo proceso de fitorremediación se puede realizar a través de la difusión celular en sus diferentes estructuras vegetales; las especies de la familia Najadacea son organismos cosmopolitas, representadas por un solo género (Lowden, 1986), lo que indica que *Najas wrightiana* se puede encontrar fácilmente en el territorio colombiano y en Sudamérica, como lo indica la revisión de Lowden (1986). *Eichhornia crassipes* o comúnmente conocido como buchón de agua, es una especie flotante con dinámica de desplazamiento fluvial en sistemas lénticos y lóticos, cuya utilidad del sistema radicular a través del proceso de rizofiltración puede fijar diferentes contaminantes presentes en la columna del agua, ayudando a la limpieza y estabilidad natural del ecosistema acuático. Diferentes investigaciones han demostrado la utilidad de esta especie en la remoción de contaminantes y tratamiento de aguas residuales (Bres, Crespo, & La Rossa, 2012; Carrión et al., 2012; Mera Ponce, 2016; Paredes & Ñique, 2015) nevertheless it could be used for phytoremediation. Since phytoremediation is a plant-site system specific technology, this study evaluated the potential use of water hyacinth as an accumulating plant for metals in the Xochimilco canals. For this purpose, we performed statistical analyses comparing the metal concentrations in the roots and shoots; also we calculated the translocation and bioaccumulation

coefficients. We collected water hyacinth in tourist, agricultural and urban activity areas. After the acid digestion of samples, we quantified the concentration of 14 metals and a metalloid (As).

Diseño de prototipo: a partir de una lluvia de ideas, se propusieron 34 diseños, teniendo en cuenta los requerimientos de las plantas seleccionadas para su mantenimiento y desarrollo, espacio o hábitat *in vitro*, sistema de aireación, luminosidad y sustrato. En la **Figura 1** se muestra algunos diseños elaborados por los aprendices de la technoacademia de la línea de biotecnología.

En la **Figura 2** se muestra el diseño final definido en consenso con el grupo de trabajo. Este diseño se construyó teniendo en cuenta una pendiente para circulación de agua, contemplando los tres hábitos de crecimiento y utilizando vidrio con calibre de 5 mm para la construcción de los módulos similares a acuarios, con grava natural en el fondo. Las dimensiones definidas para cada módulo son las siguientes:

- Altura: h1: 0.23 m, h2: 0.25 m
- *Ancho: 0.33 m
- *Profundidad: 0.15 m

El calibre del vidrio de 5 mm permite que el sistema aguante la presión que puede ejercer el volumen de agua agregado. La utilidad del sustrato a base de grava es para la colonización bacteriana, componente biótico de importancia en los procesos de fitorremediación, relacionados con la transformación de la materia orgánica.

Construir el diseño interconectado, teniendo en cuenta los 3 hábitos de crecimiento, garantizará un porcentaje alto de eliminación de algún contaminante presente en una muestra de agua. Al someter un efluente a un tratamiento con planta flotante, este puede ser retenido en el primer módulo, y ese sobrante pasará al siguiente

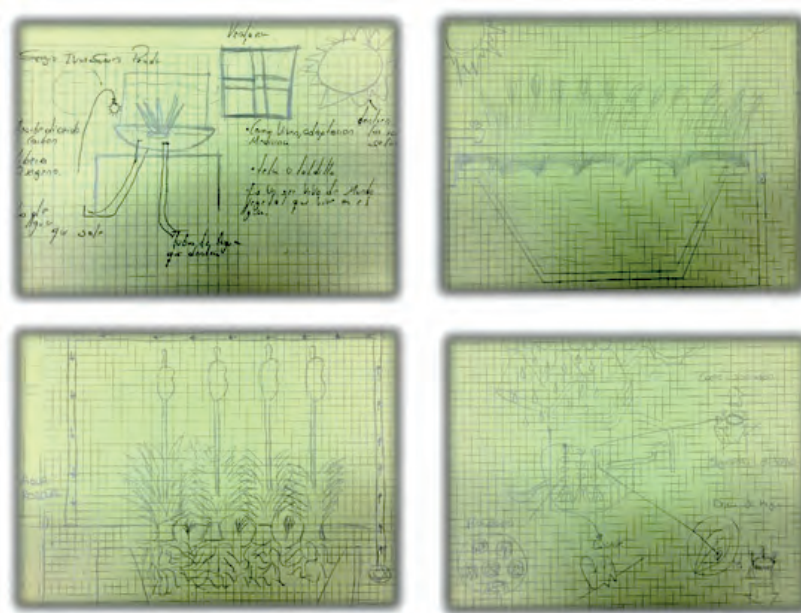


Figura 1. Algunos diseños elaborados por los aprendices de la tecnoacademia Neiva.
Fuente. Elaboración propia

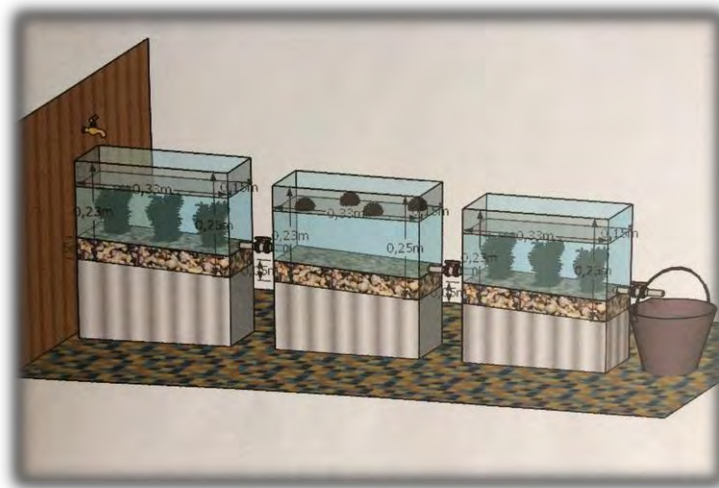


Figura 2. Diseño de prototipo seleccionado. Programa Sketchup pro 2017 V. prueba.
Fuente. Elaboración propia

modulo con algunas de las dos especies seleccionadas, continuando el proceso de fitorremediación y utilizando otras estructuras vegetales o estabilizándolo en el sustrato. Ramos-Espinoza, Rodríguez-Sánchez & Martínez-Cruz (2007), demostraron el potencial de remoción que tiene la implementación de un sistema interconectado para el tratamiento de aguas residuales, cuyo

efluente final (agua tratada) resulto útil para procesos de germinación de maíz y sorgo.

En la **Figura 3** se puede detallar el diseño final, presentado en el año 2017 en el evento Tecno-sena Neiva, conteniendo las especies *in vitro*, expuestas por aprendices de la Tecnoacademia.



Figura 3. Prototipo interconectado presentado en el evento TECNOSENA 2017.

Fuente. Elaboración propia

Conclusiones

- La clase Magnoliopsida y el género *Nymphaea* sp. fueron las categorías taxonómicas más sobresalientes en cuanto a la composición de los 22 taxones de macrófitas acuáticas presentes en sistema lénticos de la ciudad de Neiva.
- Las especies seleccionadas como biomodelos para el prototipo de fitorremediación fueron *Eleocharis* sp., *Naja wrightiana* y *Eichhornia crassipes*, teniendo en cuenta el hábito de crecimiento, su presencia en los ecosistemas lénticos y facilidad de adaptabilidad en laboratorio.
- Se elaboró un prototipo interconectando con pendiente, teniendo en cuenta los hábitos de crecimiento seleccionado, cuyo material para la construcción de los módulos es vidrio de 5 mm, suficiente para soportar la presión de acuerdo con la capacidad de volumen a almacenar.

Referencias bibliográficas

Arias Martínez, S. A., Betancur Toro, F. M., Gómez Rojas, G., Salazar Giraldo, J. P. & Hernández Ángel, M. L.

(2017). Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas. Informador Técnico. Disponible en <https://doi.org/10.23850/22565035.5>

Aurazo de Zumaeta, M. (2004). 2 Aspectos Biológicos de la Calidad del Agua. Tratamiento de Agua para Consumo Humano: Plantas de Filtración Rápida. Manual I: Teoría Tomo 1.

Bres, P., Crespo, D. & La Rossa, R. (2012). Capacidad de las macrofitas *Lemna minor* y *Eichhornia crassipes* para eliminar el níquel. *RIA: Revista Investigaciones Agropecuarias*.

Carrión, C., León Ponce-de, C., Cram, S., Sommer, I., Hernández, M. & Vanegas, C. (2012). Aprovechamiento potencial del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) en xochimilco para fitorremediación de metales. *Agrociencia*.

Cronquist A. (1981). An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press, New York. 1262 p.

Curt, M. D. (2010). Relación de macrófitas utilizadas en fitodepuración. *Macrófitas de interés en fitodepu.*

Delgadillo López, A. E. & González Ramírez, C. A. (2011). Fitorremediación. Tropical and Subtropical Agroecosystems.

Delgadillo-López, A. E., González-Ramírez, C. A., Prieto-García, F., Villagómez-Ibarra, J. R. & Acevedo-Sandoval, O. (2011). Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación. Tropical and Subtropical Agroecosystems.

Ecosistemas, R. (2007). Fitorremediación de suelos contaminados claves de la fitorremediación: fitotecnologías para la recuperación de suelos. Ecosistemas.

Fernández, M., Bedoya, A. M. & Madriñán, S. (2015). Plantas acuáticas de las planicies inundables de la Orinoquia colombiana. *Biota Colombiana*. Disponible en <https://doi.org/10.15468/v9vn3a>

González-Cabrera, O., Ruiz-Pérez, T., Claro-Pérez, M., Pérez-Pino, N. M., Pérez-Gálvez, G. & Collazo-Alfonso, L. (2014). Estudio de patentes sobre tecnologías para tratamiento de agua y el agua residual. *Transinformacao*. Disponible en <https://doi.org/10.1590/0103-37862014000300010>

Gutiérrez Garaviz, J., Zamora González, H. & Andrade-Sossa, C. E. (2014). Efecto de la actividad



- antrópica sobre la composición y diversidad de macroinvertebrados acuáticos en el río Cofre (sistema lótico andino colombiano). *Revista Biodiversidad Neotropical*. <https://doi.org/10.18636/bioneotropical.v4i2.137>
- Hidalgo, J. C., Montano, J. J., & Sandoval, M. (2005). Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas. *Theoria*.
- Jaramillo Jumbo, M. D. S. & Flores Campoverde, E. D. (2012). Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales *lemna minor* (Lenteja de agua) y *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) en aguas residuales producto de la actividad minera. Universidad Politécnica Salesiana.
- Lowden, R. M. (1986). Taxonomy of the genus *Najas* L. (Najadaceae) in the neotropics. *Aquatic Botany*. Disponible en [https://doi.org/10.1016/0304-3770\(86\)90094-X](https://doi.org/10.1016/0304-3770(86)90094-X)
- Mera Ponce, S. R. (2016). Evaluación de la bioconcentración de dos especies de macrofitas acuáticas (*Eichhornia crassipes* y *Lemna* spp) en la fitorremediación de un medio contaminado con plomo.
- Núñez-Montoya, G. O., Alarcón-Herrera, M. T., Melgoza-Castillo, A., Rodríguez-Almeida, F.A. & Royo-Márquez, M. H. (2007). Evaluación de tres especies nativas del desierto chihuahuense para uso en fitorremediación. *Terra Latinoamericana* 25: 35-41. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/573/57311513005.pdf>
- Paredes, J. & Ñique, M. (2015). Optimización de la fitorremediación de mercurio en humedales de flujo continuo empleando *Eichhornia crassipes* "Jacinto de agua". *Investigación y Amazonía*.
- Posada, J. A. & López, M. T. (2011). Plantas acuáticas del altiplano del oriente antioqueño, Colombia. Grupo de Limnología y Recursos Hídricos. Dirección de Investigación y Desarrollo, Universidad Católica de Oriente. Rionegro, Antioquia. 119 pp.
- Prance, G. T. & Anderson, A. B. (2017). Studies of the floral biology of neotropical Nymphaeaceae. 3. *Acta Amazonica*. Disponible en <https://doi.org/10.1590/1809-43921976062163>
- Ramos Montaña, C., Cárdenas-Avella, N. M. & Herrera Martínez, Y. (2013). Caracterización de la comunidad de Macrófitas acuáticas en lagunas del páramo de La Rusia (Boyacá-Colombia). *Ciencia en Desarrollo*. Disponible en <https://doi.org/10.19053/01217488.2641>
- Ramos-Espinosa M. G., L. M. Rodríguez-Sánchez & P. Martínez-Cruz (2007). Uso de macrofitas acuáticas en el tratamiento de aguas para el cultivo de maíz y sorgo. *Hidrobiológica* 17: 7-15. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/hbio/v17s1/v17s1a2.pdf>
- Tello Zevallos, W. et al. (2016). Evaluación de macrófitas autóctonas de flotación libre para su empleo en el tratamiento de aguas contaminadas con metales pesados [en línea]. *Energeia*, 14(14). Disponible en <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/revistas/macrophytas-tratamiento-aguas-contaminadas.pdf>
- Velázquez, J. (1994). Plantas acuáticas vasculares de Venezuela. Universidad Central de Venezuela, Caracas. 992 pp.
- Veloza, C. I., García, I., Ortega, C. L. & Dávila, R. (2000). Contribución al estudio taxonómico de los hidrófitos de la Laguna Negra de la región de Taquecitos, páramo Sumapaz (Colombia). *ACTUALIDADES BIOLÓGICAS* 22 (73):177-194.