

Estudio de la capacidad depuradora de *Pistia stratiotes* L. en el tratamiento de aguas residuales generados en el Laboratorio de Efluentes de FACEN-UNA

Study of the purification capacity of *Pistia stratiotes* L. in the treatment of wastewater generated in the Effluents Laboratory of FACEN-UNA

Elsa Cárdenas^{1,*}, Zunilda Allende¹, María Ferreira¹, Alan Velázquez¹ & Christian Vogt²

¹Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Laboratorio de Efluentes. San Lorenzo, Paraguay

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Laboratorio de Recursos Vegetales. San Lorenzo, Paraguay

*Autor correspondiente: elsacardenas74@gmail.com.

Resumen: Los sistemas de tratamiento de aguas residuales a base de plantas acuáticas flotantes representan una opción interesante, cuyo desarrollo, diseño y operación se ha basado en procedimientos empíricos debido principalmente a que no se han generado los datos suficientes que permitan crear modelos generales de diseño y mantenimiento. Las macrófitas flotantes han demostrado ser eficientes en la biorremediación de aguas residuales con contenidos de materia orgánica y sustancias tóxicas perjudiciales para el medio ambiente. La necesidad de encontrar alguna solución a esta situación creciente de contaminación y la posibilidad de reutilizar las aguas residuales ha motivado a realizar este estudio, cuyo objetivo fue estudiar la capacidad depuradora de la *Pistia stratiotes* L. en el tratamiento de aguas residuales a fin de establecer el uso potencial de esta especie. Los parámetros fisicoquímicos fueron analizados siguiendo las técnicas analíticas estandarizadas publicadas por el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WPC. Con respecto a resultados obtenidos de los parámetros ensayados se observó una remoción por debajo del 50%, la DBO5 (30,7 %), la DQO (40,8%), los Sólidos Suspendidos Totales - SST (42%), el pH varió entre 5,4 y 6,2, el Oxígeno disuelto fue en aumento tomando valores de 4,78 mgO₂/L a 12,09 mgO₂/L. Teniendo en cuenta los resultados estadísticos de los valores del tes *t*, se concluyó que no hubo remoción significativa de los parámetros fisicoquímicos y microbiológico analizados en las distintas concentraciones utilizadas (5, 25, 50, 75 y 100) %, esto pudo estar influenciada por las bajas temperaturas de la estación y el corto plazo de exposición de la planta con el agua residual.

Palabras clave: *Pistia stratiotes*, aguas residuales, depuradora, remoción.

Abstract: Wastewater treatment systems based on floating aquatic plants represent an interesting option, whose development, design, and operation have been based on empirical procedures, mainly because sufficient data has not been generated to create general design and maintenance models. Floating macrophytes have proven to be efficient in bioremediation of wastewater containing organic matter and toxic substances that are harmful to the environment. The need to find a solution to this growing situation of contamination and the possibility of reusing wastewater has motivated this study, whose objective was to study the purifying capacity of *Pistia stratiotes* L. in wastewater treatment in order to establish the potential use of this species. The physicochemical parameters were analyzed following the standardized analytical techniques published by the Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WPC. Regarding the results obtained from the tested parameters, a removal below 50% was observed: BOD5 (30.7%), COD (40.8%), Total Suspended Solids - TSS (42%), pH it varied between 5.4 and 6.2, the dissolved Oxygen was increasing, taking values from 4.78 mgO₂/L to 12.09 mgO₂/L. Taking into account the statistical results of the *t* test values, it was concluded that there was no significant removal of the physicochemical and microbiological parameters analyzed in the different concentrations used (5, 25, 50, 75 and 100) %, this could be influenced by the low temperatures of the season and the short term of exposure of the plant with the residual water.

Keywords: *Pistia stratiotes*, wastewater, treatment plant, removal.

Introducción

A medida que la población continuó su desarrollo, las descargas de aguas residuales domésticas e industriales empezaron a contaminar los recursos

hídricos, a deteriorar los ecosistemas, entre otros. Fue así como se hizo necesario implementar sistemas de tratamientos de aguas residuales. La limitada conciencia acerca de la importancia de cuidar el

Recibido: 01/11/2022 Aceptado: 14/04/2023



medio ambiente, sigue siendo una problemática, no por falta de leyes, normativas, resoluciones, sino por una incorrecta aplicación de las exigencias y cumplimiento de los mismos por parte de los responsables de velar por su cumplimiento. El escaso control aplicado, permite que sigan proliferando este tipo de contaminación. Algunas de las industrias a pesar de contar con plantas de tratamiento de aguas residuales son insuficientes o inadecuadas y en algunos casos es casi nulo. Según Oliveira & Costa (2002), la descarga de efluentes en cursos de agua es una de las fuentes más importantes de contaminación tóxica en el medio ambiente. La disposición de residuos industriales y también otros medios de contaminación, debería tener un destino adecuado, para que no afecte a los medios acuáticos y se pierda la calidad de sus aguas.

Por ésta razón en todo el mundo cada vez se pone mayor atención al tratamiento de éste tipo de agua residual, aplicando métodos que combinan procesos físicos, químicos y biológicos. Sin embargo, los sistemas de tratamiento biológicos de aguas residuales con plantas acuáticas no han sido muy estudiadas (Bolaños Benítez *et al.*, 2008). Pero existen algunos estudios de remoción de metales con la *Pistia stratiotes* L., podemos citar algunos de ellos como: “Un estudio sobre el potencial de fitorremediación de cadmio de la lechuga de agua, *Pistia stratiotes* L” por Suchismita Das *et al.*, (2013), donde se encontró que el máximo del factor de translocación (TF) fue de 0,6 y se observó una eficiencia de translocación de raíz a brote de hasta un 60% para 15 mg/L de Cd, lo que apunta hacia la idoneidad de la lechuga de agua para eliminar el Cd de las aguas superficiales.

Odjegba & Fasidi (2003), realizaron un estudio titulado “Acumulación de oligoelementos por *Pistia stratiotes*: implicaciones para la fitorremediación”, donde se examinó la toxicidad de ocho oligoelementos potencialmente tóxicos (Ag, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb y Zn) para *Pistia stratiotes* para determinar si esta planta mostraba suficiente tolerancia y acumulación de metales para ser utilizada para fitorremediación de aguas residuales y/o cuerpos de agua naturales contaminados con estos metales

pesados. También existen estudios como “Fitorremediación para eliminar nutrientes y mejorar las aguas pluviales eutróficas utilizando lechuga de agua (*Pistia stratiotes* L.) por Qin Lu *et al.*, (2008), donde concluyeron que la lechuga de agua tiene un gran potencial para eliminar N y P, reducir los sólidos suspendidos en el agua y la turbidez de las aguas pluviales y mejorar la calidad del agua.

El uso de plantas para la remoción de contaminantes de aguas, conocida como fitorremediación, tiene la ventaja de requerir menor cantidad de recursos económicos y tecnológicos que los tratamientos convencionales; por lo cual podrían ser utilizadas inclusive en países en vías de desarrollo (Paris *et al.*, 2005). La fitorremediación es una tecnología que puede ser utilizada para tratar ambientes acuáticos contaminados por metales pesados. En esta técnica, las plantas, principalmente macrófitas acuáticas, se utilizan para eliminar y/o contener contaminantes dispersos en el agua o sedimentos contaminados (Pio *et al.*, 2013).

En Brasil se realizó un estudio sobre fitorremediación por Pinto *et al.*, (2015), denominado “Determinação da Potencialidade de Utilização da *Pistia stratiotes* como Agente Fitorremediador de Ambientes Naturais” donde se pudo comprobar que esta macrófita acuática puede ser utilizada en procesos de fitorremediación en ambientes naturales. En Perú se realizó el siguiente estudio: “Eficiencia de Fitorremediación de *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en lixiviados generados en el botadero de Cuñumbuqui, San Martín 2020.”. Existen antecedentes de la evaluación con las plantas acuáticas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales municipales (ARM) de la ciudad de Riohacha en Colombia, en el cual se estableció un diseño experimental de un factor (plantas) y seis niveles que corresponden a los cinco tratamientos y un control. También existe otra investigación donde se evaluó el potencial de fitorremediación, fisiológico respuestas y cinética de absorción de zinc (Zn) de la lechuga de agua (*Pistia stratiotes* L.) de la ciudad de Brasil. Se evaluó el efecto del cromo hexavalente [Cr(VI)] en el desarrollo de *Pistia stratiotes* y *Eichhornia*

crassipes, mediante el monitoreo de microcosmos, en Venezuela. Actualmente en Paraguay no se encuentran hallazgos sobre trabajos de investigación y publicaciones como posible depurador en aguas residuales de contaminantes orgánicos, sin embargo, es utilizado como planta medicinal antiinflamatoria.

La *Pistia stratiotes* es una planta acuática flotante, casi acaulescente, monoica, tallos a veces produciendo estolones con nuevas rosetas de hojas en el ápice; hojas arrosetadas, pecíolo corto, lámina más o menos obovada, redondeada o emarginada en el ápice, cuneada en la base (Croat & Carlsen, 2003; Dray & Center, 2002). *P. stratiotes* se dispersa naturalmente por propagación vegetativa, es decir que las plantas hijas se desprenden de las plantas madre y son transportadas por las corrientes de agua o por los animales a nuevos sitios (Neuenschwander *et al.*, 2009). En China, esta planta se cultiva para la alimentación animal y se utiliza para tratar la hinchazón y las infecciones del tracto urinario. La pasta de hojas, que se sirve al ganado, provoca la lactancia y acrecienta la cantidad de leche. También tiene uso como planta ornamental de acuario. Se utiliza como combustible, como fuente para la producción de gas metano. Tiene potencial para ser utilizado como forraje para animales. (Beentje, H.J. *et al.*, 2017).

En Paraguay la *Pistia stratiotes* se conoce como llantén de agua. Lallana, (1997) menciona que, las plantas acuáticas (también llamadas macrófitas o hidrófitos), tienen gran importancia biológico desde varios puntos de vista; por su peculiar fisiología, su extraña y elegante anatomía, sus adaptaciones a condiciones adversas (nivel fluctuante de las aguas, principalmente) o su respuesta al ambiente. Su papel en el ecosistema es destacable, ya que no sólo sirven de sustrato o hábitat para comunidades de crustáceos, insectos y gusanos de vida acuática, sino que también sirven para la alimentación y refugio de peces, aves y animales como el "carpincho" y la "nutria de río" que utilizan los "camalotales" de *Eichhornia crassipes* para construcción de "dormideras" (refugios). Las plantas acuáticas constituyen el principal acceso de entrada de la energía radiante al ecosistema permitiendo la subsistencia de distin-

tas formas biológicas que dependen de la materia orgánica formada en sus tejidos por fotosíntesis.

La principal ventaja de estos sistemas de tratamiento con plantas acuáticas es la gran superficie de contacto que tienen sus raíces con el agua residual. La principal desventaja de los sistemas con macrófitas flotantes es la limitada capacidad de acumular biomasa, por lo que se deben retirar periódicamente la misma para permitir de esa manera el crecimiento de las plantas, y esto encarece el proceso en lo que a mano de obra se refiere (Martelo & Borrero, 2012).

Materiales y métodos

Selección de la muestra: Durante las primeras semanas del mes de junio de 2021 fueron colectados 55 ejemplares de *Pistia stratiotes* en el Km 68 de la Ruta PY 03, Barrio Gral. Elizardo Aquino de la Ciudad de Arroyos y Esteros. La colecta se realizó con redes de mano, colocadas en recipientes de plástico para el transporte hasta el laboratorio de Efluentes para su posterior aclimatación. Como las plantas vienen de un ambiente en condiciones diferentes al laboratorio, se necesitó un periodo de adaptación a las nuevas condiciones ambientales. Fueron seleccionadas las plantas maduras, con similitud en tamaño y masa.

Agua a tratar: El agua residual se obtuvo de los desechos generados de las diferentes muestras que ingresaron al laboratorio para sus ensayos, y fueron unificados en un recipiente de plástico (tambor) hasta el momento de su utilización.

Instrumentos y materiales: Para la medición de la temperatura de aclimatación de los plantines fue utilizado un termómetro de mercurio. El pH fue medido con un pH-metro de la marca BOECO, el oxígeno disuelto con un oxímetro de la marca HANNA HI98193, la DQO se digirió en un equipo de reflujo abierto, la DBO5 se mantuvo por 5 días en una incubadora a 20°C de la marca QUIMIS, la turbidez con un turbidímetro de la marca HACH.

Procedimientos: Los estudios se realizaron en el Laboratorio de Efluentes de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, ubicado en el Campus de la UNA en la ciudad de San Lorenzo, Departamento

Tabla 1. Promedio de resultados desde la primera semana hasta la quinta semana para cada dilución.

Parámetros	OD		DQO		DBO5		Colif. Fecal		SST		S Sedim.		pH		Turbidez		Color	
	inicial	final	inicial	final	inicial	final	inicial	final	inicial	final	inicial	final	inicial	final	inicial	final	inicial	final
5%	8,33	11,72	13,9	9,8	6,1	6,0	800	0	4,0	3,2	0,1	0,1	5,9	6,2	1,4	1,1	11	15
25%	7,94	12,09	55,5	28,9	23,8	14,1	820	120	18,5	9,0	0,6	0,3	6,1	5,9	4,1	3,8	24	26
50%	7,17	12,04	87,0	53,6	34,9	25,7	1480	720	37,8	16,7	1,9	0,6	5,7	5,4	19,7	6,3	33	72
75%	6,49	9,75	139,4	75,6	68,2	36,9	1480	6600	43,1	27,0	0,9	1,2	5,6	5,5	16,7	17,1	45	67
100%	4,78	9,09	214,8	121,7	79,8	48,9	5900	1440	75,5	41,1	2,5	1,9	6,0	5,4	35,6	15,9	70	76

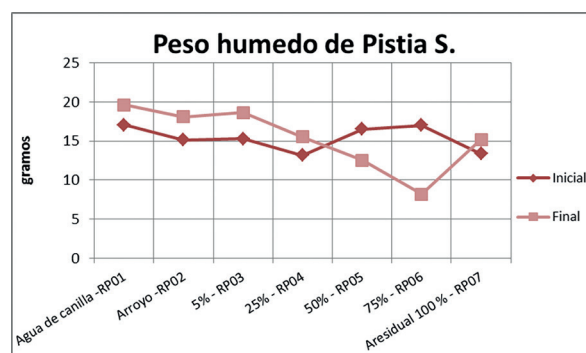
Central. Se realizó la aclimatación de los plantines recolectados en una mezcla que contenía al agua del medio natural en el que vino las plantas, más agua de canilla y del estanque de FACEN. Una vez cumplido los días de aclimatación, se procedió a pesar los plantines (peso húmedo) para luego ser introducidos en cada una de las diluciones preparadas para realizar el experimento. Se utilizaron 7 plantines en cada recipiente, pero no se tuvieron en cuenta los nuevos brotes.

Las plantas fueron sembradas en recipientes de plásticos con capacidad útil de 10 litros a diferentes concentraciones (5; 25; 50, 75 y 100) %, respectivamente con aguas residuales. La medición de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos en las aguas residuales se realizó antes y después del sembrado de las plantas, para cada recipiente pasado los 7 siete días desde la siembra, luego se renovó el agua residual de las diferentes concentraciones semanalmente, realizando nuevamente los ensayos con cada cambio. Los parámetros analizados fueron, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), pH, Oxígeno Disuelto (OD), Color, Turbidez, Sólidos Suspendidos Totales (SST), Sólidos Sedimentables y Coliformes fecales, conforme a las técnicas analíticas estandarizadas publicadas por el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WPC. Se elaboraron planillas para el registro de los resultados obtenidos, se evaluó el resultado de la reducción de las cargas contaminantes y el aumento de peso húmedo de las plantas.

Análisis de datos: el software utilizado fue el Excel, en el cual se realizaron los gráficos con los datos obtenidos de cada ensayo, también la prueba *t* para dos muestras suponiendo varianzas desiguales, los criterios aplicados fueron los siguientes: 1- Valor experimental > Valor tabulado se rechaza la H_0 (hipótesis nula) y 2- Valor experimental < Valor tabulado se acepta la H_0 (hipótesis nula).

Resultados y discusión

Los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos que fueron evaluados son: Temperatura de agua, Oxígeno disuelto (OD), Demanda química de oxígeno (DQO), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), pH, Turbidez, Color, Sólidos suspendidos totales (SST), Sólidos sedimentables y Coliformes fecales, antes y después del tratamiento para las diferentes concentraciones de agua residual. Se obtuvieron los siguientes resultados según la Tabla 1 de promedios. En el gráfico (Fig.1) de peso húmedo de cada recipiente, se puede notar que a menor con-

**Figura 1.** Diferencia de biomasa de *Pistia stratiotes*.

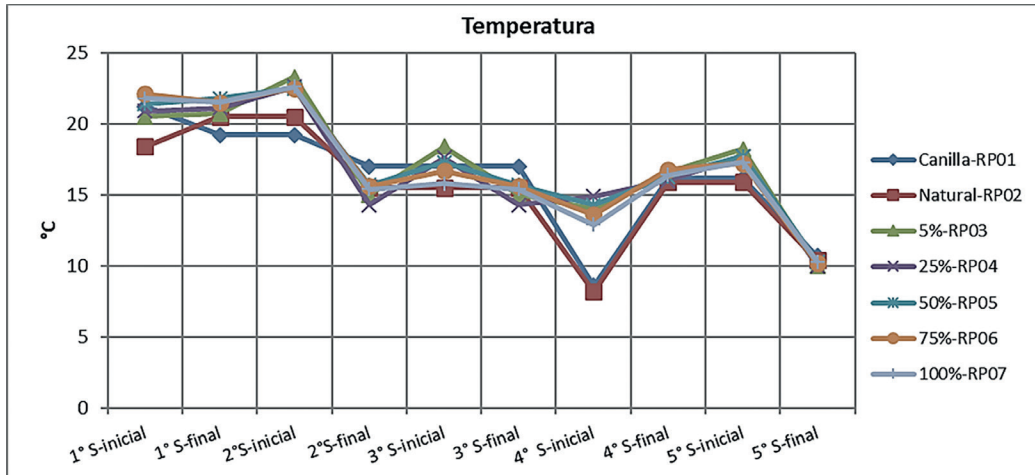


Figura 2. Variación de Temperatura durante la investigación.

centración del efluente hubo un aumento del peso (biomasa), fue menor en el efluente concentrado, como así también se notó una disminución del peso en las concentraciones de 50% y 75% debido a que disminuyó la cantidad de plantines en el transcurso de las semanas. Las temperaturas se encuentran por debajo de los 20°C ya que fue realizado en épocas de invierno (Fig. 2).

Hubo un notorio aumento del OD (Fig. 3), las aguas se quedaron súper saturadas, valores del orden de los 14 mgO₂/L, en el transcurso de las semanas los valores del OD fueron aumentando

entre los 7.0 mgO₂/L y 14 mgO₂/L, recién en la quinta semana se notó una disminución drástica en la concentración del OD en los recipientes de 50%, 75% y 100%. Existen varios factores que afectan la concentración del oxígeno disuelto en un ambiente acuático. Dichos factores incluyen: temperatura, flujo de la corriente, presión del aire, plantas acuáticas, materia orgánica en descomposición y actividad humana. La concentración de oxígeno disuelto puede oscilar entre 0 a 15 mg/L.

A la luz de los resultados, se pudo observar una diferencia entre el valor inicial y final de todos los

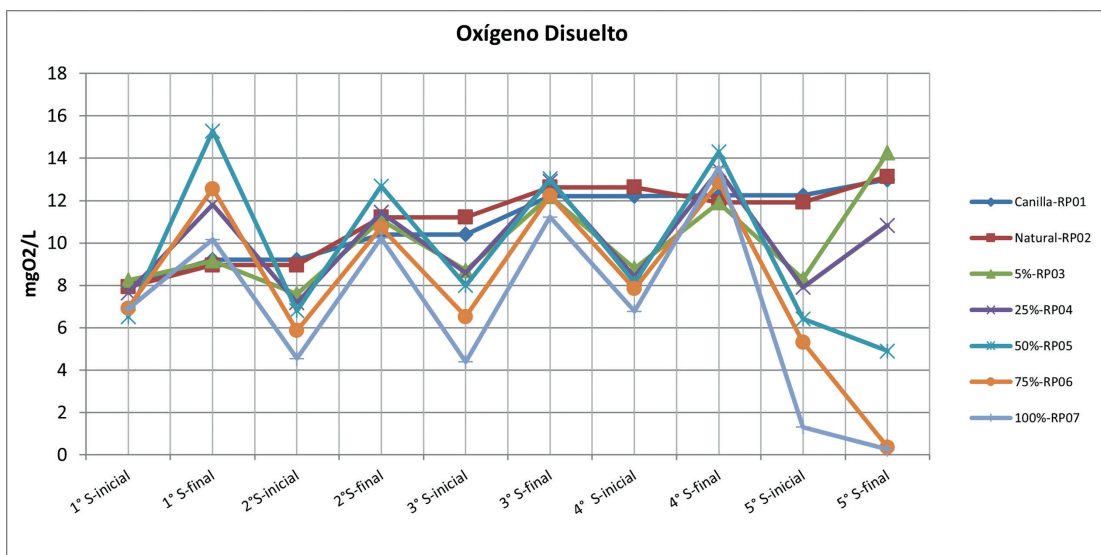


Figura 3. Oxígeno Disuelto (OD).

parámetros estudiados. En el caso de la DQO y DBO5, que son los principales indicadores de contaminación por materia orgánica se observa una leve reducción, pero casi insignificante en comparación en lo estudiado por Ayala *et al.*, (2018) en la que se evidenció para ambos casos un 84% considerando un tiempo de exposición mayor a la de este trabajo (8semanas). Con respecto a la remoción de la turbidez, Lu Q. *et al.*, (2010), obtuvo un 65% utilizando *Pistia stratiotes* como fitorremediador, en tanto que en éste trabajo utilizando la misma especie se obtuvo un porcentaje similar para la concentración de 50%, pero porcentajes menores en las demás concentraciones utilizadas. Ayala *et al.*, (2018) demostró una variación del pH en promedio 18% utilizando *Eichhornia crassipes*, *Nymphoides humboldtiana* y *Nasturtium officinale*, mientras que en éste estudio la variación fue insignificante. Con respecto a los Coliformes fecales se observó que hubo remoción del 100 % para la concentración del 5%, en tanto que para las demás diluciones la remoción fue menor y Ayala *et al.*, (2018) obtuvo una remoción del orden del 93%. En cuanto al color se pudo observar un aumento que incluso ha tomado una tonalidad verdosa.

Conclusiones

Teniendo en cuenta los resultados estadísticos (ver Anexo 1) de los valores del tes *t*, podemos concluir que no hubo remoción significativa de los parámetros fisicoquímicos y microbiológico analizados en las distintas concentraciones utilizadas (5, 25, 50, 75 y 100) %, debidas quizás al tiempo de exposición de la *Pistia stratiotes* L., que fue de una semana y luego se realizó la reposición del agua. Cabe resaltar el alto aporte de oxígeno disuelto que es muy importante para la vida acuática. Queda pendiente continuar con ésta línea de trabajo en épocas de primavera y extendiendo el periodo de contacto de las plantas con el agua residual. Se pudo observar además la resistencia de las plantas a bajas temperaturas y a diferentes concentraciones.

Agradecimientos

Al Decano MSc. Constantino Nicolás Guefos, de

la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, por prestarnos sus instalaciones para la ejecución del proyecto. Al investigador, MSc. Francisco Paulo Ferreira Benítez por su apoyo en la realización e interpretación de los resultados estadísticos.

Contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron de manera equitativa en la elaboración de este artículo.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Literatura citada

- Andrade, C.E., Cáceres, A.B., Vera, A.L., & Morales, E.D. (2019). Tolerancia de las plantas acuáticas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* al cromo hexavalente en medio acuoso. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Universidad del Zulia*, 36(4): 343-365.
- APHA-AWWA-WPC. (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. (21st Ed.). Washington DC: APHA Press. 1368 pp.
- Beentje, H.J., Drius, M. & Gupta, A.K. (2017). *Pistia stratiotes*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2017*: e.T168937A84295055. [Consulted: 5.ii.2018]. <<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-1.RLTS.T168937A84295055.en>>.
- Benítez, S.V.B., Zapata, J.C.C., & Ramírez, N.J.A. (2008). Análisis comparativo de la remoción de un sustrato orgánico por las macrófitas *Pistia stratiotes* y *Egeria densa* en un sistema batch. *Gestión y Ambiente*, 11(2): 39-48.
- Croat, T.B. & Carlsen, M. (2003). Araceae. *Flora del Bajío y de regiones adyacentes*, 114: 1-35.
- da Silva Pinto, L.É., de Freitas Câmara, M.Y., de Freitas, F.B.A., Pinto, F.G.H.S., dos Santos, A.G.D. & Martins, D.F.F. (2015). Determinação da Potencialidade de Utilização da *Pistia stratiotes* como Agente Fitorremediador de Ambientes Naturais. 5º Encontro Regional de Química & 4º Encontro Nacional de

- Química. *Blucher Chemistry Proceedings*, 3(1): 1–11.
- Das, S., Goswami, S. & Talukdar, A.D. (2013). A study on cadmium phytoremediation potential of water lettuce, *Pistia stratiotes* L. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 92(2): 169-174.
- Dray, F.A. & Center, T.D. (2002). Waterlettuce. Pp. 65–78, in Van Driesche, R., Lyon, S., Blossey, B., Hoddl, M. & Reardon, R. (Eds.). *Biological Control of invasive Plants in the Eastern United States*. Morgantown: USDA Forest Service Publication FHTET2002-04. iv + 413 pp.
- Lallana, V.H. (1997). Las plantas acuáticas del río Paraná: *su importancia en el ecosistema*. Artículo Técnico de Divulgación (Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad de Entre Ríos), 1: 1 – 3.
- Lu, Q., He, ZL, Graetz, DA, Stoffella, PJ y Yang, X. (2010). Phytoremediation to remove nutrients and improve eutrophic stormwaters using water lettuce (*Pistia stratiotes* L.). *Environmental Science and Pollution Research International*, 17(1): 84–96.
- Martelo, J. & Borrero, J. A. L. (2012). Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte. *Ingeniería y ciencia*, 8(15): 221–243.
- Neuenschwander, P., Julien, H. M., Center, T. D., Hill, P. M. (2009). *Pistia stratiotes* L. (Araaceae). Pp. 332–352 in Muniappan, R., Reddy, G.V.P. & Raman, A. (Eds.). *Biological Control of Tropical Weeds using Arthropods*. Cambridge: Cambridge University Press. xii + 495 pp.
- Sierra Ramírez, C.A. (2011). *Calidad del agua: evaluación y diagnóstico*. Medellín: Ediciones de la U. 457 pp.
- Rodrigues, A.C.D., Rocha, M.V.C., Lima, E.S.A., Pinho, C.F.D., Santos, A.M.D., Santos, F.S.D. & Amaral Sobrinho, N.M.B. (2020). Potential of water lettuce (*Pistia stratiotes* L.) for phytoremediation: physiological responses and kinetics of zinc uptake. *International Journal of Phytoremediation*, 22(10): 1019–1027.
- Tocto, R.Y.A., Ordoñez, E.C., Rascón, J. & Silva, R.C. (2018). Fitorremediación de aguas residuales domésticas utilizando las especies *Eichhornia crassipes*, *Nymphoides humboldtiana* y *Nasturtium officinale*. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 2(3): 48–53.

ANEXO I

Resultados de la Prueba t de Student

OD	H0= Las plantas no aportan OD			
	<i>t exp</i>	<i>t tab</i>	criterio	
RP01	0,9159	1,8595	$t exp < t tab$	acepta
RP02	0,9020	1,8595	$t exp < t tab$	acepta
5%-RP03	3,9743	2,0150	$t exp > t tab$	rechaza
25%-RP04	7,6474	1,9432	$t exp > t tab$	rechaza
50%-RP05	2,5883	2,1318	$t exp > t tab$	rechaza
75%-RP06	1,3481	2,1318	$t exp < t tab$	acepta
100%-RP06	1,7187	1,9432	$t exp < t tab$	acepta

DQO	H0= Las plantas no remueven la DQO			
	<i>t exp</i>	<i>t tab</i>	criterio	
5%-RP03	0,5937	2,1318	$t exp < t tab$	acepta
25%-RP04	0,6042	2,0150	$t exp < t tab$	acepta
50%-RP05	0,5281	2,1318	$t exp < t tab$	acepta
75%-RP06	0,5743	2,1318	$t exp < t tab$	acepta
100%-RP06	0,5625	2,1318	$t exp < t tab$	acepta

DBO5	H0= Las plantas no remueven la DBO5			
	<i>t exp</i>	<i>t tab</i>	criterio	
5%-RP03	0,0786	1,8595	$t exp < t tab$	acepta
25%-RP04	0,6719	2,1318	$t exp < t tab$	acepta
50%-RP05	0,5392	2,0150	$t exp < t tab$	acepta
75%-RP06	0,6705	2,1318	$t exp < t tab$	acepta
100%-RP06	0,6520	2,0150	$t exp < t tab$	acepta

Turbidez	H0= Las plantas no remueven la turbidez			
	<i>t exp</i>	<i>t tab</i>	criterio	
5%-RP03	0,4674	2,0150	$t exp < t tab$	acepta
25%-RP04	0,0947	1,8595	$t exp < t tab$	acepta
50%-RP05	1,5647	2,1318	$t exp < t tab$	acepta
75%-RP06	0,0470	1,8595	$t exp < t tab$	acepta
100%-RP06	1,6635	1,9432	$t exp < t tab$	acepta

S. Sed.	H0= Las plantas no remueven los sólidos sedimentables			
	<i>t exp</i>	<i>t tab</i>	criterio	
5%-RP03	1,0000	2,1318	$t exp < t tab$	acepta
25%-RP04	0,7412	1,9432	$t exp < t tab$	acepta
50%-RP05	1,0574	2,0150	$t exp < t tab$	acepta
75%-RP06	0,4576	1,8946	$t exp < t tab$	acepta
100%-RP06	0,3969	1,8595	$t exp < t tab$	acepta

Coli Fecal	H0= Las plantas no remueven los coliformes fecales			
	<i>t exp</i>	<i>t tab</i>	criterio	
5%-RP03	1,0000	2,1318	$t exp < t tab$	acepta
25%-RP04	0,8971	2,1318	$t exp < t tab$	acepta
50%-RP05	0,4949	1,9432	$t exp < t tab$	acepta
75%-RP06	0,8274	2,1318	$t exp < t tab$	acepta
100%-RP06	1,0712	2,1318	$t exp < t tab$	acepta

SST	H0= Las plantas no remueven los SST			
	<i>t exp</i>	<i>t tab</i>	criterio	
5%-RP03	0,3594	1,9432	$t exp < t tab$	acepta
25%-RP04	0,8212	1,9432	$t exp < t tab$	acepta
50%-RP05	1,2743	2,0150	$t exp < t tab$	acepta
75%-RP06	0,8979	1,9432	$t exp < t tab$	acepta
100%-RP06	1,2922	1,8946	$t exp < t tab$	acepta

pH	H0= Las plantas no modifican el pH			
	<i>t exp</i>	<i>t tab</i>	criterio	
5%-RP03	0,4671	1,8595	$t exp < t tab$	acepta
25%-RP04	0,4217	1,9432	$t exp < t tab$	acepta
50%-RP05	0,3692	1,8595	$t exp < t tab$	acepta
75%-RP06	0,1488	1,8595	$t exp < t tab$	acepta
100%-RP06	0,6812	1,8595	$t exp < t tab$	acepta

Color	H0= Las plantas no remueven el color			
	<i>t exp</i>	<i>t tab</i>	criterio	
5%-RP03	1,2060	2,0150	$t exp < t tab$	acepta
25%-RP04	0,4233	1,8946	$t exp < t tab$	acepta
50%-RP05	1,8477	2,1318	$t exp < t tab$	acepta
75%-RP06	1,5310	2,0150	$t exp < t tab$	acepta
100%-RP06	0,3841	1,8595	$t exp < t tab$	acepta