

INFLUENCIA DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA EN EL CRECIMIENTO DE *EPIPREMNUM AUREUM* (Potus) DENTRO DE UN HUMEDAL EXPERIMENTAL SUBSUPERFICIAL

INFLUENCE OF DOMESTIC WASTEWATER ON THE GROWTH OF *EPIPREMNUM AUREUM* (Potus) WITHIN A SUBSURFACE EXPERIMENTAL WETLAND

María Elena Cárdenas Córdova¹, Noemi Méndez de los Santos², Rocío del Carmen Antonio Cruz³, Mario José Romellón Cerino⁴, Nora Alicia Purata Pérez⁵

¹ Ingeniero Ambiental. Tecnológico Nacional de México / ITS de Comalcalco, Carretera Vecinal Comalcalco - Paraíso Km. 2, Comalcalco, Tabasco; México C.P.:86651. Academia de Ingeniería Ambiental. maria.cardenas@comalcalco.tecnm.mx. 9931325341.

² Doctora en Ciencias en Ecología y Manejo de Sistemas Tropicales. Tecnológico Nacional de México Campus Villahermosa. Carretera Villahermosa - Frontera Km. 3.5 Ciudad Industrial Villahermosa, Tabasco, México. C.P. 86010. Facultad de Ingeniería de Ciencias de la Tierra, noemi.ms@villahermosa.tecnm.mx (autor corresponsal)

³ Doctora en Ciencias en Ingeniería Química. Tecnológico Nacional de México Campus Villahermosa. Carretera Villahermosa - Frontera Km. 3.5 Ciudad Industrial Villahermosa, Tabasco, México. C.P. 86010. Facultad de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería de Ciencias de la Tierra, rocio.ac@villahermosa.tecnm.mx

⁴ Doctor en en Ciencias Ambientales. Tecnológico Nacional de México Campus Villahermosa, Carretera Villahermosa - Frontera Km. 3.5 Ciudad Industrial Villahermosa, Tabasco, México. C.P. 86010. Facultad de Ingeniería Ambiental, mario.rc@villahermosa.tecnm.mx

⁵ Doctora en Ciencias en Ingeniería. Tecnológico Nacional de México Campus Villahermosa, Carretera Villahermosa - Frontera Km. 3.5 Ciudad Industrial Villahermosa, Tabasco, México. C.P. 86010. Facultad de Ingeniería Química, nora.puratap@villahermosa.tecnm.mx

Resumen-- Este artículo surge con el propósito de contribuir a las metas del ODS 6 (Agua limpia y saneamiento), de la Agenda 2030 establecido por las Naciones Unidas en el 2015; donde una las metas es mejorar la cobertura de tratamiento de aguas residuales y mejorar la calidad de las fuentes superficiales. Es aquí donde los humedales artificiales que son una tecnología asequible, por ser de bajo costo, fácil operación y mantenimiento toman relevancia. Conformados por una celda de poca profundidad, material filtrante, vegetación y flora microbiana. La vegetación juega un papel importante dentro del humedal, ya que a través de sus raíces absorbe agua y nutrientes de las aguas residuales, contribuyendo en la eficiencia del tratamiento. Los humedales artificiales típicos utilizan vegetación macrófita de la región; aunque actualmente se implementa el uso de vegetación ornamental, algunos estudios revelan que éstas poseen características de remoción y dan valor estético al lugar.

En este trabajo se estudió la eficiencia de *Epipremnum aureum* (Potus) como vegetación ornamental en un humedal artificial escala piloto. Iniciando con la construcción de un humedal horizontal de flujo subsuperficial escala piloto el cual consta de una celda de 2.40 x 1.10x 0.50 m, usando como medio filtrante grava triturada y de río, se dividió la celda en dos partes (inicio y final), cada una de las partes con 20 plantas (5x4), se midió altura, tallo y número de hojas, en el agua se determinaron parámetros básicos en el inicio y final.

Resultados preliminares indican que estadísticamente no hay diferencias significativas en cuanto al desarrollo de la vegetación sin importar la ubicación. En cuanto a los parámetros básicos si hay diferencia significativa para la CE, SDT y ORP.

Palabras Clave-- ornamental, Potus, eficiencia, celda, doméstica.

Abstract This article arises with the purpose of contributing to the goals of SDG 6 (Clean water and sanitation), of the 2030 Agenda established by the United Nations in 2015; where one of the goals is to improve the coverage of wastewater treatment and improve the quality of surface sources. It is here where artificial wetlands, which are an affordable technology, because they are low cost, easy to operate and maintain, become relevant. Made up of a shallow cell, filter material, vegetation, and microbial flora. Vegetation plays an important role within the wetland, since through its roots it absorbs water and nutrients from wastewater, contributing to the efficiency of treatment. Typical constructed wetlands use macrophyte vegetation from the region; Although currently the use of ornamental vegetation is implemented, some studies reveal that these have removal characteristics and give aesthetic value to the place.

In this work, the efficiency of pothos (*Epipremnum aureum*) as ornamental vegetation in a pilot scale artificial wetland was studied. Starting with the construction of a pilot scale subsurface flow horizontal wetland which consists of a 2.40 x 1.10 x 0.50 m cell, using crushed and river gravel as a filter medium, the cell was divided into two parts (beginning and end), each of the parts with 20 plants (5x4), height, stem and number of leaves were measured, in the water basic parameters were determined at the beginning and end.

Preliminary results indicate that there are no statistically significant differences in terms of vegetation development regardless of location. Regarding the basic

parameters, if there is a significant difference for EC, SDT and ORP.

Key words--ornamental, pothos, efficiency, cell, domestic.

INTRODUCCIÓN

El agua es fundamental para la vida. Mas de la mitad de los ríos a nivel mundial se encuentran contaminados, causando daños a los ecosistemas y perturbando la salud y el sustento de los seres humanos. Las Naciones Unidas (ONU) han promulgado que los países no están preparados para dar cumplimiento a los objetivos del desarrollo sustentable (ODS) de la agenda 2030 Aunado a esto la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) hacen un llamado importante para que los gobiernos nacionales y regionales, las instituciones educativas y científicas, empresas, sociedad y comunidad sumen fuerzas para agilizar e implementar estrategias que fortalezcan el saneamiento del agua [1].

Desde décadas el agua a nivel mundial ha sufrido una mala gestión y uso inadecuado que ha provocado lo que se conoce como estrés hídrico, afectando a las vidas que dependen de este recurso hídrico [2]. Además, la ONU y UNICEF [3] afirman que los servicios de agua y saneamiento inexistentes, insuficientes o mal gestionados son problemas claves para la salud humana; relacionándolo con transmisión de enfermedades como el cólera, diarrea, disentería, hepatitis A, la fiebre tifoidea y la poliomielitis.

En México el 60% de agua potable suministrada proviene de fuentes superficiales (ríos lagos, lagunas) desafortunadamente estos cuerpos de agua atraviesan problemas de contaminación originadas principalmente por las descargas de aguas residuales (domésticas, industriales, agrícolas) en su mayoría sin tratamiento [4]. En Tabasco el Programa de Monitoreo de la Calidad del Agua [5] reporta en febrero 2023 que la mayoría de los cuerpos de agua presentan concentraciones elevadas de Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Coliformes Fecales (CF) clasificando a estos cuerpos como contaminados y altamente contaminados.

De acuerdo con datos proporcionados por la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento (CEAS) en Tabasco para el 2018 solo se alcanzó a cubrir el 40% del tratamiento de las aguas residuales generadas [6]. Dejando sin tratamiento a las aguas residuales que se generan en las zonas rurales, las cuales solo son enviadas a fosas sépticas buscando la sedimentación de los sólidos y luego se reincorporan a través de drenes a los cuerpos de aguas más cercanos. Es importante entonces proponer alternativas sostenibles para el tratamiento de las aguas residuales que no tienen tratamiento o este es deficiente, y de esta forma contribuir al cumplimiento de los ODS, especialmente el objetivo 6 que busca garantizar la

disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos [7].

Existen actualmente un sin fin de tecnologías aplicadas al tratamiento de las aguas residuales, en su mayoría son costosas, de difícil operación y con requerimientos de grandes espacios, tecnologías que no son asequibles para poblaciones rurales [8]. En este contexto sobresalen los humedales artificiales considerada como una tecnología sustentable, ya que puede implementarse en estas zonas, son de bajo costo, fácil operación y mantenimiento [9]. Además, es conocida por simular procesos físicos, químicos y biológicos de la auto purificación del agua en la naturaleza [10] y generar un vista paisajística donde prolifera la biodiversidad [11].

Esta tecnología ha venido usándose en Estados Unidos y en Europa, especialmente en Francia, Italia, Alemania y países nórdicos [12]. En México para el 2019 de acuerdo con datos de la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA) se encontraban en operación 77 plantas de tratamiento con la tecnología de humedales artificiales, de las cuales en Tabasco solo se encuentran 6 [13] quedando una amplia cobertura para la implementación de esta tecnología, sobre todo en zonas rurales del estado.

Un humedal artificial es una tecnología natural para el tratamiento de aguas residuales ya que funcionan con energía solar [10], consiste en lagunas o canales poco profundos (de menos de 1 m), con material filtrante y especies vegetales acuáticas típicas de zonas húmedas (flotantes, emergentes o macrófitas).

Un factor importante en esta tecnología es la vegetación, ya que fijan y adsorben/absorben los contaminantes [14]. En la actualidad los humedales artificiales mayormente utilizan vegetación macrófita de la región. Algunos estudios revelan el uso de vegetación ornamental ya que se obtienen buenas eficiencias de remoción, además da un valor estético al humedal y puede ser una fuente económica para la población por la venta de las especies. Autores como Morales *et al.*, [15] proponen humedales construidos de flujo subsuperficial plantados con especies ornamentales, además recalcan su implementación en zonas rurales y de baja densidad poblacional. Así mismo Zitácuaro-Contreras *et al.*, [14] mencionan que la producción de plantas ornamentales en los humedales artificiales propiciará la producción con beneficios sociales y económicos, además de los beneficios ambientales al hacer uso de las propiedades de fitorremediación de las plantas y con ello contribuir a saneamiento de los cuerpos receptores de aguas residuales tratadas. Lango & Chávez [16] también trabajaron con plantas ornamentales, utilizando 13 especies las cuales seleccionaron considerando la eficiencia, adaptación, estética, disponibilidad y valor comercial. El uso de estas plantas dio como resultado un paisaje armónico y es hábitat de aves e insectos.

En este trabajo se busca evaluar la adaptación y la eficiencia de remoción de la especie ornamental *Epipremnum aureum* (Potus) en un humedal artificial a escala piloto para implementarse en el tratamiento de aguas residuales domésticas rurales. *Epipremnum aureum* (Potus) es originaria del sudeste asiático, sus raíces son aéreas, sus hojas tienen forma de corazón y se presenta una variedad de colores; verde, amarillo o verde claro [17]. Considerada como una planta de interiores, con usos principalmente para decoración de zonas hoteleras, plazas comerciales y restaurantes; por lo que normalmente se comercializa en masetas [18]. Algunos trabajos como el presentado por Lastiri-Hernández *et al.*, [19] y Metwally *et al.*, [20] demuestran que la especie es ideal para su uso en el tratamiento de las aguas residuales.

El objetivo de este estudio es conocer el comportamiento de la especie Potus dentro de un humedal artificial escala piloto de tipo horizontal subsuperficial, el sembrado de la vegetación es a lo largo del humedal, y dividió la celda en dos secciones (inicio y final) cada una con 20 plantas sembradas (5x4). El agua residual al inicio del humedal tendrá una concentración mayor de materia orgánica y conforme realiza el recorrido a través de este la concentración va disminuyendo, lo cual podría afectar el crecimiento de la vegetación de la parte final.

DESARROLLO

Área de estudio

Este estudio se realizó en el Tecnológico Nacional de México Campus Villahermosa ubicado en la carretera Villahermosa - Frontera Km. 3.5 Ciudad Industrial Villahermosa, Tabasco, México. C.P. 86010, en la parte trasera de los sanitarios del edificio "O" (ver Fig. 1) con coordenadas geográficas N 18° 01' 19"; W 92° 34' 16".



Figura 1. Área de estudio.

El clima en la ciudad es cálido-húmedo-seco. Con temperaturas de superiores a 40°C en primavera, presenta húmedas relativa mayor al 90%. En invierno el clima es más seco y con temperaturas más bajas. Precipitaciones de 1,695.7 mm, promedio mensual de 35.74 mm especialmente en los meses de septiembre y octubre y una mínima mensual de 10.04 mm en abril y mayo. Es una ciudad representada por una red de ríos y lagunas complementando con vegetación de tipo selva

perennifolia, manglares, esteros y tulares; lo cual hace que el estado sea una de las zonas más ricas en biodiversidad.

Celda

Para la realización del proyecto se construyó un humedal artificial a escala piloto de tipo flujo horizontal subsuperficial, tomando como base lo propuesto por Acosta [21], se inicia limpieza, replanteo, excavación, estructura, distribución de entrada hidrosanitaria, acabados (ver Fig. 2).

La celda que tiene dimensiones de 2.40 m de largo, 1.10 m de ancho y 0.50 m altura, este fue construido con ladrillo tepezil, se realizó repellado grueso tanto por la parte exterior como interior para asegurar la impermeabilidad.

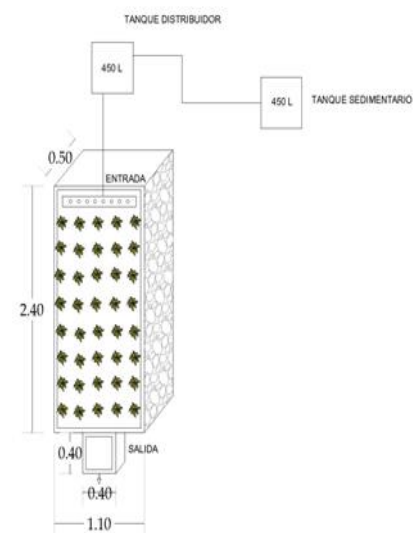


Figura 2. Dimensiones de la celda

Medio filtrante Como medio filtrante se utilizó 0.400 m³ de grava triturada (peso específico de 1.435 g/cm³) y 0.400 m³ grava de río (peso específico de 1.355 g/cm³) (ver Fig. 3). Ambas fueron lavadas para quitar el exceso de arena, se colocó en la entrada del humedal la grava triturada y en la salida la grava de río, alcanzando una altura dentro de la celda de 0.30 m.

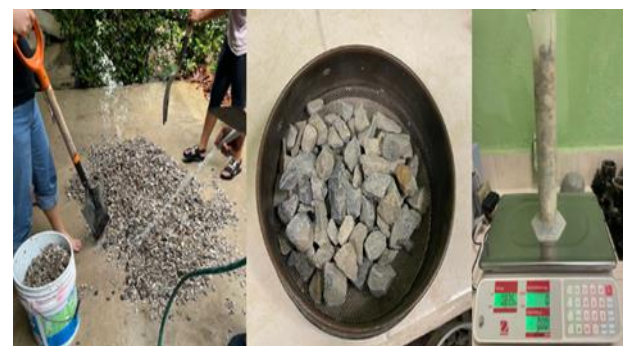


Figura 3. Caracterización de la grava

Vegetación

Se utilizo como vegetación la planta ornamental *Epipremnum aureum* (Potus), esta fue recolectada de las jardineras del I.T. de Villahermosa, es originaria del Sudeste de Asia y del Pacífico Oeste [17], pertenece a la familia Araceae (ver Tabla 1).

Tabla 1. Familia de Potus

Nombre científico	<i>Epipremnum aureum</i>
Clase	<i>Equisetopsida c. Agardh</i>
Familia	<i>Araceae juss</i>
Género	<i>Epipremnum schott</i>

Es una planta epífita, perenne, trepadora o colgante. puede llegar a alcanzar los 20 m de altura, tallos de 5 cm de diámetro. Y normalmente se encuentra en color amarillo, blanco, plata o rayas verdes, dependiendo de la variedad [18]. La especie requiere para su desarrollo (ver Tabla 2) que los sustratos sean porosos y mezclados con materia orgánica.

Tabla 2. Requerimientos de Potus

Requerimientos ambientales	Valor
pH	6.5 a 7.0
CE	0.3 a 0.5 mmhos/cm
Temperatura	17 a 24° C
Luminosidad	37,660 a 48,420 lux plantas madre 16,140 a 27,976 lux plantas en desarrollo
Requerimientos nutricionales N-P-K	20-8.8-16.6 g/l

Se hicieron 40 cortes de la planta de aproximadamente 20 cm, cada una utilizando principalmente retoños, se hizo el sembrado de la vegetación dejando un espacio de 20 cm a lo ancho y 10 cm a lo largo del humedal. Se dejo un espacio de 30 cm entre cada planta.

Agua residual

El agua residual que se utilizó en el humedal proviene de los sanitarios del edificio “O”, esta se recolecto en un tanque sedimentador (450 L) y posteriormente pasa a un tanque de almacenamiento (450 L) que es el que distribuye el agua residual al humedal.

El monitoreo del agua residual que ingresa y sale del humedal experimental, se realizó considerando muestras simples por triplicado y bajo la NMX-AA-003-1980 [22]. Aguas residuales-Muestreo. Las muestras se tomaron dos veces por semana entre las 14:00 y 17:00 horas. Se realizaron mediciones de: potencial de hidrogeno (pH), temperatura (T), conductividad eléctrica (CE), ORP,

solidos disueltos totales (SDT), utilizando un multiparamétrico marca Yinmik modelo Ble-C600 (ver Fig. 4).

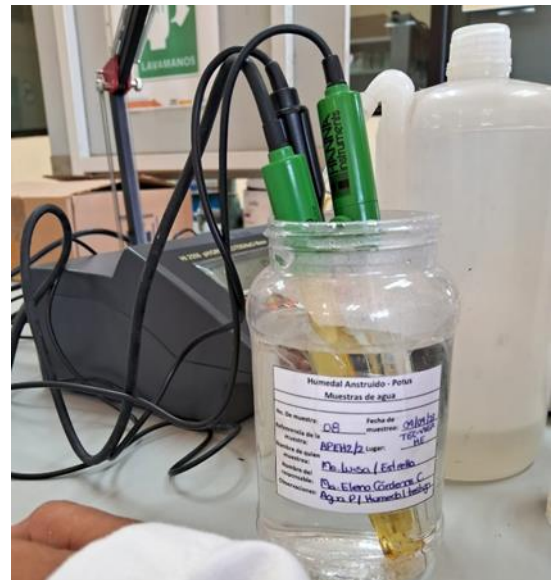


Figura 4. Medición de parámetros básicos

Estabilización

Una vez realizada la siembra de la vegetación, se ingresa al humedal agua potable para la estabilización de la planta por dos semanas. Pasando este tiempo se ingresa el agua residual esperando dos semanas para estabilización de la planta con agua residual. Una vez estabilizada la planta se midió: diámetro del tallo con ayuda de un vernier marca Truper, la altura con ayuda de un flexómetro y el número de hojas (ver Fig. 5). Así mismo se realizaron mediciones al afluente y efluente en el humedal, considerando los mismos parámetros de la caracterización arriba mencionado. Estas mediciones se realizaron dos veces por semana, con tres repeticiones (ver Fig. 6). Se mide el caudal de agua residual que ingresa y sale del humedal, manteniéndose tiempos de retención hidráulico de 2 a 3 días.



Figura 5. Periodo de monitoreo vegetación



Figura 6. Toma de muestra y medición

Estadístico

Una vez recolectados los datos fueron tabulados y analizados a través del software estadístico Statgraphics Centurion.

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados del análisis estadístico, realizando un ANOVA simple para comparar la altura, tallo y diámetro en la entrada como salida del humedal. Así mismo se presentan los resultados obtenidos de la medición potencial de hidrogeno (pH), temperatura (T), conductividad eléctrica (CE), ORP, solidos disueltos totales (SDT).

De un total de 40 plantaciones distribuidas en dos secciones de (5x4) a lo largo del humedal, tras después de tres meses, la población en la sección de la entrada no presento perdidas, en el caso de la sección de salida disminuyo levemente en un 10% (2 plantas), las cuales se ubicaban en la penúltima y última fila.

Para el caso de la altura, en la figura 7 se muestra que no hay diferencia significativa, en la entrada la altura más alta fue de 25 cm mientras que la más baja 9 cm; en el caso de la salida la altura más alta fue de 29 cm y la más baja de 13 cm. Encontrando variaciones en cuanto a la altura de ambas secciones.

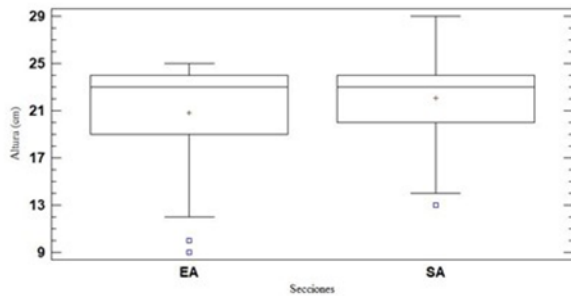


Figura 7. Altura de Potus

Para el diámetro estadísticamente no presenta diferencia significativa, ligeramente se observa en la figura 8 que las plantas con mayor diámetro en la sección inicial; con valores que van desde 2 hasta 8 mm en la sección inicial y valores de 2 hasta 6 mm para la sección final.

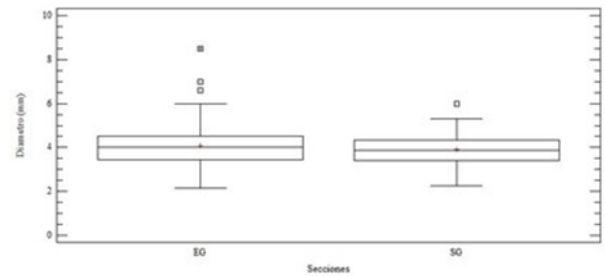


Figura 8. Diámetro de Potus

En cuanto al número de hojas de la especie *Epipremnum aureum* (Potus) se observa en la figura 9 que no existe diferencias significativas, aunque ligeramente se ve un crecimiento más al inicio del humedal, los valores van de 2 hasta 11 hojas para la sección inicial y valores de 1 hasta 13 para la sección final.

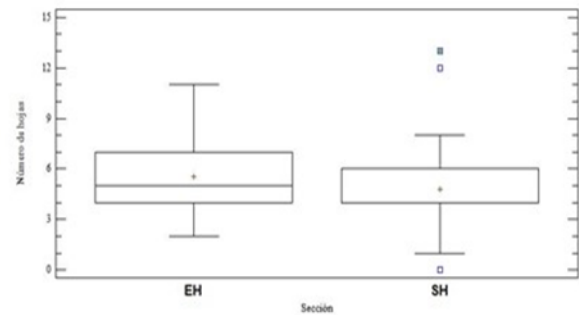


Figura 9. Número de hojas

Se realizaron las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk donde solo el pH tiene normalidad, y se realizó la prueba de homogeneidad de varianza de Levenne. Como no tienen normalidad ni homocedasticidad se optó por realizar pruebas no paramétricas de U-Mann Whitney. Solo la temperatura no es significativa, pero las demás variables tuvieron diferencias, ya que el valor de p es menor a 0.05 (ver Tabla 3).

Tabla 3. Parámetros básicos

Parámetros	Entrada		Salida	
	Mediana	Desviación estándar	Mediana	Desviación estándar
pH	7.46	0.10	7.59	0.03
Temperatura (°C)	31.2	1.10	30.6	0.84
CE (μS/cm,)	612	184.10	547.50	9.57
ORP (mV)	105	119.43	-139	114.43
SDT (ppm)	306	92.12	273.5	4.85

Los valores pH estadísticamente no presenta diferencia significativa, en la sección inicial los valores van de 7.35 a 7.48 y en la sección final de 7.60 notándose una ligera disminución, pero manteniéndose en la neutralidad. En cuanto a la temperatura en la sección inicial los valores van de 30 a 32 °C; y para la sección de salida valores de 30 y 31, disminuyendo ligeramente de entrada a salida. En la CE, OPR y SDT existe estadísticamente diferencias significativas. Para la CE, los valores en la sección inicial van de 396 y 630 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y valores de 540 a 552 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Los valores de ORP en la sección inicial van de 11.44 a 163.22 mV y valores de -182.04 a -36.62 mV. Por último los valores de SDT en la sección inicial van de 197.88 a 314.94 ppm y valores de 270 a 276 ppm.

Los resultados de este estudio en cuanto al posicionamiento de la especie *Epipremnum aureum* (Potus) a lo largo del humedal estadísticamente no presentan diferencias significativas, aunque tiende ligeramente a ser mayor su crecimiento en la entrada que en la salida, donde la concentración de los parámetros es mayor, esto coincide con lo reportado por López *et al.*, en el 2022 [23] quienes evaluaron *Canna hibryds*, *Sphatiphyllum wallisi* y *Typha sp.*, donde el crecimiento de las plantas dependió del posicionamiento de sembrado, con respecto a *Sphatiphyllum wallisi* su crecimiento fue favorecido en la entrada. Es importante mencionar que el crecimiento de las plantas a lo largo del humedal también puede estar relacionado con el tiempo dentro del humedal, los datos presentados son representativos de un mes de trabajo.

En cuanto a los parámetros de pH, SDT y CE mostraron una disminución de entrada a salida, lo cual concuerda con los resultados presentados por García *et al.*, en el 2019[24] y Mayge en el año 2020 [25] solo en el caso de la temperatura estadísticamente no presenta diferencia significativa, está se mantuvo estable. Lastiri-Hernández *et al.*, en el 2023 [19] encontraron que la especie es tolerante a la salinidad, pero al mismo tiempo es capaz de reducir está misma, reportando concentraciones CE de 4000 y 2690 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) de entrada y salida respectivamente, y eficiencias de 33% con 42 días de monitoreo, datos no tan lejos de lo encontrado en este trabajo en la etapa inicial (30 días) eficiencias de remoción de 10.53% y 10.62% para CE y SDT.

Estos resultados preliminares refuerzan el trabajo de Yadav *et al.*, en el 2021 [26] quienes estudiaron que la especie *Epipremnum aureum* (Potus) puede ser considerada candidata para ser componente clave en los humedales artificiales para el tratamiento de las aguas residuales.

CONCLUSIONES

La presente investigación ha permitido recalcar la importancia que tiene la vegetación dentro de los humedales artificiales. Para el caso de la especie ornamental *Epipremnum aureum* (Potus) el crecimiento

si es ligeramente mayor de entrada a salida y considerando la pérdida del 10% de la especie en la sección de salida indica que la concentración de los contaminantes presentes en el agua si influyen en el crecimiento de la especie. Así mismo los resultados de los parámetros muestran la eficiencia del humedal con la especie ornamental reportando en la etapa inicial eficiencias de remoción de 10.53% y 10.62% para CE y SDT, respectivamente. Estos resultados preliminares, se puede considerar a la vegetación como una alternativa para implementar en los humedales artificiales y tratar las aguas residuales domésticas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las autoridades del Tecnológico Nacional de México Campus Villahermosa por las facilidades otorgadas para el desarrollo del presente proyecto en sus instalaciones.

Uno de los autores (Cárdenas Córdova) agradece al Tecnológico Nacional de México/ I.T.S. de Comalcalco por brindarnos espacio en sus laboratorios.

Por último, pero no menos importante agradecemos a cada uno de los miembros del consejo de la Maestría en Ingeniería que asesoraron, orientaron y apoyaron para la realización de este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Naciones Unidas, “Quedan siete años para proteger el agua,” *Noticias ONU*, Mar. 16, 2023. <https://news.un.org/es/story/2023/03/1519437> (accessed May 22, 2023).
- [2] Naciones Unidas, “Cinco cosas que debes saber de la Conferencia sobre el Agua 2023,” Mar. 2023. Accessed: Jun. 09, 2023. [Online]. Available: <https://news.un.org/es/story/2023/03/1519412>
- [3] Organización Mundial de la Salud, “Agua para consumo humano,” *Notas descriptivas OMS*, Mar. 21, 2022. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water> (accessed May 26, 2023).
- [4] SEMARNAT, “Informe de la situación actual del medio ambiente en México.,” 2019. Accessed: May 25, 2023. [Online]. Available: <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/cap6.html>
- [5] S. y C. C. Secretaría de Bienestar, “Programa de monitoreo de la calidad del agua. Región Centro.,” Villahermosa, 2023.
- [6] OMPI, “Comité Intergubernamental de la OMPI sobre Propiedad Intelectual y Recursos Genéticos, Conocimientos Tradicionales y Folclore,” 2015. Accessed: Aug. 13, 2022. [Online]. Available:

- https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/es/wipo_publications/wipo_publications_btk_2.pdf
- [7] Naciones Unidas, “Agua y saneamiento.” <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/> (accessed Jun. 10, 2023).
- [8] J. L. Torres Ferreyra, “Medios de soporte alternativos para mejorar la eficiencia de los humedales artificiales de flujo subsuperficial, en el estado de Michoacán,” Tesis Maestría, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, 2020. Accessed: Jun. 10, 2023. [Online]. Available: http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/4638
- [9] R. García-Acevedo, E. García-Rodríguez, and N. E. Pérez-Amezcu, “Remoción de contaminantes del agua en humedales artificiales de flujo subsuperficial, utilizando *Typha domingensis*, tezontle y grava triturada y su relación con la conductividad hidráulica,” *Ciencia Nicolaita*, no. 87, pp. 108–120, Mar. 2023, doi: 10.35830/cn.vi87.660.
- [10] A. Rivas Hernández, *¿Cómo construir un humedal para el tratamiento del agua residual en mi escuela?* México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2023. doi: 10.24850/bimta-2022-08.
- [11] N. Oliver Rajadel, “Estudio de los Humedales Artificiales de Flujo Superficial del Tancat de la Pipa como instrumentos para la restauración ambiental del lago de l’Albufera de València,” Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de València, València, 2017. Accessed: Jun. 10, 2023. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10251/90400>
- [12] R. O. Barreneche, *Instalaciones sanitarias sostenibles*. Editorial Nobuko, 2017. [Online]. Available: <https://elibro.net/es/lc/villahermosa/titulos/77454>
- [13] Comisión Nacional del Agua, “Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación,” 2019.
- [14] I. Zitácuaro-Contreras, J. Luis Marín-Muñiz, M. del C. Celis Pérez, M. Vidal Álvarez, X. A. León Estrada, and S. A. Z. Castro, “Vegetación ornamental utilizada en fitorremediación y sus potencialidades ambientales, económicas y sociales,” *Journal of Basic Sciences*, vol. 8, no. 23, pp. 133–145, 2022, [Online]. Available: <http://revistas.ujat.mx/index.php/jobs>
- [15] G. Morales, D. López, I. Vera, and G. Vidal, “Humedales construidos con plantas ornamentales para el tratamiento de materia orgánica y nutrientes contenidos en aguas servidas* Constructed wetlands with ornamental plants for removal of organic matter and nutrients contained in sewage.” *33 Theoria*, vol. 22, no. 1, pp. 33–46, 2013.
- [16] F. Lango Reynoso and M. del R. Castañeda Chávez, “Humedal artificial para tratamiento de aguas residuales del Instituto Tecnológico de Boca del Río: escalamiento,” *Memorias Foro Virtual*, Boca del Río, Veracruz, pp. 59–62, 2021. Accessed: Jun. 10, 2023. [Online]. Available: https://www.aguanet.com.mx/foro21/Memorias_Foro_2021_p.pdf#page=59
- [17] C. Bernard and M. Ferrea, *Compañía Botánica: Especies, consejos y secretos de jardinería urbana.*, Penguin Random House. Argentina, 2017.
- [18] O. Baltazar-Bernal *et al.*, “Producción de Teléfono (*Epipremnum aureum*) en maceta,” *Agroproductividad*, vol. 11, no. 8, pp. 19–25, Aug. 2018, Accessed: Jun. 10, 2023. [Online]. Available: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/download/1092/929/2028>
- [19] M. A. Lastiri-Hernández, D. Álvarez-Bernal, G. Cruz-Cárdenas, J. T. Silva-García, E. Conde-Barajas, and E. Oregel-Zamudio, “Potential of *Epipremnum aureum* and *Bacopa monnieri* (L.) Wettst for Saline Phytoremediation in Artificial Wetlands,” *Water (Switzerland)*, vol. 15, no. 1, Jan. 2023, doi: 10.3390/w15010194.
- [20] S. A. Metwally, A. R. E, and A.-L. B. H, “Response of Potus Plants (*Epipremnum Aureum*) to Irrigation with Drainage Water of Ornamental Fish Basins and Magnesium Sulphate as Foliar Fertilizer,” *American Journal of Life Sciences*, vol. 3, no. 4, pp. 306–310, 2015, doi: 10.11648/j.ajls.20150304.18.
- [21] C. M. Acosta, R. S. Silván, G. L. Ocaña, R. G. B. Margulis, and M. J. R. Cerino, “Tratamiento de aguas residuales por humedales artificiales tropicales en Tabasco, México / Constructed wastewater treatment by tropical -wetlands in Tabasco, Mexico / Treatment of water waste by wetlands artificial tropical in Tabasco,” *CIBA Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, vol. 5, no. 10, pp. 1–20, Aug. 2016, Accessed: May 26, 2023. [Online]. Available: <https://www.ciba.org.mx/index.php/CIBA/articulo/view/54>
- [22] Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, *NMX-AA-003-1980. Aguas residuales - Muestreo*. 1980, p. 8. Accessed: Jun. 22, 2023. [Online]. Available: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166762/NMX-AA-003-1980.pdf>
- [23] J. E. López Alba, J. L. Marín-Muñiz, S. A. Zamora-Castro, and M. del C. Celis Pérez, “Evaluación del crecimiento de plantas sembradas en humedal artificial: efecto del

- posicionamiento de sembrado,” *Journal of Basic Sciences*, vol. 8, no. 23, pp. 104–111, 2022, [Online]. Available: <http://revistas.ujat.mx/index.php/jobs>
- [24] F. Y. García Ramírez, G. López Ocaña, L. Pampillón González, A. Valdés Manzanilla, and Bautista Margulis Germán Raúl, “Humedales artificiales con *Colocasia esculenta* (Malanga) como alternativa en el tratamiento de aguas residuales domésticas,” *Revista de la Realidad Global*, vol. 8, no. 1, pp. 250–256, 2019.
- [25] J. Mayge May, “Evaluación de un humedal artificial experimental de flujo subsuperficial con *Heliconia latispatha*,” Licenciatura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco, 2020.
- [26] R. K. Yadav, S. Sahoo, A. K. Yadav, and S. A. Patil, “*Epipremnum aureum* is a promising plant candidate for developing nature-based technologies for nutrients removal from wastewaters,” *J Environ Chem Eng*, vol. 9, no. 5, p. 106134, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.106134>.

ROLES DE CONTRIBUCIÓN

Rol	Autor(es)
Conceptualización	María Elena Cárdenas Córdova
Curación de datos	Noemi Méndez de los Santos
Metodología	María Elena Cárdenas Córdova
Administración del proyecto	María Elena Cárdenas Córdova
Recursos	Noemi Méndez de los Santos
Software	Rocío del Carmen Antonio Cruz
Supervisión	Nora Alicia Purata Pérez
Validación	Mario José Romellón Cerino
Visualización	Noemi Méndez de los Santos
Redacción (borrador y original)	María Elena Cárdenas Córdova <<igual>> Noemi Méndez de los Santos <<igual>> Rocío del Carmen Antonio Cruz <<igual>>
Redacción (revisión y edición)	María Elena Cárdenas Córdova <<igual>> Noemi Méndez de los Santos <<autor corresponsal>> Rocío del Carmen Antonio Cruz <<igual>>



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.