



## Evaluación del crecimiento de plantas sembradas en humedal artificial: efecto del posicionamiento de sembrado

José Enrique López Alba<sup>1,\*</sup>, José Luis Marín-Muñiz<sup>2</sup>, Sergio A. Zamora-Castro<sup>3</sup>,  
María del Carmen Celis Pérez<sup>4</sup>

<sup>1</sup>El Colegio de Veracruz, Maestría en Ingeniería Ecológica, Carrillo Puerto 26, Centro,  
C. P. 91000, Xalapa, Veracruz, México.

<sup>2</sup>El Colegio de Veracruz, Academia de Desarrollo Regional Sustentable, Carrillo Puerto 26,  
Centro, C.P. 91000, Xalapa, Veracruz, México.

<sup>3</sup>Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería, Construcción y Hábitat, Bvd. Adolfo Ruiz Cortinez 455,  
Costa Verde 94294, Boca del Río, Veracruz, México.

<sup>4</sup>El Colegio de Veracruz, Academia de Derecho Notarial, Carrillo Puerto 26, Centro,  
C.P. 91000, Xalapa, Veracruz, México.

\*Email del Autor de Correspondencia: [igh@hotmail.com](mailto:igh@hotmail.com)

### Resumen

Para mitigar la contaminación hídrica se han buscado alternativas ecológicas como los humedales construidos (HC), los cuales son celdas rellenas de sustrato, donde crecen microorganismos y plantas, donde fluye el agua a tratar. Respecto a vegetación, se han utilizado comúnmente hidrófitas de humedales naturales porque están adaptadas a condiciones de saturación, pero recientemente se han estudiado plantas terrestres ornamentales cuyo crecimiento puede afectarse por su posición, considerando que en HC de flujo horizontal la vegetación es sembrada a lo largo del humedal, algunas plantas son colocadas al inicio de la celda (entrada del agua), parte media y cerca de la salida. La concentración de contaminantes suele disminuir de entrada a salida, lo cual podría interferir en el crecimiento de plantas y floración. Para corroborarlo, se estableció esta investigación. La especie *Typha* demostró buen crecimiento en todas las áreas del HC, mientras que *Canna hybrids*, *Heliconia* y *Spathiphyllum wallisii* se vieron afectadas por su posicionamiento, indicando la importancia de selección de plantas y porque su crecimiento está relacionado con la biorremediación.

**Palabras claves:** humedales construidos, posición de sembrado, crecimiento de plantas, biorremediación.

### Abstract

To mitigate water pollution, ecological alternatives have been sought such as constructed wetlands (HC), which are cells filled with substrate, where microorganisms and plants grow, where the water to be treated flows. Regarding vegetation, hydrophytes from natural wetlands have been commonly used because they are adapted to saturation conditions, but recently ornamental terrestrial plants have been studied whose growth can be affected by their position, considering that in horizontal flow HC the vegetation is planted along of the wetland, some plants are placed at the beginning of the cell (water inlet), middle part and near the outlet. The concentration of pollutants tends to decrease from input to output, which could interfere with plant growth and flowering. To corroborate it, this research was established. *Typha* species showed good growth in all areas of the HC, while *Canna hybrids*, *Heliconia* and *Spathiphyllum wallisii* were affected by their position, indicating the importance of plant selection and because their growth is related to bioremediation.

**Keywords:** constructed wetlands, planting position, plant growth, bioremediation.



## 1. Introducción

El problema de la contaminación del agua ocurre a nivel mundial, la única estrategia empleada ha sido el uso de sistemas convencionales, que no siempre son adecuados para zonas rurales por su alto costo para operarlos y de los requerimientos de energía eléctrica, además de requerir personal especializado [1]. Una alternativa sustentable para aplicar en zonas rurales y que en los últimos años se han implementado en diferentes zonas del mundo, son los humedales artificiales o humedales construidos (HC) [2].

Los HC son tecnologías de tratamiento de aguas residuales simples de operar, con baja producción de lodos residuales y sin consumo energético. No requieren de la adición de reactivos químicos y de energía para airear el agua o recircularla. La infraestructura necesaria para su construcción es muy simple y asequible, su mantenimiento es relativamente fácil y económico [3].

Cabe destacar, que estos sistemas son celdas con suelo o sustrato, microorganismos y plantas, por donde se hace pasar el agua residual para su tratamiento. En los sistemas de flujo superficial el agua está expuesta directamente a la atmósfera y circula preferentemente a través de los tallos y hojas de las plantas. Estos tipos de humedales se pueden entender como una modificación ingenieril de los humedales naturales con el objetivo de mejorar la calidad del agua mediante procesos físicos, químicos y biológicos [3,4].

Los humedales subsuperficiales son aquellos donde las celdas de humedales son rellenas de un medio granular como sustrato, donde se siembran las macrófitas emergentes y a través del cual fluye el agua a tratar, el flujo en este tipo de sistemas puede ser de forma vertical u horizontal [4]. En este tipo de sistemas el agua circula horizontalmente a través del medio granular y los rizomas y raíces de las plantas. La profundidad del agua suele ser entre 0.3 y 0.9 m. Se caracterizan por funcionar permanentemente inundados (el agua se encuentra entre 0.05 y 0.1 m por debajo de la superficie) y con tiempos de retención hidráulica de entre 3 y 7 días [1-4].

En los países en desarrollo, los ensayos experimentales han explorado evaluar tanto la calidad del agua como el tipo de plantas o sustrato para la optimización de su funcionamiento, y propiciar el mejor manejo de tales sistemas de tratamiento. Además, se ha realizado investigación aplicada para explorar la obtención de ingresos con las ventas de plantas ornamentales o de forraje cosechadas en el HC, derivado del potencial de las plantas de humedales [5].

Como se ha descrito, los principales componentes del humedal incluyen el material o medio filtrante, los microorganismos y las plantas. En cuanto a la vegetación, preferentemente se han utilizado hidrófitas de humedales naturales porque sus raíces están adaptadas a las condiciones de inundación. En los últimos años se han estudiado plantas terrestres ornamentales que se comportan como hidrófitas facultativas porque presentan algunas características anatómicas similares a las de hidrófitas estrictas y que pueden completar su ciclo de vida en HC [1,5]; pero al utilizarlas, su crecimiento puede tener afectación negativa al estar sembradas en condiciones de saturación o inundación constante a nivel de las raíces y con agua residual.

Considerando que cuando se utilizan HC de flujo horizontal, la vegetación es sembrada a lo largo de la celda del humedal, algunas de ellas son colocadas al inicio de la celda, es decir, cerca de la entrada del agua residual, otras más en la parte media y las últimas cerca de la salida del sistema de tratamiento. Cuando el agua entra al sistema, tiene mayor concentración de nutrientes y contaminantes, y conforme fluye a la salida, se va depurando gradualmente. Esta diferente calidad del agua en el gradiente entrada-salida podría ser un factor importante para el crecimiento de las plantas.

De ahí que, el posicionamiento de las plantas deberá ser el óptimo para el crecimiento de las mismas, así como para la producción de flores o fibra empleada en la elaboración de artesanías, lo que proporciona valor agregado a la producción de hidrófitas en HC. La presente propuesta de investigación se plantea para verificar si la posición de sembrado de una planta hidrófita facultativa (*Typha* sp.), y plantas



ornamentales terrestres (*Heliconia* sp., *Canna hybrids* y *Spathiphyllum wallisii*) adaptadas a condiciones de un humedal construido (HC) tiene efecto sobre su crecimiento y producción floral, durante el proceso de tratamiento de agua. Para lo anterior, se planteó contestar la pregunta de investigación: ¿Cómo cambia el crecimiento de las plantas terrestres, hidrófitas facultativas, y de plantas de uso ornamental, sembradas en diferentes posiciones con respecto al flujo del agua, a lo largo de un humedal construido de flujo horizontal subsuperficial?

## 2. Antecedentes o marco teórico

Los HC son una ecotecnología basada en celdas o biopilas, ya sea de flujo superficial o subsuperficial, en las primeras existe una base del sustrato o suelo y sobre el cual fluye el agua, la cual está en contacto con la atmósfera. Mientras que si la celda se rellena de un medio granular (grava, zeolita, piedra porosa, tezontle, plástico rugoso o con dobleces), el agua no se observa y entonces son HC subsuperficiales, en estos de acuerdo a la entrada y dirección del flujo de agua pueden ser de flujo vertical u horizontal. En los primeros puede haber plantas que emergen del sustrato y salen de la columna de agua (emergentes), enraizadas al sustrato, pero no salen de la columna de agua (sumergidas) o aquellas que flotan sobre la columna de agua (flotantes). En los HC subsuperficiales al estar la celda rellena solo puede haber plantas de tipo emergente [1, 2, 5]. Para mejorar las remociones de contaminantes del agua, los dos tipos de HC descritos pueden combinarse y entonces así se les conoce como humedales híbridos. Los HC han sido utilizados ampliamente principalmente en países desarrollados [6]. En México su principal uso ha sido a nivel experimental y pocos casos aún, atendiendo problemas reales de contaminación [1, 5], en esa misma búsqueda de considerar los diseños adecuados para implementar en zonas con problemas de contaminación hídrica y falta de sistemas de tratamiento, es que este estudio busca evaluar las condiciones adecuadas de sembrado de plantas y con ello optimizar la funcionalidad de la ecotecnología tanto en limpieza de agua como en producción de plantas.

## 3. Metodología experimental

El humedal construido subsuperficial de flujo horizontal en estudio se ubica en la comunidad de San José Pastorías en el municipio de Actopan, Veracruz, México 19°33'53''N y 96°34'16'' W (Figura 1). Lugar con 620 personas, 49.8% son hombres y 50.2% mujeres [7], con una altitud de 260 msnm. En el año 2018 se construyó un humedal de 50 m<sup>2</sup> (figura 1). Este humedal constaba de ocho celdas (4.0 x 0.85 m cada una) y es donde se realizó este proyecto. El sistema fue un humedal de flujo horizontal subsuperficial, donde la circulación del agua se realizó a través de un medio granular que incluye una base de 0.1 m de piedra porosa de río y después con residuos reciclados de botellas, partes rugosas o con dobleces de plástico PET y tapa roscas; estas botellas habían sido utilizadas para embotellar agua y refrescos, con diámetros de 3 a 5 cm. En este trabajo, el residuo plástico cumplió la función de medio de soporte de la vegetación y hábitat para el desarrollo de biopelículas bacterianas, con una porosidad media de 0,8. En este caso se eligieron tapa roscas de refresco, por su morfología rugosa. Este tipo de sustrato se vertió a cada una de las celdas, con una profundidad de 0.60 m. Cada celda está dividida en cuatro segmentos de un metro cada uno (figura 2), se organizaron las celdas con la siguiente distribución de algunas especies ornamentales facultativas, de la siguiente manera: Celdas 1 y 2 con *Spathiphyllum wallisii*, celdas 3 y 4 con *Canna hybrids*, celdas 5 y 6 con *Heliconia* sp., obtenidas de un vivero de la región. Y por lo que corresponde a las celdas 7 y 8 se establecieron plantas de la especie *Typha* sp. (hidrofita facultativa), obtenidas de las inmediaciones ribereñas del río "Topiltepec", subcuenca del Río Actopan. Cabe destacar que el agua residual llegaba del drenaje comunitario a una fosa de almacenamiento que funcionó como estanque de sedimentación y después pasaba por una maya o criba para separación de sólidos y posteriormente se hacía llevar por gravedad mediante tuberías a las celdas de HC (tratamiento terciario), manteniendo un tiempo de retención hidráulica (TRH) de 4 días.

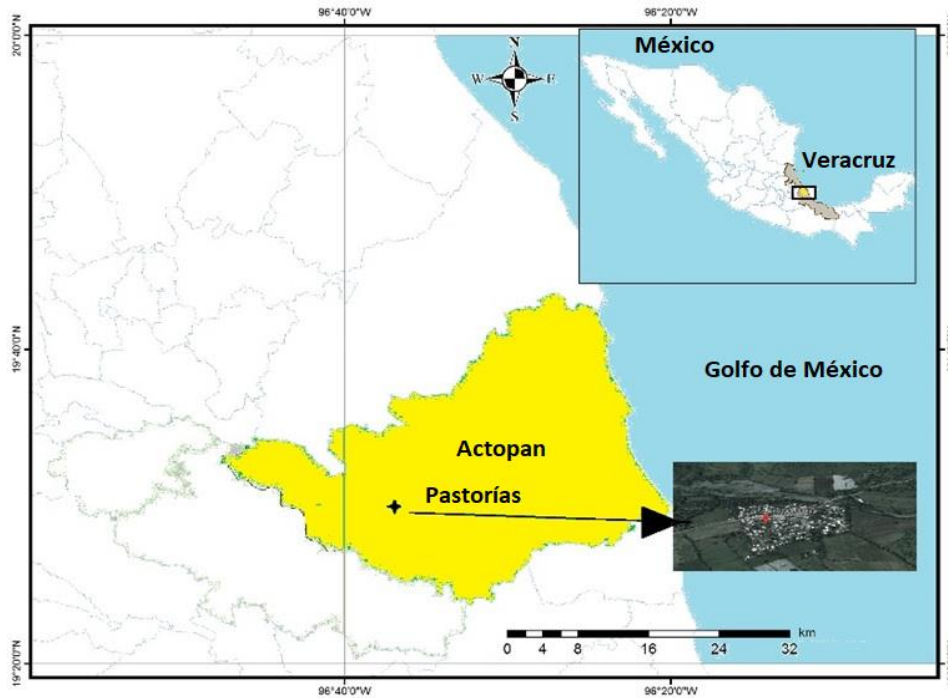


Figura 1. Ubicación del área de estudio y presentación del humedal. Fuente: elaboración propia.

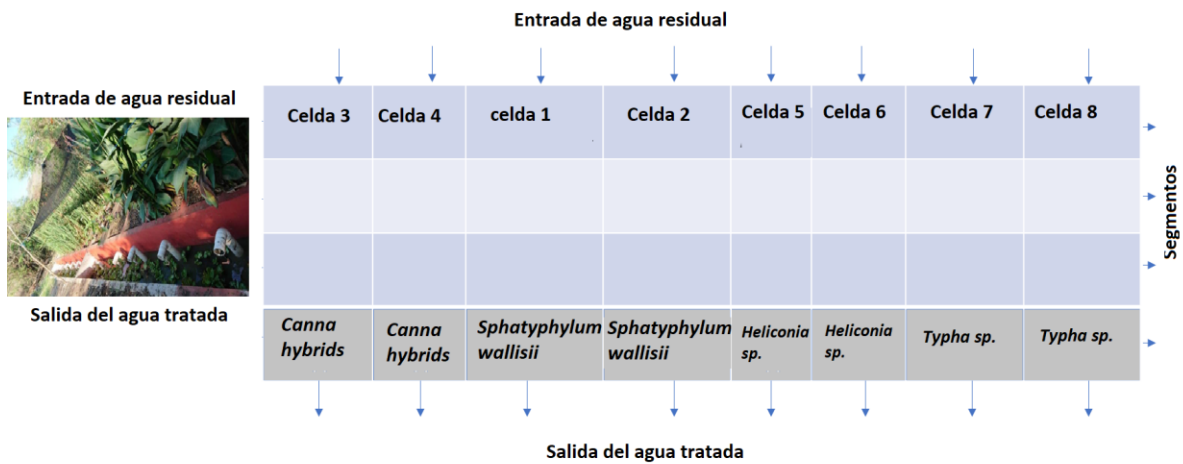


Fig. 2. Humedal construido con ocho celdas divididas en cuatro segmentos, plantas hidrófitas y ornamentales terrestres. Fuente: elaboración propia.



Se evaluó el crecimiento de las plantas hidrófitas y ornamentales terrestres, de acuerdo a la altura mediante un flexómetro, después del sembrado que se realizó a finales de diciembre de 2019, con plántulas con altura promedio de 20 cm de altura, se estableció una primera medición a los 9 meses de sembrado (agosto 2020), posteriormente, se realizó una segunda medición a los 5 meses (enero 2021).

#### 4. Resultados experimentales

La vegetación es un elemento importante en los HC, se han utilizado plantas nativas de humedales también llamadas hidrófitas, que son plantas capaces de sobrevivir y crecer en condiciones de raíces saturadas o inundadas, como lo son las condiciones de suelo de los humedales naturales [4]. En este estudio se llevó a cabo la evaluación del crecimiento y posicionamiento de sembrado de las plantas sembradas en el HC de flujo horizontal, donde se observó que las hidrófitas facultativa (*Typha* sp.) tuvo un crecimiento homogéneo en los cuatros segmentos de las diferentes celdas del humedal, mientras que las plantas ornamentales terrestres mostraron variación en su crecimiento dependiendo la entrada de nutrientes en cada uno de los segmentos. A continuación, se describirán los datos obtenidos de acuerdo a los muestreos realizados y el promedio de los mismos.

El primer muestreo fue realizado en agosto de 2020 (tabla 1). Las plantas ornamentales terrestres facultativas mostraron variaciones en algunos casos, para *Canna hybrids* su crecimiento mayor fue en los segmentos finales (3 y 4), donde la altura osciló entre 101 y 117 cm, mientras que en las primeras dos celdas la altura solo se mantuvo entre 82 y 87 cm, indicando mejor adaptación en áreas con menor carga de nutrientes, es decir, a la salida de la celda. En el caso de *Sphatiphyllum wallisii* esta especie mostró mejor desarrollo en las primeras dos celdas 85-87 cm, ya que en las últimas dos celdas la altura fue de entre 64 y 73 cm. Lo cual indica que esta especie al menos en este periodo de muestreo soporta las cargas de nutrientes de entrada y es óptima en tal posición. Por otro lado, *Heliconia* mostró mejor crecimiento en la segunda celda a partir de la entrada, con diferencia de hasta 25 cm respecto a la altura de las otras celdas. Para el caso de la hidrófita facultativa *Typha domingensis*, su crecimiento fue homogéneo en los 4 segmentos (217-265 cm), mostrando buen desarrollo derivado de ser una planta nativa de humedales.

Tabla. 1. Resultados de altura de las plantas en el primer muestreo (agosto 2020), utilizando promedio (cm)  $\pm$  desviación estándar.

	Vegetación (nombre común)	Segmento 1	Segmento 2	Segmento 3	Segmento 4
Celdas 1-2	<i>Canna hybrids</i> (Bandera)	82.9 $\pm$ 6.1	86.1 $\pm$ 8.9	116.8 $\pm$ 11.8	101.4 $\pm$ 6.8
Celdas 3-4	<i>Sphatiphyllum wallisii</i> (Cuna de Moisés)	86.5 $\pm$ 9.8	85.8 $\pm$ 2.0	72.5 $\pm$ 7.3	64.7 $\pm$ 15.9
Celdas 5-6	<i>Heliconia</i> sp. (Heliconia)	55.2 $\pm$ 15.0	81.9 $\pm$ 5.7	68.2 $\pm$ 9.2	57.2 $\pm$ 6.1
Celdas 7-8	<i>Typha</i> sp. (Tule)	217.4 $\pm$ 19.4	264.6 $\pm$ 16.1	235.6 $\pm$ 17.0	242.8 $\pm$ 9.2

Fuente: Elaboración propia.



El Segundo muestreo realizado a los 5 meses después del primer muestreo enero 2021 (Tabla 2), mostró que para las plantas ornamentales terrestres facultativas se observaron variaciones puntuales. Para el caso de *Canna hybrids* se detectó una altura máxima de 112 cm en el primer segmento, y para el segundo segmento fue la altura mínima de 106 cm., en los últimos dos segmentos a la salida del agua se mantuvieron estables en el crecimiento con 109 cm de altura, opuesto al primer muestreo que fueron los segmentos con mayor altura 3 y 4 (tabla 1), una de las razones que consideramos de este cambio de crecimiento se debe a la estación del año ya que se realizaron los muestreos uno verano y el otro en invierno. Para *Sphatiphyllum wallisii* no hubo variación en las celdas 3 y 4 en ambos muestreos (tablas 1 y 2) con relación a la posición de sembrado y crecimiento de las plantas con mayor crecimiento en los segmentos 1 y 2 de ambos muestreos. Para el caso de la especie *Heliconia* sp., le favoreció el crecimiento en los meses de enero porque hay mayor humedad, con una mayor altura de las plantas sembradas en los segmentos, los cuales fueron los siguientes: 2, 109 cm, 3, 111 cm, y 4, 124 cm, (tabla 2), por otro lado, las hidrófitas facultativas *Typha* sp., su mayor crecimiento fue en los segmentos (1, 2 y 4) en comparación del primer muestreo (tabla 1), el segmento 3 con menor altura de 165 cm, en comparación con el segmento 2 con mayor altura 217 cm.

Tabla 2. Resultados del segundo muestreo (enero 2021), utilizando promedio (cm)  $\pm$  desviación estándar.

	Vegetación (nombre común)	Segmento 1	Segmento 2	Segmento 3	Segmento 4
Celdas 1-2	<i>Canna hybrids</i> (Bandera)	112.4 $\pm$ 6.7	105.75 $\pm$ 14.3	109.3 $\pm$ 3.7	109.77 $\pm$ 8.1
Celdas 3-4	<i>Sphatiphyllum wallisii</i> (Cuna de Moisés)	85.8 $\pm$ 16.0	88.3 $\pm$ 12.4	82.1 $\pm$ 8.1	70.2 $\pm$ 24.1
Celdas 5-6	<i>Heliconia</i> sp. (Heliconias)	93.75 $\pm$ 14.5	108.6 $\pm$ 10.5	111.2 $\pm$ 12.0	124.2 $\pm$ 6.6
Celdas 7-8	<i>Typha</i> sp. (Tule)	216.8 $\pm$ 10.7	229.2 $\pm$ 6.4	164.9 $\pm$ 28.0	197.8 $\pm$ 9.9

Fuente: Elaboración propia.

Por último, el resultado promediado de los muestreos 1-2 (tabla 3) se obtuvo la mejor posición de sembrado para las plantas ornamentales terrestres facultativas e hidrófita facultativa, (tabla 3), *Canna hybrids* demostró que puede adaptarse y crecer en los 4 segmentos de las celdas (tabla 3), su mayor altura es hacia la salida del agua mientras es tratada en el HC (105-113 cm). Para las plantas del genero *Sphatiphyllum wallisii* se adapta mucho mejor para su crecimiento en la entrada del agua donde hay mucho mayor cantidad de nutrientes con una altura promedio de 86 y 87 cm (tabla 3). *Heliconia* sp. en los tres segmentos finales su crecimiento fue mejor, esto indica que es menos tolerante a la entrada del agua donde el agua tiene mayor concentración de nutrientes. La hidrófita facultativa *Typha* sp. por ser típica de estos ecosistemas su crecimiento no se vio afectado en ninguno de los segmentos, sino que se mantuvo arriba de los 200 cm en los cuatro segmentos del HC.



Tabla 3. Resultados promediados de los muestreos 1-2, promedio de altura y desviación estándar altura.

	Vegetación (nombre común)	Segmento 1	Segmento 2	Segmento 3	Segmento 4
Celdas 1-2	<i>Canna hybrids</i> (Bandera)	97.65 ± 6.4	95.9 ± 11.6	113.1 ± 7.7	105.58 ± 7.45
Celdas 3-4	<i>Spathyphylum wallisii</i> (Cuna de Moisés)	86.15 ± 12.9	87.05 ± 7.2	77.3 ± 7.7	67.45 ± 20
Celdas 5-6	<i>Heliconia</i> sp. (Heliconia)	74.47 ± 14.7	95.25 ± 8.1	89.7 ± 7.2	90.7 ± 12.7
Celdas 7-8	<i>Typha</i> sp.(Tule)	217.1 ± 15.05	246.9 ± 11.25	200.2 ± 22.05	220.3 ± 9.55

Fuente: Elaboración propia.

En general La especie *Typha* sp. demostró buen crecimiento en todos los segmentos del HC, por ser una planta acuática, enraizada, emergente, perenne, hasta de 2.5 m [8], mientras que especies como *Heliconias* sp. son plantas con flores tropicales nativas de la América [9] y *Spathiphyllum wallisii* no se vieron afectadas por su posicionamiento de sembrado con relación a su crecimiento (tabla 3), cabe recalcar que las plantas de *Spathiphyllum wallisii* existen en una gran variedad para este género que está constituido por 60 especies [10] para ampliar los estudios en relación con este tema, mientras que *Canna hibryds* creció de manera similar en los 4 segmentos, indicando su fácil adaptabilidad. Indicando así la importancia de selección de las plantas para su uso y crecimiento en HC a su vez está relacionado con la remoción de contaminantes del sistema. Y por otro lado el potencial ambiental, económico y social de las especies ornamentales utilizadas en México y para los países en desarrollo ubicados en regiones tropicales y subtropicales, [11, 12]. Así introducir ecotecnologías en las comunidades y zonas rurales de nuestro país, para un bien en común tanto sociocultural, ambiental, económico, desarrollo y aplicación de la investigación científica de cada una de nuestras zonas geográficas.

## 5. Conclusiones

El crecimiento de plantas ornamentales en HC es dependiente de su posicionamiento de sembrado en cuanto a la entrada (agua residual) y salida del agua (agua tratada), hubo variaciones en su crecimiento en las plantas ornamentales, a excepción de *Canna hibryds* la cual creció de manera similar en los 4 cuadrantes, indicando su fácil adaptabilidad, respecto a *Spathyphylum wallisi* su crecimiento es favorecido en la entrada, en los primeros dos segmentos de la entrada de agua residual, donde la carga de contaminantes es mayor, las *heliconias* sp. le favoreció en los tres últimos segmentos, donde el agua tiene menos carga de contaminantes. La especie *Typha* sp. crece de manera homogénea en celdas de humedales subsuperficiales de flujo horizontal, relacionado con su fácil adaptación a HC por ser una planta típica de humedales naturales, mientras que respecto a las plantas ornamentales terrestres. Para generar una mayor producción de plantas que favorecen la remoción de contaminantes en aguas residuales y aprovecharla como materia prima, es necesario que los diseños de HC contemplen su posicionamiento dentro de las celdas de humedales como demuestra este trabajo.

## 6. Agradecimientos

Agradecemos al Dr. Hugo López Rosas, Investigador del Colegio de Veracruz por sus valiosísimas aportaciones para este trabajo y también a los “Jóvenes Construyendo el futuro” del programa de



Gobierno, aprendices en El Colegio de Veracruz, por su valioso apoyo en el trabajo de campo y análisis de muestras.

## 7. Referencias

- [1] Marín-Muñiz, JL, “Humedales construidos en México para el tratamiento de aguas residuales, producción de plantas ornamentales y reúso del agua”, *Agroproductividad*, 10, 5, 2017, 90-95.
- [2] García, J., Valdés-Casillas, C., Cadena-Cárdenas, L., Romero-Hernández, S., Silva-Mendizábal, S., González-Pérez, G., Leyva-García, G., & Aguilera-Márquez, D., “Humedales artificiales como un método viable para el tratamiento de drenes agrícolas”, *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2,1, 2011,97-111.
- [3] García, J., Corzo A., “Depuración con humedales construidos: Guía práctica de diseño, construcción y explotación de sistemas de humedales de flujo subsuperficial”, Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental de la Universidad Politécnica de Cataluña, España. pp 3, 5, 2008, 100.
- [4] Mitsch, WJ. y Gosselink, JG, “Wetlands”, 15 ed. John Wiley & Sons, Nueva York, 2015.
- [5] Hernández Alarcón, M. E., “Humedales ornamentales con participación comunitaria para el saneamiento de aguas municipales en México”, *Revista Internacional de Desarrollo Regional Sustentable*, 2, 1, 2016, 1-12.
- [6] Haberl, R., Perfler, R. y Mayer, H., “Constructed wetlands in Europe”, *Water Science and Technology*, 32, 3, 1995, 305-315.
- [7] INEGI (2010). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Censos nacionales. <http://www.inegi.gob.mx>.
- [8] Rzendowski, J. y G. C. de Rzendowski. (1990). *Flora Fanerogámica del valle de México: Volumen III*, Instituto de Ecología, Centro Regional del Bajío, Pátzcuaro, Michoacán. México, 1990, 494p.
- [9] Jerez, E, “El cultivo de Heliconias”, *Cultivos Tropicales*, 28, 1, 2007, 29-35.
- [10] Coar. T. B. y Acebey A. R. “Flora de Veracruz: ARACEAE”, Instituto Nacional de Ecología-Instituto de Investigaciones Tropicales UV. Xalapa, Veracruz. 2015, 219p.
- [11] Zitácuaro-Contreras, I., Vidal-Álvarez, M., Hernández y Orduna, MG., Zamora-Castro, SA., Betanzo-Torres, EA., Marín-Muñiz, JL. y Sandoval-Herazo, LC. “Environmental, economic, and social potentialities of ornamental vegetation cultivated in constructed wetlands of Mexico”, *Sustainability*, 13, 2021, 6267.
- [12] Méndez-Mendoza AS, Bello-Mendoza R., Herrera-López D., Mejía-González G., Calixto-Romo A. “Performance of constructed wetlands with ornamental plants in the treatment of domestic wastewater under the tropical climate of South Mexico” *Water Practice and Technology*, 10, 2015, 110–123.