



## Vegetación ornamental utilizada en fitorremediación y sus potencialidades ambientales, económicas y sociales

Irma Zitácuaro-Contreras<sup>1,\*</sup>, José Luis Marín-Muñiz<sup>1</sup>, María del Carmen Celis Pérez<sup>1</sup>,  
Monserrat Vidal Alvarez<sup>1</sup>, Xochitl del Alba León Estrada<sup>1</sup>, Sergio A. Zamora Castro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>El Colegio de Veracruz, Academia de Desarrollo Regional Sustentable, Xalapa, Veracruz, México.

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería, construcción y hábitat, Universidad Veracruzana, Boca del Río, Veracruz, México.

\*[izitacuaro@yahoo.com](mailto:izitacuaro@yahoo.com)

### Resumen

Las plantas poseen características fisiológicas que les permiten absorber/adsorber nutrientes mediante procesos físicos, químicos y biológicos. En este concepto, se ha demostrado que algunas plantas ornamentales tienen estas características de depuración de contaminantes y pueden ser utilizadas en humedales construidos (HC), siendo una ecotecnología viable por requerir pocos recursos. Mediante una investigación documental de 55 artículos se analizó el potencial ambiental (fitorremediación), económico (valor comercial) y social (valor ornamental y artesanal) de las especies ornamentales utilizadas en México en la operación de HC. Se identificaron las especies que han demostrado la funcionalidad al remover hasta en un 90% los contaminantes orgánicos. El estudio reveló también que las potencialidades sociales y económicas hacen posible el atractivo para su cultivo en HC y con ello lograr el saneamiento de aguas residuales comunitarias como una contribución al desarrollo sustentable comunitario.

*Palabras claves: Saneamiento, aguas residuales, desarrollo comunitario, ecotecnologías.*

### Abstract

Plants have physiological characteristics that allow them to absorb/adsorb nutrients through physical, chemical and biological processes. In this concept, it has been shown that some ornamental plants have these pollutant purification characteristics and can be used in constructed wetlands (HC), being a viable ecotechnology because it requires few resources. Through a documentary research of 55 articles, the environmental (phytoremediation), economic (commercial value) and social (ornamental and artisanal value) potential of the ornamental species used in Mexico in the HC operation were analyzed. The species that have demonstrated functionality by removing up to 90% of organic contaminants were identified. The study also revealed that the social and economic potentialities make possible the attractiveness for its cultivation in HC and thus achieve the sanitation of community wastewater as a contribution to sustainable community development.

*Keywords: Sanitation, wastewater, community development, ecotechnologies.*

Recibido: 15 de febrero 2022. Aceptado: 05 de abril de 2022. Publicado: 15 de agosto 2022.

### 1. Introducción

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible contiene 17 objetivos [1] que incluyen aspectos de la sustentabilidad como son el ambiental, económica y social, además de argumentar que hacer un uso



más eficiente de los recursos naturales es una obligación relacionada con la ética. En este sentido, el documento en el objetivo 6 enfatiza el compromiso del derecho al saneamiento para todos. Estas premisas justifican el ahorro de recursos y el generar menos residuos para reducir la contaminación [2]. Sin embargo, se ha observado que la optimización del uso de los recursos naturales se ha puesto en espera a nivel internacional [3]. El desarrollo generalizado es la razón de un alto consumo de recursos naturales.

El agua y la vegetación son de los recursos naturales con gran impacto en el desarrollo de las localidades y su deterioro se ha dado gradual. En México para 2017, 105 acuíferos presentaron sobreexplotación significando el 23.5% del total nacional, además, 108 cuencas registraron problemas de recursos debido a la baja disponibilidad, valor que representa el 14.3% [4]. Otro factor que limita la disponibilidad de agua es la contaminación a causa de la escasa infraestructura para el saneamiento, solo se trata el 53.9% de los 215.1 m<sup>3</sup>/s vertidos, y en el sector industrial se trata el 38.3% de los 218.4 m<sup>3</sup>/s generados a nivel nacional [4]. La vegetación es otro recurso importante que ha sido deteriorado por la actividad humana, se han realizado estimaciones de las especies fanerógamas (plantas con flores y semillas) en México, encontrando 220 familias registradas, con 2,410 géneros y 22,000 especies, lo que coloca al país dentro de los primeros lugares con mayor biodiversidad en todo el mundo [5, 6].

Ante la problemática de la contaminación, los HC han sido diseñados como sistemas que operan con procesos físicos, químicos y biológicos para eliminar la mayoría de los contaminantes presentes en las aguas residuales. Los principales componentes de los HC son sustratos, microorganismos y vegetación [7, 8]. En general, los HC se consideran una opción para el desarrollo de pequeñas ciudades porque no requieren recursos energéticos, no requieren mano de obra especializada y su proceso no requiere de agentes químicos, por lo que los hace procesos sin impacto negativo al medio ambiente [8, 9]. Los HC son una opción económica y ecológicamente viable para el saneamiento de aguas residuales. Su construcción consiste en celdas rellenas de un medio granular, que funciona como soporte de la vegetación sembrada. En su proceso, permiten el desarrollo de microorganismos que eliminan gran parte de los contaminantes orgánicos e inorgánicos mediante procesos aeróbicos [10, 11, 12].

La vegetación en los HC funciona como agente fitorremediador y puede ser de tres tipos: (1) emergente, si la biomasa aérea sobresale de la superficie, (2) flotante, si la biomasa y las raíces se desarrollan en el agua, y (3) sumergidos, si las plantas se arraigan al sustrato sin lograr salir de la columna de agua [9, 11]. Se observa que, ante el problema de la falta de saneamiento de aguas residuales en pequeñas ciudades, las HC sembrados con plantas ornamentales son una opción viable que puede resultar atractiva desde el punto de vista social, ya que promueve la producción de flores con diversos aprovechamientos como son ornamentales o artesanales. Sin embargo, esta infraestructura de saneamiento no es habitual en México [4], en gran parte debido a la falta de conocimiento sobre ella y sus componentes, como lo es la vegetación [13].

Con base a lo anterior, el estudio tiene como objetivo "Analizar el potencial ambiental, económico y social de las especies ornamentales utilizadas en México para la fitorremediación en HC".

## 2. Antecedentes o marco teórico

Los procesos de fitorremediación por medio de la vegetación son propios de los humedales naturales, como una réplica en medios controlados se ha hecho uso de HC que sistémicamente brindan beneficios sociales, económicos y ambientales que los hacen una herramienta de la sustentabilidad (figura 1). En estos HC existen diversos estudios del uso de plantas, algunas ornamentales, no propias de humedales naturales que cumplen con las propiedades fitorremediadoras y regularmente se cultivan en los HC [8, 14, 15] (Figura 2). El valor de estas plantas es mayor y no se reconocen los beneficios ambientales, económicos y sociales que adicionalmente tienen esas plantas, que de esa forma pueden significar un atractivo para su aprovechamiento y contribuir al desarrollo local vía el trabajo comunitario de grupos organizados. Asimismo, el conocer las potencialidades de las plantas otorga a los usuarios de los HC un apoyo para la selección del uso de plantas de acuerdo a sus requerimientos y al mismo tiempo sean la

mejor opción para mejorar la remoción de contaminantes. Entre estas especies se encuentran aquellas con flores ornamentales que pueden tener uso comercial. En México se han identificado más de 1,000 especies y variedades de plantas ornamentales [16].

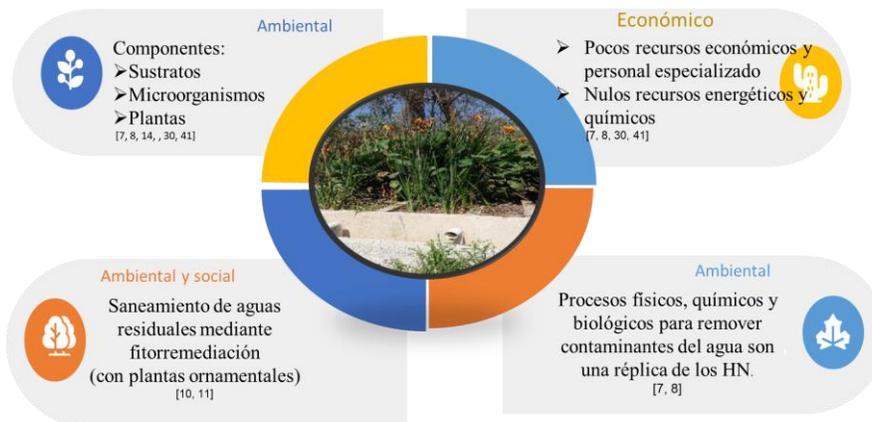


Figura 1. Aspectos ambientales, económicos y ambientales de los HC.



Figura 2. Humedal construido cultivado con plantas ornamentales.

Los procesos de fitorremediación con plantas ornamentales se han investigado para su uso en aguas residuales de origen público urbano, generadas en procesos industriales o de algunos servicios. Estas plantas son de interés para los estudios de saneamiento por su uso como plantas macrófitas con características físicas y biológicas de absorción/adsorción de contaminantes presentes en agua [17,18]. Este tipo de plantas son útiles en procesos de saneamiento a través de HC, los cuales son objeto de investigación académica, considerando su posible uso en pequeñas localidades [19, 20, 21, 22].

### 3.1.2 Justificación

La depuración de aguas residuales con especies de plantas con altos valores de eficiencia en la remoción de contaminantes tienen valor agregado por su comercialización si se adiciona un uso ornamental como es el caso de especies como son: las heliconias (platanillo), *Strelitzia reginae* (ave de paraíso), *Spathiphyllum wallisii* (cuna de moisés), *Zingiber spectabile* (maraca), *Etlingera elatior* (bastón del emperador), *Anthurium andreanum* (anturio) y *Zantedeschia aethiopica* (alcatraz) [23, 24] así como en la elaboración de artesanías, como es la *Typha* (tule), y entre otros usos, mismos que no han sido motivo de estudio aun cuando pueden significar un atractivo para su cultivo en HC y con ello hacer extensiva la construcción de estos sistemas, esta combinación de factores representa una oportunidad para que la



operación y el mantenimiento de los HC esté a cargo de la participación social, al darse el aprovechamiento de la producción en los humedales, mediante el fortaleciendo del capital social grupal. Sin embargo, los estudios de HC cultivados con plantas ornamentales no dan referencia de las potencialidades ambientales, económicas y sociales, lo cual adicionalmente aportará información para la toma de decisiones de quienes implementen los proyectos de saneamiento.

### 3. Metodología experimental

El estudio se realizó mediante una investigación documental [25] y análisis de contenido [26, 27], predominantemente en investigación cualitativa y cuantitativa con el uso de estadística descriptiva. Los pasos metodológicos de este estudio consistieron en que una vez definida la pregunta de investigación con el uso de palabras clave se hizo una búsqueda documental para seleccionar los estudios por su tamaño (a escala macrocosmos o microcosmo) y por su nivel de aplicación (domiciliario, comunal o piloto) con la particularidad de que consideren el uso de plantas ornamentales y funcionen con eficiencias de remoción superiores al 50% en el tratamiento de aguas residuales municipales. Se realizaron búsquedas en bases de datos utilizando researchgate.net, academia.edu, TESIUNAM; además, se revisaron artículos en la web de la ciencia, Scopus e ISI Web of Knowledge, así como publicaciones del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Adicionalmente, para las potencialidades económicas se recurrió al Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON-NG) operado por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA), donde se registran a nivel nacional valores de producción y venta por especie de plantas ornamentales.

Para el proceso de clasificación de las potencialidades ambientales, económicas y sociales se subdividieron los estudios por categorías: a) Tipo de humedal, b) especies de planta, c) tipo de contaminantes removidos, d) eficiencias de remoción, e) forma de comercialización, y f) uso de las plantas ornamentales con propiedades fitorremediadoras. Para la obtención de resultados se recurrió al análisis estadístico.

Entre las categorías se realizó la subdivisión del valor ambiental, económico y social de las especies de las plantas con características propias de la fitorremediación. Con las siguientes especificaciones:

- ✓ Para detectar el valor ambiental de las plantas ornamentales utilizadas en los procesos de fitorremediación, se revisaron estudios que evaluaban la depuración de aguas residuales mediante indicadores de la remoción, identificando los siguientes: Demanda Biológica de Oxígeno ( $DBO_5$ ), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Grasas y Aceites (G y A), Sólidos Suspendedos Totales (SST), Sólidos Disueltos Totales (TDS), Coliformes Fecales (CF), Cloruro (Cl), Fósforo (P), Nitrógeno (N), Amonio ( $NH_4$ ), Fosfato ( $PO_4$ ), ibuprofeno ( $C_{13}H_{18}O_2$ ), arsénico (As), sulfato ( $SO_4$ ), sólidos volátiles (SV) y nitrato ( $NO_3$ ). En este sentido, se seleccionaron 55 estudios por su contenido de reportes de eficiencias de remoción superiores al 50%. La información se integró en una base de datos con variables como especie de planta, tipo de parámetro analizado, eficiencia de remoción y tipo de humedal.
- ✓ En cuanto al valor económico de las especies utilizadas en humedales, el valor de mercado de las plantas ornamentales se registró con base a publicaciones e informes del SIACON-NG, con información a 2018 reportada por la SAGARPA, así como en un análisis del mercado de venta en sus diferentes formas, en planta, maceta, arreglos florales, así como por su biomasa aérea de venta, el tiempo de anaquel y el valor de la producción de tallos, hojas y flores.
- ✓ El valor social se subclasificó por el uso dado a la producción de las especies florales y artesanales. Las categorías son ornamental, artesanal, medicinal y alimenticio.



#### 4. Resultados experimentales

Del análisis documental de proyectos de HC donde se utilizaron especies florísticas en el proceso de fitorremediación, se identificaron 21 especies de plantas con características idóneas para la depuración (Tabla. 1). En los estudios estas especies fueron analizadas en aspectos de la eficiencia de remoción, adaptación a los diferentes tipos de sustratos, la floración y crecimiento de hojas, sin embargo, las especies florísticas tienen otras características que fueron motivo de investigación en el presente estudio, como son las potencialidades ambientales, sociales y económicas, presentadas a continuación.

#### Potencial ambiental

El papel de estas especies en el proceso de depuración de aguas residuales consiste en la absorción/filtrado de contaminantes a través de las raíces [8, 19]. De la misma forma, pueden degradar compuestos químicos, incluidos fármacos como el ibuprofeno [28]. Estas características de fitorremediación, como proceso mediante el cual se hace la depuración de contaminantes presentes en las aguas residuales, constituyen el valor ambiental al contribuir a la depuración de agua o aire (Tabla 1), sin embargo, para efectos del estudio se enfatiza en la depuración en agua con aplicación en las aguas residuales de origen doméstico. Específicamente el potencial ambiental se da por la disminución de contaminantes que ya no son vertidos a los cuerpos receptores y con ello contribuir al saneamiento de ríos, manantiales y subsuelo.

Tabla 1. Potencial ambiental de las especies florísticas utilizadas en la fitorremediación.

Nombre	Contaminante medido	Potencial ambiental	Referencia
<i>Pragmites australis</i> (Carrizo)	DBO <sub>5</sub> , G y A, N, PO <sub>4</sub>	Fitorremediación (agua)	[29]
<i>Gladiolus spp</i> (Gradiolo)	DBO <sub>5</sub> , G y A, N, PO <sub>4</sub>	Fitorremediación (agua)	[19, 30, 31, 32, 33]
<i>Canna (indica, hybrids)</i> (Caña de India)	DBO <sub>5</sub> , DQO, SST, CL, P, N, SV	Fitorremediación (agua)	[30, 34, 35]
<i>Iris japonica</i> (Lirio acuático)	DBO <sub>5</sub> , DQO, G y A, CF, NH <sub>4</sub> , PO <sub>4</sub>	Fitorremediación (agua)	[30, 34, 35]
<i>Heliconia (sp, stricta, sittacorum, rostrata)</i> (Heliconia)	DBO <sub>5</sub> , DQO, G y A, CF, NH <sub>4</sub> , PO <sub>4</sub> y adaptación de sustrato	Fitorremediación (agua)	[30, 34, 36, 37]
<i>Zantedeschia aethiopica</i> (Alcatraz)	DBO <sub>5</sub> , DQO, G y A, SST, CF, Cl, N, PO <sub>4</sub> , As, SV, NO <sub>3</sub>	Fitorremediación (agua)	[11, 19, 20, 23, 30, 33, 34, 35, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44]
<i>Strelitzia Reginae</i> (Ave de paraíso)	DBO <sub>5</sub> , DQO, G y A, CF, NH <sub>4</sub> , PO <sub>4</sub>	Fitorremediación (agua)	[14, 19, 34, 41, 45, 46, 47]
<i>Anthurium andreanum</i> (Anturio)	DBO <sub>5</sub> , DQO, CF, P, N, NH <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub>	Fitorremediación (agua y aire)	[14, 19, 42, 44]
<i>Anemopsis californica</i> (Hierba mansa)	SDT, Cl, P, As, SO <sub>4</sub>	Fitorremediación (agua)	[40]
<i>Alpinia purpurata</i> (Ginger rojo)	DBO <sub>5</sub> , DQO, Cl, P, N, SV	Fitorremediación (agua)	[11, 31, 32, 46, 48]
<i>Spathiphyllum</i> (Cuna de moises)	DBO <sub>5</sub> , DQO, G y A, SST, CF, P, N, PO <sub>4</sub> , NH <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> , C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	Fitorremediación (agua y aire)	[12, 34, 43, 49]
<i>Hedychium coronarium</i> (Flor mariposa)	DBO <sub>5</sub> , DQO, G y A, CF, Cl, NH <sub>4</sub> , PO <sub>4</sub> , SV	Fitorremediación (agua)	[7, 20, 31, 32, 34, 42, 44]
<i>Alocasia sp</i> (Oreja de elefante)	DBO <sub>5</sub> , DQO, G y A, TSS, CF, P, N, NH <sub>4</sub> , PO <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub>	Fitorremediación (agua)	[34]
<i>Lilium sp</i> (Lirios)	DQO, SST, P, NO <sub>3</sub>	Fitorremediación (agua)	[20, 42, 44]
<i>Typha Latifolia</i> (Tule)	DBO <sub>5</sub> , PO <sub>4</sub> , N, G y A, NO <sub>3</sub>	Fitorremediación (agua)	[7, 20, 42, 44]
<i>Pontederia sagittata</i> (Lirio de laguna)	DBO <sub>5</sub> , DQO, NO <sub>3</sub>	Fitorremediación (agua)	[50]
<i>Hemerocallis</i> (Lirio de día)	DBO <sub>5</sub> , DQO, P, NO <sub>3</sub>	Fitorremediación (agua)	[19]
<i>Cyperus Papyrus</i> (Papiro)	DBO <sub>5</sub> , DQO, G y A, CF, NH <sub>4</sub> ,	Fitorremediación (agua)	[20, 34, 42, 44]



	PO <sub>4</sub>		
<i>Dieffenbachia seguine</i> (Galatea)	DBO <sub>5</sub> , N, NH <sub>4</sub> , PO <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub>	Fitorremediación (agua)	[49]
<i>Zingiber spectabile</i> (Maraca)	DQO, NO <sub>3</sub> , PO <sub>4</sub>	Fitorremediación (agua)	[51]
<i>Etilingera elatior</i> (Bastón)	Se evaluó la adaptación a sustrato	Fitorremediación (agua)	[37, 51]

Los parámetros contaminantes más analizados en los procesos de fitorremediación en HC se muestran en la Tabla 2. La DBO<sub>5</sub>, la DQO y los fosfatos localizados principalmente en descargas de aguas residuales de origen público urbano fueron los parámetros más investigados en las publicaciones, ambos describen el grado de contaminación del agua. Las especies ornamentales más utilizadas en la fitorremediación fueron la *Zantedeschia aethiopica* (alcatraz) y la *Spathiphyllum blyum* (cuna de moisés).

Tabla 2. Parámetros de remoción de contaminantes y su frecuencia relativa

Parámetro	Frecuencia (%)
DBO <sub>5</sub>	16
DQO	12
PO <sub>4</sub>	11
GyA	10
NH <sub>4</sub>	8
CF	8
N	8
NO <sub>3</sub>	8
P	5
SST	4
CL	4
SV	3
C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	1
AR	1
SO <sub>4</sub>	1

La reducción de DBO<sub>5</sub> por plantas osciló entre 70 y 89%; Asimismo, la reducción de la DQO resultó ser del 70% al 86%, y se encontró que la reducción de PO<sub>4</sub> y grasas y aceites fue del 70% al 84% y del 70% al 82%, respectivamente. La elección de las plantas, además de sus propiedades de fitorremediación, respondió a varios factores como el tipo de vertido de aguas residuales (municipal, industrial, otros) y el clima.

### Potencial económico

Como consecuencia del reconocimiento del valor ornamental de las plantas, en México se ha incrementado la producción de estas especies. El valor económico de estas plantas es registrado por la SAGARPA, a través del SIACON-NG. Las principales contribuciones por especies vegetales que son utilizadas en HC es *Gladiolus* (gladiolo) con una producción de 5,425,054.6 toneladas con un valor de 1,361.2 millones de pesos, para *Anthurium andreaeanum* (anturio) con una producción de 1,542.7 toneladas con un valor de 5.4 millones de pesos y para *Zantedeschia aethiopica* (alcatraz) una producción de 2,331.5 toneladas con 0.6 millones de pesos, estos valores son los cultivados a nivel nacional, sin embargo, los datos son de referencia para detectar el potencial económico de la producción y del atractivo económico que representan las especies, esto permite visualizar el uso de las plantas y la oportunidad para su comercialización si se cultivan en una serie de HC. Un atractivo económico adicional es la venta local de las especies en sus diferentes componentes de la masa aérea (Tabla 3). Este atractivo económico representa un estímulo para garantizar la operación y

mantenimiento de los HC con participación social, debido a que no existen programas gubernamentales para estos conceptos y la construcción no ha sido viable con motivo de la falta de gestión por parte de las autoridades municipales.

Tabla 3. Valor de la masa aérea de especies cultivadas en HC.

Nombre científico (común)	Potencial económico	
	Uso/forma comerciable	Forma de venta/precio
<i>Gladiolus spp</i> (Gradiolo)	Ornamental/arreglo floral, maceta, flor	Comercio internacional 1,361 millones de pesos
<i>Heliconia (sp, stricta, psittacorum, rostrata)</i> (Heliconia)	Ornamental /arreglo floral, maceta, flor	Comercio local \$18.00 y \$25.00 por flor y \$200.00 por planta
<i>Zantedeschia aethiopica</i> (Alcatraz)	Ornamental/arreglo floral, maceta, flor	Comercio local \$80.00 por planta
<i>Strelitzia Reginae</i> (Ave de paraíso)	Ornamental/arreglo floral, maceta, flor	Comercio nacional 0.6 millones de pesos, local \$350.00 por planta
<i>Anthurium andreaum</i> (Anturio)	Ornamental/arreglo floral, maceta, flor	Comercio nacional 5.5 millones de pesos, local \$300.00 planta
<i>Alpinia purpurata</i> (Ginger rojo)	Ornamental/arreglo floral, maceta, flor	Comercio local 20.00 por flor
<i>Spathiphyllum</i> (Cuna de moises)	Ornamental/arreglo floral, maceta, flor	Comercio local \$80.00 por planta
<i>Alocasia sp</i> (Oreja de elefante)	Ornamental/maceta	Comercio local \$280.00 por planta
<i>Lilium sp</i> (Lirios)	Ornamental/arreglo floral, maceta, flor	Comercio local \$270.00 por planta
<i>Typha Latifolia</i> (Tule)	Artisanal/muebles, hojas	Comercio local para artesanías y muebles
<i>Pontederia sagittata</i> (Lirio de laguna)	Ornamental/arreglo floral, flor, hoja	Comercio local \$80.00 por planta
<i>Hemerocallis</i> (Lirio de día)	Ornamental/arreglo floral, flor	Comercio local \$125.00 por planta
<i>Cyperus Papyrus</i> (Papiro)	Ornamental y artesanal/maceta, planta	Comercio local \$70.00 planta
<i>Dieffenbachia seguine</i> (Galatea)	Ornamental/maceta, flor	Comercio local 350.00 por planta
<i>Zingiber spectabile</i> (Maraca)	Ornamental/arreglo floral, flor, hoja	Comercio local 25.00 por flor \$14.00 a \$23.00 flor, \$250.00 por planta
<i>Etilingera elatior</i> (Bastón)	Ornamental/arreglo floral, flor, hoja	Comercio local \$250.00 planta

Fuente: SIACON precios a 2018 y entrevistas locales.

### 3.3.4 Potencial social

El potencial social se clasificó en ornamental, artesanal, medicinal y alimentario. Por tanto, las especies vegetales pueden utilizarse como materia prima en la elaboración de artesanías, arreglos florales y el cultivo de plántulas en macetas que pueden comercializarse en pequeñas cantidades. Al mismo tiempo, se desarrollaría una cultura que promueva el uso eficiente de los recursos naturales en las localidades donde se construyen HC sembrados con flores ornamentales (figura 3). En este contexto se realiza la clasificación de los usos desde varios aspectos que representan beneficios para la sociedad (artesanales, ornamentales, culturales y medicinales) (Tabla 4).

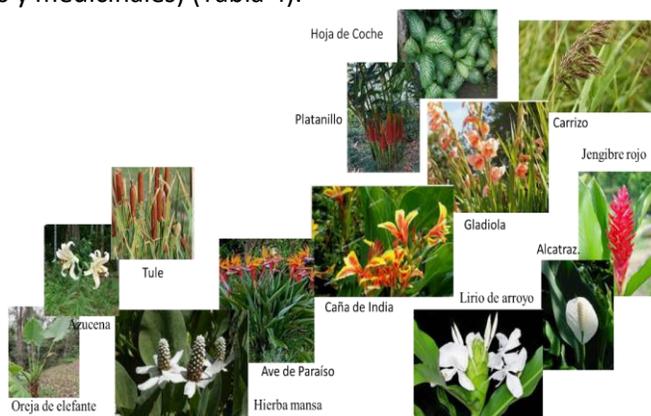


Figura 3. Especies florales utilizadas en la fitorremediación en HC.



Tabla 4. Potencial social de las especies con características para la fitorremediación

<b>Nombre científico (común)</b>	<b>Potencial social</b>	<b>Referencia</b>
<i>Pragmites australis</i> (Carrizo)	Artesanal, medicinal	
<i>Gladiolus spp</i> (Gradiolo)	Ornamental, medicinal	[70, 71]
<i>Canna (indica, hybrids)</i> (Caña de India)	Ornamental, medicinal	[52]
<i>Iris (japonica)</i> (Lirio acuático)	Ornamental	
<i>Heliconia (sp, stricta, psittacorum, rostrata)</i> (Heliconia)	Ornamental	[53, 54]
<i>Zantedeschia aethiopica</i> (Alcatraz)	Ornamental	[55, 69]
<i>Strelitzia Reginae</i> (Ave de paraíso)	Ornamental, medicinal	[56]
<i>Anthurium andreaeanum</i> (Anturio)	Ornamental, medicinal	[57, 58, 59]
<i>Anemopsis californica</i> (Hierba mansa)	Ornamental	
<i>Alpinia purpurata</i> (Ginger rojo)	Ornamental, medicinal, alimenticio	
<i>Spathiphyllum</i> (Cuna de moises)	Ornamental, medicinal	[60, 61]
<i>Hedychium coronarium</i> (Flor mariposa)	Ornamental, medicinal	
<i>Alocasia sp</i> (Oreja de elefante)	Ornamental, medicinal, alimenticia	[62]
<i>Lilium sp</i> (Lirios)	Ornamental, medicinal	[63]
<i>Typha Latifolia</i> (Tule)	Ornamental, medicinal	[64, 65]
<i>Pontederia sagittata</i> (Lirio de laguna)	Ornamental	
<i>Hemerocallis</i> (Lirio de día)	Ornamental	
<i>Cyperus Papyrus</i> (Papiro)	Ornamental, artesanal	[66]
<i>Dieffenbachia seguine</i> (Galatea)	Ornamental, medicinal	[67]
<i>Zingiber spectabile</i> (Maraca)	Ornamental, medicinal	[68]
<i>Etlingeriae elatior</i> (Bastón)	Ornamental	

El uso de plantas ornamentales en localidades rurales, donde su cultivo en HC es factible, gana importancia porque estas localidades carecen regularmente de floristerías para satisfacer la demanda de plantas para eventos religiosos, familiares, cívicos y festividades culturales. Por lo tanto, el cultivo de estas especies puede representar una oportunidad para el comercio local, además de representar una oportunidad de generar ingresos, puede reducir los costos debido a los gastos de trasladarse a lugares cercanos para la adquisición de plantas.

De las especies identificadas con propiedades para la fitorremediación, el 90.5% tiene un uso ornamental y el resto se puede utilizar en actividades artesanales; ambos tienen el potencial de ser comercializados y utilizados en eventos locales, sociales y culturales.

Estas características representan el atractivo para que la sociedad tenga en interés de operar los HC y con ello acceder a los beneficios de la administración de la producción derivada del cultivo de plantas ornamentales en los HC.

## 5. Conclusiones

En localidades rurales existe una demanda de flores ornamentales para eventos sociales, culturales y de religión misma que no se atiende debido a la falta de producción. El uso de vegetación ornamental no típica de humedales naturales que ha sido adaptada y cultivada en HC, es una iniciativa que permite hacer atractiva la construcción de los mismos y se pueda dar el aprovechamiento de la masa aérea de las plantas. Sin embargo, existen pocos casos aplicados. Para aprovechar el potencial de las plantas ornamentales de HC es necesaria la operación de grupos comunitarios empoderados en el valor en la



eliminación de contaminantes y de las bondades de los sistemas. Esto para favorecer la adopción y apropiación de los HC.

Otra estrategia importante para fortalecer el uso de plantas ornamentales son las redes de producción, mismas que operan como agentes para preservar y aprovechar los recursos ornamentales nativos. Mediante estas redes de producción se promueve el uso sostenible de las plantas en beneficio de la sociedad a través de la participación de instituciones educativas, de investigación, agencias gubernamentales y asociaciones de productores.

Motivar la producción de plantas ornamentales en HC 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.

Por los potencialidades económicas y sociales analizadas, se recomienda el cultivo de *Gladiolus spp* (Gradiolo), *Zantedeschia aethiopica* (Alcatraz), *Strelitzia Reginae* (Ave de paraíso), *Anthurium andreaeanum* (Anturio), *Spathiphyllum* (Cuna de moises), *Zingiber spectabile* (Maraca) y *Etilingerae elatior* (Bastón) por potencial económico por la venta para arreglos florales o planta en maceta, además de *Typha Latifolia* (Tule) por su uso en la elaboración de artesanías como cestas o muebles como sillas y mecedoras.

## 6. Agradecimientos

El autor le agradece al CONACyT el apoyo otorgado a través de la Beca para Estudios de Doctorado en Desarrollo Regional Sustentable de El Colegio de Veracruz.

## 7. Referencias

- [1] Organización de las Naciones Unidas, “Resolución A/RES/70/1 Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”, ONU, EU, 2015.
- [2] Foladori, G., “Paradojas de la sustentabilidad: Ecológica versus social”, Trayectorias, 9, 2007, 20–30.
- [3] Sánchez, R. J., “La Bonanza de los Recursos Naturales para el Desarrollo: Dilemas de Gobernanza”, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Santiago, 2019.
- [4] Comisión Nacional del Agua, “Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación, Diciembre 2018”, Comisión Nacional del Agua, México, 2018.
- [5] Toledo, V. M., “La diversidad biológica de México. Nuevos retos para la investigación de los noventa”, Ciencias, 34, 1994, 43–57.
- [6] Rzedowski, J., “Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México”, Acta Botánica Mexicana, 14, 1991, 3–21.
- [7] Marín-Muñiz, J. L., “Remoción de contaminantes de aguas residuales por medio de humedales artificiales establecidos en el municipio de Actopan, Veracruz, México”, Revista Mexicana de Ingeniería Química, 15, 2, 2016, 553-563.
- [8] Marín-Muñiz, J. L., “Humedales construidos en México para el tratamiento de aguas residuales, producción de plantas ornamentales y reúso del agua”, Agroproductividad, 10, 5, 2017, 90-95.
- [9] Arias, M. S. A., Betancur, T. M. B., Gómez, R. G., Salazar, G. J. P., y Hernández, A. M. L., “Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas”, Informador Técnico, 74, 2010, 12–22.
- [10] Mitsch, WJ. y Gosselink, JG, “Wetlands”, 15 ed. John Wiley & Sons, EU, 2015.



- [11] Marín-Muñiz, J. L., García-González, M. C., Ruelas-Monjardín, L. C., Moreno-Casasola, P., "Influence of different porous media y ornamental vegetation on wastewater pollutant removal in vertical subsurface flow wetland microcosms", *Environmental Engineering Science*, 35, 2, 2018, 88–94.
- [12] Sandoval-Herazo, M., Nani, G., Sandoval, L., Rivera, S., Fernández-Lambert, G., Alvarado-Lassman, A., "Evaluación del desempeño de humedales construidos verticales parcialmente saturados para el tratamiento de aguas residuales porcinas", *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23, 2, 2020, 38-50.
- [13] Zurita F., Castellanos-Hernández O. A., y Rodríguez-Sahagún A., "El tratamiento de las aguas residuales municipales en las comunidades rurales de México", *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1, 1, 2011, 139-150.
- [14] Zurita, F., De Anda, J., y Belmont, M. A., "Treatment of domestic wastewater y production of commercial flors in vertical y horizontal subsurface-flow constructed wetlands", *Ecological Engineering*, 35, 5, 2009, 861-869.
- [15] Castañeda, V. A. A., y Flores, L. H. E., "Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante plantas macrófitas típicas en Los Altos de Jalisco, México Paakat", *Revista de Tecnología y Sociedad*, 4, 7, 2013, 33-47.
- [16] Gámez, M. O., Villavicencio, G. E., Serrato, C. M. A., Mejía, M. J. M., Treviño, C. G., Martínez, G. L., Rodríguez, O. M., Granada, C. L., Flores, C. M., Reyes, S. J., "Conservación y Aprovechamiento Sostenible de Especies Ornamentales Nativas de México", Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas y Universidad Autónoma Chapingo, México, 2016.
- [17] Singh, O. V., y Jain, R. K., "Phytoremediation of toxic aromatic pollutants from soil", *Appl Microbiol Biotechnol*, 63, 2003, 128–135.
- [18] Delgadillo-López, A. E., González-Ramírez, C. A., Prieto-García, F., Villagómez-Ibarra, J. R., Acevedo-Sandoval, O., "Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación", *Tropical Subtropical Agroecosystems*, 14, 2011, 597–612.
- [19] Zurita, F., de Anda, J., Belmont, M. A., "Performance of laboratory-scale wetlands plantaed with tropical ornamental plants to treat domestic wastewater", *Water Quality Research Journal*, 41, 4, 2006, 410–417.
- [20] Pedraza L. A. M., "Análisis de la dinámica género-gobernanza en instituciones comunitarias de manejo común de recursos. Estudio de caso en Pinoltepec, Municipio de Emiliano Zapata, Ver., México". Tesis de doctorado. El Colegio de Veracruz, Veracruz, México, 2017.
- [21] Rivas, A. "Constructed Wetland at Cucurucho, Municipality of Tzintzuntzan, Michoacán, Mexico", Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México, s/f.
- [22] Luna-Pabello, V. M., y Aburto-Castañeda, S., "Sistema de humedales artificiales para el control de la eutroficación del lago del Bosque de San Juan de Aragón", *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 17, 1, 2014, 32-55.
- [23] Belmont, M. A., y Metcalfe, D. C., "Feasibility of using ornamental plants (*Zantedeschia aethiopica*) in subsurface flow treatment wetlands to remove nitrogen, chemical oxygen demand and nonylphenol ethoxylate surfactants—a laboratory-scale study", *Ecological Engineering*, 21, 4-5, 2003, 233-247.
- [24] SAGARPA, "Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta", SAGARPA, México, (s/f).
- [25] Tancara, C, "La investigación documental". *Temas sociales*, 17, 1993, 91-106.
- [26] Espín, J. V., "El análisis de contenido: una técnica para explorar y sistematizar información", *Revista de Educación*, 4, 2002, 95-105.



- [27] Stemler, S. E., "Content analysis. Emerging trends in the social and behavioral sciences", 2015, 1-14. <https://doi.org/10.1002/9781118900772.etrds0053>
- [28] Sandoval-Herazo, L. C., Marín-Muñiz, J. L., Adame-García, J., Fernández-Lambert, G., Zurita, F., "Effect of *Spathiphyllum blandum* on the removal of ibuprofen and conventional pollutants from polluted river water, in fully saturated constructed wetlands at mesocosm level", *Jornal Water Health*, 18, 2, 2020, 224–228.
- [29] Shaltout, K. H., Al-Sodany, M. Y. y Eid, M. E., "Biology of common reed *Phragmites Australis* (cav.) trin. ex steud: Review And Inquiry", *Assiut University Center For Environmental Studies*, Egipto, 2006.
- [30] Sandoval-Herazo, L. C., "Evaluación del proceso de adaptación de *Spathiphyllum blyum* y su efecto en la remoción de contaminantes convencionales e ibuprofeno mediante humedales construidos alimentados con aguas residuales comunitarias". Tesis de doctorado. El Colegio de Veracruz, Veracruz, México, 2019.
- [31] Amaya, T. S. I., "Remoción de Cloruros y Fluoruros de Aguas Residuales en Humedales Construidos Sembrados con Mono y Policultivos Ornamentales". Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana, Veracruz, México, 2016.
- [32] Gallegos, P. M. P., "Remoción de Nutrientes de Aguas Residuales en Humedales a Escala Unifamiliar Sembrados con Mono y Policultivo de Plantas Ornamentales", Tesis de licenciatura, Universidad Veracruzana, Veracruz, México, 2016.
- [33] Martínez, S. J. A., "Evaluación de un Humedal Artificial Sembrado con Plantas Ornamentales para el Tratamiento Aguas Residuales Domésticas Grises", Tesis de licenciatura, Universidad Veracruzana, Veracruz, México, 2018.
- [34] Garzón, Z. M. A., González, Z. J., y García B. R., "Evaluación de un sistema de tratamiento doméstico para reúso de agua residual", *Revista internacional de contaminación ambiental*, 32, 2016, 199-211.
- [35] Tejeda, A., Torres-Bojorges, A. X., Zurita, "Carbamazepine removal in three pilot-scale hybrid wetlands plantaed with ornamental species", *Ecological Engineering*, 98, 2017, 410–417.
- [36] Orozco, C. E., Cruz, A. M., Rodríguez, M. A., Pohlan, A. J., "Humedal subsuperficial de flujo vertical como sistema de depuración terciaria en el proceso de beneficiado de café", *Higiene y Sanidad Ambiental*, 6, 2006, 190–196.
- [37] Carrera, L. R., "Evaluación de Crecimiento y Viabilidad de Comercialización de Plantas Ornamentales Sembradas en Micro-cosmos de Humedales, con Diferentes Sustratos y en Sitios con Diferente Temperatura", Tesis de maestría, El Colegio de Veracruz, Veracruz, México, 2016.
- [38] Belmont, M. A., Cantellano, E., Thompson, S., Williamson, M., Sánchez, A., y Metcalfe, C.D., "Treatment of domestic wastewater in a pilot-scale natural treatment system in central Mexico", *Ecological engineering*, 4, 5, 2004, 299-311.
- [39] Ramírez-Carrillo, H. F., Luna-Pabello, V. M., Arredondo-Figueroa, J. L., "Evaluación de un humedal artificial de flujo vertical intermitente, para obtener agua de buena calidad para la acuicultura", *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 8, 1, 2009, 93–99.
- [40] Zurita, F., Del Toro-Sánchez, C. L., Gutiérrez-Lomelí, M., Rodríguez-Sahagún, A., Castellanos-Hernández, O. A., Ramírez-Martínez, G., White, J. R., "Preliminary study on the potential of arsenic removal por subsurface flow constructed mesocosms", *Ecological Engineering*, 47, 2012, 101–104,
- [41] Zurita, F., Carreón-Álvarez, A., "Performance of three pilot-scale hybrid constructed wetlands for total coliforms y *Escherichia coli* removal from primary effluenta 2-year study in a subtropical climate", *Journal Water Health*, 13, 2015, 446–458.



- [42] Hernández, M. E., "Humedales ornamentales con participación comunitaria para el saneamiento de aguas municipales en México, RINDERESU, 1, 2016, 1–12.
- [43] Sandoval-Herazo, L. C., Alvarado-Lassman, A., Marín-Muñiz, J.L., Méndez-Contreras, J. M. y Zamora-Castro, S. A., "Effects of the Use of Ornamental Plants y Different Substrates in the Removal of Wastewater Pollutants through Microcosms of Constructed Wetlands", *Sustainability*, 10, 5, 2018, 1-19.
- [44] Pedraza, L. A. M., "Organización comunitaria para el manejo común: El caso del humedal artificial de Pinoltepec, Municipio de Emiliano Zapata, Veracruz", Tesis de maestría, El Colegio de Veracruz, Veracruz, México, 2015.
- [45] Merino-Solís, M. L., Villegas, E., De Anda, J., López-López, A., "The Effect of the Hydraulic Retention Time on the Performance of an Ecological Wastewater Treatment System: An Anaerobic Filter with a Constructed Wetland", *Water*, 7, 3, 2015, 1149–1163.
- [46] Sánchez, O. E. "Evaluación del potencial Redox en Humedales Construidos Tratando Aguas Residuales para la Estimación de Producción de Energía Eléctrica", Tesis de maestría, Universidad Veracruzana, Veracruz, México, 2016.
- [47] González, R. D., "Remoción de Contaminantes en Aguas Residuales Mediante Humedales Bioingenieriles Domiciliarios en Diferente Tipo de Sustrato y Sembrados con *Strelitzia Reginae*", Tesis de licenciatura, Universidad Veracruzana, Veracruz, México, 2017.
- [48] Méndez-Mendoza, A. S., Bello-Mendoza, R., Herrera-López, D., Mejía-González, G., Calixto-Romo, A. Performance of constructed wetlands with ornamental plantas in the treatment of domestic wastewater under the tropical climate of South México", *Water Practice and Technology*, 10, 1, 2015, 110–123,
- [49] Martínez, C. M. I., "Evaluación de Remoción de Contaminantes de Aguas Grises Mediante Humedales Artificiales con Diferente Tipo de Sustrato y Sembrados con Plantas Ornamentales" Tesis de licenciatura, Universidad Veracruzana, Veracruz, México, 2017.
- [50] Olguín, E. Sánchez-Galván, G., González-Portela, R., y López-Vela, M., "Constructed wetland mesocosms for the treatment of diluted sugarcane molasses stillage from ethanol production using *Pontederia sagittata*", *Water Research*, 42, 14, 2008, 3659–3666.
- [51] Cuevas, C. D., "Evaluación de un humedal domiciliario sembrado con *Zingiber Spectabile* y *Strelitzia Reginae* en dos tipos de sustratos para el tratamiento de aguas residuales", Tesis de licenciatura, Universidad Veracruzana, Veracruz, México, 2018.
- [52] Al-Snafi, A. E., "Componentes bioactivos y efectos farmacológicos de *Canna indica*-An Overview", *Revista Internacional Farmacol y Toxicol*, 5, 2015, 71–75.
- [53] Jerez, E., "El cultivo de las heliconias", *Cultivos Tropicales*, 28, 2007, 29–35.
- [54] Sosa, R. F. M., "Cultivo del género *Heliconia*", *Cultivos Tropicales*, 34, 2013, 24–32.
- [55] Pato, A. F., Condés, R. L. F. y Vicente, C. F. E. "Ensayo de *zantedeschia* híbrida en porlita", Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, España, 2007.
- [56] Ramírez-Guerrero, L., García-Villanueva, E., Navarrete-Valencia, A. L., García-Osorio, C., Arévalo-Galarza, L., "Ave del paraíso (*Strelitzia Reginae* Ait.) aspectos fundamentales para su producción comercial", *Agroproductividad*, 10, 2017, 43–49.
- [57] Castillo, D. T. I., "Viabilidad económica del cultivo de la flor de anturio y esquemas de comercialización", *Temas de Ciencia y Tecnología*, 15, 48, 2012, 19–25.
- [58] Pato, A. F., Condés, R. L. F. y Vicente, C. F. E., "Introducción al cultivo del *anthurium* para flor cortada en la región de Murcia", Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, 2007.



- [59] Gayosso-Rodríguez, S., Tetumo-García, J., Hernández-Hernández, L. U., Estrada Botello, M. A., "El Cultivo del Anturio (*Anthurium Andreanum*)", Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 2013.
- [60] Pereira, R. L. S. W., "Cultivo de *Espatifilo (Spathiphyllum sp)*", Brasil, 2015.
- [61] Plantas y flores, *Spathiphyllum wallisii*. (s/f).
- [62] Romero, C. O., "The Medicinal Properties of the Alocasia Genus: A Systematic Review. JAASP", Journal of Asian Association of Schools of Pharmacy, 6, 1, 2017, 25–33.
- [63] Gardenia Creating Gardens. *Hemerodallis* (Azucenas), (s/f).
- [64] Bela, A. J., y Chifa, C., "Posibilidades de uso medicinal y alimenticio de *Typha dominguensis Pers. (Typhaceae)*, Totorá". Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad Nacional del Nordeste, 2000.
- [65] Grace, J. B., y Harrison, J. S., "The biology of canadian weeds. 73. *Typha latifolia L.*, *Typha angustifolia L.* y *Typha xglauca Godr*", Canadian Journal of Plant Science, 66 (2), 1986, 361–379.
- [66] "Programa Master Gardener *Papiro, Papiro Cyperus*", (s/f).
- [67] Missouri Botanical Garden. *Dieffenbachia Seguine*, (s/f).
- [68] Baltazar-Bernal, O., y Zavala-Ruiz, J., "Cultivo de Maracas (*Zingiber spp.*) en la floricultura tropical", Agroproductividad, 5, 2012, 20–28.
- [69] Dennis, D. J., Doreen, J., Ohteki, T., "Effect of a gibberellic acid 'quick-dip' y storage on the yield y quality of blooms from hybrid *Zantedeschia tubers*", Scientia horticulturae, 57, 1-2, 1994, 133-142.
- [70] Manuja, S., Ram, R., Singh, R. D., Mukherjee, D., "Evaluation of different herbicides for protection of *gladiolus (Gladiolus spp.)* crop from weeds. Crop Protection", Crop protection, 24, 2005, 921–926.
- [71] Ramos-García, M., Ortega-Centeno, S., Hernández-Lauzardo, A. N., Alia-Tejacal, I., Bosquez-Molina, E., Bautista-Baños, S., "Response of *gladiolus (Gladiolus spp)* plants after exposure corms to chitosan and hot water treatments". Scientia Horticulturae, 121, 2009, 480–484.