

# Humedal artificial para tratamiento de aguas residuales del Instituto Tecnológico de Boca del Río: escalamiento

Fabiola Lango Reynoso, María del Refugio Castañeda Chávez  
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Boca del Río  
[fabiolalango@bdelrio.tecnm.mx](mailto:fabiolalango@bdelrio.tecnm.mx)  
[mariacastaneda@bdelrio.tecnm.mx](mailto:mariacastaneda@bdelrio.tecnm.mx)

## Introducción

De acuerdo a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), durante el año 2018a, en México, se trataron únicamente el 63% de las aguas residuales, debido a que la infraestructura es insuficiente y la existente no opera al 100% de su capacidad. Aunque el número de plantas de tratamiento convencionales se ha incrementado año con año, desde el 2005, gracias a programas del gobierno federal quien ha mostrado interés por los temas ambientales (Hernández-Salazar *et al.*, 2018). Para lograr la reducción de contaminantes se requiere de tratamientos específicos y una fuerte inversión económica, ya que las plantas de tratamiento convencionales generan altos costos en su construcción, operación y mantenimiento (Carbajal y González, 2012). Conforme a Hernández-Salazar *et al.*, (2018), es importante proponer tecnologías, de bajo costo y amigables con el medio ambiente para el tratamiento de aguas en México.

Una alternativa son los humedales artificiales (HA), se consideran una eco-tecnología que logra eficientemente la degradación de contaminantes de las aguas residuales a través de mecanismos que imitan los procesos naturales, los cuales no requieren de aditivos químicos ni de energía externa (CONAGUA, 2015). Se denomina como sistemas diseñados y construidos por el hombre, con la finalidad de mejorar la calidad del agua de la manera más eficiente. Los HA son sistemas complejos, donde se interrelaciona el agua, las plantas, el sustrato y los microorganismos (Solis-Silva *et al.*, 2016).

El Instituto Tecnológico del Mar 01 (ITMAR 01) dependiente de la DGECyTM, se estableció en 1982 en el margen derecho a dos kilómetros de la desembocadura del río Jamapa, Veracruz. Dentro de la infraestructura de esta nueva institución no consideró un sistema para el tratamiento de aguas residuales. En el año 2019, el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Boca del Río (ITBOCA antes ITMAR 01), después de 38 años de verter directamente su agua residuales al río Jamapa, de acuerdo a estudios básicos de la eficiencia de diferentes sustratos de la región, se realizó el diseño y escalamiento real del un humedal artificial de flujo subsuperficial. Se incorporó de acuerdo a técnicas arquitectónicas el diseño, con la finalidad de embellecer el espacio, lograr su incorporación al paisaje, con el uso de sustratos alternativos como tereftalato de polietileno (PET) y material calacario que fueron recolectados como producto de desechos que abundan en la región. Se integraron 13 especies de plantas ornamentales tropicales, con la finalidad de tener un sistema de tratamiento de aguas residuales que cumpla con la normatividad vigente, de bajo costo y que ofrezca beneficios adicionales como son: embellecimiento, espacios de experimentación, donación de plantas, capacitación a internos y externos y vinculación con la sociedad.

## Material y Métodos

El presente estudio se llevó a cabo de enero a diciembre 2019 en el Instituto Tecnológico de Boca del Río (ITBOCA), con dirección en carretera Veracruz-Córdoba Km. 12, en la ciudad de Boca del Río, Veracruz; colinda al norte con el río Jamapa, el cual desemboca en el Golfo de México (Figura 1). El ITBOCA cuenta con una superficie aproximada de 7 ha, distribuidas en diferentes áreas, destinadas a actividades administrativas, atención a estudiantes, docencia e investigación. Según el informe de rendición de cuentas 2013-2018 del ITBOCA, la matrícula total del año 2018 fue de 2,659 estudiantes más 341 docentes, administrativos y personal de servicio. El proyecto consistió en cinco fases: 1) Implementación del humedal: De acuerdo al manual de CONAGUA (2015 y 2018b) y Alarcón-Herrera *et al.* (2018) junto con de aplicación técnicas arquitectónicas se realizó el diseño y la construcción del humedal; 2) Selección de sustrato: Se divide en material de uso común y materiales alternativos, los cuales fueron seleccionados por sus características físicas, químicas y disponibilidad en la zona como material de desecho; 3) Selección de vegetación: Se utilizaron plantas ornamentales y fueron seleccionadas según su eficiencia, adaptación, estética, disponibilidad y valor comercial; 4) Validación de la eficiencia de tratamiento de aguas residuales con base a la NOM-001-SEMARNAT-1996 y NOM-003-SEMARNAT-1997; y 5) Evaluación financiera en comparación a otros sistemas de tratamiento de aguas residuales convencionales.

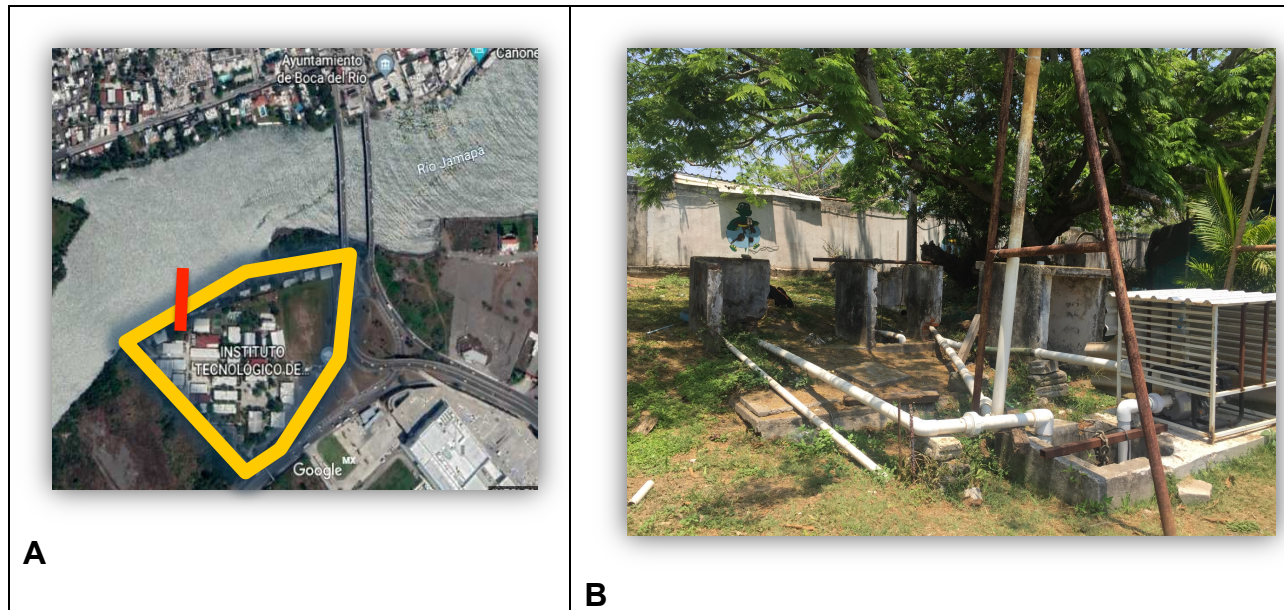
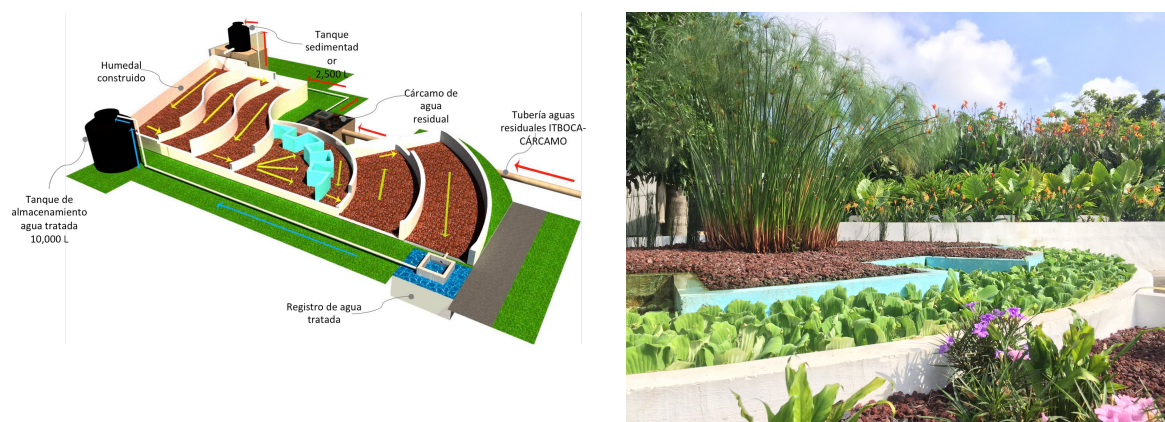


Figura 1. A) Ubicación del Humedal Artificial para tratamiento de aguas residuales del Instituto Tecnológico de Boca del Río. B) Zona antigua del cártamo.

## Resultados

Se realizó el escalamiento de acuerdo al diseño arquitectónico seleccionado de un Humedal artificial para tratamiento de aguas residuales del ITBoca (Figura 2) único e innovador; en su diseño se integro el concepto del logo del Tecnológico Nacional de

México, en su estructura esta compuesto de 7 celdas de tramientos que funcionan por gravedad; con un caudal de tratamiento por día de 31.50 m<sup>3</sup>, en una superficie de construcción de 157 m<sup>2</sup> y superficie de tratamiento 60 m<sup>3</sup>, trata agua residual de una población de 3000 personas. Al emplear sustratos alternativos impacto en la reducción de costos y el beneficio ambiental de reutilizar materiales clasificados de desechos o basura calacaria. El uso de plantas ornamentales tropicales generó un paisaje armónico, y es hábitat de aves e insectos; destacan las especies *Ruellia brittoniana* y *Pennisetum setaceum*, plantas que nunca se habían utilizado en HA, las cuales se adaptaron a las condiciones de este sistema y fue evidente su crecimiento y reproducción. Los resultados de la fitorremediación mostraron una remoción importante de turbidez (63%), DBO<sub>5</sub> (15%), DQO (15%) y nutrientes como fósforo y nitrógeno inorgánico, por encima del 70%. Los parametros monitoreados demuestran que el humedal artificial cumple con los requerimientos que marca la NOM-001-SEMARNAT-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, y la NOM- SEMARNAT-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público. El costo de este humedal artificial fue de \$1,850,000.00. M.N. A la fecha tiene 1.6 años de operación y continua funcionando en el tratamiento de las aguas residuales, su matenimineto se basa en la limpieza y arreglo de las plantas. Se ha realizado dos donaciones de plantas producto de la cosecha de este humedal.



**Figura 2. Humedal Artificial para tratamiento de aguas residuales del ITBoca.**

### **Discusión**

El HA del ITBOCA mejoró las características visuales, físicas y anímicas del espacio. Tuvo una aceptación positiva entre la comunidad del instituto, ya que es visitado con regularidad por externos. La aplicación de técnicas arquitectónicas y el uso de plantas ornamentales permitió integrar diferentes formas, colores y texturas al diseño, resultando un jardín estético, armónico y emblemático para la institución. Alarcón-Herrera *et al.*, (2018) habla sobre el valor estético de estos sistemas; al integrar vegetación ornamental mejora la calidad visual del paisaje, aumenta la biodiversidad,

regula el clima, entre otro beneficio. Benassi (2012) la problemática actual, principalmente en zonas urbanizadas, sobre la degradación de la calidad visual y la baja calidad ambiental exige mejoras espaciales y estéticas a través del instrumento de diseño paisajístico. También contribuye en la mejora del microclima urbano, mitiga efectos negativos para el hombre como las “islas de calor” producidas por los materiales de construcción y falta de vegetación, impactando positivamente el contexto cultural, económico-social y ambiental. En los últimos años, los HA han resaltado por sus bajos costos de construcción, operación y mantenimiento en contraste con las tecnologías convencionales para el tratamiento de aguas residuales, como son las plantas de lodos activos que para trazar una capacidad similar a la del ITBoca tienen un costo en el mercado de 3 a 6 millones de pesos M.N. De acuerdo a Carbajal y González (2012), Wu *et al.*, (2015) y Alarcón-Herrera *et al.*, (2018) coinciden en que los sistemas de HC tiene potencial de explotación por sus bajos costos en implementación, se utilizan materiales económicos en la construcción y no requiere maquinaria sofisticada.

### **Conclusiones**

El Humedal Artificial para tratamiento de aguas residuales del ITBoca, es un sistema de tratamiento con un nivel de desarrollo de 8, que corresponde a su capacidad de madurez para su introducción al mercado. El desarrollo como producto tecnológico esta completo y evaluado, su manufacturabilidad es probada y validada para ambiente real. Este sistema puede servir para tratar agua residuales rurales, urbanas e industriales. Cumple con la normatividad vigente y soluciona el problema de contaminación de efluentes, bienes nacionales y contribuye al medio ambiente y al bienestar de la sociedad. Puede solucionar problemas para las dependencias en la toma de decisiones y adaptación de tecnología probada para CONAGUA, SEMARNAT, SAGARPA, Comisión de Ciencia y Tecnología de la H. Cámara de Diputados, así como Gobiernos estatales y municipales en todo el país.

### **Referencias**

- Alarcon-Herrera, M., Zurita-Martinez, F., Hadad, H., Garcia-Perez, A., Vidal, G., Maine, M., y Vera-Puerto, I. (2018). *Humedales de tratamiento: alternativa de tratamiento de saneamiento de aguas residuales aplicable en América Latina*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Carbajal, A., y González, M. (2012). *Propiedades y funciones biológicas del agua*. Universidad Complutense de Madrid, España.
- Comisión Nacional del agua. (2015). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: humedales artificiales*. Comision Nacional del agua.
- Comisión Nacional del Agua. (2018a). *Estadísticas del agua en México, edición 2018*. Comisión Nacional del agua.
- Comisión Nacional del Agua. (2018b). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Datos básicos para proyectos de agua potable y alcantarillado. 4*. Comisión Nacional del Agua.
- Hernandez Salazar, A. B., Moreno Seceña, J. C., y Sandoval Herazo, L. C. (2018). Tratamiento de aguas residuales industriales en México: Una aproximación a su situación actual y retos por atender. *RINDERESU*, 2(1-2), 75-87.
- Solís Silva, R., López Ocaña, G., Bautista Margulis, R. G., Hernandez Barajas, R., y Romellón Cerino, M. J. (2016). Evaluación de humedales artificiales de flujo libre y subsuperficial en la remoción de contaminantes de aguas residuales utilizando diferentes especies de vegetación macrófita. *Interciencia*, 41(1), 40-47.