



# KUXULKAB'

REVISTA DE  
**DIVULGACIÓN**

División Académica de Ciencias Biológicas

• Volumen XIX • Número 36 • Enero-Junio 2013 •

**Universidad Juárez Autónoma de Tabasco**



# KUXULKAB'

ISSN – 1665-0514

## REVISTA DE DIVULGACIÓN

División Académica de Ciencias Biológicas  
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

*Kuxulkab' Voz chontal - tierra viva, naturaleza*

### CONSEJO EDITORIAL

Dra. Lilia Ma. Gama Campillo  
**Editor en jefe**

Dr. Randy Howard Adams Schroeder  
Dr. José Luis Martínez Sánchez  
**Editores Adjuntos**

Biól. Fernando Rodríguez Quevedo  
**Editor Asistente**

### COMITÉ EDITORIAL EXTERNO

**Dra. Silvia del Amo**  
Universidad Veracruzana

**Dr. Bernardo Urbani**  
Universidad de Illinois

**Dr. Guillermo R. Giannico**  
Fisheries and Wildlife Department,  
Oregon State University

**Dr. Joel Zavala Cruz**  
Colegio de Posgraduados, Campus Tabasco

**Dr. Wilfrido Miguel Contreras Sánchez**  
División Académica de Ciencias Biológicas  
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Publicación citada en:

El índice bibliográfico PERIÓDICA, índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias.

Disponible en <http://www.dgbiblio.unam.mx>

<http://www.publicaciones.ujat.mx/publicaciones/kuxulkab>

KUXULKAB' Revista de Divulgación de la División Académica de Ciencias Biológicas, publicación semestral de junio 2001. Número de Certificado de Reserva otorgado por Derechos: 04-2003-031911280100-102. Número de Certificado de Licitud de Título: (11843). Número de Certificado de Licitud de Contenido: (8443). Domicilio de la publicación: Km. 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas, entronque a Bosques de Saloya. Villahermosa, Tabasco. C.P. 86039 Teléfono Conmutador: 3581500 ext.6400 Teléfono Divisional: 3544308, 3379611. Dirección electrónica: <http://www.publicaciones.ujat.mx/publicaciones/kuxulkab> Imprenta: M.A. Impresores, S.A. de C.V. Av. Hierro No. 1 Mza. 3 Ciudad Industrial C. P. 86010 Villahermosa, Tabasco. Distribuidor: División Académica de Ciencias Biológicas Km. 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas, entronque a Bosques de Saloya. C.P. 86039 Villahermosa, Tabasco.

### **Nuestra Portada**

Ejemplar de Ajolote (*Ambytosma mexicanum*); anfibio endémico mexicano de la zona lacustre de Xochimilco y Chalco-Tláhuac, en la ciudad de México.

### **Diseño de:**

Lilianna López Gama y María Cristina Sarao Manzanero.

### **Fotografías:**

María Celia Zapata Gutiérrez y Luis Guillermo Solís Juárez; estudiantes de la Licenciatura en Biología de la DACBiOL-UJAT.

## Estimados lectores:

La Universidad Juárez Autónoma de Tabasco hoy ha asumido un reto que la lleve a tener todos los indicadores de calidad, mejorando no solo los programas de estudio de los diferentes niveles que los lleven o mantengan acreditados. Dentro de estos indicadores se busca tener productos de excelencia en todos los temas que cubre la universidad como son las publicaciones periódicas. Por lo mismo nuestra revista de Divulgación está encaminada a atender este proceso de revisión de procesos, actualización y modernización que realiza la institución, para asumir los nuevos compromisos que la UJAT tiene con el Estado y la región, así como con la sociedad con la que se vincula. Estos procesos de reflexión han permitido generar estrategias e ideas dirigidas a realizar cambios que nos permitan mejorar, las que están siendo generadas por los profesores de nuestra División Académica y que pronto compartiremos con ustedes. Este año, se han tenido interesantes eventos, que muestran la consolidación que tienen ya varios de nuestros grupos de investigadores tanto local, como regional y nacionalmente.

Tenemos un comité trabajando para proponer una serie de innovaciones con el que se está transformando nuestra revista, que nos permita identificar mejores opciones y aprender no solo de nuestra experiencia sino de nuestras revistas hermanas en la Universidad que es lo que se busca lograr.

Como podrán corroborar en este número se empiezan a reflejar algunos cambios que se están preparando para una nueva imagen de nuestra revista. En este número se presenta una recopilación de cinco artículos que representan reportes de investigaciones tanto de cuerpos académicos de nuestra División, como de estudiantes de maestría, lo que reflejan el reto que se ha asumido en la División Académica de Ciencias Biológicas de divulgar sus resultados en este espacio. Además se incluyen siete notas de temas que sin duda son de actualidad entre las que se encuentran dos asociadas al Congreso Mexicano de Ecología realizado en Villahermosa en 2013 y que nos permite tener información para reflexionar en las tendencias actuales de la investigación científica, además de los intereses de desarrollo de la región.

Desde esta sección queremos agradecer a los interesados en realizar contribuciones a esta revista, así como a los investigadores que han asumido la responsabilidad de apoyarnos en la revisión del material que recibimos. Aprovechamos también para reiterar la invitación a seguir considerando esta opción para publicar no solo por ser la revista de nuestra División, y esperamos que los alumnos tanto de maestría como de licenciatura no olviden este espacio para hacernos llegar sus contribuciones y reiterar que está abierto a todos los miembros de la comunidad universitaria.

**Lilia Gama**  
Editor en Jefe

**Rosa Martha Padrón López**  
Directora



---

# Tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales

**Oscar Manuel Sierra Pech & Gaspar López Ocaña**

*División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco  
Km 0.5 carretera Villahermosa-Cárdenas, entronque a Bosques de Saloya CP. 86039  
Villahermosa, Tabasco, México  
osp1960@hotmail.com*

## Resumen

Los humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales son sistemas no convencionales que no requieren energía eléctrica ni equipos costosos para su funcionamiento, demandan poca capacitación para sus operadores y por ser un sistema natural, sus costos de tratamiento son más bajos que los de cualquier tecnología convencional. En los humedales artificiales se logra reducir adecuadamente el contaminante presente en el agua residual. Los humedales pueden establecerse de manera diferente de acuerdo con las necesidades del usuario el sitio geográfico e incluso de la condición climática de la zona. La construcción de humedales es una medida de bajo impacto ambiental, incide en la recreación de sitios paisajísticos y hábitat de especies.

## Introducción

La creciente conciencia pública sobre el medio ambiente ha motivado a muchos gobiernos a legislar y hacer cumplir leyes que protejan al medio ambiente, sin embargo, en las condiciones actuales de restricciones económicas, especialmente en países en desarrollo, los recursos para poner en práctica y operar sistemas de tratamiento de aguas residuales convencionales es limitado.

La búsqueda de otras alternativas tiene interés renovado en identificar sistemas que son naturales, como los humedales artificiales y las lagunas de oxidación, en comparación con los sistemas convencionales, estos sistemas no requieren energía eléctrica ni equipos costosos para su funcionamiento cuando las condiciones topográficas lo permiten, demandan poca

capacitación para sus operadores y por ser un sistema natural sus costos de tratamiento son más bajos que los de cualquier tecnología convencional. En los humedales artificiales se logra reducir adecuadamente el contaminante presente en el agua residual, la depuración del agua ocurre por la interacción entre los elementos componentes del humedal y los fenómenos físicos, químicos y biológicos dentro del mismo con la intervención del sol como fuente principal de energía, los mecanismos de eliminación asociados a los humedales incluyen: sedimentación, coagulación, adsorción, filtración, absorción biológica y transformación microbiana.

## Humedales artificiales

Se puede definir que los humedales artificiales son áreas que se encuentran inundadas o saturadas bien sea por aguas superficiales o subterráneas, y con una frecuencia, duración o profundidad suficiente para mantener especies de plantas predominantes, adaptadas a crecer en suelos saturados, con un lecho rocoso (gravas, arenas) y sedimentos finos (arcillas, limos), con vegetación emergente como espadañas, carrizos, juncos y eneas las cuáles aprovechan las interacciones con los microorganismos y la atmósfera para remover la materia orgánica. Esta vegetación proporciona superficies para la formación de películas bacterianas y permitir la transferencia de oxígeno, (Arias y Brix, 2003).

Además de la depuración de aguas residuales, los humedales ofrecen beneficios ambientales agregados como son: crear y restaurar nichos ecológicos, generan mejoramiento paisajístico, contribuyen a la captura de carbono, contribuyen a la generación de zonas de amortiguamiento de

crecidas de ríos, recargas y descargas de aguas subterráneas, regulación del clima, retención de suelos y sedimentos, y hábitat para la polinización, (Delgadillo, 2010).

### Tipos de humedales

Son muy diversas las clasificaciones que existen en la identificación de los humedales, Vymazal (1998) sugiere una clasificación de acuerdo con la característica del material vegetal predominante en los lechos así:

- Humedales contruidos, basados en macrófitas flotantes. Ej.: *Eichhornia crassipes*, *lemna minor*.
- Humedales contruidos, basados en macrófitas de hoja flotante. Ej.: *Nymphaea alba*, *Potamogeton gramineus*.
- Humedales contruidos con macrófitas sumergidas. Ej.: *Littorella uniflora*, *Potamogeton crispus*.
- Humedales contruidos, con macrófitas emergentes. Ej.: *Typha latifolia*, *Phragmites australis*.

Para el tratamiento de aguas residuales existe la posibilidad de usar las diferentes alternativas siempre y cuando las plantas se puedan adaptar a las condiciones ambientales. Sin embargo, las plantas correspondientes al grupo de macrófitas emergentes han demostrado buena capacidad de adaptación y en especial son resistentes a las condiciones ambientales adversas predominantes, cuando se trata de aguas residuales, (García, 2008). Brix (2003) propone una subdivisión de estos humedales artificiales plantados con vegetación macrófitas emergentes, como son:

- Sistemas de flujo libre. (Humedales de Flujo Superficial-HFS. Free Water Surface-FWS): En donde las plantas acuáticas están enraizadas en el fondo del humedal y el flujo de agua se hace a través de las hojas y tallos de las plantas (Figura 1).
- Sistemas con flujo horizontal subsuperficial (Humedal de Flujo Subsuperficial-HFSS. Vegetated Submerged Bed. VSB): En la cual la lámina de agua no es visible y el flujo atraviesa un lecho relleno con arena, grava o suelo, en donde crecen las plantas que solo tienen las raíces y rizomas en contacto con el agua (Figura 2).

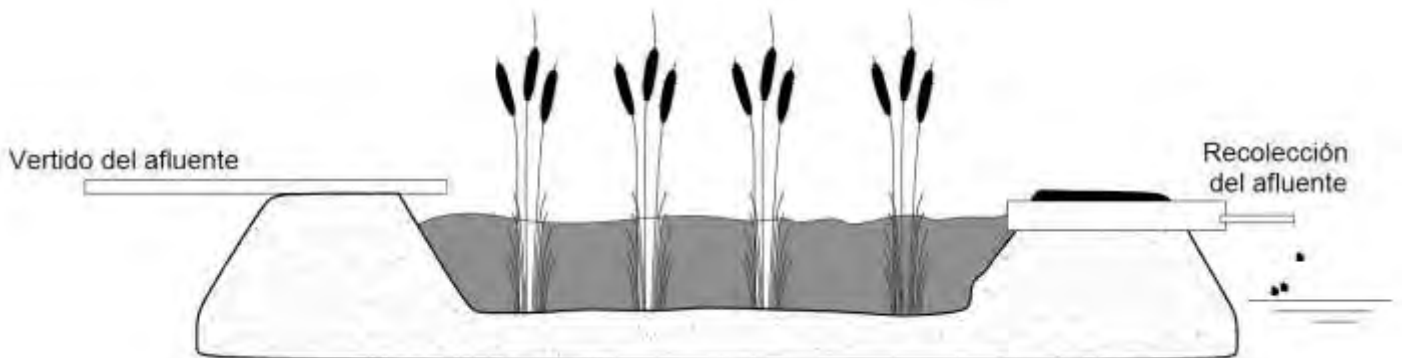


Figura 1. Humedal de Flujo Superficial (García, 2008).

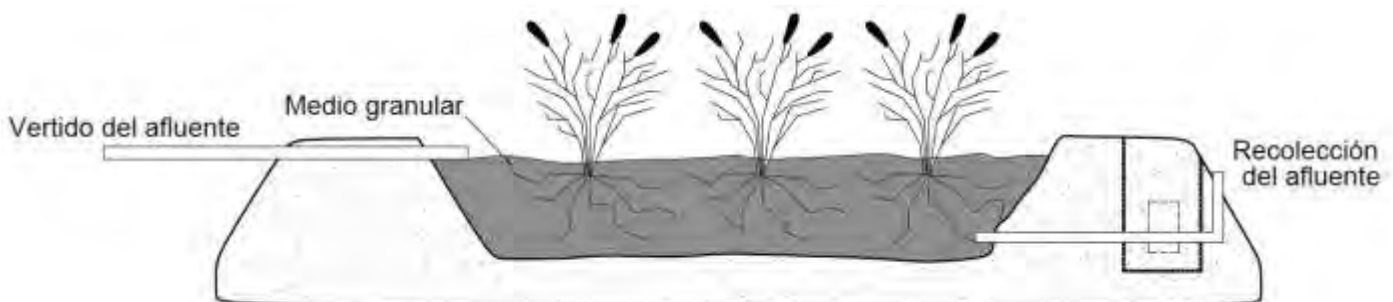


Figura 2. Humedal de Flujo Subsuperficial (García, 2008).

- Sistema con Flujo Vertical (Systems with vertical flow. SVF). En estos la circulación del agua es de tipo vertical y se alimentan a pulsos, de manera que el medio granular no está permanentemente inundado. La profundidad del medio granular va de 0.5 a 0.8 m, los sistemas verticales tienen una mayor capacidad de tratamiento que los horizontales pues requieren de menor superficie para tratar una determinada carga orgánica (Figura 3).

- Sistemas Híbridos (Hybrid systems HS). Este aprovecha las diferentes características que están presentes en los tipos de humedales artificiales, de flujo subsuperficial vertical (VFSS) y de flujo subsuperficial horizontal (HFSS), dichos medios se combinan para formar los sistemas híbridos. En ambas configuraciones se trata de aprovechar las diferentes condiciones oxidativas que están presentes en los

humedales. Mientras que en los humedales de flujo subsuperficial vertical predominan los procesos aerobios (degradación, nitrificación), debido al mayor contacto aire-agua en las zonas insaturadas del lecho; en los humedales de flujo subsuperficial horizontal predominan los procesos anóxicos (desnitrificación) y anaerobios (reducción del sulfato y fermentación) debido al menor contacto aire-agua al estar el lecho saturado de agua, por lo tanto esta alternancia logra favorecer la eliminación de algunos contaminantes, en especial, la del nitrógeno. La Figura 4 (a y b), presenta el sistema híbrido anteriormente descrito (Sanz 2009).

García (2008), afirma que la clasificación obedece al sentido preferente del movimiento del agua en los lechos. En los humedales de flujo horizontal superficial (Figura 1) el agua se vierte en

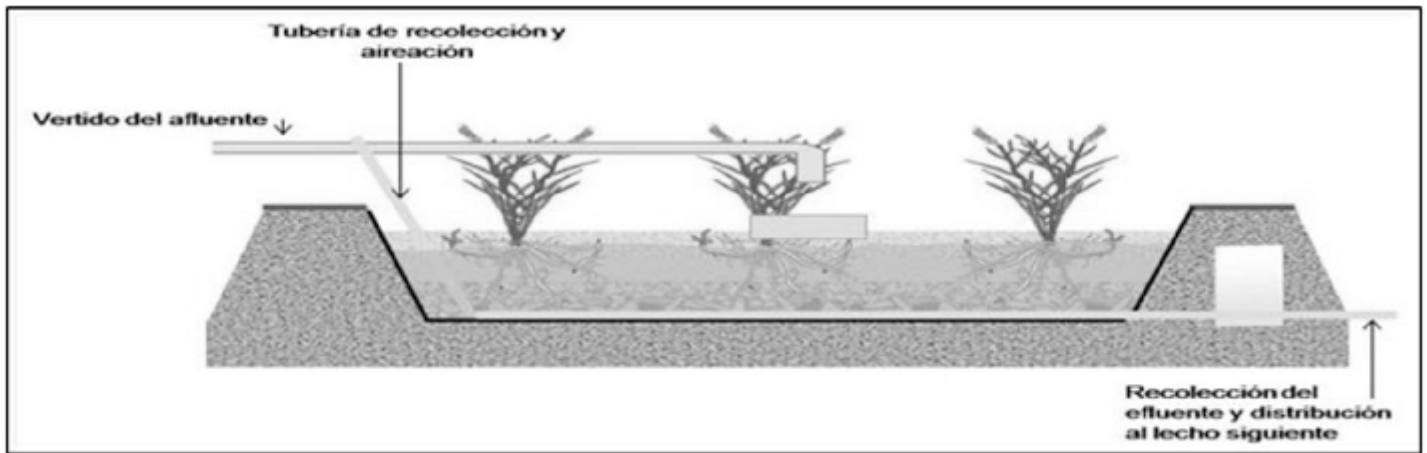


Figura 3. Humedal de flujo vertical (García, 2008).

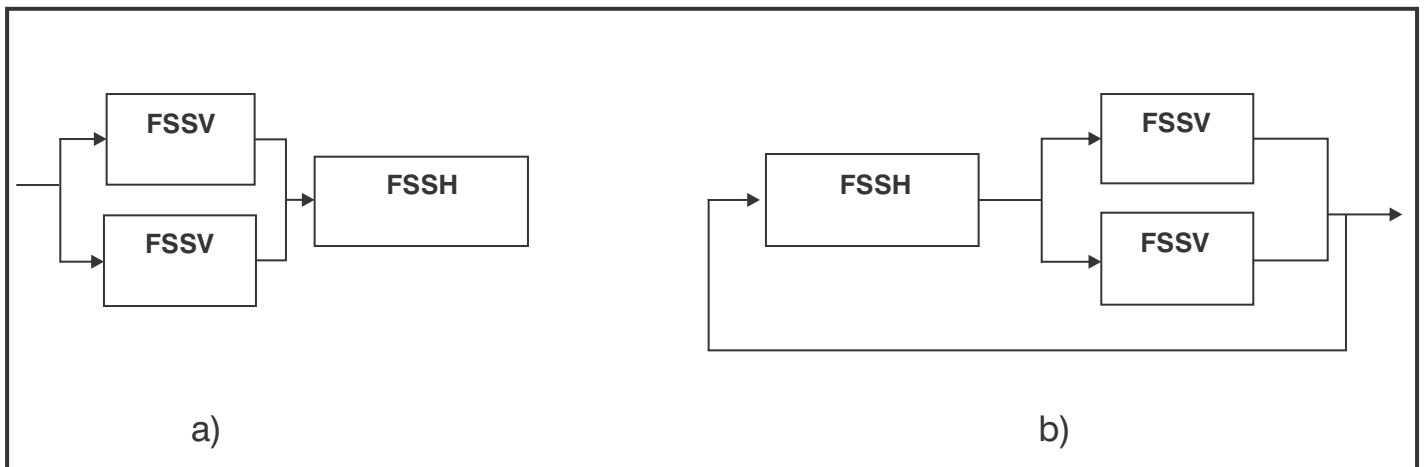


Figura 4. Sistemas híbridos de humedales artificiales, combinaciones de humedales de flujo vertical y de flujo horizontal.

un extremo del lecho, trasiega expuesta a la atmosfera lenta y horizontalmente, para finalmente ser evacuada en el extremo expuesto del lecho por medio de un vertedero. En los humedales de flujo horizontal subsuperficial (Figura 2), el agua se distribuye en un extremo del lecho, se infiltra, trasiega en sentido horizontal a través de un medio granular de relleno y entre las raíces de las plantas. Al final y en el fondo del lecho el agua tratada se recoge y se evacúa por medio de tubería y/o vertederos.

Las profundidades de estos humedales descritos no suelen exceder los 0.60 m y para facilitar el trasiego del agua deben ser construidos con una leve pendiente en el fondo o lecho de 0.5 a 2%, pero generalmente se utiliza una pendiente ligera del 1%, para mantener en lo posible condiciones hidráulicas de flujo laminar. Los lechos deben ser aislados del suelo subyacente para evitar la contaminación de suelos y de aguas subterráneas.

### Generalidades del diseño de los humedales

El dimensionamiento y las características físicas del humedal construido depende entre otros factores, de la localización de la planta, de las características climáticas del sitio, de las características de la calidad del agua afluente, de la calidad del agua efluente deseada, y de las restricciones de calidad del vertido de aguas tratadas.

Con respecto al diseño de estos sistemas generalmente se considera que el agua residual tiene un comportamiento de primer orden, y los reactores se diseñan como sistemas de flujo pistón, o con dispersión axial, y se consideran los tiempos de retención hidráulica para la remoción de materia orgánica, sólidos suspendidos y nitrógeno, utilizando en algunos casos modelos empíricos (Crites, 2000). El área de tratamiento obtenida debe ajustarse a una serie de recomendaciones que incluye: área específica del tratamiento, mínima relación largo-ancho, profundidad y pendiente. Adicionalmente, se debe verificar que los medios filtrantes seleccionados (cuando se trate de humedales con flujo subsuperficial y vertical) cumplan con ciertas características físicas como la porosidad, permeabilidad, granulometría y conductividad eléctrica, con respecto a las estructuras de distribución y recogidas de aguas las opciones incluyen canales y tuberías perforadas las cuales deben asegurar buena distribución de las aguas afluentes en los lechos y que redundará en un mejor tratamiento.

En la Tabla 1 se presentan algunos valores típicos de parámetros para el diseño. Estos valores no son estrictamente obligatorios, pero brindan información de las condiciones normales de diseño.

**Tabla 1.** Parámetros típicos de diseño para humedales construidos para tratamiento de aguas residuales domésticas (Arias y Brix, 2003).

Tipo de flujo	Horizontal	Subsuperficial	vertical
Carga orgánica afluente	< 112 DBO5kg ha <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	< 150 DBO5 kg ha <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	< 112 DBO5 kg ha <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>
Carga hidráulica	< 5 cm d <sup>-1</sup>	< 5 cm d <sup>-1</sup>	< 5 cm d <sup>-1</sup>
Tiempo de retención hidráulica	5 a 15 días	> 5 días	1-2 días
Área específica por	De 5 m <sup>2</sup> a 20 m <sup>2</sup>	De 5 m <sup>2</sup> a 20 m <sup>2</sup>	De 1 m <sup>2</sup> a 5 m <sup>2</sup>
Relación largo - ancho	10:01	03:01	03:01
Profundidad	< 0.60 cm	< 0.60 cm	> 1.00 m
Pendiente del fondo	≤ 1%	≤ 1%	NA
Tipo de relleno	NA	Arenas y gravas	Arenas y gravas
Vegetación	Variable	Variable	Variable



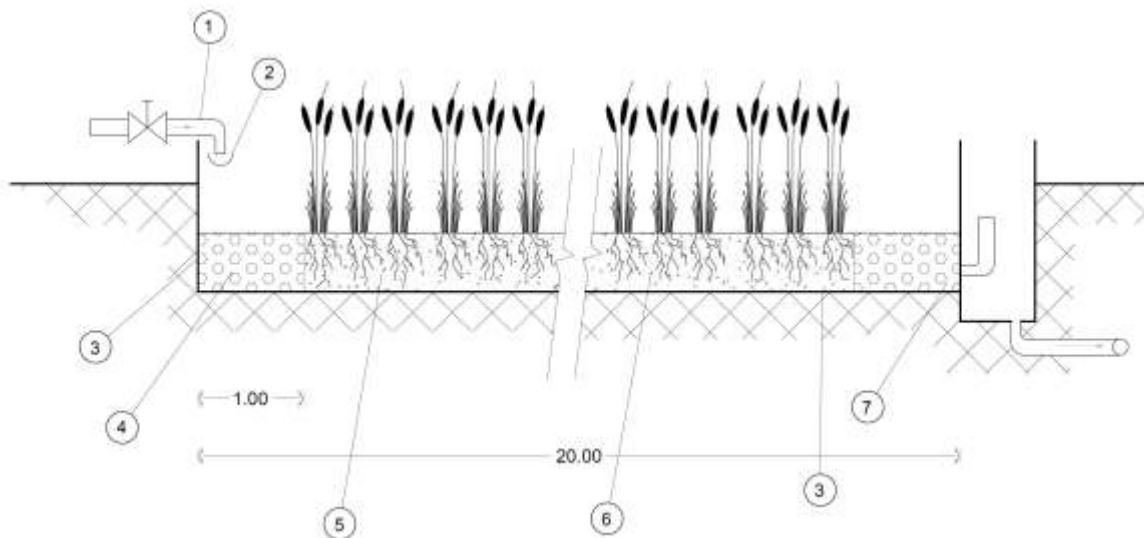
### Estudios en unidades experimentales

Calheiros (2007) señala que los humedales artificiales pueden ser usados como tratamientos primario, secundario o terciario para aguas residuales domésticas, pluviales, industriales, por su eficiencia en la remoción de diversos contaminantes, aunque son extensamente usados para aguas residuales municipales.

Solano (2004) construyó un prototipo experimental de humedal artificial de flujo subsuperficial (Figura 5) con vegetación macrófita, la enea (*Typha sp.*) y caña (*Phragmites sp.*) como alternativa de solución sustentable, para el tratamiento de aguas residuales de pequeñas comunidades, evaluando la eficiencia de remoción

de parámetros como la DBO, DQO, SST, coliformes totales y fecales, y la bacteria estreptococo, así también analizó la composición y el comportamiento térmico de la biomasa acumulada con el fin de evaluar su posible utilización como combustible.

El humedal fue construido en dos series con diferentes tasas hidráulicas de aplicación (TAH) de 150 y 75 mm/día y un tiempo de retención de 1.5 a 3 días respectivamente, cada serie consta de dos camas, una plantada con espadaña (Totora) y otra con caña la distribución del lecho se muestra en la Tabla 2. En la Tabla 3 la especie Totora mostró una mejor densidad y eficiencia con respecto a la especie caña, así mismo se obtuvieron altos niveles de remoción de DQO, DBO, SST en todo el tratamiento.



**Figura 5.** Diagrama esquemático de una unidad típica de los humedales construidos: (1) de entrada, (2) tubo de drenaje horizontal, (3) línea de plástico impermeable, (4) piedras con diámetro de 5 a 10 cm, (5) gravas, con diámetro de 0.5 a 1 cm, (6) los rizomas de las plantas, (7) de salida; .

**Tabla 2.** Distribución del lecho

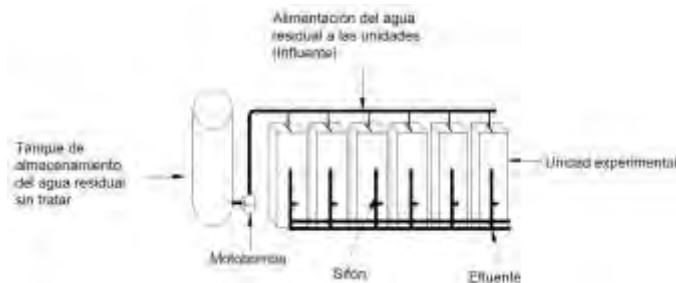
Lecho	Especie	Tiempo de Retención (d)	Flujo m <sup>3</sup> /día	TAH mm/día
Serie 1	1 Totora ( <i>Typha latifolia</i> )	1.5	6	150
	2 Caña ( <i>Phragmites australis</i> )	1.5	6	150
Serie 2	3 Totora ( <i>Typha latifolia</i> )	3	3	75
	4 Caña ( <i>Phragmites australis</i> )	3	3	75

**Tabla 3.** Características principales y parámetros de funcionamiento del humedal a un año de antigüedad

Especie	TAH mm/día	% de Remoción DBO		% de Remoción DQO		% de Remoción SST	
		Verano	otoño	Verano	otoño	Verano	otoño
Totora	150	86	71	78	64	87	88
	75	81	76	76	69	90	90
Caña	150	77	79	68	50	87	70
	75	85	90	77	73	91	93

En Tabasco (Padrón, 2005) estudió el efecto de un sistema de humedales con plantas macrófitas tales como *Typha latifolia* y *Tania geniculata* y poblaciones microbianas en la depuración de agua residual doméstica, empleando como control agua residual sintética (Figura 6), el sistema se formó de dos series de cinco unidades experimentales que funcionaron como humedales artificiales de flujo vertical (HAFV) descendente con una mezcla de grava fina y arcilla como medio de soporte.

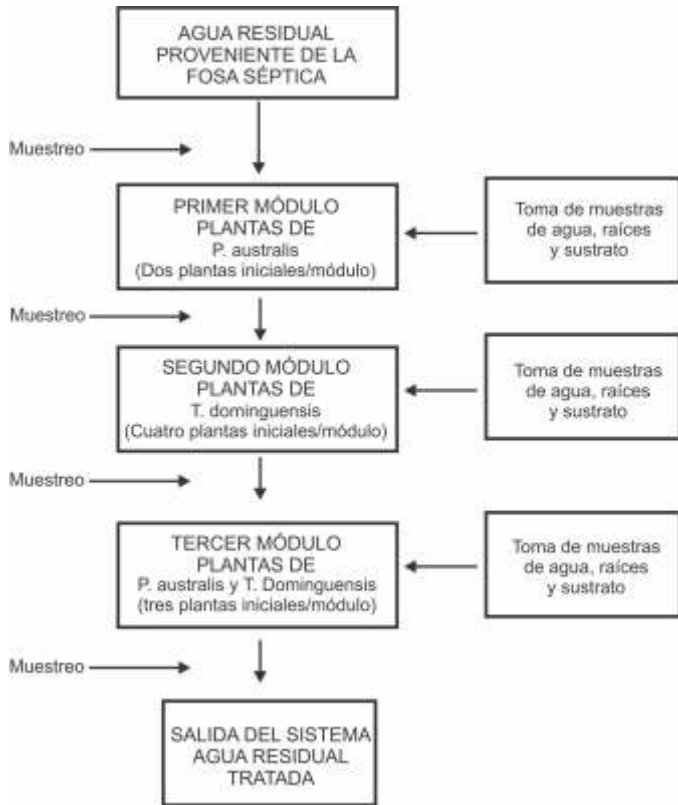
En forma adicional cada serie contó con una unidad experimental testigo; una serie se alimentó intermitentemente con agua residual doméstica y la otra con agua residual sintética, con un tiempo de retención hidráulica calculado de 6.24 días. Los resultados demostraron una remoción de fósforo hasta en un 46% y nitrógeno de un 74 a 81% y que la eficiencia de remoción está influenciada por el diseño de humedal, el número de bacterias de coliformes totales y fecales y estreptococos que fueron removidos del HAFV fue superior al 99% en todos los periodos de muestreo, concluyendo que el material de soporte y el tiempo de residencia hidráulica favorecían a la remoción de algunos contaminantes.



**Figura 6.** Unidad experimental.

Romero (2009) evaluó el porcentaje de remoción de la carga orgánica de aguas residuales, en un sistema de tratamiento por humedales artificiales de flujo horizontal y con dos especies vegetales. El sistema fue diseñado con tres módulos instalados de manera secuencial. En el primero se integraron organismos de la especie *Phragmites australis*, en el segundo, organismos de la especie *Typha dominguensis*, y en el tercero las dos especies. Los módulos experimentales fueron instalados a la salida de un tratamiento primario (Figura 7), el cual contiene aguas residuales municipales provenientes de un edificio de investigación. En el agua se realizaron los siguientes parámetros; DQO, los iones de nitrógeno ( $N-NO_3^-$ ,  $N-NO_2^-$ -  $N-NH_4^+$ ) y el fósforo total. También se realizó el conteo de bacterias asociadas al sistema. Los resultados demostraron que el sistema es una opción para la remoción de la carga orgánica y de nutrimentos, de bajo costo de operación y mantenimiento.

Los HA ya han sido implementados en Tabasco pues se ha investigado que en climas tropicales el uso de este sistema es recomendado con buenas eficiencias (Hammer, 1989; Moshiri, 1993), en el caso particular de Tabasco, tenemos la Planta de Tratamiento de Aguas residuales de Macultepec, Planta de tratamiento de Huimanguillo, la planta de Tratamiento de Jalpa de Méndez y la Planta Sureste de Centro en operación, la Planta Noreste de Centro se encuentra fuera de operación (Tabla 4). Dichos sistemas han presentado problemas que ocasionan los paros en las plantas de tratamiento, debido a que la vegetación introducida, no soporta variaciones de caudal, carga y temperatura, provocando que la vegetación encargada de la depuración del sistema disminuya la densidad de población, misma que se



**Figura 7.** Esquema general del sistema de HA de flujo horizontal y de los sitios de muestreo. Cada módulo fue empacado con una mezcla de grava y arena. De cada muestra tomada se analizaron los siguientes parámetros: DQO, iones de nitrógeno, fósforo total y número de bacterias en el sistema (Romero, 2009).

tiene que reponer y restablecer para el sistema dejando cierto tiempo fuera de operación el sistema, por el traslado y estabilización de dicha vegetación. Sin embargo es necesario obtener información básica sobre la cinética de degradación de los microorganismos y la absorción-adsorción de las diferentes especies de plantas que se utilizan como medio de soporte de microorganismos y que ejercen un efecto de fitorremediación, además es preciso establecer el comportamiento y conocer que efectos se ejercen sobre microorganismos y plantas con los principales parámetros de operación dependiendo del tipo de diseño pues los sistemas pueden obtener variaciones en la eficiencia, además de tomar en cuenta que están sujetos a cambios bruscos de temperatura, variación de carga y caudal por la misma naturaleza del agua residual (Crites, 2000). Tabasco, por la característica tropical de la región tiene una considerable diversidad de flora de pantanos las cuales localmente no han sido evaluados como medios para el tratamiento de aguas residuales.

**Tabla 4.** Plantas de tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales construidas en Tabasco.

Municipio	Planta	Año arranque	Q Diseño (l/s)
Centro	Pantanos de Macultepec	2004	125
	Villahermosa Noreste	---	1050
	Villahermosa Sureste	2011	700
Huimanguillo	Pantanos de Huimanguillo	2005	125
Jalpa de Méndez	Pantanos de Jalpa	2008	80

### Conclusiones

Los humedales artificiales son una alternativa para la reducción de la contaminación generada por aguas residuales. Es posible obtener buenos rendimientos en la depuración de aguas residuales domésticas, siempre y cuando el diseño y la operación del humedal se ajusten a las características del agua residual y a las condiciones climáticas del sitio de emplazamiento. Además, también hay experiencias documentadas que demuestran la capacidad de depuración en una amplia variedad de tipos de contaminación, que incluyen: mineralización de fangos provenientes de depuradoras de aguas residuales convencionales, efluentes con alta carga orgánica, depuración de contaminantes orgánicos y otros. Añadido a las anteriores ventajas, se puede agregar la sencillez en el diseño, operación y mantenimiento a bajos costos.

Se puede afirmar que los humedales artificiales son una solución razonable para el tratamiento de aguas residuales, siempre y cuando se ajusten a las condiciones climáticas locales, se use material vegetal autóctono y se construyan los sistemas de acuerdo con las recomendaciones de los grupos multidisciplinarios que deben ser partícipes durante el proceso de evaluación del sistema más idóneo por implementar.

### GLOSARIO

**ABSORCIÓN:** paso de agua y de sustancias en ella disueltas al interior de una o de un organismo.

**ADSORCIÓN:** adherencia por unión química o física de un contaminante a una superficie sólida.

**AERÓBICO:** proceso que tiene lugar en presencia de oxígeno disuelto.

**AFLUENTE:** agua superficial que entra a un sistema.

**ANAERÓBICO:** proceso en sistemas de tratamiento de aguas residuales que tiene lugar en ausencia de oxígeno disuelto

**ANÓXICO:** sin oxígeno libre.

**CARRIZO:** (*Phragmites*) probablemente es la planta más utilizada en los humedales artificiales en todo el mundo,

**DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO):** Nos indica la materia orgánica presente en el agua, porque cuanto más hay, más activas estarán las bacterias aerobias, y más oxígeno se consumirá.

**DESNITRIFICACIÓN:** proceso mediante el que determinadas bacterias (desnitrificantes) del suelo transforman a los nitratos en nitrógeno gaseoso mediante la eliminación de oxígeno.

**EFLUENTE:** agua superficial que sale de un sistema.

**ESPADAÑA:** nombre común de un número de plantas del género *Typha*, que son comunes en humedales artificiales con al menos tres especies predominantes: *T. latifolia*, *T. domingensis*, y *T. angustifolia*.

**FLOCULACIÓN:** proceso de partículas muy pequeñas de la materia que se agrupan para alcanzar un tamaño más grande colectivamente.

**HIDRÓFITA:** planta que crece sumergida parcial o totalmente en agua.

**LAGUNA:** también llamada laguna de estabilización, laguna de oxidación, etc. por lo general se utilizan para proporcionar tratamiento intermedio de las aguas residuales a través de una variedad de procesos físicos, químicos y biológicos.

**MACRÓFITA:** planta que es fácilmente visible a simple vista e incluye plantas vasculares o superiores. Las plantas vasculares incluyen los musgos, helechos, coníferas, monocotiledóneas y dicotiledóneas. Las macrófitas también pueden

clasificarse por una variedad de formas de crecimiento ecológico.

**NITRIFICACIÓN:** conversión biótica de nitrógeno amoniacal a nitrito y nitrato a través de la adición de oxígeno.

### Literatura citada

**Arias I. H.B.C.A.** 2003. Humedales Artificiales para el Tratamiento de aguas residuales. (U.M. Granada, Ed.) *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, (13): 17-24

**Brix, C.A.** 2003. Humedales Artificiales para el Tratamiento de aguas residuales. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 17-24.

**Calheiros, C.S.C.A.O.** 2007. Constructed wetland system vegetated with different plant applied to the treatment of tannery wastewater. *Water Research*, 41: 1790-1798

**Crites, R.A.** 2000. *Small and Decentralized Wastewater Management System*. New York, NY: McGraw Hill.

**Delgadillo, O.** 2010. *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Cochabamba, Bolivia: Universidad Mayor San Simón.

**García Serrano Joan, A.C.** 2008. *Depuración con humedales construidos. Guía Práctica de diseño, construcción y explotación de sistemas de humedales de flujo subsuperficial*. Cataluña España: Omega.

**Hammer, D.A.** 1989. Constructed wetland for wastewater treatment. In: D. A. Hammer, *Constructed Wetland for wastewater treatment-municipal, industrial and agricultural*. Chelsea, Michigan: Lewis Publishers. Pp: 494.

**Moshiri, G.A.** 1993. *Constructed wetland for water quality improvement*. USA: Lewis Publisher.

**Padrón López, R.M.** 2005. *Depuración de aguas residuales domésticas a través de humedales artificiales de flujo vertical en zonas del trópico-húmedo*. Tesis de Maestría, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

**RBPC.** 2000. *Plan de Manejo de la Reserva de la Biosfera de los Pantanos de Centla*. INE-SEMARNAP. México, D.F.

**Romero Aguilar, M.C.** 2009. Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: evaluación de la remoción de la carga orgánica. *Redalyc*: 157-167

**Sanz, J.M.** 2009. *Depuración de aguas residuales con humedales artificiales. Ventaja de los sistemas híbridos*. Castilla, España: CONAMA.

**SAPAET.** 2010. *Inventario de PTAR del estado de Tabasco*. Villahermosa, Tabasco: Gobierno del Estado.

**Solano, M.S.** 2004. Constructed wetland as a sustainable solution for wastewater treatment in small villages. *Biosystem Engineerin*: 109-118

**Vymazal J., B.H.** 1998. *Construted for Wastewater Treatment in Europe*. Leiden Netherland: Backhuys Publisher.

# CONTENIDO

<b>Estimación y valorización de residuos electrónicos generados en Tabasco</b> .....	5
MARÍA ANTONIETA ZARDÁN ALBAREZ & CHRISTIAN ALEJANDRA VIDAL SIERRA	
<b>Validación de métodos analíticos en laboratorios de ensayo de aguas residuales</b> .....	11
MELINA DEL CARMEN URIBE LÓPEZ, ROCÍO LÓPEZ VIDAL & CLAUDIA PALOMA RAMOS MAYO	
<b>Tratamiento de las aguas residuales de la DACBiol-UJAT mediante lagunas de estabilización</b> .....	19
SALVADOR CANTO RIVERA & GASPAR LÓPEZ OCAÑA	
<b>Inducción a la síntesis de vitelogenina plasmática en machos de pejelagarto (<i>Atractosteus tropicus</i>) Mediante el uso de 17 <math>\beta</math> Estradiol</b> .....	27
RAFAEL MARTÍNEZ GARCÍA, ULISES HERNÁNDEZ VIDAL, ARLETTE HERNÁNDEZ FRANYUTTI, WILFRIDO MIGUEL CONTRERAS SÁNCHEZ & CARLOS ALFONSO ÁLVAREZ GONZÁLEZ	
<b>Manejo integral de pilas y baterías agotadas en la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco</b> .....	31
ISRAEL ÁVILA LÁZARO, JOSÉ RAMÓN LAINES CANEPA, ROSA MARTHA PADRÓN LÓPEZ & RUDY SOLÍS SILVAN	
<b>Axolotl: el auténtico monstruo del Lago de Xochimilco</b> .....	41
MARÍA CELIA ZAPATA GUTIÉRREZ & LUIS GUILLERMO SOLÍS JUÁREZ	
<b>Tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales</b> .....	47
OSCAR MANUEL SIERRA PECH & GASPAR LÓPEZ OCAÑA	
<b>Importancia del análisis de la interacción espacio-temporal de la expansión urbana y los eventos de inundación en el municipio del Centro, Tabasco</b> .....	57
VIOLETA CABALLERO POTENCIANO & EUNICE PÉREZ SÁNCHEZ	
<b>Poliestireno Expandido (EPS) y su problemática ambiental</b> .....	63
CRYSTELL MARTÍNEZ LÓPEZ & JOSÉ RAMÓN LAINES CANEPA	
<b>Ciencias Biológicas de la UJAT: dimensión humana y manejo de los recursos naturales</b> .....	67
JOSÉ A. OSEGUERA PONCE	
<b>Reflexiones sobre el futuro de la ecología en México: discurso a la entrega de la Medalla al Mérito en Ecología de la SCME</b> .....	79
ARTURO GÓMEZ-POMPA	
<b>IV Congreso Mexicano de Ecología: conocimiento ecológico para la toma de decisiones</b> .....	81
ROSA MARTHA PADRÓN LÓPEZ & FERNANDO RODRÍGUEZ QUEVEDO	



ISSN - 1665 - 0514