



Uso de plástico "PET"
como material de relleno
en humedales construidos:
una alternativa
sustentable para limpiar
aguas residuales

José Luis Marín-Muñiz
El Colegio de Veracruz

El agua es un recurso necesario para la salud humana y ambiental. Su cantidad en el planeta es vasta, pero su calidad se ha demeritado debido al crecimiento poblacional y a su uso excesivo. Contar con agua de calidad para el consumo humano y las actividades diarias en el hogar, la agricultura o la industria es cada vez más demandante.

Una opción para solventar tal problemática es la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales, para la reutilización del agua y para disminuir la contaminación. Sin embargo, los sistemas convencionales como el de lodos activados (TLA), que es de los más utilizados en México (70% en comparación con otros sistemas), resultan ser costosos de construir y operar. Hernández (2016) reportó los costos de una planta TLA en Xaltianguis, Guerrero., que para tratar 1080 m³/día de aguas residuales involucró un costo de \$ 5,965,000.00 de construcción más \$466,560.00 anuales de operación.

Tales costos han sido una barrera que ha limitado la construcción de sistemas de tratamiento en todas las descargas de aguas residuales en el país. De acuerdo a Conagua (2014), el saneamiento del agua residual en México es solo del 50.2%, principalmente en áreas urbanas.

En las comunidades rurales la situación empeora, dado que al ser poblaciones con menos de 2500 habitantes, son menos consideradas en la instalación de alguna planta de tratamiento. Ello favorece el incremento de descargas de aguas residuales y la posibilidad de enfermedades por el uso y contacto directo con aguas no tratadas.

Ante tal situación es pertinente el uso de alternativas ecológica y económicamente viables, una de ellas haciendo uso de los humedales construidos o artificiales (HC). Sus componentes básicos incluyen vegetación, microorganismos y sustrato. Esta ecotecnología resulta fácil de construir y operar, además de involucrar poco gasto económico.

Uno de los principales gastos en un humedal puede ser el del material de relleno, donde el tezontle o grava roja volcánica ha sido de los más utilizados, y cuesta entre \$250 y \$500 por metro cúbico.

Para evitar tal gasto, en este estudio se describe el uso de trozos de PET (**tereftalato de polietileno**) reutilizado, como material de relleno en humedales artificiales. En cuanto a su factibilidad para la adaptación de las plantas en dichos sustratos y en cuanto a la remoción de contaminantes en humedales con dicho medio de sustrato, además de describir la función de los humedales y los tipos que existen de esta ecotecnología como sistema de tratamiento de aguas residuales.

¿Qué son los humedales contruidos o artificiales?

Los humedales contruidos son sistemas diseñados mediante ingeniería ecológica, inspirados en la función natural de filtrar el agua de los humedales naturales.

Los HC son considerados sistemas sustentables que consisten en celdas rellenas de un material poroso que sirva de hábitat para el crecimiento de familias microbianas que removerán los contaminantes del agua. Así mismo, el sustrato también servirá de anclaje para la vegetación presente, la cual también favorece la eliminación de contaminantes al tomarlos (absorberlos) como nutrientes a través de sus raíces, para su crecimiento.

Si las celdas solo tienen una base de suelo-sustrato y el agua pasa sobre ésta, quedando en contacto la columna de agua con la atmósfera, entonces son humedales superficiales (Figura 1). En estos últimos la vegetación puede ser de especies flotantes sobre el agua, especies emergentes, que están enraizadas al suelo-sustrato pero sobresalen de la columna de agua, o bien, plantas sumergidas, también enraizadas, pero que permanecen dentro del agua, sin salir a la superficie.

Si las celdas son rellenas de sustrato entonces son humedales subsuperficiales, porque el agua pasa entre el sustrato y las raíces de la vegetación (solo puede tener vegetación emergente, es decir enraizada pero que emerge del agua). La dirección de flujo de agua a tratar en estos últimos sistemas puede ser de forma horizontal o vertical. Cuando se combinan humedales superficiales con subsuperficiales o solo subsuperficiales pero de ambos flujos, pasando el agua tratada de un sistema a otro, para aumentar el porcentaje de remoción de contaminantes, entonces se les llama humedales híbridos.

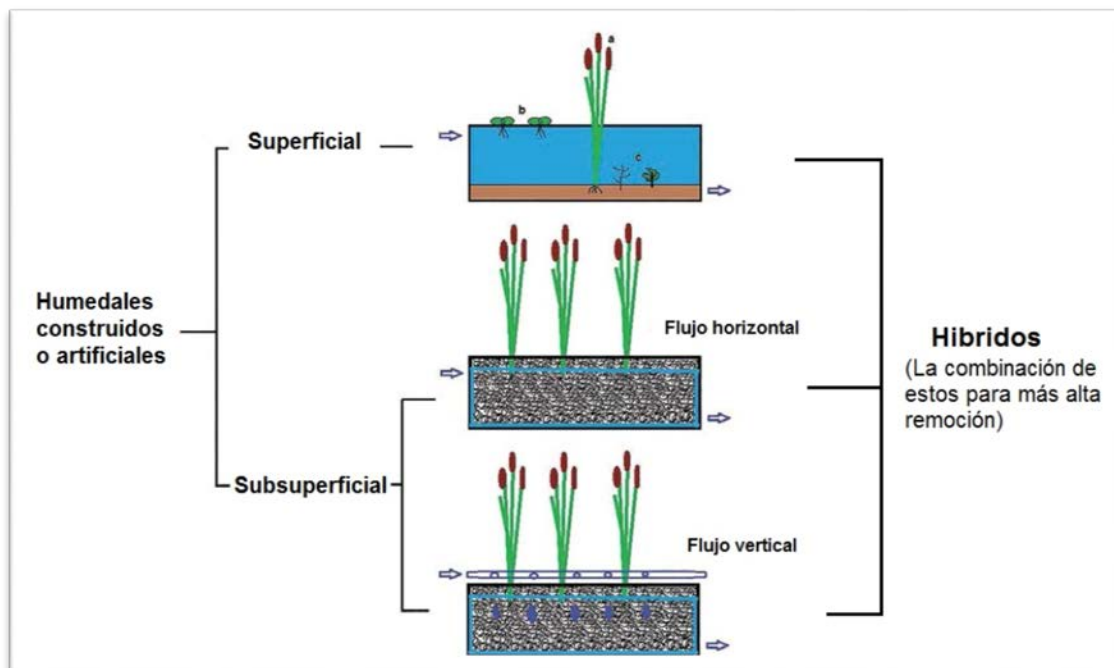


Figura 1. Esquema de los tipos de humedales construidos (Adaptado de Marín-Muñiz, 2017).

Material utilizado como relleno en humedales construidos

Uno de los sustratos más utilizados para rellenar HC es el tezontle o piedra roja volcánica, gracias a su forma porosa (muchos espacios) que favorecen adherencia de los microorganismos, formando allí grupos de familias de éstos, que en conjunto remueven contaminantes.

La presencia de oxígeno influye en los microorganismos y en la velocidad de remoción de contaminantes, sin embargo, en los humedales la cantidad de oxígeno no es mucha debido a que las celdas están rellenas de agua. Un área dentro del humedal donde predominan condiciones aerobias (presencia de oxígeno) es en la rizósfera, es decir, en la zona adyacente al suelo-sustrato donde está anclada la raíz de las plantas. Ahí llega oxígeno de la parte atmosférica que pasa por las partes de la vegetación (hojas, tallo) hasta llegar a la raíz. Por ello también es vital la presencia de vegetación en humedales, además de que si éstas son plantas ornamentales, proveerán un paisaje estético en donde los humedales sean establecidos.

El relleno de los sustratos sin duda genera un gasto, por ejemplo, si se piensa en tezontle, como se mencionó anteriormente. Este material puede costar hasta \$500 por metro cúbico. Valores superiores podrían tenerse si se consideran otros materiales como la zeolita, también muy ocupado en humedales y esto podría ser una limitante para implementar el sistema de tratamiento en zonas de escasos recursos económicos.

En ese sentido algunos estudios han probado otros materiales que tengan características físicas similares pero que sean producto de desecho y eso favorezca menor costo. Por ejemplo, Marín-Muñiz et al. (2017) probaron el uso de tepezil, residuo de material de construcción, como sustrato de relleno en humedales sembrados con alcatraces (*Zantedeschia aethiopica*), obteniendo remociones similares de contaminantes como nitrógeno y fósforo (60-80 %) en comparación con sustratos de piedra porosa de río o tezontle.

Con el propósito de tener opciones de material de relleno de humedales que no impliquen alto costo para obtenerlo, pero que cumpla con la función de anclaje-soporte de plantas, facilite el crecimiento microbiano para remover contaminantes y sirva como material que permita la adsorción de contaminantes, hemos probado el uso de residuos de PET. Este material no se usa en su totalidad. Solamente se emplea la parte con dobleces o rugosas, como son la base de botellas, la entrada de botella donde se enroscan las tapas, además de las tapa roscas. La razón de solo ocupar esas partes se debe a que estas funcionarían como los espacios porosos que tiene una piedra, donde se forman las familias microbianas que removerán contaminantes, o bien, esos dobleces o ranuras serán los hogares de esos grupos microbianos.

Este material existe en amplia cantidad en todos lados, debido al consumo excesivo de botellas de agua o refrescos. En México casi 500,000 toneladas de botellas usadas son registradas anualmente en basureros municipales y en rellenos sanitarios, donde su proceso de desintegración puede llegar a ser hasta de 500 años.

Considerando que los residuos de PET afectan al medio ambiente por su alta cantidad en el planeta y por su lenta descomposición, se ha probado su reutilización como material de soporte en humedales. Cabe mencionar que cuando una celda de humedales es rellena de PET, sobre este se coloca una capa de aproximadamente 10 cm de suelo o grava, para provocar peso y con ello evitar que el PET flote al haber agua.

En la figura 2 se puede observar como las plantas (*Heliconia* L.), después de un lapso de cinco meses, se adaptó a sobrevivir en condiciones de humedales y sus raíces se fueron anclando entre las tapa roscas, y trozos de PET. Las plantas en el tiempo de estudio descrito, crecieron hasta 20 cm, observándose su adaptabilidad en el sustrato y además mostrando remociones de nitrógeno y fósforo hasta del 70%, valores similares a los de estudios que utilizan medios de soporte convencionales como tezontle, zeolita o piedra de río.



Figura 2. *Heliconia* L, adaptada a sobrevivir en condiciones de humedal y sembrada en PET como material relleno del humedal, durante un periodo de 5 meses.

Algunos se cuestionan como la planta puede sobrevivir sin presencia de suelo y entre residuos de PET. La respuesta es simple. A la vegetación el suelo le sirve de soporte-anclaje, y de allí mismo toma los nutrientes para su crecimiento, además de necesitar de la luz solar y de agua.

Cuando las plantas son sembradas en humedales como este caso, con PET, el anclaje lo hacen entre los residuos del plástico, y hay disponibilidad de nutrientes debido al agua residual que pasa dentro del sistema de humedales. De esta agua cargada de contaminantes absorben el nitrógeno, fósforo, o potasio, por ejemplo. Es decir, tienen gran disposición de los nutrientes necesarios para su desarrollo, y por ello, la raíz tiende a crecer no tanto a lo largo, ya que no tiene necesidad de ir buscando hacia abajo los nutrientes como en el suelo, sino que se ensancha en el humedal. Por ello la altura de humedales construidos suele ser entre 60 a 85 cm.

Por lo anterior, es importante que cuando utilicemos botellas de PET, pensemos en los múltiples usos que se le pueden dar, antes de tirarlas a la basura. Uno de esos usos es servir como material de sustrato para humedales, sistemas ecológicos que si instalamos a nivel domiciliario, evitaríamos verter agua sucia sin tratamiento a ríos, lagos u océanos que cada día están más contaminados.

Lecturas sugeridas para el lector interesado

CONAGUA. 2014. Comisión Nacional del Agua. Numeragua. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.

Hernandez, M.E. 2016. Humedales ornamentales con participación comunitaria para el saneamiento de aguas municipales en Mexico. *Revista Internacional de Desarrollo Regional Sustentable* 1(2): 1-12.

Marín-Muñiz, J.L., C. García, L. Ruelas, y P. Moreno-Casasola. 2018. Influence of different porous media and ornamental vegetation on wastewater pollutant removal in vertical subsurface flow wetland microcosms. *Environmental Engineering Science* 35 (2): 88-94.

Marín-Muñiz, J.L. 2017. Humedales construidos en México para el tratamiento de aguas residuales, producción de plantas ornamentales y reúso del agua. *Agroproductividad*. 10 (5): 90-95.

Mitsch, W.J. y J.G. Gosselink. 2015. *Wetlands*. 4a Ed. John Wiley & Sons, Nueva York.