

Diseño de un prototipo de humedal profundo como equilibrante ecológico para el tratamiento de aguas residuales en las zonas rurales

Dagoberto Ruíz Rosas ^{1,*}, Laura Alicia Paniagua Solar ¹, Enrique de la Fuente Morales ¹, Celia Ramírez Ramos ¹, Nallely Téllez Méndez ¹, Jorge Cotzomi Paleta², María Teresa Zayas Pérez ³

¹Laboratorio de Biocombustibles, Facultad de Ciencias de la Electrónica, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, Puebla, México

²Laboratorio de Electromagnetismo, Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, Puebla, México

³Laboratorio de Química Ambiental, ICUAP, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, Puebla, México

* Autor de correspondencia: dagoberto.ruizr@alumno.buap.mx; Tel.: +51 275 112 0624

Contaminación De Agua, Suelo y Aire (Tratamientos biológicos). **Ponencia Presencial.**

Recibido: 15 de junio de 2023 Aceptado: 18 de agosto de 2023 Publicado: 23 de noviembre de 2023

Palabras clave: Humedales, plantas de tratamiento, sustentabilidad, prototipo, equilibrio ecológico.

Introducción. Debido a los altos costes de construcción y mantenimiento, las plantas de tratamiento de agua residual convencionales no pueden ser costeadas en zonas rurales. Los humedales artificiales son así, una alternativa a una planta de tratamiento convencional, al tener un menor costo de construcción y mantenimiento, siendo también eficientes a la hora de remover contaminantes (Marín-Muñiz, 2017). Es por esto que se diseñó un prototipo de humedal artificial profundo, usando y complementando diferentes metodologías de diseño para tener un diseño que cumpla con las normas de contaminantes presentes en el agua.

Materiales y Métodos. Existen diversos tipos de humedales artificiales, que se pueden diferenciar dependiendo de cómo el agua circula dentro de ellos, teniendo de esta forma humedales artificiales de flujo superficial y humedales artificiales de flujo subsuperficial o profundos (Delgadillo et al., 2010). En estos últimos el agua fluye a través de un sustrato de grava en el cual se siembra vegetación, que ayuda a la remoción de contaminantes, como se observa en la Figura 1.



Figura 1. Prototipo de humedal profundo

La principal metodología de diseño usada es la propuesta por la Comisión Nacional del Agua, la cual está basada en la metodología de la Agencia para la Protección del Ambiente de Estados Unidos (EPA) (Comisión Nacional del Agua, 2015), sin embargo, esta metodología tiene limitantes debido a que solo se calcula la remoción de la demanda biológica de oxígeno (DBO₅), la principal ecuación de este modelo se presenta en la Ecuación 1.

$$A_s = \frac{Q(\ln C_0 - \ln C_e)}{K_{v,T} D_M n} \quad (1)$$

Es por esto que se decidió complementar la metodología de la Comisión Nacional del Agua con la metodología propuesta por Kadlec y Knight (Jaume & Rabat Blázquez, 2016), la cual sí contempla la remoción de otros contaminantes como nitrógeno total, fósforo total, DBO₅ y sólidos suspendidos totales y cuya ecuación principal se presenta en la Ecuación 2.

$$A_s = \frac{365 * Q}{K_T} * \ln \left(\frac{C_0 - C^*}{C_e - C^*} \right) \quad (2)$$

Resultados. Los resultados de los análisis fisicoquímicos del agua residual arrojaron los siguientes datos.

Tabla 1. Resultados de los análisis fisicoquímicos del agua residual.

Parámetros	
Fósforo	56.8 mg/l
Nitrógeno total	127 mg/l
DQO	1056 mg/l
DBO ₅	600 mg/l

A partir de estos datos se usaron las ecuaciones de las metodologías mencionadas que arrojaron las siguientes dimensiones

Tabla 2. Dimensiones del prototipo de humedal profundo.

Parámetros	
Área superficial	0.1347 m ²
Largo	0.36 m
Ancho	0.38 m
Profundidad	0.25 m

El prototipo fue construido con grava de 30 mm de diámetro y se plantó con la especie de carrizo *Arundo donax* con una densidad de 15 plantas por m². Esta alimentado con un caudal de 7 l/d y un tiempo de residencia de 28 horas. Los resultados de los principales parámetros tras 2 semanas de funcionamiento se muestran a continuación.

Parámetros	Entrada (mg/l)	Salida (mg/l)	Eficiencia de remoción
Nitrógeno total	37 mg/l	6.9 mg/l	81.24%
Fosfatos	12 mg/l	3.08 mg/l	74.39%
DQO	801 mg/l	619 mg/l	22.7 %

Conclusiones. Los análisis fisicoquímicos del agua en la salida muestran una reducción de hasta un 81% en algunos parámetros, mientras que otros no se obtuvieron los resultados esperados y se tomaran las medidas necesarias para corregir los problemas. Esto demuestra que al complementar las metodologías se logra un diseño funcional, que puede ser aplicado a escala real. Por otra parte, se encontró que factores como la lluvia tienen efectos en la dilución de contaminantes tanto en la salida como en la entrada.

Bibliografía.

- Comisión Nacional del Agua. (2015). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Humedales Artificiales. www.conagua.gob.mx
- Jaume, A. T., & Rabat Blázquez, J. (2016). Análisis de los modelos de diseño de los sistemas naturales de depuración. <http://hdl.handle.net/10045/57213>
- Marín-Muñiz, J. L. (2017). Humedales construidos en México para el tratamiento de aguas residuales, producción de plantas ornamentales y reúso del agua. *Revista Agro Productividad*, 10(5), 90–95. <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1028>