

Remediación de la contaminación del agua del río turbio mediante humedales artificiales

Remediation of Turbid river water pollution through constructed wetlands

H. Baltazar Campos^{a*}, D. Orona Tamayo^a, E. Kato Miranda^a y J.A. Arcibar Orozco^{a*}.

^a **C. CONACYT – CIATEC, A.C. Centro de innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas. Omega #201, Col. Industrial Delta, C.P. 3754 León Gto, México.**

*** jarcibar@ciatec.mx ; * hbaltazar.picyt@ciatec.mx**

Palabras clave: Humedales, Tratamiento de aguas, Sulfuros.

Key words: Wetlands, Water treatment, Sulfide.

INTRODUCCIÓN

El río Turbio es una importante fuente de abastecimiento de agua para la agricultura en el estado de Guanajuato. Sin embargo, también es receptor de una gran cantidad de aguas residuales provenientes de la industria de la curtiduría y que contienen una importante concentración de sulfuros, sulfatos, materia orgánica recalcitrante y otros contaminantes inorgánicos (incluyendo cromo) (CONAGUA, 2014). En el ambiente anóxico que se desarrolla en el río, las especies de azufre se mantienen reducidas y ante condiciones ácidas se propicia la emisión de gases tóxicos como el sulfuro de hidrógeno. En un estudio realizado por el CIATEC en el 2019 se encontró que el río de hecho es una importante fuente de emisión de este gas que disminuye la calidad del aire (CONAGUA, 2019).

El sulfuro de hidrógeno es un gas corrosivo y altamente tóxico que en concentraciones mayores a 20 ppm irrita el sistema ocular, inhibe la capacidad olfativa, respiratoria y en mayores concentraciones puede ser letal (Selene y col, 2003). Dada la complejidad de los efluentes, su variabilidad en términos de volumen, composición y al hecho de que se encuentran siendo liberados en sistemas naturales, es necesario desarrollar y aplicar tecnologías amigables con el medio ambiente, de bajo costo y sencilla operación que tengan el potencial de remover dichos contaminantes. Los humedales artificiales (HA) representan una extraordinaria tecnología, cuyo potencial puede mantener y secuestrar dichos sulfuros y por ende prevenir su emisión como gases tóxicos. De aplicarse exitosamente, se podrá contar con un sistema avanzado de depuración natural de aguas residuales, en armonía con el desarrollo verde que plantea una ciudad cosmopolita como León y se podrá contribuir a la disminución del impacto ambiental y la posible sustentabilidad del proceso de curtido.

Los HA son sistemas de tratamiento de aguas residuales y de remediación de sitios contaminados que se componen esencialmente de vegetación acuática, suelo y microorganismos. Su funcionamiento recae en sus componentes y se fundamenta en tres

principios básicos, tales como la fitorremediación, la actividad bioquímica de microorganismos y el soporte del sustrato para el enraizamiento, desarrollo de biopelículas y medio filtrante. A través de procesos físicos, químicos y biológicos los humedales tienen la capacidad de sedimentar, degradar, filtrar, absorber, adsorber, volatilizar y transformar componentes inorgánicos y orgánicos presentes en el agua. Todas estas actividades favorecen la progresiva depuración del agua contaminada (Delgadillo y col, 2010).

Se propone el uso de humedales artificiales empacados con tezontle y plantados con una especie endémica, con el objetivo de evaluar su potencial como una herramienta para reducir los compuestos sulfurosos y mejorar la calidad del agua del río Turbio.

METODOLOGÍA

Se realizó un muestreo cerca de la comunidad de San Roque de Montes, Guanajuato. Se recolectó una especie de planta nativa del río y agua para alimentación de los humedales y determinaciones en laboratorio con base en la NMX-AA-003-1980. Se construyó un sistema de cinco HA a nivel laboratorio en tanques de polietileno de 25 L de capacidad, alimentados por un tanque de almacenamiento de 120 L a través de tuberías de CPVC de ½” Los reactores se empacaron con tezontle como material de sustrato y se colocaron en un invernadero.

La caracterización del agua constó de la medición de la demanda química de oxígeno según la NMX-AA-030/2-SCFI-2011. El contenido de iones por cromatografía en un equipo Dionex ICS-5000. Los sulfuros con base en la NMX-AA-084-SCFI-2005. El contenido de cromo por espectrofotometría de absorción atómica por llama en ICE 3000 y tanto el pH como la CE se midieron con un multímetro portátil marca HACH sension6.

De los cinco humedales cuatro fueron réplicas (H1, H2, H3, H4) plantadas con la especie de planta seleccionada y el restante como blanco (H5). Los HA se alimentaron con una mezcla de agua del río Turbio y agua de grifo en una relación 1:1 y se monitorearon por un periodo de cinco días, tomando muestras de agua cada día a la misma hora. A las muestras tomadas se les realizaron los mismos parámetros de caracterización que al agua del río Turbio por triplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Construcción de humedales

Los HA contruidos fueron del tipo subsuperficial (Fig. 1) para el uso de plantas emergentes, evitar la formación de vectores, malos olores y simular el flujo del río. La planta utilizada fue *Typha domingensis* pues posee un alto grado de adaptación a las condiciones del río, además de ser reportada por su capacidad de fitorremediación.

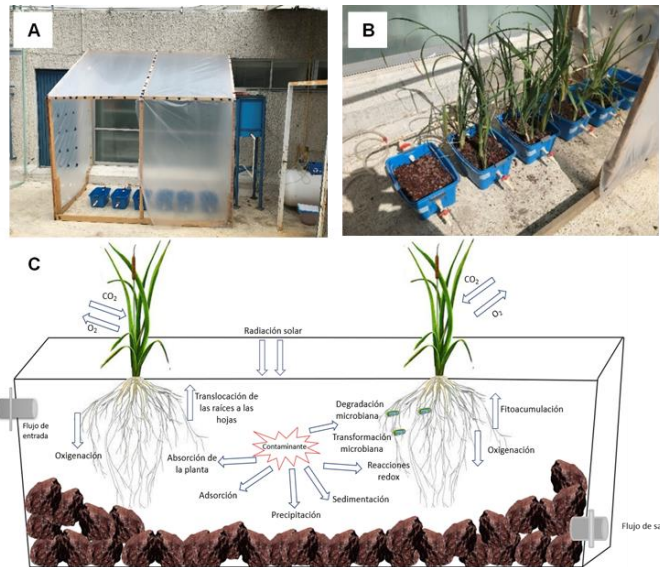


Figura 1. (A) y (B) muestran el sistema de humedales construidos en el laboratorio. (C) Representa los mecanismos dentro del humedal para el tratamiento del agua.

Caracterización del agua

De la caracterización del agua del río Turbio se obtuvieron los resultados plasmados en la Tabla 1. Dado que este efluente está catalogado por la Ley Federal de Derechos en Materias de Agua y la NOM-001-SEMARNAT-1996 con uso para riego agrícola, los resultados de los parámetros se comparan contra los valores establecidos en los Criterios Ecológicos de la Calidad del Agua para usos de riego agrícola y protección de la vida acuática. A excepción del pH, todos los demás parámetros superan los límites establecidos en un mínimo de tres veces en sulfatos y un máximo nueve veces en cloruros.

Tabla 1. Resultados de la caracterización del río.

Parámetro	Valor
DQO	7142.86 mg/L
Sulfuros	-----
Sulfatos	476.02 mg/L
Nitratos	N.D.
Cloruros	1211.16 mg/L
Amonio	-----
Turbiedad	-----
Cromo	-----
pH	8.12
CE	6.57 mS/cm
Temperatura	23 ° C

Experimentación con humedales

Los resultados de la Figura 2 indican que, a partir del primer día del contacto entre el agua y el humedal, la demanda química de oxígeno disminuyó en promedio un 27% en los humedales y desde ese punto se redujo un 22% cada día en promedio, hasta llegar a una concentración tal que corresponde a una disminución de un 71% del valor original después de 5 días. Es importante mencionar que el blanco (H5) no presentó una variación mayor a un 4.5% durante el tiempo de la experimentación, lo cual indica que los humedales están funcionando en disminuir la demanda química de oxígeno. Con una prueba *p-value* y Tukey, se halló que entre humedales (H1, H2, H3, H4) la permutación de los arreglos y las

diferencias por microambientes desarrollados en cada uno no son significativas, en cambio contra el blanco sí se muestra una diferencia significativa.

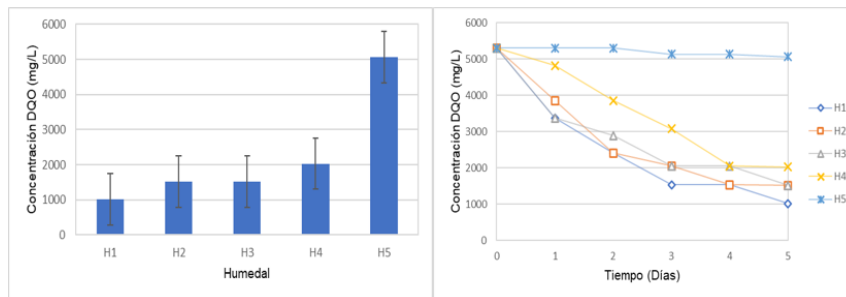


Figura 3. Evolución de la DQO en los HA durante 5 días. Las barras de error indican la SD.

Por lo que la disminución de la DQO se le atribuye a los mecanismos que ocurren en el sistema, que van desde la actividad microbiana, actividad de las plantas, el sustrato y a los factores abióticos del medio. Dado que se tiene ya una evidencia de la oxidación de los compuestos que tienen carbono, el siguiente paso fue evaluar si parte de ese proceso de oxidación también contribuye a oxidar los sulfuros. Por lo que se evaluó el incremento en la concentración de sulfatos. En la Figura 4 se observa la evolución de los sulfatos a lo largo del periodo de operación. Se percibe que la concentración de los humedales fluctuó en aumento respecto al tiempo y que, para este caso, el blanco no se mantuvo constante, sino que tuvo un ligero incremento en el día 3, 4 y 5.

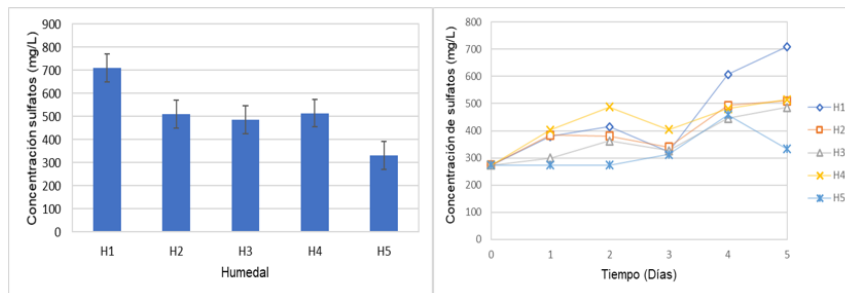


Figura 3. Evolución de los sulfatos en los HA durante 5 días. Las barras de error indican la SD.

Tras los cinco días, la concentración de sulfato fue desde un 40% hasta un 50% mayor que la del blanco, dependiendo el humedal. Indicando la influencia del humedal y que para su comportamiento existen factores relacionados con microambientes que controlan su movilidad. Por ello es posible que el comportamiento del blanco (H5) pueda ser relacionado con la sulfatoxidación natural del agua y también con las condiciones atmosféricas.

CONCLUSIONES

Este trabajo reforzó la hipótesis del proyecto, donde se contempló que los mecanismos del humedal ayudarían a oxigenar el medio, al grado de que la demanda química de oxígeno disminuyera y que por lo tanto esto beneficiara otros procesos de oxidación como el de los sulfuros, aumentando la concentración de sulfatos. Debido a la actual pandemia muchos de experimentos fueron pospuestos. La siguiente fase del trabajo implica la determinación de los parámetros restantes para cerrar balances de masa y obtener un panorama más amplio de la calidad del agua. Queda por discutir el destino de los sulfuros dentro del humedal artificial, además de definir el tiempo necesario para una mejor eficiencia del sistema.

REFERENCIAS

CONAGUA. (2014); Tecnologías Más Limpias en la Industria de la Curtiduría en la ciudad de León, Gto. Comisión Estatal del Agua. pp. 1–41. León, Guanajuato.

CONAGUA. (2018); Estudio de Calidad del Agua del Río Turbio, Gto. pp. 1–118. Guanajuato, México.

Delgadillo O.; Camacho A.; Pérez L. (2010); Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua. Bolivia.

Selene H.; Chou J. (2003); Concise international chemical assessment document 53: Hydrogen sulfide: Human health aspects. World Health Organization. Atlanta, USA.

Sevgili H.; Koçer M. (2014). Parameters selection for water quality index in the assessment of the environmental impacts of land-based trout farms. *Ecol. Indic.*, vol. 36. pp. 672–681.