



## “TRATAMIENTO DE INNOVACIONES TECNOLÓGICAS PARA UNA AGRICULTURA MEXICANA LIBRE DE AGROINSUMOS TÓXICOS”

### RESUMEN EJECUTIVO

El agua es un recurso que cuenta actualmente con diferentes presiones para su uso, y su disponibilidad depende tanto de su cantidad como de su calidad. Es el más importante para el desarrollo económico y social, además de ser una necesidad para la salud, la producción alimentaria y la preservación de los ecosistemas.

A la fecha, la cuenca del Río Turbio es ampliamente reconocida por la Comisión Nacional del Agua como contaminada y fuertemente contaminada, principalmente en varios puntos de monitoreo del río Turbio. Para esta clasificación se toman como base parámetros fisicoquímicos como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), oxígeno disuelto ( $O_2$ ) y sólidos totales (ST). De manera particular, existe una considerable aportación de aguas residuales de tipo industrial provenientes del sector cuero-calzado en León y la zona conurbada.

El papel de la agricultura en el problema ambiental de la cuenca es más complejo, ya que no sólo se afecta por el uso del agua del río Turbio como agua de riego, sino que también contribuye al ser una fuente difusa de contaminación por plaguicidas y herbicidas. La presencia de estos contaminantes y su dispersión pueden traer como consecuencia efectos adversos a la salud humana, así como la afectación de la biodiversidad en la zona. Cabe destacar que la población rural aledaña al río es de al menos 22,193 habitantes en la parte correspondiente de los municipios de San Francisco del Rincón, Purísima del Rincón y Manuel Doblado.

El presente proyecto tuvo como objetivo principal el desarrollar e implementar una tecnología de tratamiento de agroquímicos tóxicos en agua, mediante el uso de humedales artificiales y bioadsorción para la cuenca del Río Turbio, caracterizada por su uso agrícola y que comprende los municipios de Manuel Doblado, San Francisco del Rincón y Purísima del Rincón en el estado de Guanajuato. Para ello se consideraron los siguientes objetivos específicos: a) Elaborar el diagnóstico del estado actual de la calidad del agua de la cuenca del Río Turbio, considerando el monitoreo de herbicidas, plaguicidas organoclorados y organofosforados, b) Implementar un sistema de tratamiento de agroquímicos tóxicos en agua basado en humedales artificiales en conjunto con un proceso de bioadsorción, c) Difundir los resultados sobre el estado actual de la cuenca del Río Turbio a las comunidades agrícolas y concientizar el uso de agroinsumos tóxicos y su relación con la afectación de los cuerpos de agua, y d) Facilitar la adopción de la tecnología de tratamiento de agua hacia las comunidades agrícolas.

Para el primer objetivo se propuso el análisis de 58 parámetros en 20 muestras (15 de agua superficial y 5 de agua subterránea). Las muestras de agua superficial se ubicaron en el río Turbio y el río Isabelota en los municipios de San Francisco del Rincón, Purísima del Rincón y Manuel Doblado. Para el caso del agua subterránea, se tomaron muestras en pozos de San Francisco del Rincón y Purísima del Rincón. El muestreo se realizó en el mes de septiembre del año 2021 (durante la época de lluvias).



A partir de este monitoreo se encontró que el agua del Río Turbio se considera, según CONAGUA, mayormente como Contaminada de acuerdo a su concentración de DQO, DBO y SST. Mientras que el agua del Arroyo Isabelota se considera como Fuertemente contaminada. De acuerdo con los criterios de la Ley Federal de Derechos, también se sobrepasan los límites en cromo y sólidos disueltos. Así también se detectaron plaguicidas organoclorados y organofosforados. El toxafeno se detectó en el 100% de las muestras. A pesar de que la Ley Federal de Derechos contempla poco plaguicidas, el  $\alpha$ -clordano y toxafeno exceden los criterios de calidad de agua, por lo que este estudio demuestra que existe contaminación por plaguicidas en los cuerpos de agua, incluyendo pozos. Es importante destacar que a pesar de que hay plaguicidas que ya están discontinuados o prohibidos para su venta y uso, varios de ellos fueron encontrados en el diagnóstico. Esto podría deberse a fuentes comerciales locales o por fuentes acumuladas en el suelo que, por diferentes procesos durante la época de lluvias, podrían estar llegando al agua del río Turbio.

Como parte de esta caracterización y para abordar con mayor profundidad el tema de los plaguicidas, se llevó a cabo la aplicación de encuestas presenciales en el mes de octubre de 2021, a los tres principales actores de la zona de estudio: los agricultores (42 usuarios), proveedores (23) y representantes de Desarrollo Rural (3). De acuerdo a los resultados, los usuarios encuestados identificaron 48 sustancias, siendo 10 de ellas las que concentran el 75% del número de menciones. Estos son los plaguicidas: cipermetrina, clorpirifos, lambda-cialotrina, malatión, clorantraniliprol, bromo-nitropropandiol, benzoato de emamectina y los herbicidas topamezone, paraquat y glifosato. Con la aplicación de estas encuestas, fue posible evaluar la percepción de los efectos en el uso de plaguicidas al medio ambiente y a la salud de usuarios de la Cuenca del Río Turbio. Fue evidente que existe un desconocimiento del daño específico y a largo plazo del uso de los mismos y, sobre todo las medidas para evitarlos.

Una vez identificada la problemática actualizada de la contaminación del agua en la cuenca del río Turbio, se comenzó la segunda actividad que consistió en el diseño de un sistema de humedales artificiales, el cual fue producto del escalamiento de un sistema nivel laboratorio a escala piloto. Este sistema consistió en una configuración tipo lineal compuesta de 8 módulos en 4 secciones, interconectados entre sí. El volumen estimado de tratamiento fue de 500 L/día, dado el tiempo de retención de 60 horas, el volumen de los humedales se estimó en 1250 L, es decir 156 L/módulo. La construcción de los humedales requirió trabajos para la adecuación del terreno, la perforación de las fosas con una pendiente del 3%, y la colocación de geomembrana de HDPE de 1 mm de espesor. Como sustrato se utilizó piedra volcánica conocido como tezontle de 1 a 5 cm de diámetro, y grava de 3 cm de diámetro para la separación de cada sección. Así también se realizó el levantamiento de una base para un tanque elevado de recepción (10,000 L), la excavación para la colocación de un tanque de almacenamiento del mismo volumen y registros de agua. Las conexiones se realizaron utilizando tubería de PVC de 2 y 4". Se utilizó a la planta *Typha domingensis* como medio vegetal de los humedales, la cual estaba adaptada a la concentración de contaminantes del río Turbio.

Como proceso adicional, se instaló un sistema de adsorción utilizando biocarbonos comerciales provenientes de la cáscara de coco, los cuales fueron colocados a la salida de los humedales artificiales (tanque de almacenamiento enterrado).



El sistema completo de humedales-adsorción demostró tener el potencial para reducir una gran diversidad de contaminantes, entre ellos los plaguicidas organoclorados, organofosforados y herbicidas. Tomando en cuenta los parámetros de sólidos suspendidos totales (SST), fue posible clasificar la calidad del agua tratada pasando de Fuertemente contaminada (650 mg/L) a Excelente a la salida de los humedales artificiales ( $\leq 25$  mg/L).

A pesar de tener una eficiencia de remoción del 95.4% de la demanda química de oxígeno (DQO) al pasar de 2,782 mg/L a 127.3 mg/L al final de todo el proceso, la calidad del agua aún es considerada como Contaminada de acuerdo con los criterios de la CONAGUA. Sin embargo, debido a que los resultados de estos análisis se realizaron en el mes de febrero y que la planta tenía sólo 3 semanas de adaptación a las condiciones de los humedales artificiales, se espera que las eficiencias puedan incrementar en meses más calurosos durante la época primavera-verano, y que *Typha domingensis* pueda tener una mayor cobertura de sus raíces dentro del sustrato.

Como tercera y cuarta actividad se desarrollaron talleres a los agricultores de los municipios de la zona de estudio, con el fin de difundir los resultados sobre el diagnóstico actualizado del agua del río Turbio, y de concientizar sobre el uso de plaguicidas y su relación con la afectación de los cuerpos de agua. Dentro de estos talleres, se realizó la demostración didáctica del funcionamiento de los humedales artificiales, mediante el uso de un modelo a escala y la preparación de material con el que pudieran analizar el agua de entrada y salida del humedal, además de visualizar los microorganismos que habitan en las raíces de *Typha domingensis*. Este tipo de talleres tuvo una respuesta muy positiva en la transformación del conocimiento por parte de los agricultores. Consideramos que se requiere continuar haciendo promoción sobre el uso de humedales artificiales, con el fin de dar a conocer a más usuarios dicha solución y seguir sensibilizando a más agricultores sobre los beneficios de su implementación. Como parte del aprendizaje obtenido de estos talleres, consideramos importante que la implementación de los humedales artificiales en estos municipios puede resultar más atractiva para los ejidatarios si es acompañando de un proyecto productivo, que genere ingresos en el humedal, como por ejemplo la siembra de flores de ornato y el empleo de agua de riego saliente para otros cultivos.

Es importante mencionar también que durante la ejecución del presente proyecto, se llevaron a cabo 4 actividades de divulgación, para diferentes tipos de público: a) Talleres de difusión, concientización de los plaguicidas y facilitación de la adopción de la tecnología de tratamiento de agua por humedales artificiales, b) Participación en el evento público del “Día Mundial de los humedales 2022, c) Grabación y edición de videos de divulgación para redes sociales y d) 3 tesis de licenciatura comprometidas en el convenio de este proyecto, y 2 tesis de adicionales.