

Vigilancia tecnológica y modelo *design-thinking* para desarrollar un prototipo experimental de humedal construido para el tratamiento de aguas residuales contaminadas con glifosato

Autores: Aguilar Cortés, Graciano*; Sandoval Herazo, Luis Carlos; Martínez Castellanos, Gustavo; Betanzo Torres, Erick Arturo; Ríos Martínez, Edson

Contacto: *gracianoac@gmail.com

País: México

Resumen

En el desarrollo de proyectos de investigación, la gestión tecnológica permite, desde etapa temprana la detección de la novedad, oportunidad, riesgos y asiste la integración de opciones para las hipótesis y formulación de objetivos. Este trabajo se refiere a la *Vigilancia Tecnológica* (clusterización de términos, ciencia-metría y patentometría), con estrategias para la búsqueda histórica del año 2000 al 2022 y el alcance global de tecnologías en el tratamiento de agua residual con glifosato, que asistan en el desarrollo de un prototipo experimental de un sistema de humedales construidos con plantas ornamentales con la finalidad de experimentar en la biorremediación y saneamiento de agua. Con la estrategia y la clusterización de términos se logró integrar los algoritmos de búsqueda, con la ciencia-metría e inteligencia se perfilaron criterios de investigación y enfoques no estudiados del fenómeno. La búsqueda global de patentes y su análisis fue necesaria, pues se detectaron publicaciones donde se involucraron corporaciones y tecnologías maduras. Publicaciones y patentes, generaron información que se utilizó como insumo en actividades del método "*Design Thinking*": para el cual se organizaron visitas y sesiones de dialogo con grupos focales (usuarios y comercializadores), se detectaron aspectos sobre procesos agrícolas, descarga de agua residual y cría traspatio. Sesiones personalizadas de cocreación con expertos investigadores se enfocaron a crear criterios e integración del *prototipo mínimo viable (PMV)* de mesocosmos de humedales construidos con plantas ornamentales. La vigilancia tecnológica y el método *Design Thinking*, permitieron integrar los componentes, especificaciones del diseño y construcción de un prototipo experimental, con sus condiciones de operación, mecanismos y parámetros de control, medición de variables, muestreo y análisis. Derivados de valor incluyen, la estrategia de protección intelectual, información útil para validar hipótesis, datos para escala en ambiente real y medios para el despliegue del sistema en comunidades rurales próximas a los sistemas agrícolas.

Palabras clave: prototipo experimental; vigilancia tecnológica; *design thinking*; humedales construidos.

1. Introducción

La investigación científica utiliza mecanismos estructurados para la búsqueda y selección de conocimiento relevante y pertinente a través de análisis iterativos de publicaciones con el objetivo de detectar huecos de conocimiento, enfocar el proyecto y con ello detectar la novedad y asistir en la validación de la propuesta de hipótesis, la declaración de los objetivos y una propuesta asertiva del plan de trabajo para la investigación, (Hernández Samperi et al., 2010). La inclusión de la gestión tecnológica y herramientas de la innovación permiten complementar el desarrollo del proyecto con elementos holísticos, enfoque a resolver problema del entorno y aceleración del prototipando en la búsqueda de soluciones de valor y espíritu de

participación del conocimiento al entorno. En este sentido la vigilancia tecnológica considera en su alcance al estado del arte (publicaciones) y el estado de la técnica (patentes), como instrumento para asistir a la investigación en la potencial asimilación activos del conocimiento mediante la protección del conocimiento en etapa temprana, también el ciclo de gestión y su enfoque de permanente alerta del entorno (Solleiro Rebolledo y Castañón Ibarra, 2016), así en la gestión tecnológica implica la integración de evidencias que permiten aproximar el nivel de madurez de la tecnología, y su proyección a la aplicación por parte de los grupos de interés y también usar información intrínseca a los estudios de (cienciometría y patentometría) para detectar alianzas o redes de conocimiento propios para la investigación en proceso. La clusterización de términos y estrategias de búsqueda amplían las oportunidades de detección temas no vinculados y la novedad que conduce a una estrategia de patentamiento en la investigación, así también detectar riesgos que al mitigarse fortalecen la productividad científica y el enfoque social con impacto desde la propuesta de valor (NMX-GT-004-IMNC, 2011). Por la madurez de la tecnología de humedales construidos su busco información que implicará soluciones disponibles, entender el uso y alcances de esas tecnologías maduras del tratamiento de agua y enfocar en nuestra línea de investigación propuestas donde las plantas ornamentales fueran el eje como un sistema biológico de remediación, a partir ello diseñar el prototipo como un sistema biológico de saneamiento de agua residual, que es un problema relevante en América Latina pues hasta un 60 % del agua que se utiliza y se descarga no lleva saneamiento (Rodríguez-Domínguez et al., 2020) y en México es primordial para el saneamiento de comunidades rurales o aisladas (Marín-Muñiz et al., 2020). Los humedales construidos o de tratamiento buscan emular la capacidad de la naturaleza y reproducir las condiciones del medio ambiente para el saneamiento con prototipos a escala. (Zurita y Carreón-Álvarez, 2015), así el conocimiento generado sobre humedales construidos y las plantas ornamentales son parte fundamentales para ampliar soluciones con contaminantes varios y diferentes procesos agroindustriales (Sandoval-Herazo et al., 2021). La integración de un prototipo para procesos biológicos utiliza elementos que interactúan en la naturaleza como un sistema complejo y sus relaciones no se han estudiado a detalle para entender los ciclos en el tratamiento de agua y entender las interacciones como lo aborda la teoría de la complejidad (CONCEIÇÃO DE ALMEIDA, 2008), parte de su interacción permanente y temporal puede modelarse con la teoría general de sistemas (Bertalanffy, 1989), con ello se puede exponer y resolver hipótesis del desempeño de los humedales como un sistema que refleje las condiciones reales de la naturaleza en los humedales construidos (Vymazal y Krö Pfelová, 2009).

El objetivo del presente trabajo fue diseñar e integrar un prototipo funcional de humedal construido de flujo horizontal que incorpore el conocimiento previo sobre el tratamiento de agua, incorporar el conocimiento de usuarios sobre manejo de parcelas de las comunidades agrícolas de Misantla y la región (Zitácuaro-contreras et al., 2021). La integración de un prototipo y sus variables de influencia, parámetros de control, mecanismos y restricciones son un paso fundamental para poder reproducir el fenómeno de la naturaleza y poder evaluar el prototipo, así como la reproducibilidad de los eventos (Sarraipa y A, 2019). El desarrollo de proyectos de innovación tecnología ha incorporado herramientas para la creación de producto o *prototipo mínimo viable* a partir de datos otorgados por las partes interesadas como los “usuarios” y los aliados investigadores, estos métodos denominados “Lean” en el diseño y permiten desarrollar propuestas optimizando la creación y prueba lo más rápido posible y promover mejoras que permitan operar y resolver en forma dinámica y asertiva. (Steve Blank, 2012).

2. Materiales y métodos

Para tener un prototipo funcional y experimentar en ambiente real con el tratamiento de agua residual municipal con glifosato se requieren los principios de los humedales construidos, una restricción de la investigación fue tener un espacio abierto en el *Laboratorio de Humedales y Sustentabilidad Ambiental* del Instituto Tecnológico Superior de Misantla en Misantla, Veracruz, México., con clima tropical a subtropical, ambiente en el cual se instaló el prototipo, donde se registran aspectos relevantes del desarrollo, armonización de sistemas y secuencia metodológica para su creación. La estrategia de búsqueda sistemática de la información se planea con funciones de la gestión tecnológica, utilizando requerimientos que asistan formular el desarrollo del prototipo y su integración física, y en una segunda parte de la información necesaria se validación de usuarios clave, así como el uso de la información con prácticas “Lean de la innovación”. La Figura 1 presenta las cuatro etapas consideradas para la exploración de tecnologías y conocimiento mediante una propuesta utilizando la vigilancia tecnológica.

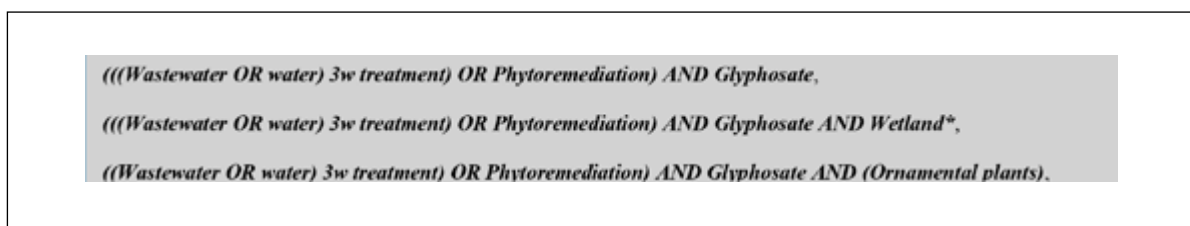
FIGURA 1. Proceso de vigilancia Tecnológica.



Fuente: Adaptado de Rodríguez (2009).

A partir del problema, la hipótesis y la primera versión del objetivo general del proyecto se integran las estrategias de búsqueda, considerando los alcances y con ello las fuentes del conocimiento, algunas palabras clave relevantes para el objetivo del proyecto y de la búsqueda, se establecieron las estrategias y la integración del algoritmo de búsqueda (Figura 2).

FIGURA 2. Estrategias de búsqueda a través de algoritmos.

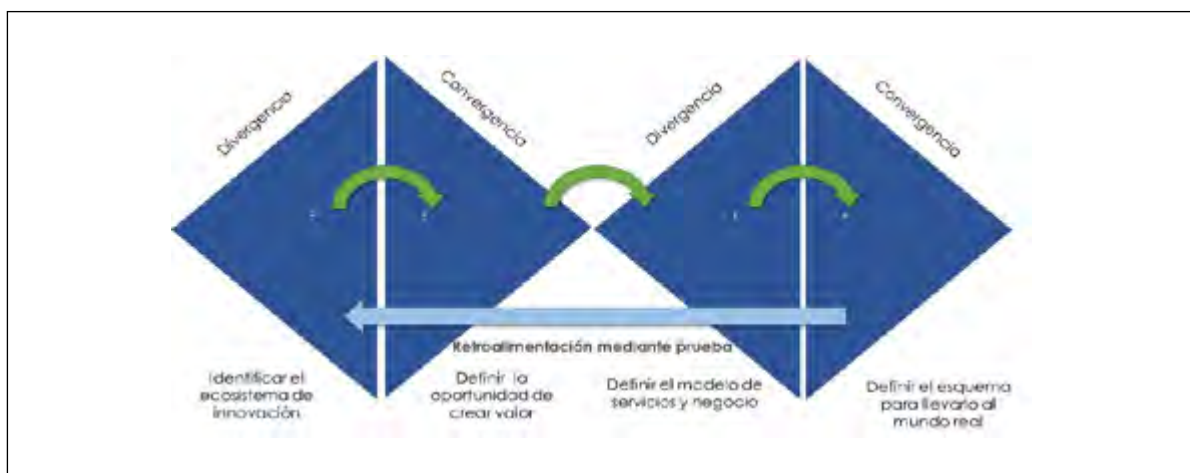


Fuente: Elaboración propia.

La vigilancia tecnológica como metodología de búsqueda sistemática de las señales del entorno detecta los huecos de conocimiento que permiten no solo evidenciar la novedad, conocimiento disponible, y las oportunidades de conocimiento para realizar la investigación con criterios experimentales útiles y de valor, criterios técnicos para poder sustentar criterios geométricos, de integración de plantas, de tiempo de retención hidráulica y de acomodo físico de los mesocosmos.

La búsqueda e inteligencia para extraerla información relevante, utilizó el modelo de vigilancia e inteligencia tecnológica como lo plantea el estándar NMX-GT-004-IMNC-2012, a partir de la base de SCOPUS que incluye publicaciones de la línea de conocimiento con un nivel de calificación relevante en sus catálogos de editoras. La exploración y su procesamiento se enfocó a la búsqueda de algunas especificaciones, criterios técnicos, reportes de experiencia para la integración del mesocosmos como unidad de experimentación, así como medios para sustentar el valor de la investigación y en segunda instancia a las restricciones, control y criterios útiles para la experimentación (Rodríguez Fernández, 2008). Algunas metodologías incluyen creatividad para la integración de una propuesta de solución para la innovación tecnológica de un prototipo funcional (Camburn et al., 2017). Para este propósito se utilizó la metodología de cocreación con una propuesta que incluyera al prototipo y sus criterios de operación, control de variables, verificación de parámetros que están regulados, así como criterios para monitorear variables no controlables, pero de influencia en los resultados de la investigación, pues se trata de fenómenos biológicos en el tratamiento de aguas residuales mediante fitorremediación. En la investigación el equipo de trabajo de Humedales ha generado un conocimiento previo que debió ser utilizado incluyendo criterios de diseño del prototipo, materiales, sistema de alimentación de fluido, etc. Utilizando una herramienta de contacto humano denominada "Customer Discovery" enfocada a preguntar a productores, investigadores y comercializadoras y mecanismos de fue "Design Thinking". (Tim Brown, 2008), (Plattner, 2014), enriquecida con otros modelos, lo cual permitió la integración de criterios de diferentes subsistemas que interactúan en el prototipo (Mauricio Castillo-Vergara, 2014).

FIGURA 3. Ejercicio de cocreación de prototipo con un grupo de enfoque usando una metodología de "design thinking"



El sistema propuesto integra: un componente hidráulico; dosificación, arreglos de plantas en mono y policultivo, material filtrante, estructura o mesocosmos; el sistema biológico de las plantas seleccionadas;

estructura y secuencia de operación y un sistema bacteriano que se desarrolla y habita en el mesocosmos. El sistema ambiental donde solo se colocan mecanismos de monitoreo. es donde se instala el prototipo y que forma parte de restricciones de diseño, su monitoreo permanente con equipo digital, en red y que generar datos en forma permanente y en la nube. El mesocosmos también es parte de todo el sistema. Considerar en ello, mecanismos de verificación del concepto (Sarraipa y A, 2019).

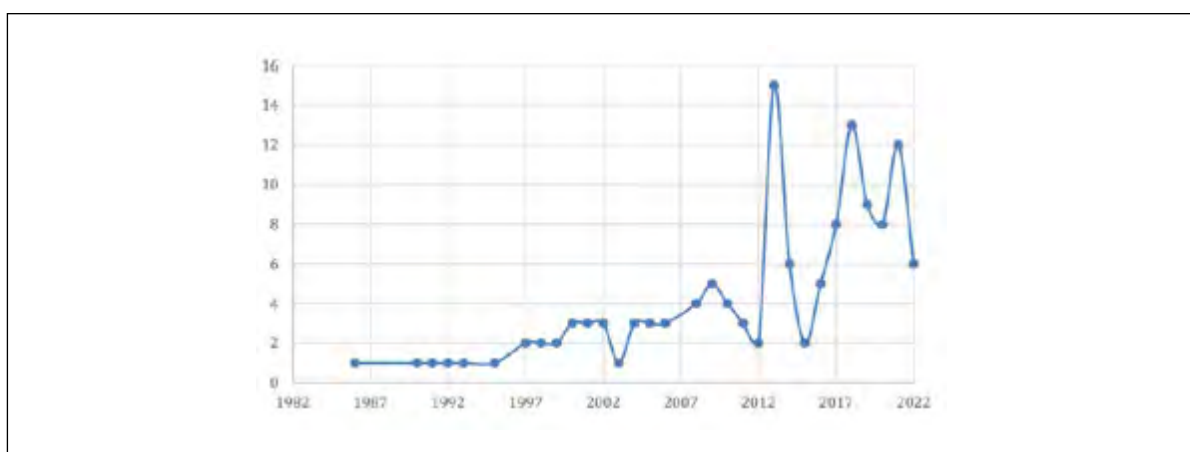
El despliegue del método consideró orientar al equipo de trabajo a concentrarse en sus capacidades, competencias y conocimiento, para participar activamente con opiniones y construcción. Incorporar materiales locales y seleccionar componentes que reproduzcan los fenómenos estudiados, requirió la participación de diferentes equipos de trabajo, mecanismo de integración, momentos de colaboración y La voz y guía en la problemática de los usuarios y de los investigadores mediante entrevistas fue fundamental (Silveira, 2020). El prototipo forma parte de una investigación. En este sentido, la integración de los componentes fue validado con un protocolo establecido que contenía la definición de parámetros a medir y comparar, así como variables a registrar. Las Figuras 4 y 5 muestran al equipo de investigación y de campo para el desarrollo del prototipo.

3. Resultados

La búsqueda con vigilancia orientó para el análisis de publicaciones que ayudaran a determinar acciones en la selección del material filtrante, así como especificaciones de su preparación para evitar contaminación o atascamiento.

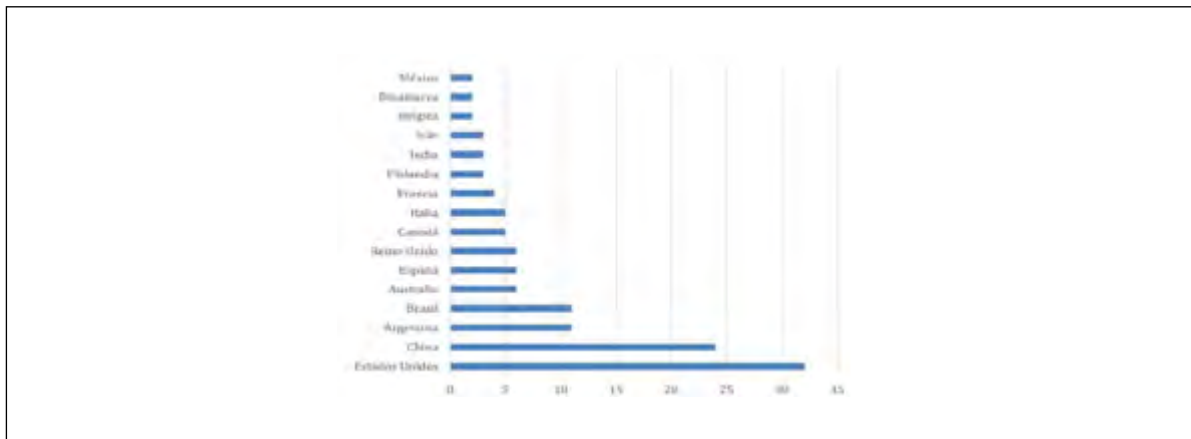
Los resultados de la búsqueda global permitieron aclarar algunas dudas sobre las tecnologías de remoción, y a pesar de que es una tecnología madura, el enfoque de las publicaciones se ha centrado en los efectos a la salud, o procesos industriales, no así a la remoción del agua residual municipal. En cuanto a la experimentación de esta investigación se realiza en ambientes controlados de laboratorio, con casos específicos en ambiente real, pero no a nivel escala como los mesocosmos. Se presenta el resultado de los indicadores basados en el algoritmo con lo que se filtran aquellos documentos que representan un valor para el tema. De esta forma se inicia el análisis de trayectoria a través de los años de publicación: que es parte del interés de los diferentes grupos de investigación en el tema, esto se representa en la siguiente gráfica de concentración de acciones en el reporte de investigación a través del tiempo.

FIGURA 4. Producción científica por año con una estrategia de búsqueda global



Fuente: Elaboración propia.

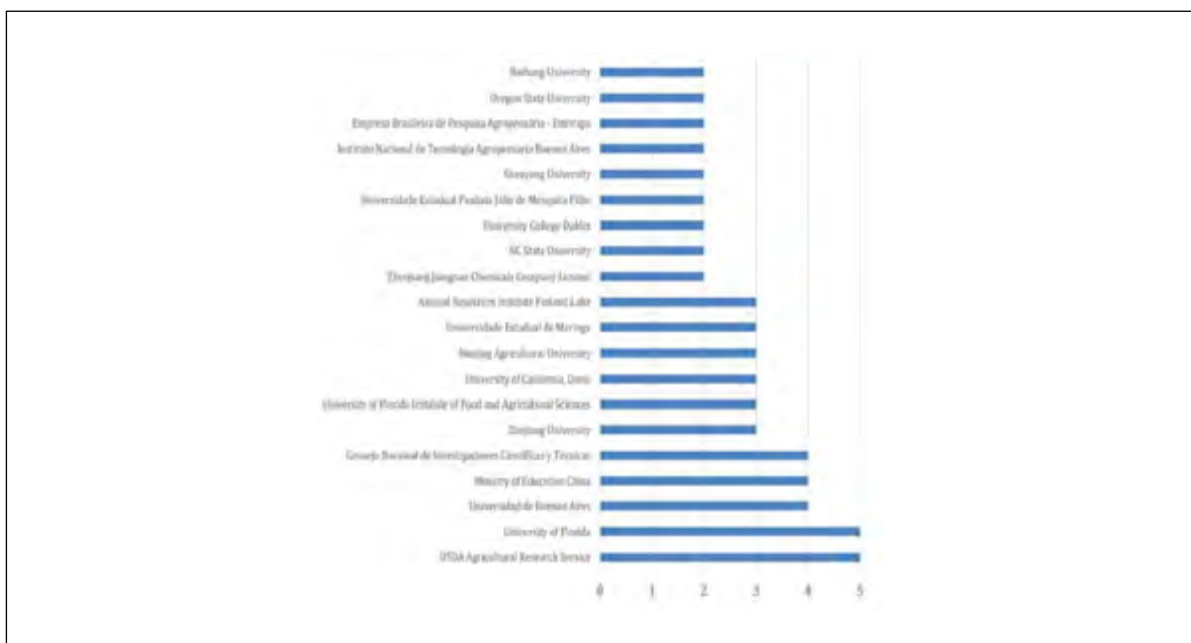
FIGURA 5. País de origen de publicación en la estrategia de búsqueda global



Fuente: Elaboración propia.

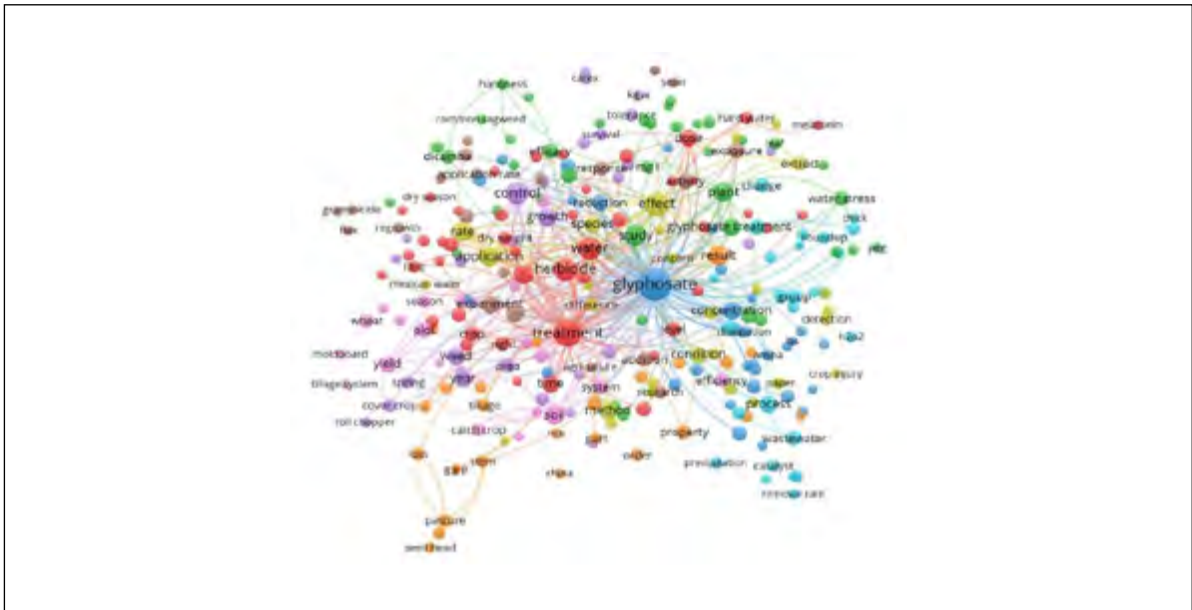
De la gráfica se observa la concentración de informes en el año 2013, con ello también, como los trabajos coinciden en tiempo de aparición del producto, y cómo el interés ha crecido a partir de 2015. Con un origen histórico máximo de 1985, que muestra lo joven del tema en el ambiente científico. Con la finalidad de crear oportunidades en la investigación se realiza la verificación de los contenidos de conocimiento relevante declarado en cada resumen ejecutivo sin antes verificar como dato las organizaciones que están generando este conocimiento con la finalidad de detectar oportunidades de colaboración o inclusive de asociación. Como la Universidad de Florida, Universidad de Buenos Aires, el Consejo Nacional de investigaciones científicas y técnicas de Argentina, Universidad de California, Davis, organizaciones donde se concentra la generación de conocimiento.

FIGURA 6. Concentración de publicaciones sobre el tema en análisis o filiación de los investigadores



Fuente: Elaboración propia.

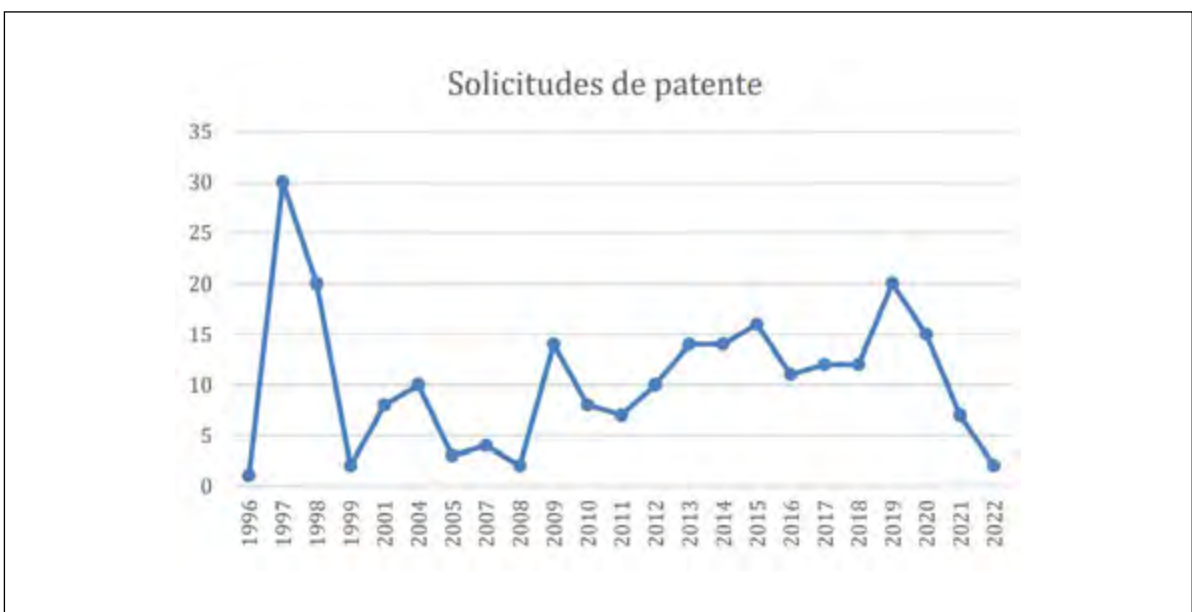
FIGURA 7. Mapa de clústeres de investigación como una red con la estrategia de búsqueda principal



Fuente: Elaboración propia con procesamiento en VOSviewer.

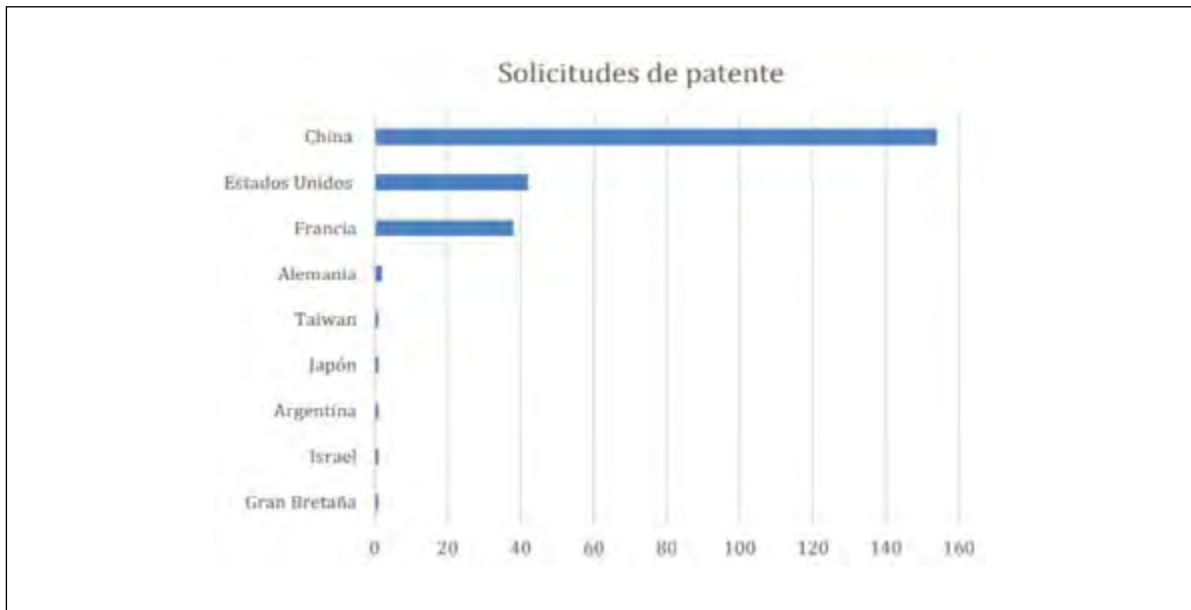
Para complementar el análisis de publicaciones, se realiza la verificación de patentes de igual forma con alcance global, en la cual se encontraron 242 patentes con línea de tiempo que remonta a 1996. Se presenta el gráfico de trayectoria de patentes con la finalidad de analizar la concentración de datos, la vinculación con áreas de conocimiento explorado y los alcances de la novedad que buscan proteger; se han realizado ejercicios adicionales para explorar mediante mapas como las patentes se ordenan con clústeres tecnológicos y de ellos en bloques de conocimiento dependiendo del área donde se protegió la tecnología.

FIGURA 8. Línea de tiempo y concentración de patentes concedidas a nivel global sobre sistemas o procesos



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 9. Análisis de patentes utilizando la concentración por país de origen de la asignación



Fuente: Elaboración propia.

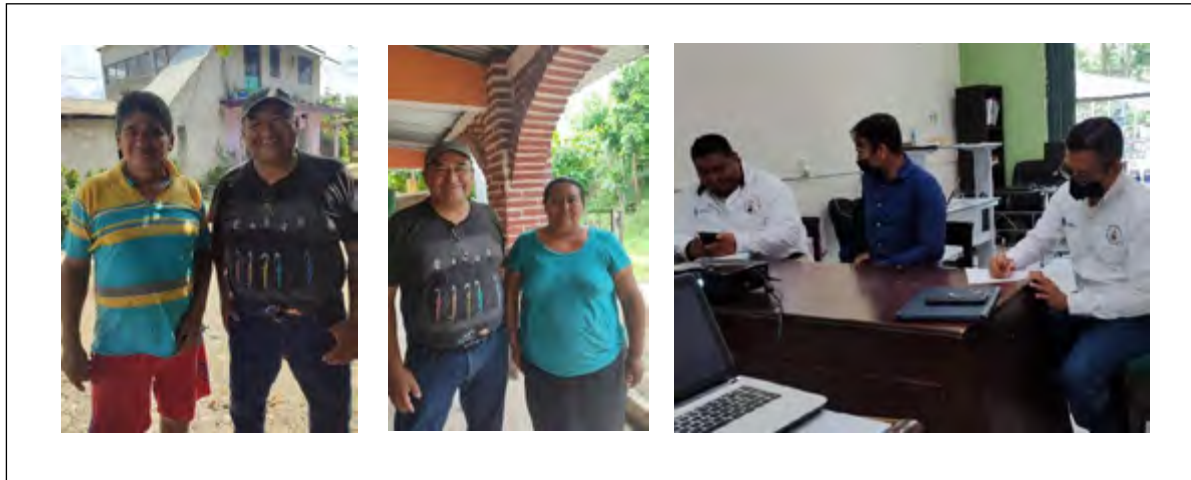
Las invenciones se refieren a tecnologías de sistemas, procesos químicos o biológicos, medios de detección o medición vinculados al tratamiento de las aguas residuales que contienen glifosato, las invenciones se pueden relacionar a la intención de trasladar el conocimiento a una forma de explotación, pero en algunos casos es solo una forma de resguardar el conocimiento sin aplicación. China es el país que mantiene el mayor número de patentes y en América Latina solo es Argentina el país que tiene presencia en este indicador de la búsqueda. El país en la gráfica asiste la ubicación donde se genera la tecnología y donde originalmente se solicita la patente, se puede correlacionar con los grupos de trabajo que desarrollaron el conocimiento y es posible al ver las reiteraciones y resumen detectar qué equipos de investigación están proyectando con socios u otros grupos.

Valor de la búsqueda: Los datos derivados del análisis de la información general donde no se encontró un sistema y tecnología como la que se propone en la investigación, tampoco en las patentes. Adicional se pudieron detectar algunos valores de concentración de glifosato encontrado en agua de algunos cuerpos de agua y valores específicos de agua de proceso. En el resumen de las publicaciones con tecnologías específicas se detectaron 18 publicaciones donde se exponen mecanismos de moleculares del glifosato y en algunos casos el bioquímico que permite el desencadenamiento de la molécula organofosforada y otros mecanismos indicados para las reacciones de oxidorreducción o metales en las reacciones.

4. Descubriendo al usuario

A partir de la composición de perfiles específicos de productores agrícolas se seleccionaron 12 entrevistas y 4 de comercializadores de agroquímicos, así también 4 sesiones con expertos de investigación. Teniendo como resultado, criterios de dilución de contaminante en agua, tiempo de retención hidráulica, dispositivos de dosificación, especificaciones geométricas de material base o filtrante, especies de plantas, área seleccionada y equipo de campo para medición de variables.

FIGURA 10. Proceso de entrevistas de profundidad en comunidades de Misantla, Ver y sesiones con investigadores de la línea de investigación ambiental, bioquímica y constructiva



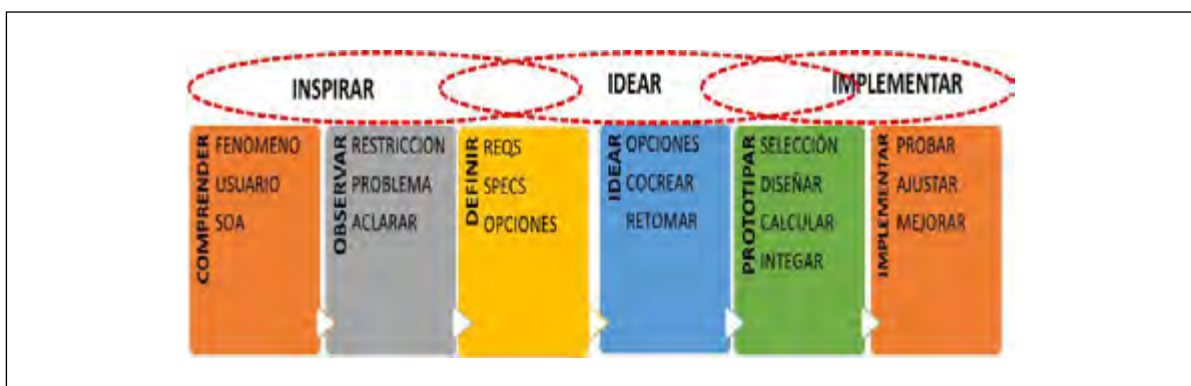
Fuente: Derechos fotográficos propios

A partir del modelo y las características generales se realizó un mapa del sistema y la forma que interactúan los subsistemas, este es el primer resultado del trabajo de equipos de investigación y características discutidas en las diferentes etapas.

El concepto del diseño y su prototipo mínimo viable consideró:

- El cálculo del índice de porosidad para dos tipos de granulometría de material filtrante, que fue fundamental para el efecto de la hidrodinámica.
- Se determinó la estructura geométrica en el acomodo del material filtrante dentro del recipiente del mesocomo para lograr el flujo apropiado y la interacción de las plantas con el agua a tratar y los microorganismos con el método de subsuperficial.
- Se realizó el cálculo de caudal para el tiempo de retención hidráulica del agua a tratamiento, con ello la selección de tubería y método de goteo.
- Se determinó el cálculo de las partes por millón (ppm) del contaminante disuelto a través del sistema de acuerdo con datos obtenidos en entrevistas con productores, adicionada a agua residual de un cárcamo de dren municipal.

FIGURA 11. Modelo Design Thinking para la innovación colectiva, de Tim Brown



Fuente: Brown (2008).

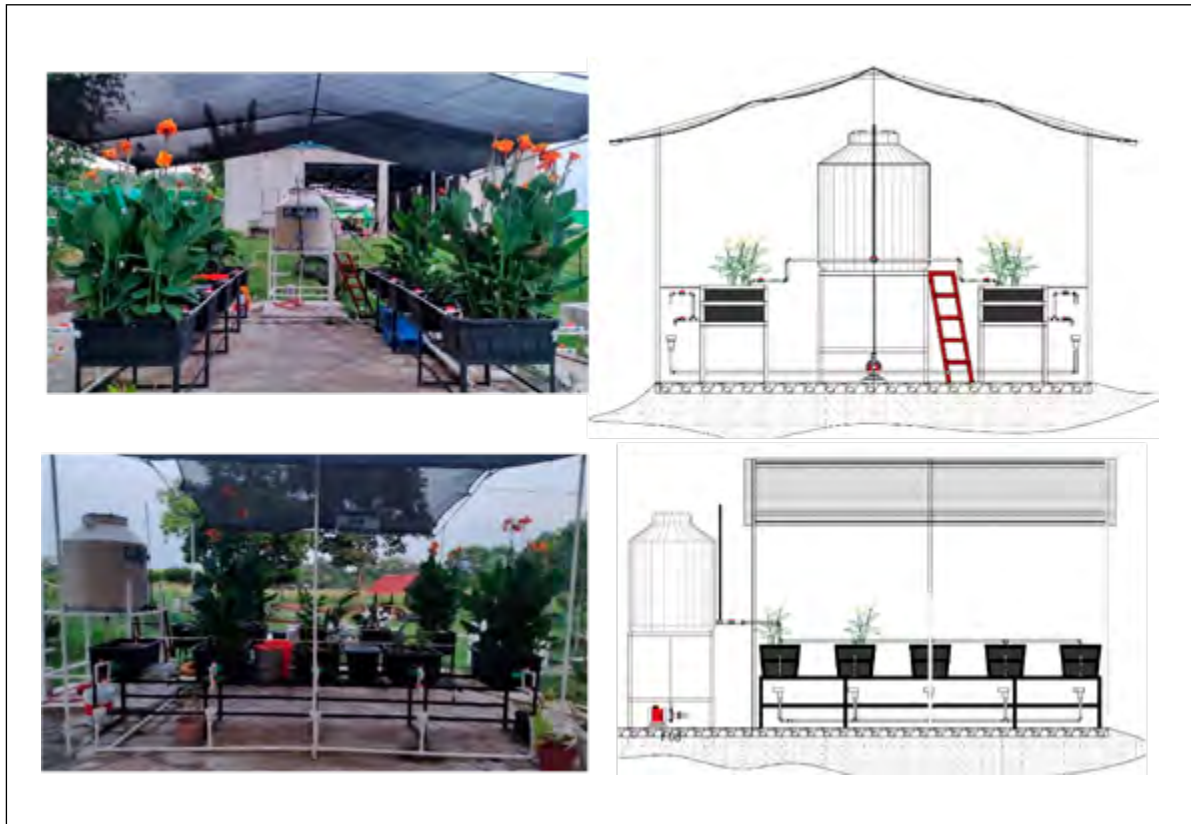
FIGURA 12. La secuencia de eventos que llevo a la integración de subsistemas en el Prototipo Mínimo Viable para emular las condiciones reales para el tratamiento de agua residual con glifosato



Fuente: Elaboración propia.

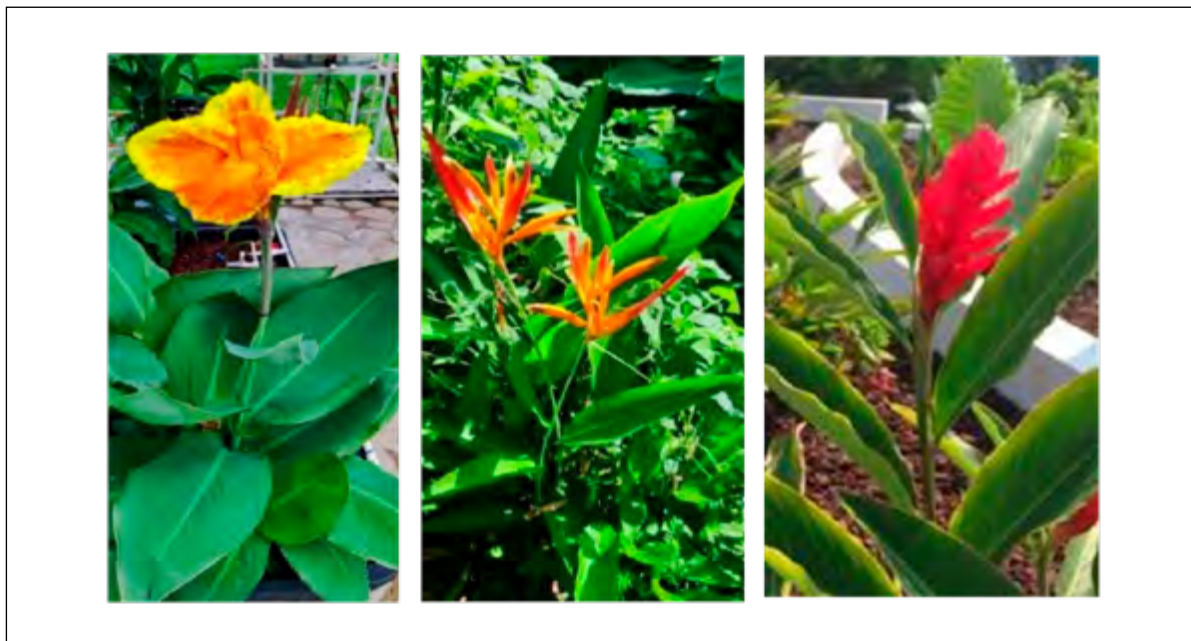
- Se diseñó y construyó un medio para filtrar la cantidad de iluminación solar apropiada para el experimento pues el mesocosmos es escala y la intensidad varía con la época, por lo que se miden los luxes que recibe el sistema.
- Se desarrolló el plan y programa de muestreo y análisis de la calidad del agua de acuerdo con la norma mexicana (NOM-SEMARNAT-001-2021 DOF, 2021), así como la medición del desarrollo de la biomasa a partir de la capacidad del prototipo.
- La selección de materiales de los subsistemas se basó en el conocimiento previo generado por el grupo de investigación derivado de proyectos en el tema, considerando algunos factores de recomendación adicional como la granulometría y la limpieza previa. La ilustración 12 muestra, mediante imágenes, la disposición del sistema en forma esquemática con mesocosmos, sistema biológico e hidráulico para la integración e interacción del prototipo.
- La puesta punto del prototipo requirió de cálculos adicionales para controlar algunas variables y que no fueran sumadas a la complejidad, tal como, el aforo total del sistema (tanque elevado, volumen combinado de material filtrante y agua residual, índice de porosidad del material filtrante, tiempo de retención hidráulica y con ello el caudal, cálculo de dilución y concentración del glifosato en el volumen de agua a tratamiento.

FIGURA 13. Prototipo resultado en etapa de operación en ciclo 1, componentes integrados, nivel TRL 5



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 14. Plantas ornamentales seleccionadas para integrarse en el prototipo, como resultado de la voz de expertos



Fuente: Elaboración propia.

- La selección de las plantas incluyó variantes locales de características reportadas, tres especies de plantas ornamentales fueron incluidas en el prototipo, las cuales fueron incluidas de acuerdo con recomendaciones de los investigadores y con sustento en su experiencia más evidencia de reportes de otros investigadores. Considerando factores tales como: resistencia en condiciones de inundación y tolerancia a contaminantes e indicadas como aquellas con características y desempeño útil para el objeto de estudio, ser ornamentales.
- El resultado es un prototipo que al momento ha mostrado un desempeño apropiado, simulando las condiciones a las cuales se someterá el sistema a escala real.
- Ya instalado e integrado el prototipo en un espacio a intemperie se colocaron mecanismos para el monitoreo ambiental, como una estación meteorológica conectada a una red y equipo local para el registro permanente de datos, quedando estos sistemas como parte integral del concepto.
- El prototipo se ha sometido a la evaluación de los potenciales usuarios, exponiendo sus capacidades y resultados parciales a través de los datos generados. Hasta el momento el prototipo cumple su cuarto mes de operación en las condiciones para las cuales fue conceptualizado y está en proceso la documentación para someterlo a modelo de utilidad como estrategia de propiedad intelectual.
- Se generaron mecanismos de vínculo y colaboración con la comunidad que se mantienen más allá del prototipo y en su etapa de escala fue incorporando datos, materiales y plantas de las comunidades objetivo, tomando en cuenta antecedentes científicos de relevancia.

5. Conclusiones

La incorporación de herramientas de gestión para el emprendimiento tecnológico (Lean Startup), con orden en las evidencias, con mecanismos de la gestión de tecnología permite el avance de la investigación y generación del conocimiento en forma ordenada y sistemática.

El prototipo construido emula las condiciones de la naturaleza, de acuerdo con el concepto de diseño y su operación en la investigación. El ambiente de sistema abierto, como un criterio de aplicación en un diseño biológico, es fundamental para la aproximación a las condiciones naturales y facilita la escala (Figura 13).

La implementación de sistemas de medición digital y datos en nube complementa los análisis por métodos tradicionales, pero no los sustituye (humedad, precipitación, temperatura, intensidad de luz, pH, conductibilidad eléctrica). El prototipo mínimo viable optimizó el recurso para la investigación y pone en acción las actividades de experimentación en un tiempo razonable, y las condiciones para continuar el proceso de generación de datos. El prototipo en sí es un producto con alto potencial de ser protegido.

La metodología seleccionada mostro sus virtudes al orientar con una secuencia y orden de acciones en el tiempo y con recursos escasos. El enfoque a un “producto o prototipo mínimo viable” acelero la marcha de las pruebas y el equipo observo frutos en tiempo mínimo.

Referencias bibliográficas

- Bertalanffy, L. Von. (1989). *Teoría General de los Sistemas*. Fondo de Cultura Económica.
- Camburn, B., Viswanathan, V., Linsey, J., Anderson, D., Jensen, D., Crawford, R., Otto, K. y Wood, K. (2017). Design prototyping methods: State of the art in strategies, techniques, and guidelines. *Design Science*, 3. <https://doi.org/10.1017/dsj.2017.10>
- Conceição de Almeida, M. DA. (2008). *Para Comprender la Complejidad*.

- Hernández Samperi, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la Investigación* (5ª ed.). Mc Graw Hill.
- NMX-GT-004-IMNC (2011). *NORMA MEXICANA Gestión de la Tecnología-Directrices para la implementación de un proceso de vigilancia tecnológica*. <http://www.imnc.org.mx>
- Marín-Muñiz, J. L., Hernández, M. E., Gallegos-Pérez, M. P. y Amaya-Tejeda, S. I. (2020). Plant growth and pollutant removal from wastewater in domiciliary constructed wetland microcosms with monoculture and polyculture of tropical ornamental plants. *Ecological Engineering*, 147. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.105658>
- Castillo-Vergara, M. (2014). Design thinking: como guiar a estudiantes, emprendedores y empresarios en su aplicación. *Ingeniería Industrial*, XXXV(3).
- Plattner, H. (2014). *An Introduction to Design Thinking PROCESS GUIDE*.
- Rodríguez Fernández, C. (2008). *Sistema de Vigilancia Tecnológica y Agentes Inteligentes*.
- Rodríguez-Domínguez, M. A., Konnerup, D., Brix, H. y Arias, C. A. (2020). Constructed wetlands in Latin America and the Caribbean: A review of experiences during the last decade. *Water (Switzerland)*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/w12061744>
- Sandoval-Herazo, M., Martínez-Reséndiz, G., Echeverría, E. F., Fernández-Lambert, G. y Herazo, L. C. S. (2021). Plant biomass production in constructed wetlands treating swine wastewater in tropical climates. *Fermentation*, 7(4). <https://doi.org/10.3390/fermentation7040296>
- Sarraipa, J. A. y A, J. H. (2019). *Metodología de Evaluación de Prototipo Innovador*. NOM-SEMARNAT-001-2021 DOF (2021).
- Silveira, C., R. L., S. y V., M. H. (2020). Creativity in Prototypes Design and Sustainability - The case of Social Organizations. *ASTES*, 5.
- Solleiro Rebolledo, J. L. y Castañón Ibarra, R. (2016). *Manual de Gestión Tecnológica para Pymes Mexicanas*.
- Blank, S. (2012). *The startup owner's manual*.
- Brown, T. (2008). Design Thinking. *Harvard Business Review*.
- Vymazal, J. y Krö Pfelová, L. (2009). *Náměstí SmiřickýSmiřický´ch 1, 281 63 Kostelec nad C ěrny´mierny´mi lesy*.
- Zitácuaro-Contreras, I., Vidal-Álvarez, M., Hernández Y Orduña, M. G., Zamora-Castro, S. A., Betanzo-Torres, E. A., Marín-Muñiz, J. L. y Sandoval-Herazo, L. C. (2021). Environmental, economic, and social potentialities of ornamental vegetation cultivated in constructed wetlands of Mexico. *Sustainability (Switzerland)*, 13(11). <https://doi.org/10.3390/su13116267>
- Zurita, F. y Carreón-Álvarez, A. (2015). Performance of three pilot-scale hybrid constructed wetlands for total coliforms and *Escherichia coli* removal from primary effluent – a 2-year study in a subtropical climate. *Journal of Water and Health*, 13(2), 446–458. <https://doi.org/10.2166/wh.2014.135>