

LOS HUMEDALES, POLÍTICAS A SEGUIR PARA SU RESCATE

WETLANDS, POLICIES TO FOLLOW FOR ITS RESCUE

Amado Enrique Navarro-Frómeta^{1*},
María-del-Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa²

<https://orcid.org/0000-0001-9509-908X>
<https://orcid.org/0000-0002-4827-0670>

Recibido: 9/julio/2023
Aprobado: 30/Noviembre/2023
Publicado: 07/enero / 2024

¹Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros, Calle de la Reforma 168, Campestre La Paz, 74420 Izúcar de Matamoros, Puebla, México

²Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, Facultad de Química, FQ, Departamento de Ingeniería Química, DIQ, Laboratorios 301, 302 y 303 de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental, LIQAYQA, Circuito de la Investigación Científica s/n, Ciudad Universitaria, 04510 Ciudad de México, México.

Tel. (+52-55) 5622-5300 al 04, Fax (+52-55) 5622-5300
Correos-e (e-mails): navarro4899@gmail.com, mcduran@quimica.unam.mx

Resumen

El objetivo de esta investigación es el de sentar las bases de una política de rescate y conservación de los humedales mexicanos para que los seres humanos que coexisten con ellos se relacionen simbióticamente con ese entorno ofreciendo y recibiendo beneficios mutuos. Debe considerarse el proyecto denominado PentaHélice para que esta política funcione. Con el apoyo de estas cinco partes de la sociedad humana, podrán construirse humedales artificiales o tecnificados que impidan que el agua residual llegue a los humedales dañando sus ecosistemas. La consolidación de estas acciones permitirán alcanzar la sustentabilidad y el aprovisionamiento de alimentos, agua limpia y ambientes agradables que mejoren la calidad de vida, tanto espiritual como material, para todas las personas y para la naturaleza.

Palabras clave: Humedales, rescate, cambio climático

Abstract

The objective of this research is to establish the bases of a policy of rescue and conservation of the Mexican wetlands so that the human beings that coexist with them relate symbiotically with that environment offering and receiving mutual benefits. The PentaHelix project must be considered for this policy to work. With the support of these five parts of human society, artificial or technical wetlands might be built that prevent residual water from reaching the wetlands, damaging their ecosystems. The consolidation of these actions will make it possible to achieve sustainability and the supply of food, clean water and pleasant environments that improve the quality of life, both spiritual and material, for all people and for nature.

Keywords: Wetlands, rescue, climate change

Introducción

En los años 80 del siglo veinte la relación con los humedales en el grupo de investigación creado por la segunda autora se inició por invitación del Prof. Dr. Fermín Rivera de la ahora FES Iztacala (López-Ochoterena, 1998; en Gaitán-Zamora, 2022).

De hecho, en esa década México fue incluido en la Convención de Ramsar para proteger sus humedales (Durán-Domínguez-de-Bazúa et al., 2022). En estos casi 40 años se ha visto que la inclusión de estos humedales de importancia internacional con los que la naturaleza nos dotó no conllevó un programa articulado para protegerlos enseñando de manera proactiva a los grupos sociales que viven en el entorno de los humedales a aprender a llevar a cabo una convivencia con ellos de manera simbiótica, dando y recibiendo vida y calidad de vida para ambos ecosistemas, el de los grupos humanos y el de los humedales naturales.

Y esta es justamente la tarea que debe seguirse en la sociedad para armonizar el modus vivendi de los seres humanos con el de los humedales que la naturaleza dio a todos los seres vivos del planeta Tierra y, en especial, a México, tan rico en biodiversidad, como lo señala su Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, CONABIO.

Si se analizan los temas de las celebraciones del Día Mundial de los Humedales ellos darán pautas para lograr esta simbiosis positiva entre estos ecosistemas y los grupos humanos que cohabitan con ellos. Se invita a las(os) lectoras(es) a consultar el libro “Los humedales, un día de celebración y 364 días y un cuarto de trabajo para su rescate, una reseña histórica” publicado por los autores y que se encuentra en

el portal electrónico de la RedICA de la BUAP.

Por tanto, el objetivo de esta reflexión es ofrecer una solución que permita ofrecer una política de rescate para los humedales mexicanos.

A continuación se desarrolla esta investigación que da pautas para rescatarlos.

Para ello se plantea la problemática que estos sistemas únicos en nuestro planeta han sido depredados y destruidos por Homo sapiens en aras de un beneficio inmediato.

Con base en la búsqueda de soluciones, un grupo de países se reunieron para crear lo que se llamó la Convención de Ramsar, la ciudad iraní donde se desarrolló esta reunión. La primera vertiente es incluirlos en una solución multi-grupal y se da el ejemplo de un proyecto europeo conocido como la penta-hélice.

La segunda propuesta de solución para el caso de México, con base en varias publicaciones que dan algunas respuestas más promisorias, se da el ejemplo de los llamados humedales artificiales o tecnificados o construidos que permiten tratar el agua contaminada antes de verterla a los humedales conocidos como naturales.

Bases de las propuestas

Hasta 2022 han transcurrido 26 años de la celebración formal del Día Mundial de los Humedales y este próximo 2 de febrero de 2023, se iniciará una siguiente a partir de 2021 cuando la ONU declaró este Día Mundial dentro de las celebraciones de los 25 años como Día Internacional de su organización ya que los seres humanos al tener cinco dedos en nuestras extremidades tendemos a contar en lustros.

El 2 de febrero de 2022 el diario La Jornada en Yucatán señaló:

“Este 2 de febrero, como parte del Día Mundial de los Humedales, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp) entregó la distinción internacional Ramsar a la Reserva Ciénagas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán. Esta reserva cuenta con una superficie de más de 54 mil hectáreas de conservación, que brindan ‘un sinnfín’ de servicios ecosistémicos.”

“Este tipo de lugares son humedales protegidos por ser considerados cunas de diversidad biológica, es decir, son uno de los entornos más productivos del mundo y un refugio de varias especies de flora y fauna.

México ocupa la segunda posición de países con mayor número de sitios Ramsar, ya que contaba con 142, los cuales suman una superficie de 8 millones 657 mil 57 hectáreas.”

En realidad son ya 144 humedales de importancia internacional con dos más aprobados en 2022.

<https://www.lajornadamaya.mx/yucatan/189313/reserva-cienagas-y-manglares-de-la-costa-norte-de-yucatan-reconocida-como-sitio-ramsar#:~:text=La%20regi%C3%B3n%20cuenta%20con%20una,prioritaria%20para%20la%20conservaci%C3%B3n%20de>

En estos casi 27 años todavía no ha podido traducirse plenamente la concientización de las sociedades humanas de promover la recuperación o restauración o rescate de los humedales. México no es la excepción y continúa destruyéndolos. En la publicación previa ya mencionada se señalaban los puntos más preocupantes para el caso de México, tomados justamente de la Convención de Humedales de Ramsar cuando había 142 sitios (Durán-Domín-

guez-de Bazúa et al., 2022):

Contaminación	105
Modificaciones de los sistemas naturales	97
Utilización de recursos biológicos	96
Asentamientos humanos (no agrícolas)	83
Agricultura y acuicultura	81
Regulación del agua	58
Especies invasoras y otras especies y genes	45
Problemáticos	45
Intrusiones y perturbaciones humanas	31
Cambio climático y condiciones meteorológicas adversas	27
Corredores de transporte y servicios	16
Producción energética y minería	2
Fenómenos geológicos	2

Es claro que en este documento no pueden darse las pautas para resolverlos todos. Se tomará el ejemplo de los humedales conformados por el antiguo Lago de Xochimilco del cual solamente queda una proporción mínima habiendo ocurrido esto justamente por los asentamientos humanos sin actividades agrícolas y también por la contaminación. Y se seleccionó porque representa a uno de los 83 sitios Ramsar de México afectados del total de los 142 para el primer rubro (casi el 60% de ellos) y uno de los 105 del segundo (casi el 75% de ellos).

Primera propuesta: El ejemplo del proyecto Penta-Hélice europeo

Para esta propuesta se requiere de la aplicación decidida del proyecto europeo denominado pentahélice que incluye, según quienes la promovieron a los cinco componentes importantes de una comunidad que, unidos, podrán resolver un problema común:

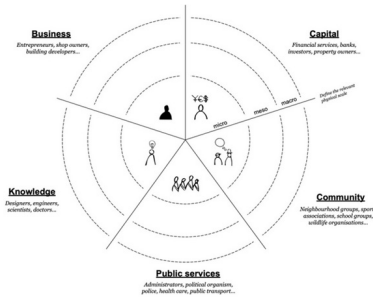
El capital (servicios financieros, bancos, inversionistas, dueños de propiedades, etc.)

La comunidad (grupos vecinales, asociaciones deportivas, grupos escolares, organizaciones protectoras de la vida silvestre, todas las personas)

El conocimiento (diseñadores, ingenieros, científicos, médicos, investigadores)

Las empresas (emprendedores, dueños de tiendas, desarrolladores de edificaciones, agricultores, manufactureras, etc.)

El gobierno (servicio público: administradores, organismos políticos, policía, servicios de salud, transporte público, autoridades locales) (ver la imagen abajo)



Tomado de: <https://osmosnetwork.com/pentahelix/>

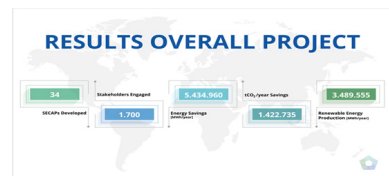
En este proyecto desarrollado bajo los auspicios de la Unión Europea, durante 43 meses, estos cinco grupos se unieron para buscar soluciones para mejorar el clima y el uso de la energía en sus comunidades. A continuación se muestran algunos de los infogramas que ellos ponen a disposición de los cibernautas: <https://pentahelix.eu/the-final-newsletter-of-pentahelix-no-6-is-out-will-be-delivered-to-your-mailbox/>

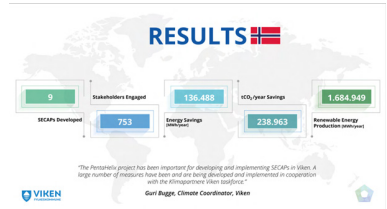
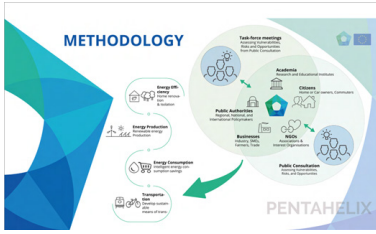
El proyecto empodera a las auto-

ridades locales y regionales para encontrar enfoques innovadores y rentables para desarrollar, financiar, implementar y mejorar los Planes de Acción Climática y de Energía Sostenible (PACES) que contribuyen a alcanzar los objetivos y políticas nacionales y europeos en materia de clima y energía. El 30 de septiembre de 2021 marca el cierre oficial del proyecto PentaHelix. A lo largo de 43 meses se ha desarrollado e implementado una metodología para facilitar la adopción de PACES en toda Europa. Se incluyen cifras sobre los resultados obtenidos, así como una instantánea de la participación del proyecto en un congreso y algunas actualizaciones sobre la adopción de los PACES.

Resultados del proyecto Penta-Hélice

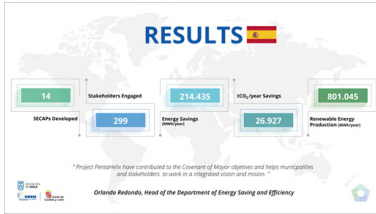
“El proyecto se está cerrando. Ha sido un viaje largo y emocionante que arrojó resultados impresionantes, tanto en términos de número de PACES desarrollados, partes interesadas comprometidas como de ahorro de energía, producción de energía renovable y reducción de CO2. Todos estos datos se han recogido en una infografía que resume los resultados obtenidos en cada país y el total.” Como las imágenes dicen más que mil palabras, las figuras mostradas a continuación lo hacen:





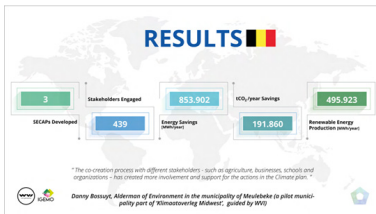
"El proyecto Penta-Hélice ha sido importante para desarrollar e implementar los Planes de Acción Climática y de Energía Sostenible (PACES) en Viken. Se han desarrollado e implementado un número importante de medidas en cooperación con el grupo de trabajo de los Socios Climáticos de Viken"

Palabras de Guri Bugge, Coordinador del Clima de Viken



"El Proyecto PentaHélice ha contribuido a los objetivos del Pacto de los Alcaldes y ayuda a los municipios y partes interesadas a trabajar en una visión y misión integradas"

Palabras de Orlando Redondo, Jefe del Departamento de Ahorro de Energía y Eficiencia



"El proceso de co-creación con las diferentes partes interesadas - como agricultura, negocios, escuelas y organizaciones - ha fomentado una mayor participación y apoyo para las acciones del plan llamado Clima"

Palabras de Danny Bossuyt, Consejal del Ambiente en el municipio de Meulebeke (municipio piloto parte de la consulta climática "Midwest" guiada por "World Vision International")

Estos ejemplos de comunidades en España, Bélgica y Noruega en el marco del proyecto Penta-Hélice dan la pauta para que el(a) alcalde(sa) de Xochimilco se reúna con:

- los(as) habitantes de los diferentes barrios de Xochimilco,
- los(as) floricultores(as) que usan productos agroquímicos,
- los(as) chinamperos(as) que siguen los métodos tradicionales,
- los(as) agricultores(as) de tierra firme que también usan productos agroquímicos,
- las autoridades de escuelas de todos los niveles públicas y privadas,
- los(as) responsables de centros de salud y comunitarios,
- los(as) dueños(as) de trajineras,
- los(as) prestadores de servicios (alimentos, música, etc.) y teniendo como interlocutor al(a) responsable del Sistema de Aguas de la Ciudad de México.

¿Por qué los autores hacen esta propuesta?

Porque lo que queda del Lago de Xochimilco sobrevive por el agua de lluvia y por el suministro de agua tratada de las plantas de tratamiento de aguas residuales, PTAR,

a cargo del SACM. Y, justamente estas plantas, especialmente la de Cerro de la Estrella, es una de las que reciben aguas mixtas que no pueden ser tratadas eficazmente con el sistema que tiene, enviando agua contaminada con sustancias emergentes como residuos de medicamentos, de productos químicos, etc., provenientes de la demarcación territorial de Ixtapalapa. Estas acciones contaminan aún más los canales, que es todo lo que queda del hermoso Lago de Xochimilco.

También las instituciones de educación superior e investigación como la UNAM, la UAM, el IPN, etc., pueden ser parte del grupo ya que con las ideas y guía del conocimiento las partes interesadas lograrán llevar a buen puerto las acciones que se emprendan para alcanzar el rescate de este humedal.

Obviamente, estas acciones van a requerir del apoyo financiero y logístico del primer nivel de gobierno a través de la Comisión Nacional del Agua y de quienes manejan el dinero (banqueros, emprendedores, etc.).

Segunda propuesta:

Uso de humedales artificiales, contruidos o tecnificados para limpiar las aguas residuales antes de verterlas a los humedales naturales

Intensificación de procesos en humedales para el tratamiento de aguas contaminadas o aguas residuales

Uno de los inconvenientes de la tecnología de los humedales de tratamiento, especialmente de los sistemas de flujo subsuperficial horizontal, es que normalmente requieren un área de terreno considerable, para alcanzar tasas satisfactorias de

remoción de la DBO, la DQO, el nitrógeno amoniacal, N-NH₄⁺, cuando se diseñan los mismos como el único sistema de tratamiento. Esto incluye además a algunos contaminantes más refractarios como los medicamentos, las sustancias de aseo personal, etc., sobre todo cuando es necesario tratar aguas residuales complejas y de alta demanda de oxígeno para la eliminación mediante procesos de oxidación de las sustancias químicas presentes en las mismas (Khan et al., 2022).

Lo anterior ha conducido a su utilización para el pulido terciario y a su combinación en sistemas híbridos con otras alternativas de tratamiento. Sin embargo, en los últimos años se han explorado e introducido en la práctica alternativas para intensificar los procesos que ocurren en estos sistemas como aplicación independiente dando lugar a lo que se conoce como humedales intensificados. Estos sistemas en esencia mediante diferentes estrategias aumentan el suministro de oxígeno o intensifican los procesos de remoción de los contaminantes (Li et al., 2023b; Qiu et al., 2023; Sossalla et al., 2021; Zhuang et al., 2019).

En la Tabla 1 se muestran algunas opciones revisadas por Carlos Arias (2018) en la IV Conferencia Panamericana de Humedales realizada en la Ciudad de Lima, Perú.

Tipo de Intensificación Intensification Type	Clase de intensificación Intensification Class	Ejemplo Exemple
Energética / Energy Supply	Aeración / Aeration Bombeo Pumping	Sistemas aerados (Arias, 2018) / Aerated systems (Arias, 2018) HT de llenado y drenaje alternos / CW with alternative filling up and drainage
Fisicoquímica / Physicochemistry application	Materiales con capacidad de adsorción / Materials with adsorptive capacity Dosisación química / Chemical dosage	Escorras, arcilla expandida, zeolitas, / Expanded clay, zeolites, expanded materials of engineering / clay, zeolites, expanded materials Alumina, cloruro férrico, agentes oxidantes / Alumina, ferric chloride oxidizing agents
Bioeléctrica / Bioelectricty	Bacterias bioeléctricas / Bioelectrical bacteria	“Módulo 67” Algo similar a lo desarrollado en México desde 2011 y patentado en 2017 (Salinas-Juárez, 2011). / Something similar to what was developed in Mexico since 2011 and patented in 2017 (Salinas- Juárez, 2011)
Operacionales / Operative systems	Cosechas con frecuencia / Frequent harvesting Perodos de descenso / Descent periods Recirculación de caudales / Hydraulic flows recirculating	Plantas flotantes, Sistemas evaporativos / Floating plants Evaporative systems Atenuancia de cargas en techos paralelos / Alternating loads in parallel beds Recirculación de efluentes en humedales de flujo vertical / Recycling of effluents in vertical flow wetlands

Tabla 1. Humedales tecnificados, algunos ejemplos

Dos ejemplos tomados de Arias (2018)

Sistemas aireados

Generalmente se diseñan para satisfacer demandas altas de oxígeno usando aireación

-Eliminación de altos niveles de DBO5

-La **desnitrificación** se puede incrementar modificando los esquemas de operación de la aireación

-Se construyen para tratar aguas "complicadas" de efluentes con altas demandas de O₂

Cuando no hay suficiente superficie disponible

Cuando hay cambios estacionales extremos

Cuando se desean tecnologías verdes con energía

Humedal aireado, ejemplo

En las siguientes dos fotografías se observa un humedal tecnificado aireado. En la Fotografía 1 se observan las tuberías que distribuyen el aire. En la Fotografía 2 se muestra el dispositivo que muestra la presión del aire que es lo único que se observa desde el exterior.



Fotografía 1. Tuberías distribuidoras de aire



Fotografía 2. Dispositivo de medición de presión

En la Fotografía 2 se muestra el dispositivo que muestra la presión del aire que es lo único que se observa desde el exterior.

Evidentemente, el uso de energía para la aeración puede ser una limitante para el empleo de estos sistemas. Por ello se ha experimentado con diferentes estrategias de aeración, observándose que la disminución del porcentaje de aeración afecta en primer lugar a la remoción de los indicadores bacterianos, incluso con un 85%. La disminución al 50% afecta ya la remoción de algunos microcontaminantes (Sossalla et al., 2022).

Llenado y drenaje alternos

La Fotografía 3 muestra un sistema compuesto por dos celdas de las cuales una está llena y la otra vacía y se alternan entre sí mediante el bombeo del agua. Lo anterior garantiza:

- Altas tasas de transferencia de O₂;
- Cambios de condiciones aerobias / anaerobias;
- Buen tratamiento;
- Se bombean altos volúmenes de agua

Repercusión de los humedales intensificados para pequeñas comunidades u objetivos socioeconómicos

Como es conocido, la disponibilidad para sufragar los costos de la energía para la operación de los sistemas de tratamiento es, entre otros factores, una limitante para las comunidades u objetivos socioeconómicos pequeños (Rivera et al., 2018). Por ello, esta disponibilidad es un prerequisite indispensable para pensar en la utilización de sistemas como los HT aerados. No obstante la utilización de energías alternativas abre una posibilidad para su utilización.

Como es conocido, la disponibilidad para sufragar los costos de la energía para la operación de los sistemas de tratamiento es, entre otros factores, una limitante para las comunidades u objetivos socioeconómicos pequeños (Rivera et al., 2018). Por ello, esta disponibilidad es un prerequisite indispensable para pensar en la utilización de sistemas como los HT aerados. No obstante la utilización de energías alternativas abre una posibilidad para su utilización.



UFZ Ecotechnology Research Facility, Leipzig, Germany

Figura 3. UFZ Umwelt Forschungszentrum Investigación ecotecnológica. Instalación en Leipzig, Alemania. Sistema FaD reciprocante

Otro aspecto a considerar son los beneficios ambientales de poder intensificar el tratamiento con la correspondiente disminución del área destinada al humedal. Esto puede considerarse por ejemplo si se desean utilizar áreas ribereñas para tratar las aguas residuales de comunidades que ya están asentadas en las márgenes de los ríos. Los beneficios ambientales pueden ser tales que justifiquen la inversión.

No obstante, el ingenio humano es capaz de vencer estas dificultades y los humedales intensificados tendrán nuevas aplicaciones y tecnologías para lograr sus objetivos, como lo es por ejemplo la aplicación de campos magnéticos para incrementar la remoción de los contaminantes orgánicos (Li et al., 2022; Li et al., 2023a).

Nuevamente, la aplicabilidad de esta ecotecnología de humedales artificiales requiere de la formación de grupos de trabajo auspiciados por las autoridades de los tres niveles de gobierno y de los que manejan el dinero.

Para complementar esto se presenta una infografía publicada por la Convención Ramsar que enmarcan justamente la importancia de los humedales para la supervivencia tanto de la especie humana como de muchas otras que nos permiten vivir sobre el Planeta Tierra.

Restauración de los humedales: ¿Por qué ha llegado la hora?

Los humedales son vitales para la humanidad.

Para entenderlos en su justa medida, los humedales son ecosistemas que desempeñan un papel crucial en el ciclo del agua y en el ciclo de nutrientes.

El agua dulce es esencial. Los humedales proporcionan la mayor parte de ella.

- Son el 80% de las aguas subterráneas y el 60% de las aguas superficiales.
- Más del 50% de las aguas subterráneas y el 60% de las aguas superficiales.
- Los humedales almacenan más carbono que los bosques.
- Los humedales absorben el 80% de los nutrientes que se encuentran en el agua.
- Los humedales ayudan a hacer frente a los tsunamis y las inundaciones.
- El 80% de la humanidad vive a menos de 60 km de un humedal.
- Los humedales son vitales para la biodiversidad.
- Los humedales son vitales para la agricultura y la ganadería.
- Los humedales son vitales para la pesca y la acuicultura.
- Los humedales son vitales para la salud humana.
- Los humedales son vitales para la cultura y el patrimonio.

Los ecosistemas de humedales están degradados y se necesitan acciones urgentes para restaurarlos.

El agua dulce es esencial. Los humedales proporcionan la mayor parte de ella.

- Son el 80% de las aguas subterráneas y el 60% de las aguas superficiales.
- Más del 50% de las aguas subterráneas y el 60% de las aguas superficiales.
- Los humedales almacenan más carbono que los bosques.
- Los humedales absorben el 80% de los nutrientes que se encuentran en el agua.
- Los humedales ayudan a hacer frente a los tsunamis y las inundaciones.
- El 80% de la humanidad vive a menos de 60 km de un humedal.
- Los humedales son vitales para la biodiversidad.
- Los humedales son vitales para la agricultura y la ganadería.
- Los humedales son vitales para la pesca y la acuicultura.
- Los humedales son vitales para la salud humana.
- Los humedales son vitales para la cultura y el patrimonio.

Los ecosistemas de humedales están degradados y se necesitan acciones urgentes para restaurarlos.

Es urgente restaurar los humedales perdidos y degradados.

Figura 3. UFZ Umwelt Forschungszentrum Investigación ecotecnológica. Instalación en Leipzig, Alemania. Sistema FaD reciprocante

Comentarios finales

Si esto pudiera hacerse para los humedales, iniciándose en este año 2023 con la inclusión de la sociedad en su conjunto en cada localidad (capital, comunidad, conocimiento, empresas y gobierno) podría lograrse revertir el daño beneficiando a la sociedad de colonias, barrios, ciudades, municipios, que se comprometan con el proyecto de restauración de los humedales.

La Convención de Ramsar presentó el infograma que se encuentra en la siguiente página justamente para concientizar a la raza humana de la necesidad de su compromiso con la naturaleza ya que eso significa su propia supervivencia.

Deben los(as) adultos(as) re-educarse a la par de que educan a los(as) niños(as) ya que sin ese compromiso no se cumplirá con los objetivos del desarrollo sustentable en el próximo lustro. Y, muy probablemente, no se reviertan los daños causados en estos más de 120 años.

En el siglo veinte y lo que va del siglo veintiuno el ser humano, Homo sapiens, se siente Dios, como señaló Harari (2020) en el inicio y final de su epílogo (Raymer, 2015):

“Hace 70,000 años, Homo sapiens era todavía un animal insignificante que se ocupaba de sus propias cosas en un rincón de África. En los milenios siguientes se transformó en el amo de todo el planeta y en el terror del ecosistema.”

“Hoy en día está a punto de convertirse en un dios, a punto de adquirir no solamente la eterna juventud, sino las capacidades divinas de la creación y la destrucción. Lamentablemente, el régimen de los sapiens sobre la Tierra hasta ahora ha hecho pocas cosas de las que podamos sentirnos orgullosos.”

“Hemos domeñado nuestro entorno, aumentado la producción de alimentos, construido ciudades, establecido imperios y creado extensas redes comerciales. Pero ¿Hemos reducido la cantidad de sufrimiento en el mundo?”

“Una y otra vez, un gran aumento del poder humano no mejoró necesariamente el bienestar de los sapiens individuales y, por lo general, causó una inmensa desgracia a otros animales.”

“Dioses hechos a sí mismos, con solamente las leyes de la física para acompañarnos, no hemos de dar explicaciones a nadie.”

“En consecuencia, causamos estragos a nuestro socios animales y al ecosistema que nos rodea, buscando poco más que nuestra propia comodidad y diversión pero sin encontrar nunca satisfacción.”

“¿Hay algo más peligroso que unos dioses insatisfechos e irresponsables que no saben lo que quieren?”

Antes del final ¿Por qué se llama esta contribución:

Los humedales, políticas a seguir para su rescate

Los autores hicieron un libro completo sobre el “Día Mundial de los Humedales” que se celebra cada 2 de febrero desde 1997 y sobre las propuestas para alcanzar el objetivo propuesto.

Si las(os) lectoras(es) desean conocerlo el libro-e está, como ya se mencionó al inicio, en el portal de la Red Internacional de Ciencias Ambientales, RedICA, de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP, que también edita esta revista. Contiene material muy interesante, desde propuestas hasta caricaturas para entusiasmar a todos y todas a cuidar y proteger los humedales ya que de ellos depende la supervivencia de la humanidad como la conocemos.

A manera de conclusiones

La restauración de los humedales es una tarea éticamente necesaria para el Homo sapiens, ya que los daños causados son justamente provocados por las comunidades humanas.

México y muchos otros países están en la encrucijada de decidir si desean salvar sus humedales o ir hacia la pérdida del bien más valioso que brinda el agua de estos ecosistemas:

La vida.

Abajo se encuentra una convocatoria a un premio en efectivo que otorga la empresa Danone a quien o quienes apoyen con ideas o proyectos que restablezcan a los humedales en todo el planeta Tierra. Su sugerente nombre es: “Lanzamiento (como en el béisbol) para la subvención en 2023”.

CONVOCATORIA DE AYUDA PITCH FOR THE GRANT 2023

La Convención de Ramsar sobre los Humedales, en el Día Mundial de los Humedales 2023, cuyo tema es: Es hora de la restauración de los humedales para las personas y la naturaleza, invita a personas, organizaciones comunitarias y empresas sociales a presentar propuestas de ideas de proyectos o iniciativas encaminadas a contribuir a unos humedales sanos promoviendo su conservación, su restauración o la mejora de su gestión.

La idea del proyecto o la iniciativa ganadora recibirá 10 000 euros aportados por Danone.

IDEAS Y CRITERIOS ADMISIBLES

El objetivo de la convocatoria Pitch for the Grant 2023 es apoyar ideas o enfoques de iniciativas en curso o previstas en cualquier lugar del mundo que tengan una capacidad demostrada de poder aplicarse y reproducirse en zonas con características similares.

Algunas ideas admisibles podrían ser:

- Técnicas para la conservación, la restauración y el uso racional de los ecosistemas de humedales, incluidos sus recursos;
- Esfuerzo o compromiso de la comunidad en pro de una causa que beneficie a los humedales, p. ej., designación como sitio protegido o actividad de limpieza de humedales, etc.
- Iniciativas para apoyar la creación de medios de vida alternativos para reducir la presión sobre los humedales
- Iniciativas o acciones que den lugar a la protección y conservación de los humedales a largo plazo
- Proyecto de investigación o académico encaminado a mejorar los conocimientos y la protección sobre los humedales



GLOSARIO

Términos y acrónimos

Anáhuac (el Lago de Xochmilco era parte del)

Área a 2.5 kilómetros (ca. 1.5 millas) sobre el nivel del mar entre los 19° y 20° de latitud norte y los 98°45' a 99°20' de longitud oeste, es el núcleo antiguo de México. Anáhuac es un nombre náhuatl que significa "cerca del agua". Se puede descomponer así: A(tl) + náhuac. Atl significa "agua" y náhuac, que es una palabra relacional que se puede agregar a un sustantivo, significa "cerca de". Anáhuac a veces se usa indistintamente con "Valle de México", pero Anáhuac designa correctamente la parte centro-sur del valle de 8,000 km² (3.089 millas cuadradas), donde los rasgos culturales prehispánicos bien desarrollados habían creado paisajes distintivos ahora ocultos por la expansión urbana de Ciudad de México. En el sentido de la terminología geomorfológica moderna, "Valle de México" estaría mal empleado

BUAP

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

iMETland®

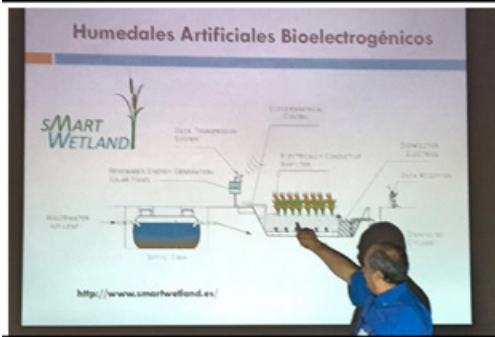
METland Microbial electrochemical wetlands® / Humedales electroquímicos microbianos® <http://imetland.eu/news/bioelectrogenic-wetlands-a-sustainable-solution-for-small-population>



14 de junio de 2017. El coordinador Abraham Esteve participa en una jornada técnica sobre humedales artificiales. Abraham Esteve, investigador asociado de IMDEA Agua y coordinador de iMETland, habló sobre METlands: una nueva generación de humedales basados en microorganismos electroactivos, y mostró los avances de esta nueva tecnología que ya se está aplicando a escala real. La depuración de aguas residuales de pequeñas poblaciones mediante un sistema de humedales artificiales es un proceso sostenible, tanto económica como ambientalmente, con bajos costos de inversión inicial y mantenimiento, que puede implantarse en munici-

pios que no pueden permitirse los tratamientos convencionales. Estos sistemas de depuración fueron los protagonistas de la Jornada Técnica dedicada a la depuración de aguas residuales, organizada ayer por el Sistema Público de Saneamiento de la Comunidad Valenciana, EPSAR, así como la Diputación de Castellón. El objetivo es incentivar la construcción y la explotación de nuevos sistemas de depuración más modernos, eficaces y sostenibles. El concepto de METland o humedal electrogénico forma parte de la integración de las Tecnologías Electroquímicas Microbianas (MET) con el biofiltro utilizado en los humedales artificiales

iMETland



Newsletter 4

Fourth iMETland Newsletter

December 6, 2018

The fourth release of the iMETland Newsletter is out! Download it in PDF format and subscribe here to receive the future editions!

Follow our project on iMETland social profiles:



Subscribe to our newsletter to stay up to date

La combinación de bacterias electroactivas con un innovador material electroconductor supone una mejora en el rendimiento de los biofiltros clásicos, con una tasa de depuración 10 veces superior a la conseguida con la tecnología habitual. Estos principios se basan en el proyecto iMETland H2020, coordinado por IMDEA Agua, cuyo objetivo es construir y validar estos humedales a escala para tratar las aguas residuales de pequeñas comunidades a costo energético cero. El proyecto prevé la implantación en cuatro ubicaciones geográficas diferentes (España, Dinamarca, Argentina y México). El primer METland ya funciona en las instalaciones del CENTA en Carrión de los Céspedes (Sevilla). Durante la sesión varios expertos presentaron diseños y experiencias prácticas realizadas en diferentes comunidades autónomas, entre ellos la presencia de Juan José Salas, director de I+D+i del CENTA y principal especialista en España en el diseño y construcción de humedales artificiales.

IPN

Instituto Politécnico Nacional, México

IUCN

Siglas en inglés para la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), fundada en 1948, es considerada la organización ambiental global más grande, antigua y diversa del mundo. La Lista Roja IUCN de Especies Amenazadas clasifica a las especies en función de su riesgo de extinción. Es una base de datos en línea que permite la búsqueda e indica el estado global de 45,000 especies, incluyendo las informaciones en que se basan las conclusiones



Mexico-Tenochtitlan

Tenochtitlan (<https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9xico-Tenochtitlan>) fue la capital del Imperio azteca o mexica. Durante la dominación española se fundó sobre ella la Ciudad de México, que fue la capital del Virreinato de la Nueva España y tras la independencia, es la capital de los Estados Unidos Mexicanos. La fundación de la ciudad fue un hecho cuya historia se mezcla con la mitología, lo cual es distintivo de los pueblos originarios americanos. Fuentes del siglo XVI que hicieron correlaciones de los antiguos calendarios con los occidentales la han situado en diversos años, siendo la más frecuente el 13 de marzo de 1325 (697 años), -2 casa en la cuenta calendárica mexica-, 1345, 1363, 1364 y otros en un islote al centro de la zona lacustre, de acuerdo con la información registrada en varios documentos coloniales, al igual que en los relieves posteriores del monolito mexica llamado Teocalli de la Guerra Sagrada. El mito de la fundación cuenta que México-Tenochtitlan fue poblada por un grupo de tribus nahuas migrantes desde Aztlán, lugar cuya ubicación precisa se desconoce. Tras merodear por las inmediaciones del lago de Tetzcoco, los futuros mexicas se asentaron en diversos puntos de la cuenca de México que estaban sujetos al altépetl de Azcapotzalco.



La migración concluyó cuando fundaron su ciudad en un islote cercano a la ribera occidental del lago. Las excavaciones arqueológicas apuntan a que el islote de México estuvo habitado desde antes del siglo XIV y que la fundación de Tenochtitlan pudo ser posterior a la de México-Tlatelolco, su "gemela" del norte. México-Tenochtitlan se convirtió en un altépetl independiente tras el establecimiento de una alianza con Texcoco y Tlacopan que derrotó a Azcapotzalco. La capital de los mexicas se convirtió en una de las mayores ciudades de su época en todo el mundo

y fue la cabeza de un poderoso estado multiétnico que dominó una gran parte de Mesoamérica. El florecimiento de la ciudad se realizó a costa del tributo pagado por los pueblos sometidos a su poder. Por ello, cuando los españoles llegaron a Mesoamérica, numerosas naciones indígenas se aliaron con ellos con el objetivo de poner fin a la dominación tenochca. Cuauhtémoc -último tlatoani de México-Tenochtitlan- encabezó la resistencia de la ciudad, que cayó el 13 de agosto de 1521, a manos de los españoles y sus aliados indígenas, todos bajo el mando de Hernán Cortés

Tecnología hidráulica **El sistema hidráulico a la llegada de los españoles**

El asentamiento en el entorno lacustre exigió sistemas hidráulicos para el aprovechamiento de los recursos naturales y la contención de las aguas para evitar que la ciudad se anegara con aguas salobres y se abasteciera de agua dulce, así como para cultivos y la propia circulación hacia lo interno y externo de la ciudad. Se hicieron necesarias entonces obras complejas de control y cultivo (así como de cómputo y conocimiento de ciclos y factores climáticos) que permitieron producir alimentos en volumen para una mega-urbe que desarrolló sistemas complejos agrícolas, base de su economía y subsistencia. Los mexicas construyeron y cultivaron chinampas, parcelas superficiales sustentadas con pilotes y gruesas capas de tierra regadas con canales (acalotes) y por infiltración propia del lecho donde estaban asentadas. También idearon sistemas de riego mediante canales, presas (hechas con madera, piedra o lodo) diques, compuertas y depósitos pluviales. Las aguas del lago representaron siempre un riesgo por las corrientes que en él se formaban (causantes actuales de las denominadas tolveneras en la Ciudad de México, que corren de oriente a occidente casi sin ningún obstáculo) así como las características propias de un entorno lacustre.

Las obras principales fueron los diques o albarradas, destacando el llamado albarra-dón de Nezahualcóyotl, ideado por este y construido en 1449 -luego de una enorme inundación- un muro de piedra y argamasa pensado en la contención y separación de las aguas salobres y dulces y que corría de sur a norte desde el embarcadero de Mexicaltzingo (actual cruce de La Viga y Ermita-Iztapalapa) en la margen de Iztapalapa hasta el Peñón de los Baños (cerca del actual aeropuerto) a lo largo de 16 kilómetros. Otro fue el de Ahuizotl, construido en 1499 y que protegía el islote en su parte este de las corrientes del Lago Texcoco en el embarcadero del mismo nombre. México-Tenochtitlan se inundó en 1382, 1449 y 1517. Otra obra hidráulica importante fueron los acueductos, destacando el construido por Ahuizotl para abastecer de agua dulce desde el acuecuexcatl de Huitzilopochco (Churubusco) hasta el centro de Tenochtitlan por la calzada de Ixtapalapa y que fue un elemento central para la caída de Tenochtitlan en 1521 al conquistarlo Cortés y cortar el abasto de agua, así como el doble de Chapultepec (construido en 1465) que circulaba adyacente a la calzada Tlacopan, con dos canales que se usaba uno a la vez para dar mantenimiento al otro



Calzadas

México-Tenochtitlan y sus calzadas (reconstitución de Hanns J. Prem, 1997, 2007, 2008)

Las calzadas fueron elevaciones artificiales de un ancho promedio de 15 metros hechas con piedra, arcilla y argamasa y plantadas en el fondo del lago con pilotes de madera. Fueron tres las principales, diferenciándose las que corrían de norte a sur (Tepeyacac e Ixtapalapa) y las de poniente-orienté (Tlacopan y Coyoacán), ya que eran con un mayor número de cortes seccionales en los que se instalaban puentes móviles de madera diurnos para una circulación sin problema de las aguas del lago, mientras que las primeras fueron más resistentes, pues eran esencialmente de piedra y pudieron fundirse como diques antes de la construcción del dique de Nezahualcōyotl, en 1449.

Las calzadas principales fueron:

Calzada de Tepeyacac: Cruzaba de norte a sur desde el cerro del Tepeyacac hasta el islote de Nonoalco-Tlatelolco, aproximadamente en las actuales calles de República de Argentina, Jesús Carranza y Calzada de los Misterios hasta el cerro Tepeyacac. Tuvo un ancho de 11 metros y un espesor de 1.8 metros y fue hecha de piedra.

Calzada de Tlacopan o Tacuba: Partía hacia el poniente hasta el templo mayor de Tlacopan (Tacuba) siguiendo el trazo aproximado de la actual Calzada México-Tacuba, partiendo del Canal de los Toltecas (en donde está erigida la iglesia de San Hipólito), Avenida Hidalgo, Puente de Alvarado, Ribera de San Cosme y México-Tacuba hasta la actual estación del Metro Tacuba, sitio aproximado donde se encuentra aún sepultados los restos del Templo Mayor de Tlacopan. Tuvo un ancho de 22 metros y una bifurcación hacia la Calzada de Chapultepec hacia el surponiente en el islote de Mazatzintamalco y que terminaba en Chapultepec con un ancho de 12 metros.

Calzada de Nonoalco: Conectaba a la ciudad de Tlatelolco con tierra firme siguiendo el trazo aproximado de las actuales avenidas Manuel González y Eulalia Guzmán. Se bifurcaba en el islote de Xochimanca hacia el norponiente y terminaba en San Miguel Amantla y Azcapotzalco. Fue hecha de arcilla y tenía un ancho de 15 metros y un espesor de 1.6 metros.

Calzada de Ixtapalapan: Partía del Templo Mayor hacia el sur, saliendo hacia el agua en San Antonio Abad y tocando tierra de nuevo en la actual Av. del Taller y siguiendo el trazo aproximado de la actual Calzada de Tlalpan bifurcándose hacia Huitzilopochco y Coyoacán. En esta se realizó el primer encuentro entre Hernán Cortés y Motecuhzoma Xocoyotzin. Fue hecha de piedra y arcilla terminada en talud con un espesor de 2.10 metros y un ancho de 15 metros.

Calzada de Tenayocan: Conectaba el islote de Tlatelolco hasta Tenayocan en el norte. Tenía el trazo aproximado de la actual Calzada Vallejo.

Otras calzadas principales fueron: la que iba hacia el este y terminaba en el Embarcadero Texcoco en Tetamazolco (actuales calles de República de Guatemala y Miguel Negrete); las que comunicaban el Templo Mayor con el de Tlatelolco (Bolivia-S. Allende e Isabel la Católica-República de Chile) y una que partía de la calzada de Tlacopan hasta la acequia de Tezontlale. Fueron hechas primero clavando estacas de 5 metros de largo por un diámetro de 1, a lo largo de la orilla de lo que sería la calzada, el ancho de las calzadas era de 15 metros. Después de clavadas las estacas en un área se procedía a rellenar con piedras como el tezontle y el basalto y una mezcla de cal caliente, compactándolas y dando el aplanado final. Esto les dio a las calzadas una gran resistencia y sus caminos eran sumamente rectos.

Se construían tramos rectangulares y con espacios entre sí para permitir el paso de las trajineras y canoas en los canales. Y entre los tramos de calzadas se colocaban plataformas de madera que eran elevadas en caso de que pasara una embarcación. Así al elevarse se convertía también en una defensa por el canal que cruzaba, pero además el puente se convertía en una barrera que protegía a los que estaban al otro lado de la plataforma. Las torres que elevaban el puente estaban dispuestas siempre del lado de la ciudad para evitar que el enemigo las usara en contra suya



Calles

Las calles de Tenochtitlan (tlaxilacalli) fueron hechas con una especie de banquetta de tierra apisonada para el tránsito humano y en muchas de las calles adyacentes iba un canal para el acceso de canoas. Se procuraba, según versiones de los cronistas, su terraplenado y apisonado constante así como su barrido y limpieza. Los excrementos eran recogidos por macehuales dedicados a ello, que posteriormente los vendían como fertilizante o bien se depositaban en letrinas privadas o públicas que se vaciaban en las zonas del lago que tenían humedales para su degradación evitando la contaminación de las aguas de los lagos. Los excedentes de orina se depositaba en vasijas para ser usada en el tratamiento textil y posteriormente se degradaba en humedales. Las plantas lacustres tenían muchos usos (construcción, elaboración de esteras, etc). La basura se incineraba en enormes hogueras que servían para iluminar de noche las calles, una costumbre mexicana que los españoles desecharon.

MIDA

Siglas en inglés para Multi-Internationally Designated Areas: Ramsar Sites, World Heritage sites, Biosphere Reserves and UNESCO Global Geoparks (Áreas Designadas Internacionalmente Múltiples: Sitios Ramsar, sitios del Patrimonio Mundial, Reservas de Biosfera y Geoparques Mundiales de la UNESCO)

Netizen

Acronimo en inglés de las palabras internet y citizen y se usa para las personas que están de manera habitual o exageradamente en línea a través de las redes internacionales (cibernautas)



Pantanos, humedales, marismas

¿Es un pantano un humedal? Fen – Wikipedia: <https://en.wikipedia.org/wiki/Fen>



Keddy ofrece una definición algo más simple de un pantano o ciénaga como “un humedal que generalmente está dominado por juncos y pastos enraizados en turba poco profunda, a menudo con un movimiento considerable de agua subterránea y con un pH superior a 6”. Esta definición diferencia los pantanos o ciénagas de los humedales y marismas por la presencia de turba.

¿Cuál es la principal diferencia entre humedales y marismas?

La diferencia entre los dos es que los humedales suelen tener agua estancada más profunda y están húmedos durante períodos más largos del año, según el Servicio de Parques Nacionales. Los humedales tienen suelos ricos e inundados que sustentan la vida vegetal, según National Geographic. 11 jun 2020

¿Cuál es la diferencia entre fen y bog?

Aunque tanto los humedales tipo “fen” (pantanos) como los humedales tipo “bog” son tipos similares de humedales, ya que ambos se consideran turberas, lo que los diferencia entre sí es la fuente de suministro de agua. Los “fen” generalmente se alimentan de una fuente constante de agua subterránea, mientras que los “bog” suelen ser depresiones cerradas llenas de agua de lluvia

RedICA

Red Internacional de Ciencias Ambientales, México

UAM

Universidad Autónoma Metropolitana

UNAM

Universidad Nacional Autónoma de México

¹ Nota del autor y de la autora: Swamp tiene la connotación de esponja y marsh la de zonas donde un río desagua a un cuerpo de agua salada (marisma)

² Nota del autor y la autora: Las dos palabras son de origen etimológico diferente y no tienen equivalente en español

Reconocimientos

A las personas que crearon la Convención de Ramsar en 1971. A los gobiernos de muchos países que han mantenido este ideal de conservar los humedales del planeta Tierra para beneficio de la humanidad y todas las especies que nos acompañan en él.

A la BUAP por su fraterno y sororal apoyo a la divulgación del conocimiento.

Declaración de privacidad

Los datos personales facilitados por los autores a RD-ICUAP se usarán exclusivamente para los fines declarados por la misma, no estando disponibles para ningún otro propósito ni proporcionados a terceros.

Declaración de no conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de interés alguno

Referencias bibliográficas

Arias, C. 2018. Intensificación en humedales para tratamiento de aguas. Conferencia presentada en la IV Reunión Panamericana de Humedales. Lima. Perú.

Carballal-Staedtler, M., Flores-Hernández, M. 2004. Elementos hidráulicos en el Lago de México- Texcoco en el posclásico. *Arqueología Mexicana*. 68(jul-ago): 28-33. "Lagos del Valle de México". México.

Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.d.C. 2022. Humedales, los riñones del planeta. Cómo mantenerlos y/o recuperarlos / Wetlands, the kidneys of the planet. How to maintain and/or recover them. Con el valioso apoyo de / With the valuable support of Bernal-González, M., García-Gómez, R.S., Salinas-Juárez, M.G., Sánchez-Tovar, S.A., Padrón-López, R.M., Navarro-Frómata, A.E. *Ambiens Techné et Scientia México*. 10(2):165-185.

Esteve, A. 2017. Coordinator. <http://imetland.eu/news/bioelectrogenic-wetlands-a-sustainable-solution-for-small-populations/>

Gaitán-Zamora, N.A. 2022. Nuevo acercamiento al aprovechamiento de los residuos de humedales artificiales basado en estudios a escala prototipo y de laboratorio / New approach to the recycling of residues from artificial or constructed wetlands based on prototype and laboratory-scale studies. *Ambiens Techné et Scientia México*. 10(1):11-62.

Harari, Y.N. 2020. De animales a dioses. Breve historia de la humanidad. Debate. Traducción de Joan Domènec Ros i Aragonès. Penguin Random House Grupo Editorial, S.A. de C.V. Pp. 455-456. Ciudad de México, México.

Khan, H.I.U.H., Groot C.K., Schepers O., van Oirschot D., Martens M., Ronsse F., Rousseau D.P.L. 2022. Effect of controlled aeration on cod and nitrogen removal in aerated constructed wetlands used for effluent polishing. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 10(3), p. 108043. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.108043>.

Li, C., Feng, L., Lian, J., Yu, X., Fan, C., Hu, Z., Wu, H. 2023a. Enhancement of organics and nutrient removal and microbial mechanism in vertical flow constructed wetland under a static magnetic field. *Journal of Environmental Management*, 330, 117192. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117192>

Li, M., Zhang, J., Liang, S., Li, M., Wu, H. 2022. Novel magnetic coupling constructed wetland for nitrogen removal: Enhancing performance and responses of plants and microbial communities. *Science of The Total Environment*, 819, 152040. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152040>

Li, L., Zhang, J., Shi, Q., Lu, S. 2023b. Comparison of nitrogen removal performance and mechanism from low-polluted wastewater by constructed wetlands with two oxygen supply strategies: Tidal flow and intermittent aeration. *Chemosphere*. 313, p. 137364. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137364>.

López-Ochoterena, E. 1998. In Memoriam. Fermín Rivera Agüero (1946-1996). *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 48:157-158. <http://repositorio.fcencias.unam.mx:8080/jspui/bitstream/11154/143012/1/48VMemorianFermin.pdf>

Prem, H.J. 2008. Manual de la Antigua Cronología Mexicana. Miguel Ángel Porrúa. Idioma español. 352 páginas. ISBN-10 9708191159, ISBN-13 978-9708191159. Ciudad de México, México.

Prem, H.J. 2007. Geschichte Altamerikas: 23. Walter de Gruyter. 2ª Ed., idioma alemán. 397 páginas. ISBN-10 3486530321, ISBN-13 978-3486530322. Berlín, Alemania.

Prem, H.J. 1997. Ancient Americas: A Brief History and Guide to Research. Traducido al inglés por Kornelia Kurbjuhn. University of Utah Press, edición ilustrada. Idioma inglés. 319 páginas. ISBN-10 0874805368, ISBN-13 978-0874805369. Utah, Estados Unidos desde 1848.

Qiu, Y., Feng, Y., Yan, Z., Li, J., Li, D., Yan, C., Liu, G. 2023. Improving performance of pilot-scale ecological bed coupled with microbial electrochemical system for urban tail water treatment. *Science of The Total Environment*. 865, 161289. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.161289>

Ramsar. 2023. Páginas electrónicas sobre el Día Mundial de los humedales. <https://www.ramsar.org/>, https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/wwd1998_briefing_paper_s.pdf

Raymer, M. 2015. Quotes 11-2-2015. *Sapiens: A Brief History of Humankind*, by Yuval Noah Harari, pp. 415-416. <http://www.words-and-dirt.com/words/quotes-11-2-2015/>

Rivera, P., Chávez, R., Rivera-Salinas, F. 2018. Advances and limitations in the treatment of wastewater in the state of Zacatecas. *Tecnología y Ciencias del Agua*. 9(1): 113-123. Epub 24 de noviembre de 2020. <https://doi.org/10.24850/j-ty-ca-2018-01-08>

Salinas-Juárez, M.G. 2011. Tesis doctoral (registrada formalmente como patente el 29 de noviembre de 2017: Humedal artificial para la generación de electricidad. María Guadalupe Salinas-Juárez, Pedro Roquero-Tejeda y María-del-Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa, Facultad de Química, UNAM. Coordinación de Gestión de Propiedad Intelectual, Coordinación de Propiedad Intelectual, Dirección General de Vinculación, Coordinación de Innovación y Desarrollo de la UNAM. Solicitud de registro con el IMPI expediente MX/a/2017/015327 folio MX/E/2017/088197. Dirección General de Invenciones y Marcas. Departamento de Patentes. Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial. MÉXICO. Patente Núm. 395859. Otorgada el 12 de septiembre de 2022). Defensa ante jurado doctoral: Diciembre 02, 2016. Ciudad de México, México. Premio a la Innovación Fundación UNAM-PEMEX. Tesis de doctorado: Estudio de la generación de electricidad en un humedal artificial asistido electroquímicamente. MARÍA GUADALUPE SALINAS-JUÁREZ (bajo la tutoría conjunta de Pedro Roquero-Tejeda y María-del-Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa). Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería (Ingeniería Ambiental, Suelo). UNAM. Fundación UNAM y Petróleos Mexicanos. Entrega del Premio: Noviembre 07, 2017. Ciudad de México, México.

Sossalla, N.A., Nivala, J., Escher, B.I., Schlichting, R., van Afferden, M., Müller, R.A., Reemtsma, T. 2022. Impact of various aeration strategies on the removal of micropollutants and biological effects in aerated horizontal flow treatment wetlands. *Science of The Total Environment*. 828, 154423. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154423>

Sossalla, N.A., Nivala, J., Reemtsma, T., Schlichting, R., König, M., Forquet, N., van Afferden, M., Müller, R.A., Escher, B.I. 2021. Removal of micropollutants and biologi-

cal effects by conventional and intensified constructed wetlands treating municipal wastewater. *Water Research*. 201, 117349. doi:10.1016/j.watres.2021.117349

UNESCO. 2023. Páginas electrónicas sobre el Día Mundial de los humedales. <https://whc.unesco.org/en/news/1622>, <https://whc.unesco.org/en/news/1550>

Zhuang, L.-L., Yang, T., Zhang, J., Li, X. 2019. The configuration, purification effect and mechanism of intensified constructed wetland for wastewater treatment from the aspect of nitrogen removal: A review. *Bioresource Technology*, 122086. doi:10.1016/j.biortech.2019.122086