El Acueducto

Gaceta del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
5ª época, número 14, abril-junio, 2023.

Acreditación del laboratorio Enzo Levy

La riqueza del acervo documental del Cenca

La fortaleza de los posgrados del IMTA

Uno a uno con José Raúl Flores Berrones

MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

IMTA
INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

Contenido

Presentación 3

Novedades editoriales 4

Contribuciones de conocimiento IMTA sobre el nexo agua-energía-alimentos 5

Desarrollo de infraestructura verde mediante un jardín microcuenca en el IMTA 6

Ecotecnias del agua para escuelas 8

El agua y los cambios en la legislación asociada a la minería 10

La infraestructura verde en el IMTA Primera parte 12

Uno a uno con José Raúl Flores Berrones 14

Soluciones basadas en la naturaleza 16

Calendario de cursos de Educación Continua 17

Acreditación del laboratorio Enzo Levy 18

La riqueza del acervo documental del Cenca 20

La fortaleza de los posgrados del IMTA 22

Voces del agua 24

El redactor 26

Tiempo libre 28

Cruciagua 30

Directorio

Director General: Adrián Pedrozo Acuña. **Coordinador de Seguridad Hídrica:** Agustín Breña Naranjo. **Coordinador de Sistemas Hídricos:** Juan Pablo Rodríguez Rincón. **Coordinadora de Calidad y Ecología del Agua:** Norma Ramírez Salinas. **Coordinador de Gobernanza del Agua y Fortalecimiento de Capacidades:** Alberto Rojas Rueda. **Titular de la unidad de Vinculación y Asuntos Internacionales:** Malinali Domínguez Mares. **Titular de la unidad de Administración y Finanzas:** José de Jesús Aguirre Bautista. **Titular de la unidad Jurídica:** Carlos Eduardo Solórzano López. **Titular del Órgano Interno de Control:** Omar González Balbuena.

El Acueducto. Gaceta del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 5ª época, número 14, abril-junio, 2023.

Publicación trimestral, de distribución interna, editada por la Coordinación de Gobernanza del Agua y Fortalecimiento de Capacidades; Subcoordinación de Comunicación, Divulgación y Cultura del Agua.

Editor: Marco Antonio Sánchez Izquierdo. **Jefe de redacción:** Emilio García Díaz. **Apoyo secretarial:** Verónica Jacobo Blancas. **Investigación y redacción:** Emilio García Díaz, Jesús Hernández Sánchez, Mónica Paulina Gutiérrez Jiménez, Marina Ruiz Rodríguez, Indira Franco Salazar. **Cuidado de edición:** Emilio García Díaz y Jesús Hernández Sánchez. **Fotografía:** Mónica Paulina Gutiérrez Jiménez. **Diseño gráfico y formación:** Adolfo Remigio Armillas y Ana Lilia Torres García. **Diseño del logotipo:** Valeria Richter Soriano y Paola Olmedo Lara. **Portada:** Adolfo Remigio Armillas. **Versión digital:** Claudia Martínez Salgado. **Distribución:** Josefa Figueroa Miranda y Luis Avilés Ríos. **Oficina de redacción:** Edificio 16 "Casa Editorial". **Extensiones** 309, 254 y 616. **Aportes y sugerencias:** redaccionacueducto@tlaloc.imta.mx.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, MÉXICO
C.P. 62550. Teléfono: 777 329 3600.

Nuestra portada: El agua líquida, por Adolfo Remigio Armillas.

Presentación

Estimada comunidad IMTA:

Es un placer presentarles una nueva edición de nuestra gaceta institucional *El Acueducto*, donde compartimos con orgullo los avances, proyectos y contribuciones del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. En esta ocasión, nos enfocaremos en destacar los temas más relevantes que reflejan nuestro compromiso con la sustentabilidad, la innovación y el impacto positivo en nuestra sociedad.

En el IMTA estamos comprometidos con la promoción de ecotecnias del agua en el entorno educativo. Nuestro objetivo es fomentar el uso eficiente del agua, la reutilización de recursos y la conciencia ambiental entre las generaciones más jóvenes. A través de programas y soluciones sostenibles para escuelas, buscamos educar y empoderar a los estudiantes para que se conviertan en agentes del cambio en la preservación de nuestros recursos hídricos.

Además de las ecotecnias del agua, en el IMTA hemos implementado una infraestructura verde que nos permite transformar nuestro entorno en un oasis de biodiversidad y resiliencia. Mediante la creación de jardines pluviales y sistemas de captación de agua de lluvia, hemos logrado aprovechar la naturaleza como nuestra aliada en la gestión sustentable del agua. Estas iniciativas demuestran nuestro compromiso con la conservación del medio ambiente y la promoción de prácticas amigables con el ecosistema.

El agua es un recurso vital, y su gestión responsable es fundamental en todas las industrias, incluida la minera. En este sentido, el IMTA ha estado involucrado en el análisis y la formulación de cambios legislativos que buscan proteger y utilizar de manera sostenible el agua en actividades mineras. Nuestro objetivo es garantizar que la extracción y el uso del agua en esta industria se realicen de manera responsable y se minimice el impacto ambiental.

En nuestro camino hacia la excelencia, nos complace compartir la noticia de la acreditación del laboratorio Enzo Levy del IMTA. Esta acreditación reconoce la calidad, la precisión y la confiabilidad de nuestros análisis y monitoreo del agua. Nos enorgullece ser un referente en la comunidad científica y trabajar con estándares de calidad rigurosos que nos permiten generar resultados confiables y respaldados por la excelencia técnica.

En este número también resaltamos la riqueza del acervo documental de la biblioteca del agua del IMTA. En ella se encuentra una amplia gama de recursos que abarca desde libros y revistas científicas hasta investigaciones y tesis especializadas. El Cenca se ha convertido en un valioso centro de conocimiento, donde se promueve la difusión de información y se fomenta el avance de temas relacionados con el agua y el medio ambiente.

Por último, pero no menos importante, queremos invitarlos a conocer nuestros programas de posgrado. En el IMTA, ofrecemos una amplia variedad de posgrados que brindan oportunidades de formación y especialización en temas cruciales para el desarrollo sustentable.

Adrián Pedrozo Acuña
Director general

Novedades editoriales

Por Jesús Hernández Sánchez y Marina Ruiz Rodríguez

Reflexiones para la sustentabilidad hídrica. Visión prospectiva del agua en México

Se trata de una obra publicada en febrero de 2023 que reúne los artículos que aparecen en la columna digital *Perspectivas* desde abril de 2020 hasta diciembre de 2022, la cual, para esa fecha, contaba con 169,683 lectores. Entre sus páginas se recoge el pensamiento que diferentes investigadores del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua han recuperado y cultivado en estos años. Aborda las políticas públicas sobre el tema del agua, así como la planeación y el análisis de los contextos actuales, lo que permite generar propuestas más eficientes para responder a las necesidades de ciudadanos y comunidades, donde sean tomados en cuenta, con una visión que integra la ética hídrica, para influir en la toma de las decisiones del Gobierno. El declive ambiental que vivimos, con menor acceso al agua, requiere de utilizar un lente prospectivo en la generación de política pública orientada a cuidar la sustentabilidad hídrica, las personas y el medio ambiente. La obra está dividida en cinco capítulos: Gobernanza, Seguridad hídrica, Calidad del agua y ecología, Sistemas hídricos y Ciencia y tecnología. Desde la institución del sector ambiental dedicada a pensar el agua para construir un México con bienestar y justicia social, publicamos esta obra que invita a seguir construyendo entre todos, con ética y conocimiento del agua, un futuro sustentable para México.

Descarga aquí:

Temas recientes del análisis de frecuencias hidrológico

Es una obra próxima a ser publicada por el IMTA, de la autoría de Francisco Daniel Campos Aranda, que expone en siete capítulos los avances y enfoques novedosos de las técnicas probabilísticas, desde el transporte de información hidrométrica y sus pruebas estadísticas hasta la aplicación de las funciones cópula en los análisis multivariados de las crecientes anuales.

El autor, profesor jubilado de la Universidad de San Luis Potosí, pasa por los ajustes especiales de la distribución general de valores extremos (GVE), básica en los análisis de frecuencias de crecientes (AFC), para presentar un recuento de las técnicas de los métodos regionales y una aproximación a los métodos de procesamiento de registros de crecientes y de lluvias máximas no estacionarios. En el texto, el Dr. Campos Aranda describe 62 aplicaciones numéricas que procesan información hidrológica real y detallan, de manera preponderante, la manera de obtener las llamadas crecientes de diseño. Por lo anterior, la obra intenta ser una guía para estudiantes de licenciatura y de posgrado y para los profesionales en activo que enfrentan el diseño y la operación de las obras hidráulicas.

Descarga aquí:

Contribuciones de conocimiento IMTA sobre el nexo agua-energía-alimentos

Por Marco Antonio Sánchez Izquierdo

En el marco de la Iniciativa México-Caricom-FAO, *Cooperación para la Adaptación y Resiliencia al Cambio Climático en el Caribe*, también conocida como *Iniciativa Caribe Resiliente*, el IMTA fue invitado a compartir conocimiento y experiencia para ayudar a los países de El Caribe anglófono a poner a prueba soluciones para generar resiliencia ante el cambio climático y otros impactos externos en torno al nexo agua-energía-alimentos.

Dicho proyecto, impulsado por la Agencia de Cooperación Internacional para el Desarrollo (Amexcid) e implementado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), integra una serie de *webinars* en los que colaboradoras y colaboradores del IMTA apoyan en la capacitación de agricultores, funcionarios de ministerios y demás partes interesadas en los distintos componentes del nexo agua-energía-agricultura para aumentar la resiliencia de los países al cambio climático.

Aprovechando la plataforma de difusión de la Cátedra Unesco-IMTA, el contenido de los eventos en línea está disponible en el Canal IMTA de YouTube, y puedes registrarte en el portal de la Cátedra en www.atl.org.mx.

TEMA	INSTRUCTOR	FECHA
El nexo agua-energía-alimentos en el contexto del cambio climático	Marco Rodrigo López López	29 de marzo, 2023
Sistemas de captación de agua de lluvia	Cecilia Téllez Quintanar	12 de abril, 2023
Sistemas de irrigación eficiente con energía renovable	Ulises Dehesa Carrasco	26 de abril, 2023
Agricultura protegida y cultivo en invernaderos	Jesús de la Cruz Bartolón	10 de mayo, 2023
Cultivo sin suelo	Eduardo Venegas Reyes	24 de mayo, 2023
Prácticas de conservación de suelo y agua en la agricultura	Pedro Rivera Ruiz	7 de junio, 2023
Productividad de agua y suelo	Mario Alberto Montiel Gutiérrez	14 de junio, 2023

Desarrollo de infraestructura verde mediante un jardín microcuenca en el IMTA

Por Cecilia González Correa y Roberta Karinne Mocva Kurek

Participantes:

- Cecilia González Correa
- Roberta Karinne Mocva Kurek
- Juan Carlos Centeno Álvarez
- Cecilia Téllez Quintanar
- Raúl Medina Mendoza
- Arturo López Zúñiga
- Óscar Jesús Llaguno Guilberto

En 2022 se desarrolló en el IMTA un proyecto interno para la implementación de un LID, a través de un "jardín microcuenca", cuyos objetivos principales son regular los caudales máximos y revestir el sitio con vegetación nativa.

La zona de regulación consta de seis microcuencas, delimitadas por las características naturales del terreno, y el jardín está conformado por tres bordos elaborados con geocostales de geotextil rellenos con sustrato y arena, ubicados de manera transversal al cauce con la finalidad de disminuir la velocidad del escurrimiento. La distribución de la vegetación nativa se compone de siete secciones.

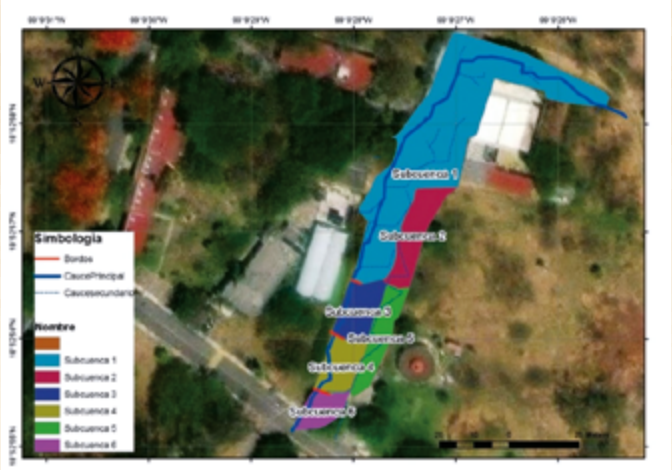
La infraestructura verde (IV) o de bajo impacto, conocida en inglés como *Low Impact Development* (LID), se define como un conjunto de acciones y medidas establecidas con la finalidad de mejorar la capacidad de reconstrucción que tienen los ecosistemas, mediante soluciones basadas en la naturaleza, para la planeación y el diseño urbanos (Meza y Rodríguez, 2021). Estas acciones y medidas permiten una transición de la infraestructura gris a la infraestructura verde mediante la adaptación de ciertos materiales o características que se armonizan con el medio ambiente y aportan elementos para su conservación.

El desarrollo de bajo impacto (LID) sigue el abordaje de la IV y tiene como principal función gestionar el caudal de las aguas pluviales a pequeña escala, cerca de su fuente, para replicar el régimen hidrológico predesarrollo (County, 1999; IMPLAN-Hermosillo, 2019).

Una de las técnicas LID es el jardín microcuenca, que está conformado por cavidades en el terreno, con un nivel inferior al de las superficies, que se ocupan de captar y regular los escurrimientos producto de la lluvia (IMPLAN-Hermosillo, 2019).

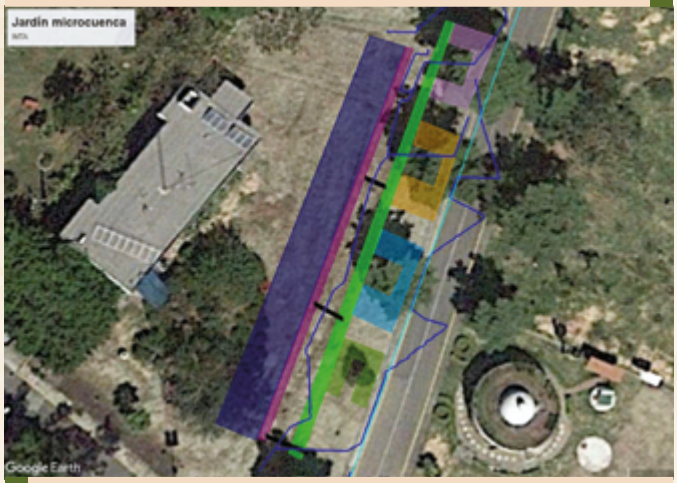
El jardín microcuenca del IMTA, ubicado frente a la casa ecológica urbana, permite la regulación de caudales máximos, resultado de lluvias intensas, mediante la implementación de tres bordos que reducen avenidas y atenúan el tiempo de los escurrimientos. El material de los bordos permite la restitución de las características naturales del sitio, promoviendo de esta manera la infiltración, almacenamiento y evapotranspiración, lo que también implica mejoras en la calidad del agua producto del escurrimiento, la disminución de cambios drásticos en el uso del suelo y el incremento de zonas permeables, lo cual ayuda a restituir el ciclo hidrológico. Otros beneficios sociales de este tipo de infraestructura pueden estar relacionados con la recreación y la conservación del medio ambiente.

Figura 1. Delimitación de microcuencas del jardín de lluvia.



Fuente: González Correa y otros, 2022.

Figura 3. Croquis de distribución de la vegetación en el jardín microcuenca.



Fuente: González Correa y otros, 2022.

En materia de vegetación, el área fue revestida con vegetación nativa, importante a nivel ecológico, ya que favorece la recuperación de la biodiversidad local, la prevención de plagas y la reproducción de seres vivos, especialmente de aves e insectos que ayudan a la polinización local (Conabio, 2022). En la zona de rocalla se cultivaron plantas de la familia de crasuláceas; en las terrazas, dhalias y lirios caminantes; en las secciones de sombra se sembraron lirios caminantes, tradescantias, salvias y crasuláceas; finalmente, en coronas de los bordos se destinaron a magueyes y crasuláceas.

Este tipo de desarrollo se puede aplicar en entornos urbanos, y con ello reponer el potencial de escorrentía en una cuenca hidrográfica. Por ejemplo, una calle pavimentada tiene condiciones de impermeabilidad más altas que las condiciones naturales de suelo. De esta manera se propicia una mejor calidad del agua, ya que el arrastre de contaminantes se ve aminorado.

Figura 2. Proceso de implementación de bordos de geotextil.

Implementación de bordos con geocostales en los sitios destinados para un mayor caudal de regulación.

Vegetación colocada en las coronas de los bordos.

Dhalias sembradas en el área de terrazas.

Crasuláceas destindas al área de rocalla del jardín microcuenca.

Magueyes destinados al área de la corona del tercer bordo (salida del jardín).

Ejemplo de sección de sombra con lirios caminantes.

Fuente: González Correa y otros, 2022.

Bibliografía

González Correa, C., Mocva Kurek, R. K., Medina Mendoza, R., Téllez Quintanar, C., Centeno Álvarez, J. C., López Zúñiga, A., & Llaguno Guilberto, Ó. J. (2022). *Implementación en campo de un sistema LID en el IMTA*. Jiutepec, Morelos: IMTA.

Meza, L. E., y Rodríguez, A. G. (2021). *Soluciones basadas en la naturaleza para la sostenibilidad de la agricultura*. Santiago: CEPAL-ONU.

IMPLAN-Hermosillo. (2019). *Manual de Lineamientos de Diseño de Infraestructura Verde para Municipios Mexicanos. Hermosillo, Sonora.* Disponible en: https://www.implanhermosillo.gob.mx/wp-content/uploads/2019/06/Manual_IV3.pdf

County, P.G.S. (1999). *Low-Impact Development Design Strategies: An Integrated Design Approach;* Department of Environmental Resources, Programs and Planning Division: Prince George's County, MD, USA.

CONABIO. (14 de 09 de 2022). *Biodiversidad Mexicana*. Recuperado el 26 de 10 de 2022, de https://biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/procesose/polinizacion

Ecotecnias
del agua para escuelas

Por Roberta Karinne Mocva Kurek, con la colaboración de Mónica Paulina Gutiérrez Jiménez

Con el propósito de divulgar y fomentar la gestión sostenible del agua en escuelas, atender sus necesidades y fomentar la implementación de ecotecnologías en materia de agua, el IMTA inició el desarrollo de la serie de manuales denominada Ecotecnias del agua para escuelas.

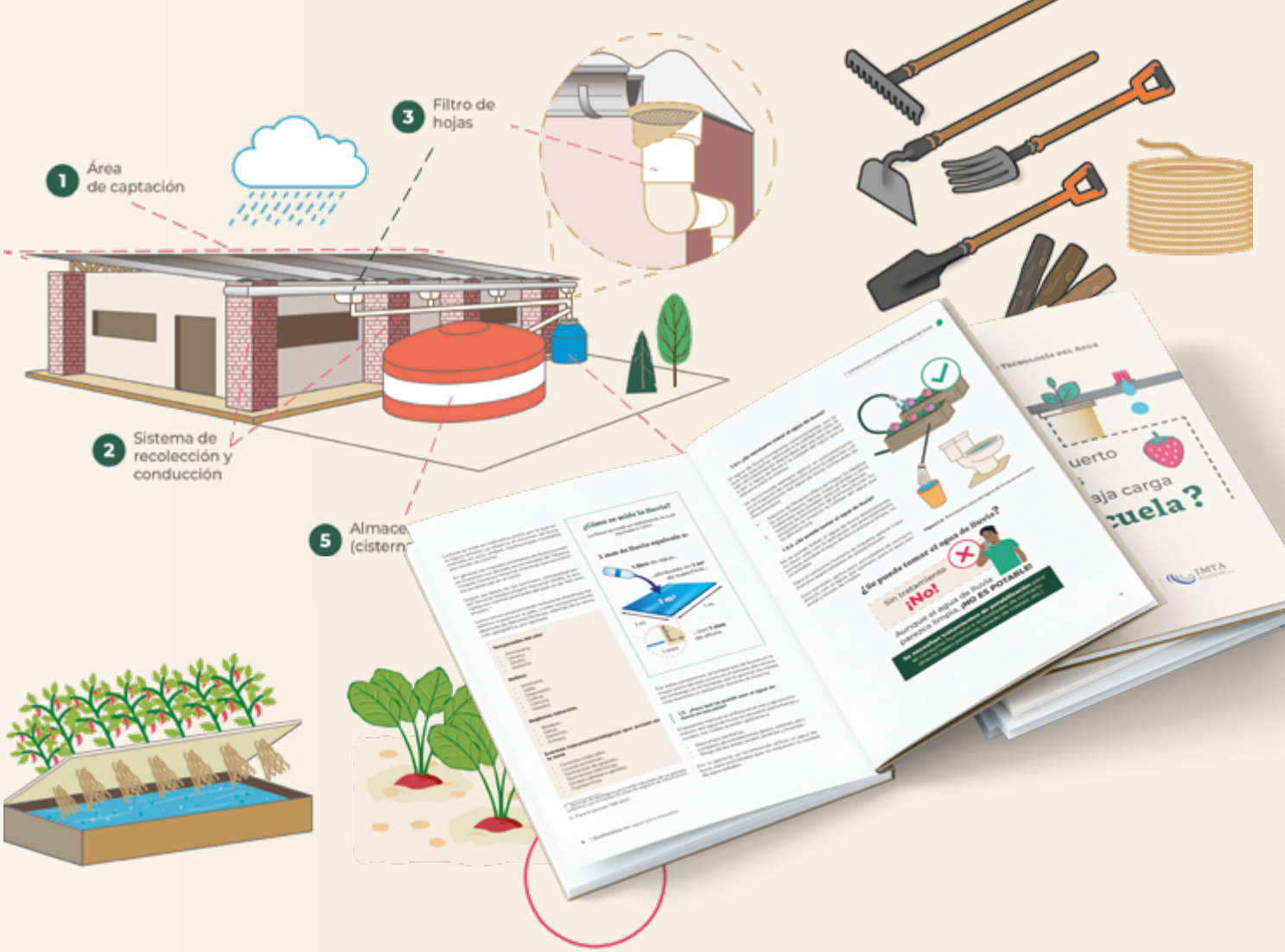
Esta serie pone a disposición de la comunidad escolar: profesores, padres de familia y comités escolares, así como de la población en general, soluciones ecotecnológicas que pueden ser aplicadas en planteles escolares, sobre todo periurbanos y rurales. Los manuales van acompañados de grabaciones y explicaciones sencillas para facilitar su implementación, operación y mantenimiento.

Las soluciones ecotecnológicas seleccionadas son de fácil instalación y apropiación, además de ser económicas y de baja dependencia de tecnologías convencionales, las cuales buscan el uso y la gestión eficiente de la naturaleza y, a su vez, generan diversos impactos positivos en la sociedad a través de la sensibilización de los alumnos y de la comunidad en general en cuanto al cuidado y manejo integral del agua.

En 2022 se publicaron materiales sobre cuatro temas, titulados:

¿Cómo construir un huerto para hortalizas con riego de baja carga en mi escuela?

Este manual busca desarrollar habilidades y aplicar conocimientos en la implementación y operación de un huerto escolar con técnicas de manejo agroecológico integral de suelo, plagas y maleza, y un sistema de riego de baja carga con el uso de fuentes renovables de energía, destinado a la producción de hortalizas a pequeña escala.



¿Cómo hacer un sistema de captación de agua de lluvia (Scall) en mi escuela?

Este manual proporciona el procedimiento paso a paso para el diseño e implementación de un sistema de captación de agua de lluvia (Scall) con cisterna tipo capuchino en escuelas, con el objetivo de aprovechar el agua de lluvia para diferentes actividades y contribuir al acceso al agua en zonas vulnerables.

¿Cómo construir un sistema de hidroponía para tener un huerto en mi escuela?

Un sistema hidropónico propicia la producción de plantas en un medio acuoso, sin necesidad de tierra, lo que permite su implementación de manera económica en pequeños espacios, como en una escuela, para la producción de hortalizas.

¿Cómo construir un humedal para el tratamiento del agua residual en mi escuela?

En este manual se dan a conocer las partes que integran un humedal artificial, su funcionamiento y las etapas que se necesitan para su diseño, implementación y operación en el contexto escolar. Los humedales artificiales son usados para el tratamiento de aguas residuales, replicando los procesos que ocurren en los humedales naturales mediante interacciones físicas, químicas y biológicas.

Este año se plantea el desarrollo de tres manuales más que abordarán sistemas de purificación del agua, bombeo de pequeños caudales y sanitarios secos.

En el siguiente sitio web se pueden consultar y visualizar todos los materiales aquí reseñados:

bit.ly/EcoTecnias

ESCANÉAME

Consulta y descarga los manuales con tu celular

El agua y los cambios en la legislación asociada a la minería

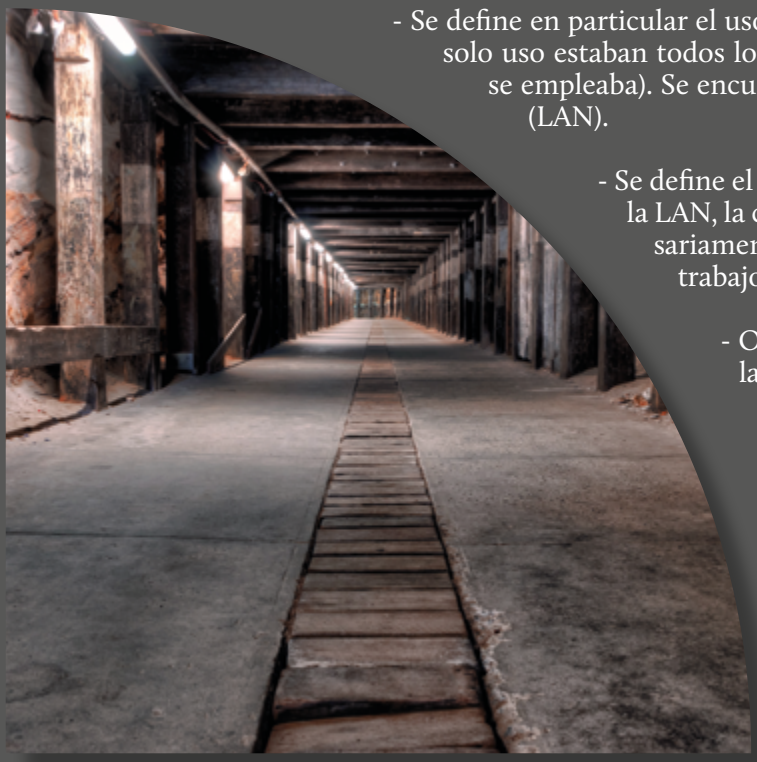
Por Marco Antonio Sánchez Izquierdo en diálogo con Juana Amalia Salgado López

Como parte de los procesos de transformación que vive actualmente nuestro país, recientemente se concretó una serie de cambios legislativos trascendentes en torno a la actividad minera. Si bien podemos tener una visión general de estos cambios, es importante conocer con mayor detalle las implicaciones que estos tienen en materia de agua.

Con el fin de poner como prioridad el cuidado ambiental en la actividad minera, los cambios impulsados desde el sector ambiental en realidad se registraron en varias leyes: en la Ley de Aguas Nacionales vigente, en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, y en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, y, por supuesto, en la propia Ley Minera, ahora Ley de Minería.

En concreto, las modificaciones en el marco legal mencionado incluyen las siguientes:

- Prohibición de la minería en zonas sin agua (se otorgaban concesiones en zonas de escasez), lo cual quedó plasmado en el artículo 6 de la Ley de Minería.



- Se define en particular el uso industrial del agua en la minería (anteriormente, en un solo uso estaban todos los tipos de industrias, por lo que no se sabía cuánta agua se empleaba). Se encuentra en el artículo 81 BIS de la Ley de Aguas Nacionales (LAN).

- Se define el uso de agua de laboreo en el artículo 3, fracción III bis, de la LAN, la cual se define como: "Aquéllas [sic] del subsuelo que necesariamente deban extraerse para permitir la realización de obras y trabajos de exploración y explotación minera".

- Obligación de medir el total de volumen de agua, incluida la de laboreo (se encuentra en el artículo 81 bis de la LAN). Hasta el momento solo se cuenta con estimaciones de esta última.

- Obligación de los concesionarios mineros de contar con instrumentos de telemetría y su obligación de transmitir en tiempo y localización. Esto último da certeza de cuánto emplea la minería. Se encuentra en el artículo 81 bis, fracción V.

- En ningún caso las aguas nacionales pueden utilizarse para el transporte de materiales provenientes de la operación minera. Aunque no se crea, se utilizan ríos para transportar materiales (Art. 81 bis, fracción III, de la LAN).

- Obligación de reutilizar el agua (hasta un 60 %) para un uso más eficiente (Artículo 27, fracción XXIII, de la Ley de Minería).

- Ante la legítima protesta de comunidades, académicos y la población en general, con la modificación de aspectos relevantes de estas cuatro leyes, en conjunto, se buscó fortalecer la protección al medio ambiente con los aportes de diversos actores como el IMTA, en virtud de su conocimiento y experiencia.

La infraestructura verde en el IMTA

Primera parte

Por Cecilia Téllez Quintanar, con la colaboración de Marina Ruiz Rodríguez

Participantes:

- Cecilia Téllez Quintanar
- Minerva Sánchez Guzmán
- Víctor Manuel Gordillo Salinas
- Juan Arista Cortés
- Arturo López Zúñiga
- Roberta Karinne Mocva Kurek
- Raúl Medina Mendoza
- Alejandro López Vázquez
- José Alfredo Mundo Molina
- Cecilia González Correa
- Pedro Pacheco Hernández
- Lorena Castillo Rodriguez
- Gissel Trujillo Dominguez
- Alberto Castro Salazar
- Juan Carlos Centeno Álvarez

En un contexto de creciente urbanización, que ocasiona el deterioro del medio ambiente, la infraestructura verde se coloca como una alternativa que favorece la sustentabilidad hídrica, retomando los procesos naturales de una cuenca de manera mucho más amigable con el planeta y aminorando el impacto ambiental. La aplicación de esta infraestructura es esencial en zonas impermeables (por ejemplo: cubiertas de concreto o construcciones) que han causado la pérdida de vegetación natural.

Con el gran crecimiento de las ciudades se impermeabilizan zonas naturales, lo que evita que la lluvia y los escurrimientos derivados de estas se infiltren y recarguen los acuíferos, alterando el proceso natural de una cuenca. Por otro lado, la colocación de concreto y estructuras impermeables permiten mayor absorción de calor, lo que genera ondas cálidas que fomentan el uso de sistemas de aire acondicionado y, por ende, generan un mayor consumo de energía eléctrica. Con este tipo de infraestructura se busca recuperar el comportamiento natural de la cuenca en relación con la gestión y manejo hídrico, restaurando y reintegrando también la vegetación, que contribuye al bienestar humano y a la recreación, así como la disminución del consumo energético.

La infraestructura verde puede incidir en el cambio climático en la medida en que se vaya implementando. Por ejemplo, con jardines microcuenca, o jardines de lluvia se generan mayores zonas verdes donde se pueda infiltrar el agua. Con muros y azoteas verdes se propicia la retención de agua, amortiguamiento de los escurrimientos, el control de temperatura y la generación de espacios recreativos. La integración de vegetación reduce el calor, ya que las plantas lo absorben, y con la evapotranspiración de estas se produce mayor humedad, lo que genera mayor bienestar en las zonas urbanas.

Algunas de las infraestructuras verdes más aplicables en las ciudades son los jardines microcuenca, los jardines de lluvia, las zanjas-bordos, las presas filtrantes, los pozos de infiltración y los pavimentos permeables, cuya función es imitar los procesos naturales de la cuenca, para retener cantidades de lluvia, infiltrarla y así proporcionar un mejor manejo del agua en las ciudades. Los techos o muros verdes también retienen el agua de lluvia, con lo cual se evita la saturación de los sistemas de drenaje y se reducen las velocidades y cantidades de escurrimiento en las vialidades.

Modelos experimentales de azoteas verdes elaborados con material de mampostería, instalación de verdeado con pasto de la región.

Modelos experimentales de azoteas verdes elaborados con madera y geomembrana, instalación de verdeado con crasuláceas.

Estimación de cantidad de agua necesaria para lograr el escurrimiento de los modelos experimentales de azoteas verdes.

Sistema de recolección del agua escurrida de los modelos de azotea verde con verdeado de crasuláceas.

Recolección de muestras de agua para evaluación de su calidad.

Revisión de volúmenes de agua escurridos de los modelos de azoteas verdes.
Fotografía de Cecilia Tellez.

En el IMTA desarrollamos un proyecto de investigación sobre azoteas verdes cuyo título es *Evaluación del comportamiento de modelos de azoteas verdes y valoración de alternativas de aprovechamiento del agua*, su objetivo es entender el comportamiento de cada uno de sus elementos para tener herramientas técnicas, generar diseños locales y promover su implementación en techos de vivienda o a gran escala, pudiéndolas aplicar de manera masiva en las ciudades. Realizamos pruebas de laboratorio para buscar el aprovechamiento del agua drenada por estos sistemas. Dentro de la propuesta de estudio de estos modelos verificamos las construcciones que se adaptan mejor a nuestro país, en madera o mampostería. Analizamos la vegetación, como las crasuláceas, el verdeado tipo pasto, la composición del sustrato, qué tanto se retiene la lluvia y cómo se comporta el escurrimiento una vez que la lluvia pasa por el techo verde.

Según los análisis que realizamos, vimos las ventajas y desventajas de determinadas implementaciones. Es importante señalar que esta infraestructura requiere mantenimiento, pero es una inversión que mejora la calidad de vida e incluso da plusvalía a la vivienda, otorgando beneficios térmicos. Esperamos lograr, a partir de estas investigaciones, un producto con todos los fundamentos para que se implemente y recuperar no solo el comportamiento natural de una cuenca, sino también la captación de agua de lluvia y el aprovechamiento de esta. La infraestructura verde se inicia a microescala y va creciendo de manera que logre un impacto mayor, integrando alternativas para rescatar las condiciones naturales y aminorar el impacto humano.

Uno a uno

con *José Raúl Flores Berrones*

El Acueducto: Tu trayectoria en el IMTA es muy amplia y añosa. Cuéntanos un poco de tu historial académico y profesional.

Raúl: En 1965 me gradué como ingeniero civil en la Universidad Nacional Autónoma de México. Posteriormente, en 1967, obtuve la maestría en Mecánica de Suelos y, en 1975, el grado de doctor en Ingeniería, también en la UNAM. En 1968, tomé un curso especial de Mecánica de Suelos para maestros e ingenieros en la Universidad de Harvard, EUA, y en 1969 obtuve el grado de Master in Science por la misma universidad. Finalmente, en 1971, realicé mi tesis doctoral en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT).

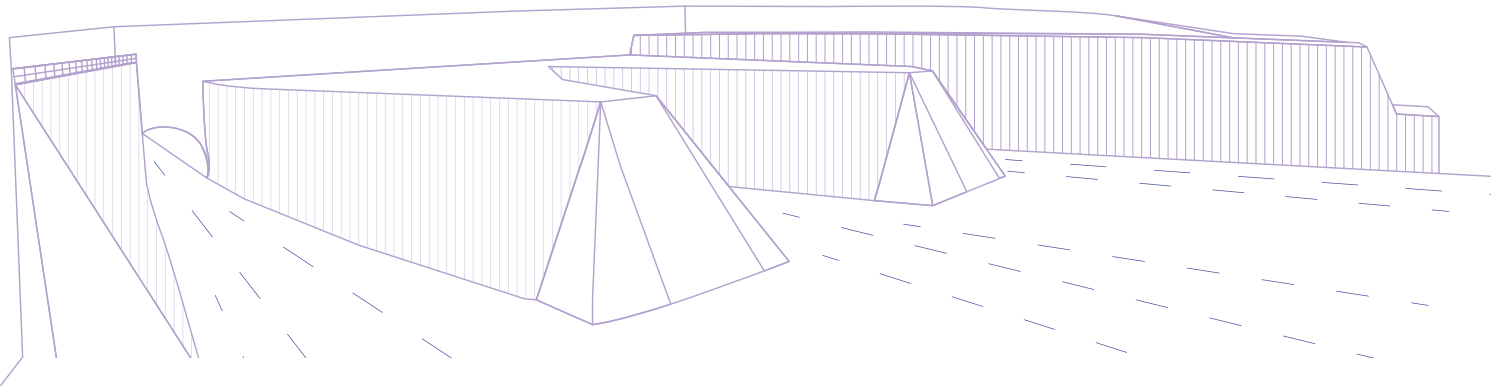
En lo profesional, fui subdirector general de Captaciones y Conducciones de Agua en la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, coordinador de Desarrollo Profesional e Institucional en el IMTA, consultor geotécnico en el Consultivo Técnico, fundador del grupo de Geotecnia y del Laboratorio de Mecánica de Suelos, asesor en geotecnia en numerosas empresas consultoras nacionales e internacionales, consultor general del Consejo de Normalización y Certificación de Competencia Laboral y consultor tecnológico especialista del Conacyt, por nombrar los principales cargos que he desempeñado.

El Acueducto: ¿Cómo fue que llegaste al IMTA?

Raúl: Yo estaba ya en la Comisión del Plan Nacional Hidráulico cuando se creó el IMTA, y entonces me trasladé para acá, con el ingeniero Héctor Garduño. Mi primer puesto fue el de coordinador de Desarrollo Profesional e Institucional. Después me cambié al Consultivo Técnico en la Ciudad de México, que era parte del IMTA, donde tuve la oportunidad de hacer una especie de año sabático en el Instituto Politécnico Rensselaer, en Albany, Nueva York, como profesor investigador visitante. Posteriormente regresé a Jiutepec, como especialista en hidráulica y jefe del laboratorio de Geotecnia. Años después, ya con el Dr. Polioptro Martínez como director general, dirigí el Campus Morelos de la Facultad de Ingeniería en el IMTA por dos o tres años y más adelante ingresé a la Subcoordinación de Obras y Equipos Hidráulicos, donde sigo todavía, aunque ahora se llama Experimentación Física e Innovación Tecnológica.

El Acueducto: ¿Cuáles son los proyectos en los que más te ha gustado trabajar?

Raúl: Uno de ellos es el acueducto que va de Chapala a Guadalajara y el otro que va de Linares a Monterrey, donde trabajé en el desarrollo de las obras de estas



importantes estructuras. Igualmente satisfactorios han sido todos los proyectos relacionados con las presas y la geotecnia y los de diseño de plataformas marinas. En la presa Cerro de Oro, en Veracruz, fui el consultor principal para la construcción e instalación de una hidroeléctrica.

El Acueducto: En cuanto a la formación de recursos humanos, ¿qué nos puedes contar?

Raúl: En el ámbito académico he dirigido varias tesis de licenciatura, maestría y doctorado, algunas de ellas premiadas. Por otra parte, he sido profesor de varias materias, tales como Dinámica de Suelos, Ingeniería Sísmica, Flujo de Agua a través de Suelos, Comportamiento Sísmico de Tuberías, y Cimentación de Maquinaria. Algunos de estos cursos los impartí en la División de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, pero también en las universidades de Perú, Colombia y Ecuador

El Acueducto: ¿Cuáles son algunos de los reconocimientos que has recibido?

Raúl: Tuve el honor de recibir la medalla de plata y diploma como "Reconocimiento al Mérito Universitario", por parte de la UNAM; los premios nacionales de Ingeniería Civil "Miguel A. Urquijo" y "José A. Cuevas" por los mejores artículos publicados, por parte del Colegio de Ingenieros Civiles de México; y el premio "*2002 Visiting International Fellow*", por el *International Cooperation Council* del *Environmental and Water Resources Institute* de Estados Unidos. Fui miembro del Sistema Nacional de Investigadores durante 30 años, secretario de la Academia de Ingeniería, expresidente y miembro honorario de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica. Fui tambien miembro de la Comisión Evaluadora del Instituto de Ingeniería de la UNAM para el Programa de Primas al Desempeño del Personal Académico de Tiempo Completo, así como evaluador de varios concursos de oposición.

El Acueducto: ¿Cuántos libros y artículos has publicado?

Raúl: Tengo cuatro libros de mi autoría, numerosos capítulos de libro y aproximadamente 90 artículos técnicos publicados en revistas, *journals* y memorias de congresos nacionales e internacionales. Actualmente estoy por editar un libro sobre dinámica de suelos.

El Acueducto: ¿Cómo resumirías tu estancia en el IMTA?

Raúl: Durante toda mi estancia en el Instituto he visto cómo este ha cambiado mucho, pero considero que el trabajo ha sido siempre muy satisfactorio y el ambiente muy agradable, y creo que para mí fue una gran suerte haber trabajado en el IMTA y dentro del sector agua en general.

El Acueducto: ¿Qué planes tienes para el futuro?

Raúl: Pues jubilarme ya, después de sesenta años de servicio en el Gobierno federal, y seguir trabajando como asesor y consultor independiente.

El Acueducto: ¿Qué mensaje les darías a los jóvenes que se inician en las ingenierías?

Raúl: Pues que se preparen lo mejor posible para dar lo mejor de sí mismos a la sociedad mexicana y a nuestro país; que aprendan otros idiomas, sobre todo el inglés, ya que eso te abre muchas puertas y te permite aprovechar oportunidades en el extranjero. Además una buena parte de la literatura técnica de las ingenierías está en inglés. Que continúen superándose a través de educación continua y apliquen sus conocimientos en disminuir la pobreza que existe en nuestro país.

Soluciones basadas en la naturaleza:
Un enfoque innovador para los desafíos ambientales

Por Mónica Paulina Gutiérrez Jiménez

En medio de la creciente preocupación mundial por los desafíos ambientales y el cambio climático, cada vez más expertos están recurriendo a soluciones basadas en la naturaleza para abordar los problemas que enfrenta nuestro planeta. Estas soluciones, inspiradas en los ecosistemas naturales y su funcionamiento, están ganando reconocimiento y se consideran una alternativa efectiva y sostenible a los enfoques tradicionales.

Las soluciones basadas en la naturaleza se centran en aprovechar los servicios y beneficios que los ecosistemas nos proporcionan de forma gratuita. En lugar de depender únicamente de tecnologías y estructuras artificiales, estas soluciones buscan trabajar en armonía con la naturaleza para resolver problemas ambientales.

El IMTA trabaja con diversas tecnologías que son ejemplo destacado de soluciones basadas en la naturaleza, como los humedales, las casas ecológicas, los sistemas de captación de agua de lluvia y el riego de baja carga, entre otros.

Estas tecnologías ofrecen una perspectiva innovadora y complementaria a los enfoques tradicionales, pero requieren una planificación cuidadosa, la participación de múltiples actores y una inversión sostenida. Sin embargo, su implementación puede generar beneficios significativos tanto para el medio ambiente como para las comunidades humanas.

En un momento en el que la urgencia de abordar los retos ambientales es más evidente que nunca, las soluciones basadas en la naturaleza se presentan como una vía prometedora hacia un futuro más sostenible. Al reconocer el valor de los ecosistemas y trabajar en armonía con la naturaleza, podemos encontrar soluciones efectivas y duraderas para los problemas que enfrentamos. El desafío radica en tomar medidas concretas y promover políticas que fomenten la implementación de estas soluciones en todas las escalas, desde lo local hasta lo global.

Calendario de cursos de
Educación Continua

Curso	Modalidad y duración	Fecha 2023
NOM-001-SEMARNAT-2021 y NOM-003-SEMARNAT-1997. Análisis de parámetros fisicoquímicos en muestras de agua y bases para análisis toxicológicos.	Presencial (40 horas)	Del 17 al 21 de julio
Hidráulica básica y aforo en canales a superficie libre.	Presencial (24 horas)	Del 2 al 4 de agosto
Alternativa didáctica para la Hidráulica básica	En línea (12 horas)	Del 2 al 4 de agosto
Tratamiento de aguas residuales con biorreactores con membranas: Diseño y operación	Presencial (24 horas)	Del 7 al 9 de agosto
Modelación del flujo a superficie libre en dos dimensiones con HEC-RAS	En línea (20 horas)	Del 14 al 18 de agosto
Cálculo de huella hídrica en los sectores público-urbano y agrícola	En línea (15 horas)	Del 21 al 25 de agosto
Python básico aplicado en recursos hídricos y costeros	En línea (20 horas)	Del 28 de agosto al 01 de septiembre
Curso intermedio de IBER para la modelación bidimensional de ríos y zonas urbanas	En línea (24 horas)	Del 28 de agosto al 6 de septiembre
Modelación hidrológica y de gestión de recursos hídricos con la plataforma de simulación WEAP	En línea (15 horas)	Del 9 a 13 de octubre
Análisis fisicoquímicos en muestras de agua, para los parámetros de la NOM-127-SSA1-2021.	Presencial (40 horas)	Del 9 al 13 de octubre
Estrategias para el fomento de las habilidades, actitudes y valores para la investigación en posgrados relacionados con el agua	En línea (12 horas)	Del 18 al 20 de octubre
NOM-001-SEMARNAT-2021 y NOM-002-SEMARNAT-1996. Análisis de parámetros fisicoquímicos en muestras de agua y bases para análisis toxicológicos.	Presencial (40 horas)	Del 23 al 27 de octubre
QGIS aplicado en infraestructura urbana.	En línea (25 horas)	Del 23 al 27 de octubre
Buenas prácticas de laboratorio	En línea (9 horas)	Del 7 al 9 de noviembre

Mayor información:
imta.edu.mx

Acreditación del laboratorio Enzo Levy

Por Mónica Paulina Gutiérrez Jiménez

Con la finalidad de obtener la certificación necesaria y contar con el personal capacitado para prestar servicios de implementación, desde hace cuatro años, el laboratorio Enzo Levy trabaja arduamente para cumplir con la norma NMX-AA-179-SCFI-2018, "Medición de volúmenes de aguas nacionales, usados, explotados o aprovechados". Esta norma tiene como objetivo la apropiada medición de los volúmenes de aguas, constituyéndose en un elemento indispensable para conseguir una gestión integral del recurso hídrico con eficiencia y asegurar los intereses públicos. Su cumplimiento implica tener una unidad de inspección y contar con inspectores capacitados para validar los instrumentos de medición acreditados por la EMA (Entidad Mexicana de Acreditación).

La citada norma establece las características y especificaciones para la selección, instalación y operación de los medidores y sistemas de medición para el uso, explotación o aprovechamiento de aguas nacionales; la metodología para medir los volúmenes; y el procedimiento para la transmisión de los datos de medición a la Comisión Nacional del Agua.

Los cuatro estándares de competencia de la norma son los siguientes:

1. EC0913: Medidores de carrete para tuberías a presión, con cinco evaluadores.
2. EC0914: Sistemas fijos de medición en canales (compuertas, canaletas), con dos personas.
3. EC1110: Medición por carrete en tuberías de presión.
4. EC1156: Medición de presión diferencial con el método Winter Kennedy.

El equipo de la Subcoordinación de Experimentación Física e Innovación Tecnológica del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, encabezada por Federico Joaquín Ochoa, con la colaboración del área de Posgrado y Educación Continua, liderada por Ariosto Aguilar Chávez, han dedicado sus esfuerzos en capacitar personal y generar la infraestructura necesaria para ofrecer servicios tecnológicos de unidad de inspección y convertir al IMTA en un referente en el sector hídrico, siendo una de las pocas instituciones líderes en el tema de certificaciones de medición del agua.

La aplicación de la norma es indispensable para permitir a los usuarios de aguas nacionales tener la certeza de cómo se deben medir los volúmenes usados, explotados o aprovechados. La unidad de inspección proporcionada por el IMTA evalúa las características que deben observarse para la selección apropiada del medidor o sistema de medición, la forma en que debe ser instalado el medidor, así como la metodología para determinar el volumen usado, explotado o aprovechado. Además, el laboratorio brinda capacitación sobre los procedimientos para transmitir a la autoridad de las aguas nacionales la información medida.

Con el objetivo de contribuir en la medición y uso eficiente del agua, el IMTA cuenta con la acreditación de la unidad de inspección en los métodos correspondientes, cumpliendo con los requisitos establecidos en la norma NMX-IEC-17020-IMNC-2014. Adicionalmente, el IMTA, a través de su área de certificación, colabora mediante cursos de alineación para certificar al personal en tres estándares de competencia referidos en la norma, para que se integren dentro de las dos figuras que participan en la evaluación de la conformidad: Prestadores de servicios integrados y unidades de inspección. Obtener esta certificación representa un hito importante para el IMTA.

El IMTA se posiciona como pionero en la evaluación de la conformidad en este tipo de sistemas de medición y se convierte en el lugar adecuado para alinear y certificar a personal en este campo. Asimismo, se esfuerza constantemente para ser un referente en el sector hídrico y una de las instituciones líderes en certificación de personal para la medición del agua. El IMTA está en proceso de modernizar sus laboratorios con el fin de contar con instalaciones necesarias para las evaluaciones en los diferentes estándares de competencia y de la conformidad de medidores de flujo y convertirse así en la voz de muchas instituciones que necesitan saber si sus equipos son adecuados para sistemas de medición y cobro.

La riqueza del acervo documental del Cenca

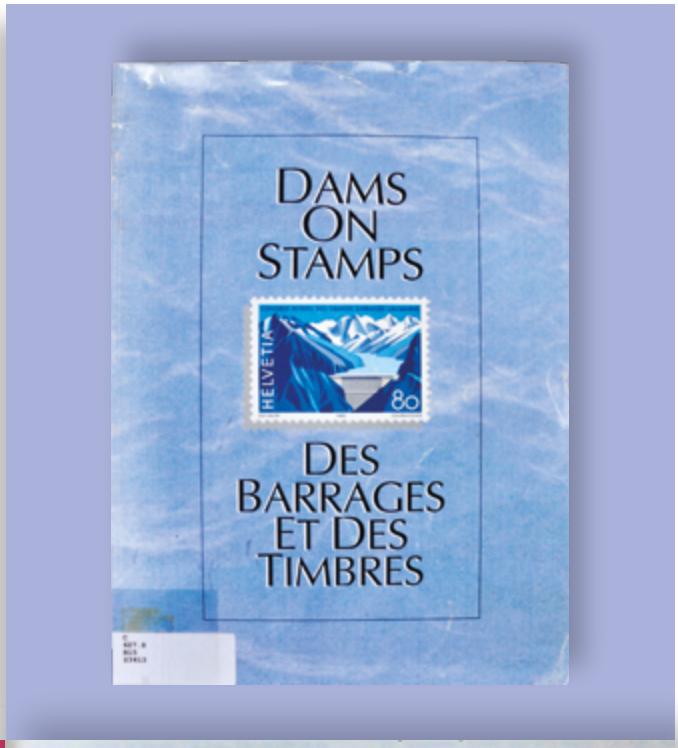
Por Verónica Eugenia Vargas Suárez

Desde su creación, el Centro de Conocimiento del Agua (Cenca) ha motivado a la reflexión sobre su función. Sin duda, en la comunidad IMTA ha surgido la pregunta sobre la importancia de una biblioteca en un centro público de investigación. En estas líneas trataremos de responder a esta inquietud, hablando de la riqueza del acervo documental del Cenca y cómo, a través de este, podemos ir reconociendo la evolución del IMTA, tanto en su producción intelectual como en su estructura organizacional.

Creado en 1986, el Cenca tiene su origen en la colección de la biblioteca Antonio Coria Maldonado, de la entonces Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Siendo la biblioteca del IMTA, es fácil suponer que el Cenca es una biblioteca especializada en el recurso hídrico. Y aquí radica la característica más sobresaliente de su acervo: abordar el tema del recurso hídrico de una manera totalmente holística.

Es decir, así como se puede encontrar material documental sobre medición con molinetes, seguridad en presas, contaminación y tratamiento del agua, el uso de aguas residuales para riego, entre muchos otros temas relacionados con los recursos hídricos, también se pueden encontrar libros sobre conflictos por el agua, economía del agua, política hídrica, cultura del agua, pasando por libros para niños que tratan de una manera muy sencilla y amena lo que es el agua o proyectos científicos. También existen novelas que tratan sobre desastres naturales, como el huracán Katrina. Incluso, hay en el acervo del Cenca un libro muy particular que trata sobre las presas en la filatelia. Sin duda es un libro muy original.

Otra característica muy interesante del acervo, es que, a través de la colección de los informes de proyectos que lleva a cabo el IMTA, se puede ir reconociendo cómo ha ido evolucionando nuestro instituto. Por ejemplo, al principio estaban la Coordinación de Transferencia e Implantación de Tecnología, la Coordinación de Tecnología Hidráulica Urbano Industrial, la Coordinación de Investigación, etc. Posteriormente, todas las coordinaciones llevaban la palabra "Tecnología", después ésta se omitió. Actualmente los nombres se han modificado radicalmente.



Interesante libro sobre timbres postales alusivos a las presas del mundo.

Uno de los libros más antiguos del Cenca, editado en 1879, empastado en cuero y con cantos dorados, profusamente ilustrado con dibujos a mano; una verdadera joya.

De igual manera, la temática de los proyectos que se llevan a cabo en el Instituto nos muestra cómo se ha ido transformando. Por ejemplo, en un principio había proyectos que trataron el desarrollo informático de la Comisión Nacional del Agua o la modernización de sistemas de cómputo; así como el desarrollo de nuevas aplicaciones de los sensores remotos y procesamiento de mapas o la modelación matemática de procesos fluviales, la operación del laboratorio, el sistema para el cálculo del riesgo de erosión o el sistema financiero y tarifario. Posteriormente, se podría decir que los proyectos se enfocaron a resolver problemas más específicos, como el paquete tecnodidáctico de obras para protección y control de cauces o el establecimiento de parámetros de consumo de agua en la industria, solo por referir algunos, porque existe cualquier cantidad de ejemplos que se podrían mencionar.

Entretenidos experimentos didácticos sobre los fundamentos de la mecánica de suelos; material invaluable para profesores y estudiantes de esta materia.

En síntesis, los informes de proyectos nos muestran cómo ha ido evolucionando el IMTA, tanto en su producción intelectual como en su estructura organizacional.

Como se mencionó anteriormente, el acervo del Cenca comenzó con las colecciones de la biblioteca Antonio Coria Maldonado y de ahí acogió libros técnicos editados a principios del siglo XX que contienen ilustraciones obviamente hechas a mano y que, por sus detalles, se puede apreciar una alta calidad en el dibujo. También hay de finales del siglo XIX y que, a decir de algunos especialistas, son unas verdaderas joyas por su contenido y edición (algunos con cubierta de piel y canto dorado).

En otro orden de ideas, es de mencionar que el acervo del Cenca también incluye materiales documentales que describen los inicios de la infraestructura hidráulica de nuestro país. Por ejemplo, existen documentos publicados en 1922 por la Secretaría de Agricultura y Fomento, antecesora de lo que hoy conocemos como la Comisión Nacional del Agua.

De igual forma, se tienen estudios geohidrológicos, programas hidráulicos estatales, estudios hidrométricos del sistema de abastecimiento de agua potable en varias ciudades del país, estudios de viabilidad, proyectos hidroagrícolas, estudios hidrológicos y funcionamiento de cauces, estudios de factibilidad técnica, económica, social y financiera, los planes nacionales de obras hidráulicas, planes generales de acción en inundaciones, entre otros, que fueron elaborados por las secretarías que antecedieron a la antes mencionada Conagua.

Por último, no se podría dejar de mencionar la colección de boletines climatológicos, hidrológicos, hidrométricos, de mecánica de suelos, entre otros, que fueron publicados de 1939 a 1993. Sin caer en la exageración, se puede decir que el Cenca guarda un pedazo de la memoria histórica del agua de nuestro país.

A modo de conclusión, cuando hablamos del acervo de una biblioteca nos referimos a sus colecciones, y estas no pueden concebirse como algo estático, como podemos constatar en las colecciones que conforman la riqueza del acervo del Cenca. ¡Ven y descubre sus tesoros!

La fortaleza de los posgrados del IMTA

Por Marina Ruiz Rodríguez, en diálogo con Ariosto Aguilar Chávez

En un origen, los posgrados del IMTA fueron una extensión de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. El primer convenio se realizó poco antes de 1990 e incluía dos posgrados: la maestría y el doctorado en Ingeniería Civil Hidráulica y la maestría y el doctorado en Ingeniería Ambiental Agua; posgrados que siguen vigentes. La participación del IMTA en el Posgrado en Ingeniería de la UNAM es con un reconocimiento de entidad académica externa participante, y esto se refleja en la continuidad y en el desarrollo de los programas de posgrado ya mencionados.

A partir de 2014, en el IMTA, como Centro Público de Investigación (CPI), bajo la ley de Ciencia y Tecnología, e incluso en la reciente Ley General en Materia de Humanidades, Ciencias, Tecnologías e Innovación, una parte importante es el desarrollo de programas académicos, de preferencia a nivel posgrado. Por lo anterior, se promovió desde la máxima autoridad del CPI el contar con programas de posgrado propios, y la ley faculta la autonomía para emitir los reconocimientos de los grados académicos, con una oferta anual y continua.

Actualmente ofrecemos un programa por investigación de maestría en Ciencias y Tecnología del Agua con tres campos de conocimiento: Hidrometeorología, Sistemas Hídricos y Sistemas Ambientales. También contamos con una maestría no presencial y profesionalizante en Gestión Integrada de Recursos Hídricos, que constituye una opción para quienes trabajan y quieren cursar un posgrado; por ejemplo, trabajadores de un organismo operador, una ONG, trabajadores de la Comisión Nacional del Agua, de comisiones estatales, o de la Comisión Federal de Electricidad, por mencionar algunos casos.

Finalmente, también contamos con un programa por investigación de doctorado en Seguridad Hídrica, con cuatro campos de conocimiento: Gobernanza del Agua, Sistemas Hídricos, Sistemas Ambientales e Hidroclimatología.

La Maestría en Ciencia y Tecnología del Agua y el Doctorado en Seguridad Hídrica están en el Sistema Nacional de Posgrados, debido a que son programas por investigación de tiempo completo, en la línea del Programa Nacional Estratégico en materia de agua. Uno de los apoyos del Conacyt es otorgar becas de tiempo completo a los alumnos, también se tienen apoyos para estancias posdoctorales y para el fortalecimiento de los programas de posgrado del IMTA.

Un estudiante que llega aquí puede optar por realizar una maestría o doctorado del IMTA o de la UNAM. La oferta académica de las maestrías es anual, se abre en enero y el ingreso es en el verano; el doctorado del UNAM se abre semestralmente y el doctorado del IMTA se abre una vez al año. Cabe destacar que está próxima a abrirse la Maestría en Gobernanza del Agua, cuyo programa académico está terminado. Probablemente la convocatoria se abra en diciembre para que el ingreso se realice en agosto de 2024.

La única maestría que no tiene un perfil académico de ingreso específico es Gestión Integrada de Recursos Hídricos, dada su naturaleza profesionalizante, donde los perfiles de ingreso son diversos. El estudiante observa alguna necesidad en la institución donde se desarrolla, realiza un proyecto de aplicación del conocimiento, para resolver una problemática, lo que llamamos una aplicación extensiva del conocimiento. Las otras maestrías de

investigación tienen un perfil de ingreso muy específico por campo de conocimiento. Por ello, hay un protocolo de ingreso y en ese proceso se observa si el estudiante cumple con la formación necesaria para el posgrado en el que aplica. Las orientaciones son importantes, pues no da tiempo de realizar un trabajo de investigación y formarse en alguna carencia del perfil de ingreso, por eso somos cuidadosos en ese proceso de admisión. El porcentaje del egreso global es el 60 por ciento de eficiencia terminal. Hemos mejorado mucho, aunque durante la pandemia hubo un descenso fuerte debido a la deserción, ya que los programas son presenciales en su mayoría.

¿Por qué estudiar un posgrado en el IMTA? Es una pregunta que nos hacen en forma recurrente, y tal vez el bosquejo de la respuesta deriva en que los profesores del Instituto tienen una ventaja epistemológica, debido a los proyectos específicos que demandan las entidades con las que se trabaja, abordan problemáticas directas que se reflejan en los proyectos de investigación, lo que hace una gran diferencia con respecto a los profesores únicamente universitarios. Los tecnólogos del agua van a las poblaciones, saben cómo funcionan los organismos operadores, cómo se toman las decisiones del sector, son parte de comités de presas, conocen lo que sucede en una emergencia ante una sequía, tiene un conocimiento sobre la dimensión social del agua en el entorno de las comunidades, por mencionar algunos ejemplos. Los profesores tienen la característica especial de estar inmersos en problemas reales, además de hacer investigación. Esa es la fortaleza de esta formación y de esta institución. El laboratorio más grande es la realidad que atendemos.

El reto actual del posgrado es el cambio generacional. Los investigadores que ingresaron originalmente en el Instituto están jubilándose, y eso incide en las líneas de trabajo, aunque son generales, tienen características particulares, por el grado de especialización de los tecnólogos, y cuando ingresa un nuevo investigador lleva consigo un cambio en la línea de trabajo, pero se circunscriben y aportan a las líneas generales del conocimiento de los programas de posgrado del IMTA. Es así que tenemos el agrado en recibir a nuevos los tutores, recordando las bases de aquellos que estuvieron durante mucho tiempo en nuestra institución, y esto se percibe en los planes de estudio, proyectos, tesis y egresados.

Es importante destacar que las entidades de empleo privadas o de organismos operadores están a la espera de contratar a nuestros egresados, especialistas formados en el IMTA, debido a la capacidad que desarrollan y a la calidad de la formación que impartimos. Agradecemos a todos los que hacen realidad en el IMTA la labor de formar a los especialistas de las ciencias del agua en México.

Día de posgrado 2023.
Fotografía de Indira Franco

Por Emilio García Díaz

Potabilización
(Segunda parte)

Continuamos con la etimología y datos curiosos de los términos que designan algunos de los procesos de potabilización. En el número anterior hablamos de la ebullición y la floculación; en este aprenderemos sobre la filtración, la ozonización y la cloración.

Filtración

Los primeros intentos registrados de filtrar el agua se remontan al año 2000 a. C. Se han descubierto textos en sánscrito que describen diferentes métodos para purificar el agua mediante filtración. Estos iban desde utilizar fibras o tejidos hasta sistemas de arcilla y arena a través de los cuales hacían pasar el agua. Los romanos utilizaban para tal fin un paño que se hacía aplastando lana gruesa, al cual llamaron *filtrum*, que nos dio tanto 'fieltro' como 'filtro'. El principio básico de la filtración es, pues, utilizar un medio filtrante (membrana, malla, pantalla, arena, etc.) para atrapar físicamente partículas suspendidas en el agua y así separarlas de esta. Este principio ancestral sigue aplicándose actualmente en todo el mundo como parte importante del proceso de potabilización del agua.

Curiosamente, existe el vocablo homófono y homógrafo 'filtro', más antiguo, con otra etimología y significados muy distintos, que proviene del latín *philtrum*, a su vez calco del griego φίλτρον (*phíltron*), que deriva del verbo φιλεῖν (*phileîn*) 'amar', 'besar', y del sustantivo φίλος (*philos*), amor. Este otro "filtro" se usa para designar, sobre todo en la literatura, un brebaje con propiedades para conseguir el amor de otra persona. En el universo de *Harry Potter*, por ejemplo, la amortentia es un poderoso filtro para conseguir el amor de alguien y que huele a lo que más le gusta a la persona invocada.

En anatomía, 'filtro' designa la línea media vertical del labio superior, que, por sus múltiples y sensibles terminaciones nerviosas, posee gran capacidad erógena, sobre todo en la acción del beso.

Cloración

El cloro (Cl) es un elemento químico del grupo de los halógenos. Su nombre proviene del griego χλωρός (khloros), que significa verde pálido. Khloros dio origen también a 'clorofila' (pigmento verde de las hojas de las plantas), 'clorita' (piedra de color verde) y acloropsia (deficiencia visual por el color verde), entre muchas otras palabras. El nombre lo acuñó el químico inglés Humphry Davy (1778-1828), ya que observó que en su forma pura es un gas de color amarillo verdoso. En la naturaleza no se encuentra en este estado puro, ya que reacciona rápidamente con muchos otros elementos y compuestos. El gas es sumamente tóxico; tanto así, que se utilizó como arma química durante la Primera Guerra Mundial.

La cloración como método de potabilización se vale principalmente del ácido hipocloroso, que es liberado en el agua por el hipoclorito de sodio (o de calcio), que es la forma comercial y que se conoce comúnmente en muchos países de habla hispana simplemente como 'cloro', si bien en España se le conoce más como 'lejía' y en Argentina como 'lavandina'.

Ozonización

Proceso de potabilización, llamado también ozonificación o, menos comúnmente, ozonación, que se emplea como alternativa a la cloración.

El ozono (O_3), un oxidante muy enérgico, se ha utilizado en el tratamiento del agua desde hace más de cien años. Sin embargo, su uso se ve un tanto restringido por su mayor costo con respecto a otros desinfectantes, pero este es más potente y de acción más rápida que el cloro, el dióxido de cloro y las cloraminas, y genera menos subproductos en el agua, así como una mayor reducción del sabor y olor del agua tratada. Paradójico a esto último, la palabra 'ozono' proviene del griego ozon, que quiere decir oliente, que exhala olor. La forma verbal es ozein (oler, haber un olor), vinculada con la raíz indoeuropea -od (oler), presente en el latín odor y en vocablos españoles como odorífico, desodorante e inodoro. Y es que el ozono se puede oler durante tormentas eléctricas.

Como dato curioso, la palabra OZONO, escrita así, en mayúsculas, tiene la particularidad de ser un ambigrama natural, ya que se puede leer tanto horizontalmente como verticalmente, quedando la la N como Z y la Z como N. Para comprobarlo, escribe esta palabra en un pedazo de papel y rótalo un cuarto de vuelta en dirección contraria a las manecillas del reloj.

Fuentes:

Diccionario de la lengua española: https://dle.rae.es
www.etimologias.dechile.net
https://wordhistories.net/2017/01/08/philtrum/
https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/filtracion-de-agua-liquidos/filtracion-liquidos/#bp-toc-top
https://wikiwater.fr/e18-el-tratamiento-del-agua-por
https://definicion.de/cloracion/
http://www.elaguapotable.com/ozonizacion.htm

El redactor

Por Emilio García Díaz

Prefijo, sufijo, me fijo…

Con esta frase, el comediante Andrés Bustamante, mejor conocido como El Güiri Güiri, en su personaje de Greco Morfema, ofrecía explicaciones chuscas, seudoetimológicas del significado de palabras en boga en su momento. Si bien su humor era en ocasiones simplón y forzado, despertó en mí (a principios de la década de los 80) la curiosidad sobre el origen y significado de las palabras.

Y precisamente, los prefijos y sufijos proporcionan mucha información sobre el significado de las palabras a las que se añaden, ya que son elementos morfológicos que, al unirse a una palabra o raíz léxica, alteran, modifican o matizan su significado. La diferencia entre estos dos es que los primeros se colocan antes y los segundos después de la palabra o raíz, ya que 'pre-' y 'su-' son, justamente, prefijos que significan 'antes de' y 'debajo o al final de', respectivamente; es decir, partículas que se "fijan" antes o después de una palabra o raíz. Por ejemplo, la palabra del párrafo anterior: 'seudoetimológicas' contiene el prefijo 'seudo-', que proviene del griego ψεῦδο (*pseudo*) que significa 'falso', por lo que significa "de etimología falsa". En este párrafo, la palabra 'simplón' contiene el sufijo '-ón' que funciona como aumentativo, matizando el significado de 'simple' a 'muy simple'.

El profesor Greco Morfema, personaje de El Güiri Güiri.

Prefijos

Ejemplos

1. precandidato
2. anti-SNTE
3. anti Naciones Unidas

Por cuestiones de espacio, hablaremos aquí solo de los prefijos, que son los que presentan mayores problemas al escribir, mismos que se solucionan observando las siguientes siete reglas:

1) Excepto en los casos expuestos enseguida, los prefijos se escriben **unidos a la palabra** que acompañan, es decir, sin guion o espacio en blanco (*anteayer, coautor, exmarido, hipoglucémico, vicepresidente, precandidato).*

2) Se escribirán con **guion** solo si la palabra que modifican comienza por **mayúscula** o si es una **sigla** o un número (*Pro-Obama, anti-SNTE, sub-23).*

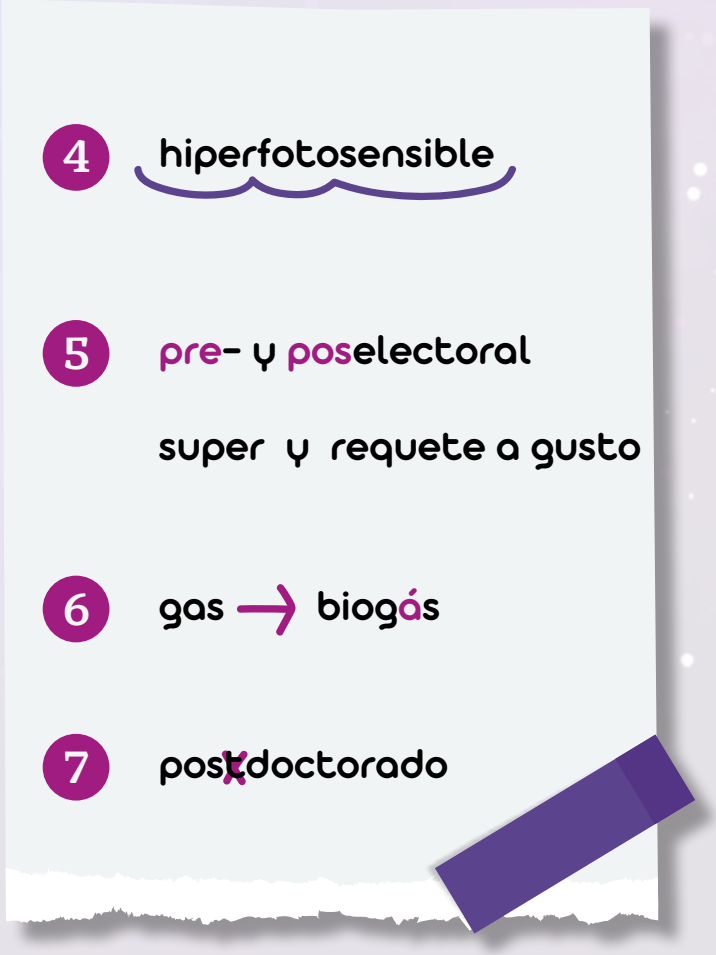
3) Se escribirán seguidos de un **espacio en blanco** si afectan a **varias palabras** que se comporten como una unidad (vice primer ministro, anti pena de muerte, pro derechos humanos) o si afecta a **nombres propios formados por más de una palabra** (*anti Naciones Unidas, pro Barack Obama).*

4) Si se unen varios prefijos a una misma palabra, o si se repite un mismo prefijo, estos irán unidos entre sí y a la palabra que modifican, formando un solo vocablo (*antiposmodernista, hiperfotosensible, geohidrometeorológico, super-superguapa).*

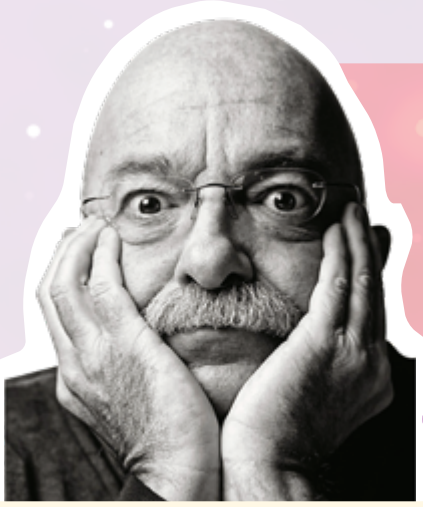
5) Si dos o más prefijos, generalmente contrapuestos, comparten una palabra, se suelen coordinar añadiendo un guion al final de los prefijos que quedan sueltos (*pre- y poselectoral, anti- y prosocial.* Si se aplican a una base pluriverbal, se escriben sin guion: *super y requete a gusto*. (Dicho sea de paso aquí que los prefijos en este y los casos 2 y 3 nunca llevan tilde: *super a gusto*, pero *Ayer fui al súper.*

6) Si un prefijo se añade a una palabra **monosílaba**, esta dejará de serlo, se convertirá en aguda y se acentuará ortográficamente conforme a las normas generales al respecto. Por tanto, aunque *gas, ve o dron* no lleven tilde, sí la llevarán *biogás, antigás, prevé y superdrón.* Similarmente, los prefijos llevarán tilde si al adherirse a una palabra, la grafía resultante así lo requiera (kilogramo, pero *kilómetro; telescopio, pero telégrafo*).

7) En el caso de los prefijos con dos formas, se optará, de acuerdo con las normas actuales, por la forma simplificada: *posdoctorado, sicosomático, seudocientífico*, en lugar de *postdoctorado, psicosomático y pseudocientífico.*



Cabe señalar, por último, que muchas de las palabras formadas al añadir un prefijo no figuran en los diccionarios, por lo que nos pueden resultar "extrañas", pero siempre y cuando se sigan las reglas anteriores se pueden formar, o incluso acuñar, infinidad de palabras válidas que jamás encontraremos en los léxicos de nuestra lengua.



Andrés García de Bustamante Caballero, humorista mexicano.

Nota:

Algunos de los "prefijos" aquí ejemplificados, como *hidro-, hiper-, psico-,* son técnicamente considerados como "elementos compositivos", pero se comportan de la misma manera que los prefijos propiamente dichos. Igualmente, existen elementos compositivos que se comportan como sufijos. Para una lista exhaustiva de prefijos, sufijos y elementos compositivos, consultar la página https://www.rae.es/sites/default/files/Elementos_compositivos_prefijos_y_sufijos_del_espanol_Esencial.pdf

Fuentes:

https://www.fundeu.es/recomendacion/prefijos-seis-claves-para-una-buena-redaccion-817/#:~:text=Los%20prefijos%20se%20escriben%20unidos,por%20un%20espacio%20en%20blanco%20(

https://concepto.de/prefijos/

Tiempo libre

El cine de **Bong Joon-ho** *y sus lindes político-ambientales*

Por Viridiana Guerrero Arroyo

Si hay un arte que se considera buen receptor de experiencias e imaginarios ambientales es el cine. Hay tantas cintas con narrativas distópicas y utópicas sobre experiencias socioambientales como hojas en un árbol, y aun así creo que esa analogía puede quedar corta. En 2019, previamente al colapso por la pandemia, se mencionaba con gran reconocimiento el nombre de Bong Joon-ho, un director de cine surcoreano que dejaba a su paso reconocimientos y ventas taquilleras. No se trataba de un director nuevo, ni mucho menos, pues en su haber ya existían pruebas de su buen trabajo cinematográfico: *Memories of murder*, *Snowpiercer* y *Okja*, por mencionar solo algunas.

Si algo se le ha reconocido al cine de Bong Joon-ho es la particular atención que pone a la desigualdad social y la telaraña de relaciones políticas y ambientales que hay sobre la misma, y un ejemplo muy notorio y aclamado es el de la cinta *Parásitos*. Desde la perspectiva de la ecología política y los estudios hidrosociales se ha dicho que el agua corre hacia donde está el poder, aunque este director tiene en cuenta algo más; su desemboque final. En palabras del director: "La estrategia visual de esta película era esa sensación de flujo vertical de arriba abajo". Esto no sorprende si tomamos en cuenta que en la formación de este cineasta se encuentra su grado en Sociología por la Universidad de Yonsei.

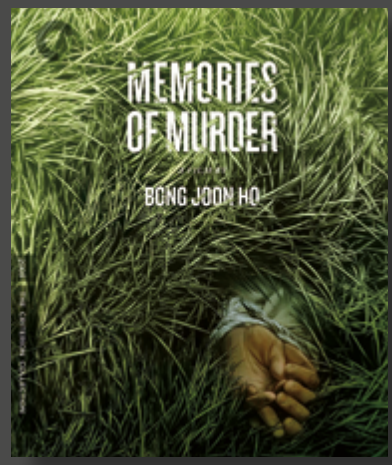
Desde el comienzo de la película, el agua está presente en varias escenas y se muestra de diferentes formas. Una de las primeras imágenes que vemos es la de la familia Kim, que vive en un sótano húmedo y sucio. El agua que se filtra a través del techo y se acumula en charcos simboliza su precaria situación económica. A través de su presencia en diferentes escenas y su asociación con los distintos entornos en los que se encuentran los personajes, el agua subraya las disparidades existentes en la sociedad retratada. A medida que la historia avanza y la familia Kim se infiltra en la vida de la acaudalada familia Park, el agua también se convierte en un protagonista importante. En contraste con su sótano oscuro y hú-

medo, la casa de los Park es moderna, y está rodeada de un hermoso jardín con un césped exuberante. El agua se muestra como un símbolo de limpieza, pureza y riqueza. La familia Park disfruta de una vida llena de comodidades, y su hogar está constantemente asociado con el agua, ya sea a través de la piscina o de los sofisticados sistemas de riego. El agua en la casa de los Park es un reflejo de su posición privilegiada y de su aparente falta de preocupaciones y dificultades.

En otro tenor, pero no menos importante, está *El Huésped*, cinta ambientada en la ciudad de Seúl, que inicia con un acto despreocupado de contaminación hídrica que da por resultado el engendro de un monstruoso anfibio en las aguas del río Han, el cual emerge de este para cazar víctimas humanas y después devorarlas en su guarida. Este suceso se vuelve a lo largo de la trama un emblema de la carga geopolítica que aglutinan los desastres ambientales una vez que se concatenan naciones y territorios distintos. Los estudiosos del cine y los movimientos globales no dudan en ver esta cinta como un complemento narrativo a los imaginarios nacionalistas de Corea del Sur y Estados Unidos, especialmente cuando toma en cuenta la historia militar de ambas naciones. Otro elemento a rescatar es el giro que Bong Joon-ho hace al género *Kaiju*, pues lejos de quedarse con las ya muy sensacionalistas escenas de entes gigantes haciendo trizas la ciudad podemos ver ángulos que magnifican el tejido desigual de una población periférica que padece los efectos de esferas y actores políticos dispersos en la globalización. En esta película no hay héroes ni villanos puros, solo la representación de la vulnerabilidad humana que desconoce lo que se gesta en las entrañas de la degradación social y ambiental.

Aquí solo se reseñan dos sugerencias, pero vale la pena conocer toda la filmografía de Bong Joon-ho, y si de conflictos ambientales y éticos se trata, se recomienda de forma específica las ya mencionadas *Snowpiercer* y *Okja*.

Las películas aquí aludidas, excepto *Memories of murder* y *Snowpiercer*, se encuentran disponibles en Netflix (*Snowpiercer* se encuentra en su versión de serie, igualmente recomendable).



CruciAgua

La temática de la portada de este número es el estado líquido del agua. Los siguientes acertijos tienen que ver de alguna manera con el agua en este estado y son la clave para resolver el crucigrama. **¡Que te diviertas!**

Verticales

1 ¿En dónde crees que esté
el agua que no se ve?
Rima con 'mamífero',
si una pista quieres que te dé.

2 Junto con la 7:
Con mucho frío me quedo quieta,
pero con mucho calor me voy.
A todo el mundo inquieta
cuando escaza estoy.

5 Soy el que jamás descansa
y va y viene sin cesar.
Nunca me puedo secar.
Jamás te aburre mi danza.
En presencia o añoranza,
tú siempre me vas a amar.

7 Ver la 2.

10 Perlitas sobre las plantas
brillan a la luz del farol;
lagrimitas de la noche,
que seca de un beso el sol.

Horizontales

3 Vengo del cielo,
del cielo vengo,
a unos disgusto,
pero a todos mantengo.

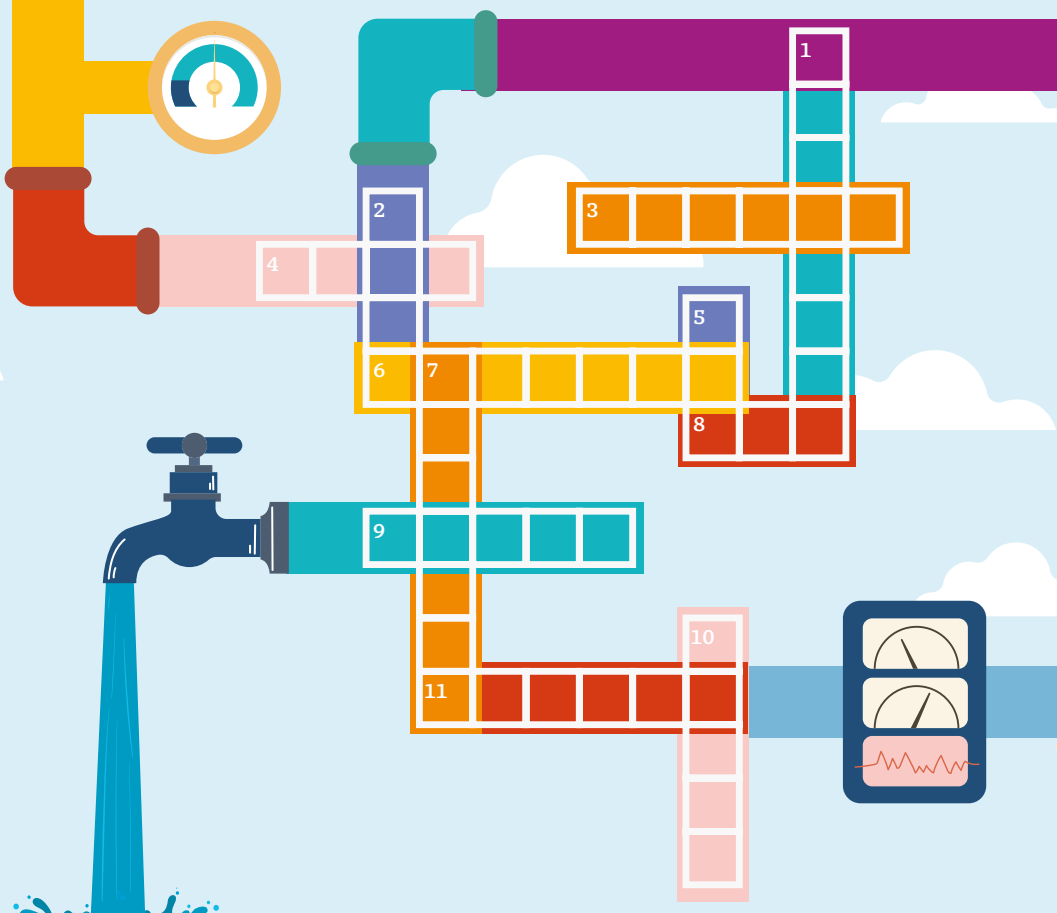
4 El Ness es donde un monstruo ves.
Del Titicaca beben la llama y la alpaca.
El Caspio no va a mermar;
tan grande es, que le dicen mar.
Pero no importa lo que digan,
el más bello es el Michigan.
Piensa y dime, ¿qué palabra es?

6 En mí puedes nadar,
pero no soy ni río,
ni lago, ni mar.

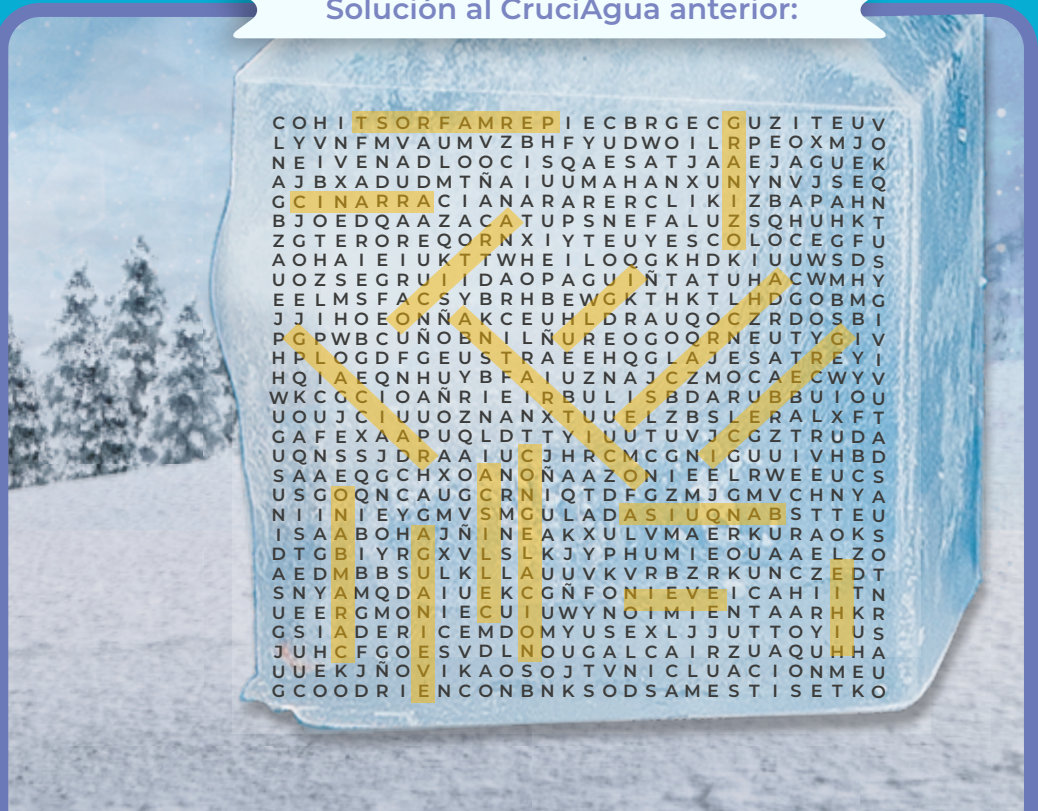
8 Desde el día en que nací
corro y corro sin cesar:
corro de noche y de día
hasta llegar al mar.

9 En las mañanas a mí acudes,
para asearte y acabar de despertar,
o a veces en las noches, para relajarte
antes de irte a acostar.

11 Aunque pequeño soy, la vida llevo.
Si me encuentro con un hermano mayor,
con él me quedo.



Solución al CruciAgua anterior:



Diáspora Hídrica 2023

Jóvenes Mexicanos Explorando las Fronteras del Conocimiento del Agua

Con la colaboración de:

INSTITUTO DE INGENIERÍA UNAM

unesco Cátedra UNESCO IMTA El Agua en la Sociedad del Conocimiento

Red del Agua UNAM

CERSHI Centro Regional de Seguridad Hídrica Bajo los auspicios de UNESCO

unesco Centro Bajo los auspicios de la UNESCO

CONÉCTATE A LA DIÁSPORA

y conoce las investigaciones de los jóvenes **en temas del agua**

DEL **05** AL **07** DE **SEPTIEMBRE**

REGÍSTRATE en: atl.org.mx

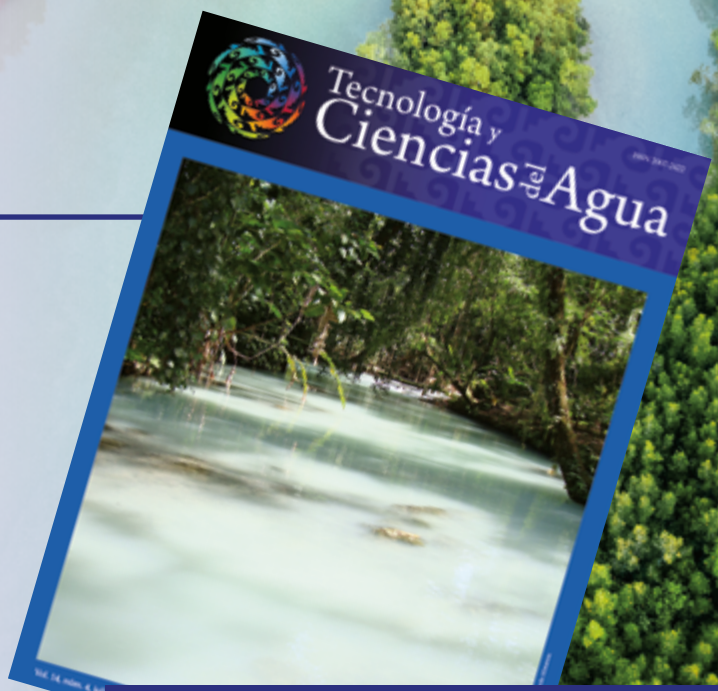
Tecnología y ciencias del agua es una revista bimestral altamente especializada que responde a dos aspectos relevantes:

- El sentido interdisciplinario de sus artículos y notas.
- El ámbito internacional de sus autores, editores, árbitros y lectores.

Está registrada en diversos índices y resúmenes (*abstracts*) nacionales e internacionales, como Clarivate (*Journal Citation Report*) y Scopus. Cuenta con factor de impacto, nivel Q4.

SRJ Scimago Journal & Country Rank la ubica en dos disciplinas:

1. En **Ingeniería** / Ingeniería civil estructural: **cuarto lugar en América Latina y primer lugar en México** (la única considerada en el país).
2. En **Ciencia ambiental** / Ciencia y tecnología del agua: **cuarto lugar en América Latina y primer lugar en México.**



CONSULTA en

http://revistatyca.org.mx/index.php/tyca

MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

IMTA
INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA